

Andreas Oberweis ■ Christof Weinhardt  
Henner Gimpel ■ Agnes Koschmider  
Victor Pankratius ■ Björn Schnizler (Hrsg.)

# eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik

# Band 1



universitätsverlag karlsruhe



Andreas Oberweis / Christof Weinhardt / Henner Gimpel /  
Agnes Koschmider / Victor Pankratius / Björn Schnizler (Hrsg.)

**eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering**

8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik

**Band 1**



# **eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering**

8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik  
Karlsruhe, 28. Februar – 2. März 2007

## **Band 1**

Andreas Oberweis  
Christof Weinhardt  
Henner Gimpel  
Agnes Koschmider  
Victor Pankratius  
Björn Schnizler  
(Hrsg.)



---

universitätsverlag karlsruhe

## Impressum

Universitätsverlag Karlsruhe  
c/o Universitätsbibliothek  
Straße am Forum 2  
D-76131 Karlsruhe  
[www.uvka.de](http://www.uvka.de)



Dieses Werk ist unter folgender Creative Commons-Lizenz  
lizenziiert: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/de/>

Universitätsverlag Karlsruhe 2007  
Print on Demand

ISBN: 978-3-86644-094-4 (Band 1)  
ISBN: 978-3-86644-095-1 (Band 2)  
ISBN: 978-3-86644-093-7 (Set)

## Vorwort

Wirtschaft, Gesellschaft und öffentlicher Sektor müssen dem immer rascheren Globalisierungsprozess folgen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Eine immer feinere und großflächigere Aufgabenteilung stellt wachsende Anforderungen an die Koordinationsfähigkeit der entstehenden wirtschaftlichen und sozialen Netze.

eOrganisationen erlauben die Einbindung technischer Systeme und menschlicher Entscheidungsträger und erhöhen so die Anpassungsdynamik und die Qualität der Entscheidungen. Sie umfassen technische und menschliche Akteure sowie robuste Organisations- und Koordinationsregeln, die auf die Erreichung gemeinsamer Ziele ausgerichtet sind. Sie stellen vielschichtige, interdisziplinäre und neuartige Herausforderungen an die Wirtschaftsinformatik und die benachbarten Disziplinen: Es werden skalierbare und zuverlässige IuK-Systeme sowie Standards und Infrastrukturen benötigt, die den regulativen Rahmenbedingungen genügen und gleichzeitig genügend Freiraum bei ihrer Gestaltung lassen. Darauf aufbauend sind adaptive Services und Prozesse mit hohen Freiheitsgraden im Hinblick auf ihre Anwendungsmöglichkeiten erforderlich. Neben innovativen Geschäftsmodellen müssen Anreizstrukturen und dezentrale Organisationsformen, wie etwa Märkte, gestaltet und über alle Ebenen einer Anwendung durchgängig implementiert werden.

Die 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2007 (WI2007), die vom 28. Februar - 2. März 2007 in Karlsruhe stattfindet, greift mit dem Motto "eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering" das weite Spektrum der Aufgaben auf, um es anhand verschiedenster Anwendungsbereiche und technischer Fragestellungen zu diskutieren. Aus 316 eingereichten Beiträgen wurden 106 in einem doppelt-blinden Begutachtungsverfahren ausgewählt und 31 Tracks aus den Bereichen

- Service-Engineering,
- Prozess-Engineering und
- Market-Engineering

zugeordnet. Zusätzlich wird das Programm durch eingeladene Vorträge herausragender Persönlichkeiten sowie Tutorien und ein Studierendenprogramm bereichert.

Für das Gelingen der Tagung möchten wir uns bei den zahlreichen beteiligten Personen und Institutionen bedanken, die uns mit Rat und Tat unterstützt haben. Bei den Autoren möchten wir uns für die hervorragenden Beiträge bedanken, die das Fachgebiet weiter voran bringen. An die Track-Chairs sowie die über 250 Gutachter, die uns durch ihre fachkundige Beurteilung der eingereichten Beiträge unterstützt haben, geht unser herzlicher Dank.

Vor allem bedanken wir uns auch bei den Sponsoren, die mit ihrer großzügigen finanziellen Unterstützung die Durchführung der Tagung ermöglicht haben. Unserem Tagungsbeirat, Prof. Dr. Dr. h. c. Lockemann und Prof. Dr. Wolffried Stucky danken wir für die Unterstützung und die wertvollen Anmerkungen während der Tagungsvorbereitung. Schließlich danken wir den beteiligten Mitarbeiterinnen, Mitarbeitern und studentischen Hilfskräften am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB) sowie am Institut für Informationswirtschaft und -management (IISM), namentlich stellvertretend für alle Stefanie Betz, Maik Herfurth, Christian Herlambang und Anke Plog. Frau Barbara Stolzer danken wir für die grafische Gestaltung der gesamten Tagungsunterlagen.

Daneben möchten wir die Gelegenheit nutzen, auch allen hier nicht erwähnten Personen unseren Dank auszusprechen, die uns vor und während der Tagung mit Tatkraft unterstützt haben.

Bleibt uns, den Lesern eine gewinnbringende Lektüre zu wünschen....

Karlsruhe, im Dezember 2006

Andreas Oberweis, Christof Weinhardt, Henner Gimpel, Agnes Koschmider, Victor Pankratius, Björn Schnizler



# Inhaltsverzeichnis

## Hauptvorträge

---

<i>Keeping CEOs Awake At Night. Innovation auf dem globalen Markt</i> <b>Martin Jetter</b>	3
<i>Serious Games: The Impact of Pervasive Gaming on Business</i> <b>Matthias Jarke</b>	15
<i>Dezentrales Wissensmanagement bei der EnBW Energie Baden-Württemberg AG</i> <b>Bernhardt Beck</b>	17
<i>Flexible Prozessgestaltung als Basis innovativer Geschäftsmodelle - Von der Service-Orientierten Architektur zur Vision des Business Webs</i> <b>Lutz Heuser, Stefan Lacher, Simone Perlmann</b>	19
<i>Search Engine Economics</i> <b>Hal R. Varian</b>	29
<i>Decentralised Control of Complex Systems</i> <b>Nicholas R. Jennings</b>	31

## Service-Engineering

### Das Internet der Dinge: Betriebliche Anwendungen von RFID und Ubiquitous Computing

---

#### Track-Chairs: Elgar Fleisch, Karl Kurbel, Franz Lehner, Orestis Terzidis

<i>Start a grassroots RFID initiative! The relevance of communication and showcases on the success of RFID</i> <b>Florian Resatsch, Joerg Aßmann, Thomas Schildhauer, Daniel Michelis</b>	37
<i>Perceived Usefulness of RFID-enabled Information Services – A Systematic Approach</i> <b>Hanna Krasnova, Matthias Rothensee, Sarah Spiekermann</b>	55

*Zum Einsatz von RFID in der Filiallogistik eines Einzelhändlers: Ergebnisse einer Simulationsstudie* 71

**Frédéric Thiesse, Elgar Fleisch**

*Wahrgenommene strategische Bedeutung von RFID aus Sicht von IT-Entscheidern in Deutschland - Eine empirische Analyse* 89

**Uta Franziska Knebel, Jan Marco Leimeister, Helmut Krcmar**

## **eGovernment - effektiv, wirtschaftlich, transparent**

---

**Track-Chairs: Jörg Becker, Maria A. Wimmer, Willi Kaczorowski, Helmut Krcmar**

*Model-Driven Integration Engineering in der E-Government-Domäne Meldewesen* 109

**Stefan Kühne, Maik Thränert, Werner Rotzoll, Jan Lehmann**

*Support of Harmonisation of Public Processes - Through Modelling of Legal Constraints* 127

**Sebastian Olbrich, Paul Alpar**

*Prozessorientierte Gestaltung von Behördenkontakten - Untersuchung zu eGovernment-Anforderungen aus Unternehmenssicht* 145

**Petra Wolf, Helmut Krcmar**

*Zahlungsbereitschaft für elektronische Signaturen* 163

**Heiko Roßnagel, Oliver Hinz**

*Cross-organizational processes in Public Administrations: Conceptual modeling and implementation with Web Service Protocols* 181

**Jörg Ziemann, Timo Kahl, Thomas Matheis**

## **Information Services in der Logistik**

---

**Track-Chairs: Christian Bierwirth, Kai Furmans, Herbert Kopfer, Dieter Pütz**

*ComEx: Kombinatorische Auktionen zum innerbetrieblichen Austausch von Logistikdienstleistungen* 201

**Oleg Gujo, Michael Schwind, Jens Vykoukal, Kilian Weiß, Tim Stockheim, Oliver Wendt**

*Prozessverantwortung und -dokumentation als Determinanten der Effizienz und Qualität der Transportplanung - Ein Modell auf Basis einer empirischen Untersuchung unter 1000 deutschen Unternehmen* 219  
**Volker Lanninger, Tim Stockheim, Oliver Wendt**

## **Mobile Business and Communications**

---

**Track-Chairs: J. Felix Hampe, Kai Rannenberg, Klaus Turowski**

*Privatsphärenfreundliche topozentrische Dienste unter Berücksichtigung rechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Restriktionen* 237  
**Mike Radmacher, Jan Zibuschka, Tobias Scherner, Lothar Fritsch, Kai Rannenberg**

*Allokation und Bepreisung kontextbezogener Kundenkontakte im Mobile Marketing - Rahmenbedingungen für Einsatz und Gestaltung von multi-attributiven Auktionen* 255  
**Andreas Albers**

*Adoption and Impact of Mobile-Integrated Business Processes – Comparison of Existing Frameworks and Analysis of their Generalization Potential* 273  
**Key Pousttchi, Bettina Thurnher**

*Critical Success Factors for Mobile Field Service Applications: A Case Research* 291  
**Andreas Birkhofer, Sina Deibert, Franz Rothlauf**

*Migration als Ansatz zur Gestaltung mobiler Services* 309  
**Oliver Bohl, Shakib Manouchehri, Udo Winand**

*Automotive Service Engineering - Systematische Entwicklung personalisierbarer und interaktiver mobiler Dienste für den Automobilsektor* 327  
**Holger Hoffmann, Jan Marco Leimeister, Helmut Krcmar**

## **Outsourcing und IT-Governance**

---

**Track-Chairs: Armin Heinzl, Michael Heym, Gerhard F. Knolmayer**

*Eine Typologie von Beziehungen im IT-Outsourcing: Ein konzeptioneller Ansatz* 347  
**Stefanie Jahner, Tilo Böhmann, Helmut Krcmar**

*Qualität von IT-Leistungen aus den Perspektiven von Anbietern und Nachfragern -  
Ergebnisse einer Umfrage in der Schweiz* 365  
**Roger Gruetter, Gerhard Schwabe, Felix-Robinson Aschoff**

*The Interplay of Outsourcing Risks and Benefits - A Study of Business Process  
Outsourcing in the German Banking Industry* 383  
**Kim Wuellenweber**

## **Product Life Cycle Management in Unternehmenssoftwaresystemen**

---

**Track-Chairs: Stefan Kirn, Peter Loos, C. Pohl**

*Hybride Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau - Prozessorientierte  
Integration von Produktentwicklung und Servicedokumentation zur Unterstützung  
des technischen Kundendienstes* 403  
**Oliver Thomas, Philipp Walter, Peter Loos, Michael Schlicker,  
Markus Nüttgens**

## **Semantic Web**

---

**Track-Chairs: Jürgen Angele, Dieter Fensel, Rudi Studer**

*An Ontology Framework for Semantic Business Process Management* 423  
**Martin Hepp, Dumitru Roman**

*Automated Selection of Configurable Web Services* 441  
**Steffen Lamparter, Anupriya Ankolekar**

## **Service Oriented Computing**

---

**Track-Chairs: Torsten Eymann, Alfred Geiger, Manfred Grauer**

*Negotiations in Service-Oriented Architectures* 461  
**Falk Kretzschmar**

*Evaluation of Economic Resource Allocation in Application Layer Networks –  
A Metrics Framework* 477  
**Werner Streitberger, Torsten Eymann, Daniel Veit, Michele Catalano,  
Gianfranco Giuliani, Liviu Joita, Omer F. Rana**

<i>Service-Oriented Computing for Risk/Return Management</i>	495
<b>Wolfgang Hackenbroch, Matthias Henneberger</b>	
<i>Native Code Security for Grid Services</i>	513
<b>Thomas Friese, Matthew Smith, Bernd Freisleben</b>	
<i>A Service-Oriented Grid-Based Infrastructure for Supporting Virtual Prototyping in Manufacturing</i>	531
<b>Manfred Grauer, Julian Reichwald, Thomas Barth</b>	
<i>Entwurf eines Enterprise Architecture Frameworks für Serviceorientierte Architekturen - Betrachtung am Beispiel einer erweiterten UN/CEFACT Modeling Methodology</i>	549
<b>Philipp Offermann, Christian Schröpfer, Marten Schönherr, Maximilian Ahrens</b>	

## **Prozess-Engineering**

### **Business Intelligence**

---

#### **Track-Chairs: Peter Chamoni, Bodo Rieger**

<i>Kollaboratives Data Warehousing - Konzeption und prototypische Realisierung flexibler Schema- und Datenintegration</i>	569
<b>Thomas Matheis, Dirk Werth, Peter Loos</b>	
<i>Initialisierung des Dispositionssystems neu eröffneter Einzelhandelsmärkte mit Methoden des Data-Mining</i>	587
<b>Jochen Frank, Michael Kohl, Otto K. Ferstl, Thorsten Ruffer</b>	
<i>Konzeption des Unternehmensreportings - Ein modellgestütztes Vorgehensmodell zur fachkonzeptionellen Spezifikation</i>	605
<b>Jörg Becker, Stefan Seidel, Christian Janiesch</b>	
<i>Designing Open Source Business Intelligence for Public Administrations</i>	623
<b>Björn Niehaves, Felix Müller-Wienbergen</b>	
<i>Move-to-the-User? Eine Analyse der verlagernden Wirkung von Business Intelligence im Controlling</i>	641
<b>Michael Samtleben, Thomas Hess</b>	

## **Business Process Engineering**

---

**Track-Chairs: Dimitris Karagiannis, Peter Küng, Markus Nüttgens**

*Supporting Inter-Business Collaboration via Contract Negotiation and Enactment* 661  
**Peter Rittgen**

*Integration of Conceptual Process Models by the Example of Event-driven Process Chains* 677  
**Carlo Simon, Jan Mendling**

*Realisierungsformen des Geschäftsprozessmanagements - Eine explorative Klassifikationsanalyse* 695  
**Tobias Bucher, Robert Winter**

*Individualisierung von Prozessen und E-Services mithilfe von Case Based Reasoning* 713  
**Günter Schicker, Carolin Kaiser, Freimut Bodendorf**

*Plädoyer für die Entwicklung perspektivenspezifischer Problemlösungskomponenten zur Unterstützung der Prozessverbesserung* 731  
**Ralf Knackstedt, Martin Pellengahr**

## **Collaborative Business**

---

**Track-Chairs: Oliver Frick, Michael Koch, Gerhard Schwabe, Volker Wulf**

*Präsenzbasierte Echtzeitkommunikation - Eine prototypbasierte Untersuchung der Nutzbarkeit im Unternehmensberatungskontext* 751  
**Kai Riemer**

*Audio vs. Chat bei Aufgaben mit Unsicherheit: Die Produktivität folgt anderen Regeln als bei mehrdeutigen Aufgaben* 769  
**Andreas Löber, Gerhard Schwabe**

*Diskontinuierliche Innovationen fördern - Die Rolle von Idea Mirrors zur Unterstützung von Innovation und Kooperation im Unternehmen* 787  
**Michael Koch, Kathrin Möslein**

*Conceiving an environment for managing the lifecycle of collaborative business processes* 805  
**Dirk Werth, Philipp Walter, Peter Loos**

*Infrastrukturen zur Aneignungsunterstützung - Ein Konzept zur Integration von produkt- und prozessorientierter Flexibilisierung* 823  
**Gunnar Stevens, Volker Wulf, Volkmar Pipek**

*Individual and Human-Assisted Computer Self Efficacy: An Empirical Examination* 841  
**Jason Bennett Thatcher, Michael J. Gundlach, D. Harrison McKnight, Mark Srite**

## **Customer und Supplier Relationship Management**

---

**Track-Chairs: Freimut Bodendorf, Andreas Geyer-Schulz, Roland Holten**

*Optimierung des Customer Lifetime Value auf Basis einzelvertraglicher Entscheidungen - Ein dynamisches Optimierungsmodell* 861  
**Ulrich Faisst, Martin Gneiser, Nina Kreyer, Nina Schroeder**

*Spezifizierung des Kano-Modells zur Messung von Kundenzufriedenheit* 879  
**Hans Ulrich Buhl, Dennis Kundisch, Annette Renz, Nicola Schackmann**

## **eHealth / Informationsmanagement im Gesundheitswesen**

---

**Track-Chairs: Hans Czap, Jörg Haas, Detlef Ruland**

*Elektronische Intermediation im Gesundheitswesen - Das Beispiel Schweiz* 899  
**Konrad Walser, Thomas Myrach**

*Process-based Performance Measurement in Healthcare Networks* 917  
**Günter Schicker, Jörg Purucker, Freimut Bodendorf**

*Zielgruppenspezifische Dienste für Virtuelle Patientengemeinschaften* 935  
**Achim Dannecker, Ulrike Lechner**

*Formalisierung und Automatisierung von SOPs in der Intensivmedizin* 953  
**Martin Sedlmayr, Thomas Rose, Rainer Röhrig, Markus Meister, Achim Michel-Backofen**





# Hauptvorträge



# **Keeping CEOs Awake At Night**

## **Innovation auf dem globalen Markt**

Martin Jetter

Vorsitzender der Geschäftsführung  
IBM Deutschland GmbH  
Stuttgart  
mjetter@de.ibm.com

### **Abstract**

Die wirtschaftliche Makrodynamik der Globalisierung zwingt CEOs zur radikalen Änderung, wenn nicht gar Neuerfindung ihrer Unternehmen. Zunehmender Wettbewerbsdruck im Inland einerseits und enorme Chancen in den Wachstumsmärkten andererseits bestimmen dabei den Handlungsrahmen. Dank zunehmend vernetzter und leistungsfähiger IT-Infrastruktur migriert Arbeit an den Ort ihrer optimalen Erledigung. Wohin, das regeln die Marktfaktoren Wirtschaftlichkeit, verfügbarer Erfahrungsschatz und Offenheit.

Der Schlüssel für die Nutzung der aus der Globalisierung resultierenden Chancen ist die konsequente Ausrichtung auf Innovation. Echte Innovation geschieht am Schnittpunkt von Erfindung und der Erfahrung, wie und wo sie in Differenzierung im Markt und wirtschaftlichen Erfolg umgesetzt werden kann. Dabei kooperieren mehr und mehr CEOs mit Dritten, mit Partnern, Zulieferern und Kunden. Nur in dieser Besinnung auf gemeinsame Stärken liegt eine Chance für den Wirtschaftsstandort Deutschland.

# 1 The World Is Flat

## 1.1 Wirtschaftliche Makrodynamik

Verschaffen wir uns zu Beginn einen Überblick aus größerer Höhe über die wirtschaftliche Makrodynamik auf unserem Planeten. Kaum ein wirtschaftlicher Vortrag, kaum ein Wirtschaftsbuch, kaum ein Zeitungsbeitrag kommt ohne diese Betrachtung aus und am Stichwort Globalisierung vorbei. Und das aus gutem Grund: Kein Phänomen greift so tiefgehend in unser Leben und Wirtschaften ein, fordert uns so sehr heraus und verlangt so viel Anpassung wie die Globalisierung unserer Ökonomie.

Zwei Drittel der von IBM befragten 765 CEOs weltweit planen, ihr Unternehmen in den kommenden zwei Jahren radikal umzubauen, es neu auszurichten, seine Strategie zu justieren oder gänzlich neu zu erfinden. Solche massiven Transformationen verlangen Unternehmen und ihren Chefs einiges ab.

Vorbei sind die Zeiten reinen Kostensparens, das in den letzten Jahren die CIOs und CTOs in den Unternehmen sehr – zu sehr – in die Kostenspar-Ecke drängte. Das zeigte sich beispielhaft an der Bedeutung, die der Informationstechnologie im Unternehmen zugemessen wurde: Ihr strategischer Wertbeitrag zum Erfolg des Unternehmens rückte zusehends in den Hintergrund.

IT als Innovationsmotor und Werttreiber genoss oftmals nicht mehr den Stellenwert, der ihr gebührte. Die Stimmen der Zweifler waren laut und gipfelten im vieldiskutierten und zitierten Beitrag von Nick Carr in Harvard Business Review: ‚IT doesn’t matter’ – er behauptete darin, dass IT zur Massenware, zur Commodity geworden sei, aus der sich mithin kein Wettbewerbsvorteil mehr ableiten lasse. Sorry, Nick, you’re wrong. IT does matter!

Denn: Niemals war oder ist Informationstechnologie in ihrer Gesamtheit Massenware. Stets gibt es bessere und schlechtere Lösungen; attraktive, außergewöhnliche, innovative – und solche, die zum bloßen Mindeststandard gehören. Entscheidend ist, heraus zu finden, was Unternehmen tatsächlich weiterbringt und welche neuen, kreativen Ansätze sie verfolgen können.

Kreative Ansätze gibt es auf allen Ebenen, nicht nur im engeren Sinne bei der Technologie. Denken wir über Produkte und Technologien hinaus an Geschäftsprozesse, an neue Formen der Kooperation entlang der Wertschöpfungskette und an neue Nutzenerwartungen der Kunden.

IT ist *der* Innovationstreiber im Unternehmen und wächst gerade jetzt, im Zuge immer rasanter fortschreitender Globalisierung, zu beträchtlicher Bedeutung heran. Innovation ist nämlich – auch das belegt die IBM CEO Studie eindrucksvoll – *die* Antwort auf die Herausforderungen einer globalisierten Welt.

## **1.2 Herausforderungen in der Flat World**

Diese Herausforderungen erläutern nur wenige so eindrucksvoll und augenöffnend wie Tom Friedman, New York Times Kolumnist und Autor des sehr lesenswerten Buches ‚The World Is Flat‘. Friedman beschreibt darin die evolutionären und revolutionären Änderungen unserer Welt und Wirtschaft in den vergangenen beiden Dekaden, die zumindest ökonomisch die Erde zur Scheibe werden ließen.

Manche dieser „Flattener“, wie Friedman sie nennt, sind vorwiegend politischer Natur, wie der Fall der Mauer, der die Machtbalance auf unserem Planeten zugunsten von Demokratie und Freiheit verschob und damit mehr Menschen Zugang zu Information, Waren und Dienstleistungen gab. Andere sind eher wirtschaftliche Ereignisse, wie der Netscape Börsengang, der massive Investitionen in die Breitbandverkabelung der Erde motivierte – oder das Offshoring von industrieller Fertigung, das China auf der wirtschaftlichen Weltbühne dramatisch wichtiger werden ließ.

Wie dramatisch, zeigen einige Zahlen: Zwischen 1970 und 2005 hat sich das Volumen der Weltwirtschaft etwa vervierfacht, von rund 12 auf 45 Billionen Dollar. Gleiches gilt für die Zahl der Arbeitskräfte in Indien (von 62 auf 220 Millionen) und China (von 86 auf 412 Millionen). In allen übrigen Industrieländern zusammen hat sich die Zahl der Arbeitskräfte im gleichen Zeitraum nur um 40 Prozent erhöht und liegt heute mit 416 Millionen etwa gleichauf mit den chinesischen Kollegen. Entscheidend ist: die Arbeitsmärkte waren 1970 noch weitgehend isoliert. Heute stehen sie in direkter Konkurrenz zueinander.

Denn: Die meisten Flattener sind im Kern und in ihren Ausprägungen informationstechnologisch getrieben: Workflow Software, Open Source, Wireless, nicht zuletzt das Internet – diese Technologien ermöglichen die vernetzte Wirtschaft, in der wir heute auf Augenhöhe mit Volkswirtschaften konkurrieren, die wir bisher entweder gar nicht oder bestenfalls als Güterexport-Adresse wahrgenommen haben.

Längst hat diese Vernetzung und Kooperation alle Bereiche des Wirtschaftens erreicht und ergriffen. Indische Service Companies haben nicht mehr nur „Brückenköpfe“ hier, wie wir uns in vergeblicher Selbstberuhigung in den letzten Jahren immer wieder suggeriert haben.

Sie treten massiv in unseren Markt ein und sie nutzen längst ihrerseits attraktive Economies, indem sie Teile ihrer Leistung zum Beispiel in Osteuropa sourcen. Das müssen sie übrigens tun. Mitte 2006 hat die Economist Intelligence Unit eine Studie zum Offshore Outsourcing veröffentlicht, die konstatiert: Zentral- und Osteuropa sowie Nordafrika sind insbesondere für Unternehmen in Europa die kommenden Lokationen für Outsourcing Center. Herausgehoben werden Länder wie Rumänien, Ägypten und Jordanien.

Indien dagegen wird nämlich allmählich teurer – selbst in Millionenstädten wie Bangalore und Chennai zeigt sich inzwischen ein Mangel an gut ausgebildetem Personal.

### **1.3 Partizipation an Wachstumschancen**

IBM hat sich frühzeitig – schon vor mehr als fünfzig Jahren – hier engagiert und ist seit über fünfzehn Jahren in China präsent. Jüngst erfolgte ein rasanter Ausbau. So ist Indien mit rund 48.000 Mitarbeitern inzwischen die zweitgrößte IBM Landesgesellschaft außerhalb der USA. Wir investieren in den nächsten drei Jahren weitere 6 Milliarden Dollar in den Ausbau.

Das sind übrigens keine schlicht opportunistischen oder singulären Engagements, sondern Teil planvollen weltweiten Vorgehens: Die IBM integriert sich selbst global. Das wurde in der vergangenen Dekade zunächst mit der weltweiten Supply Chain umgesetzt – heute ist sie durchgängig – und setzt sich zur Zeit mit dem Servicegeschäft und auch den internen Supportfunktionen fort.

Langfristig betrachtet ist das nur konsequent: Waren wir in den 60er und 70er Jahren noch ein typisches „internationales“ Unternehmen mit Kernaufgaben wie Entwicklung und Produktion im Heimatland und Vertriebseinheiten im Ausland, so haben wir uns in den 80er und 90er Jahren zu einem „Multinational“ gewandelt. In den meisten unserer weltweit 170 Märkte haben wir Mini-IBMs aufgebaut – voll funktionsfähige Unternehmen, die sich hervorragend in die jeweilige lokale Wirtschaft einbrachten, in aller Regel von Managern aus dem jeweiligen Land geführt wurden und prächtig gediehen.

Was damals richtig war, entpuppte sich um die Jahrtausendwende zunehmend als redundant und inflexibel. Schnellen Reaktionen auf Marktveränderungen und Innovationen steht eine solche Struktur eher im Wege. Deshalb entwickeln wir uns heute zum „global integrierten Unternehmen“ weiter, das seine Ressourcen und Assets weltweit optimiert und managed.

So wie der Grad der Vernetzung wächst, alles mit allem verbunden ist, so wandert nun Arbeit an den Ort ihrer optimalen Erledigung – wie Wasser, das sich seinen Weg sucht. Was bestimmt diesen Weg des Wassers? Wohin fließt Arbeit und warum?

#### **1.4 Wirtschaftlich, erfahren, offen**

Wir beobachten drei Gesetze: Erstens ein ökonomisches. Den Regeln von Kosten und Profit kann sich niemand widersetzen. Wenn in Indien und China die Arbeitskosten um den Faktor zehn unter unseren liegen, haben wir einen Wettbewerbsnachteil. Den können wir nur mit den beiden anderen Gesetzen ausgleichen:

Zweitens gilt das Gesetz der Expertise: Die besten Köpfe veranlassen Arbeit zu migrieren – das heißt, die Arbeit folgt den besten Köpfen und nicht anders herum, wie oft angenommen wird. Die Qualität muss stimmen. Oder, um es wie unser Bundespräsident vor dem Europäischen Parlament zu sagen: „Wir müssen mindestens so viel besser sein, wie wir teurer sind.“

Drittens gilt das Gesetz der Offenheit: Je bereitwilliger Wissen und Information mit anderen geteilt werden, desto besser ist das Gesamtergebnis der Arbeit. Clustertheorie und Clusterpraxis liefern dafür zahlreiche Belege.

Verweilen wir noch einen Augenblick bei den Markttrends der Globalisierung und zeigen diese nochmals exemplarisch an der Informationstechnologie:

Global betrachtet wächst der Trend zum IT Offshore Outsourcing ungebrochen weiter. Der Weltmarkt in diesem Geschäft wird vom Economist auf 40 bis 50 Milliarden Dollar geschätzt. Jährliche Steigerungsraten von 30% werden ihn bis 2008 auf rund 100 Milliarden Dollar wachsen lassen.

Allein dieses Geschäft wächst damit zu einer Größe heran, die unseren gesamten deutschen IT-Markt deutlich übertrifft. Der lag 2005 laut Branchenverband BITKOM bei gut 68 Milliarden Euro Umsatz, verzeichnete in den vergangenen Jahren Wachstumsraten unter drei Prozent und bleibt auch 2006 und 2007 hinter den Erwartungen zurück.

## **1.5 Der Faktor Arbeit**

Vorwiegend Seitwärtsbewegungen kennzeichnen die Beschäftigungssituation der rund eine Million Arbeitsplätze umfassenden IT-Branche. Deren Fortbestand und Ausbau ist keine simple Preisfrage. Ähnlich wie im globalen Wettbewerb bei den Arbeitskosten steigt auch in der Frage der Leistungsqualität der Wettbewerbsdruck stetig. Umso wichtiger sind die Aktualität und das Qualitätsniveau unserer verfügbaren Skills. Hier dürfen wir keine Kompromisse machen. Kontinuierliche Erneuerung und Erweiterung unserer Skills in einer offenen und kooperativen Umgebung ist die einzige Chance, die wir zur Verbesserung unserer ökonomischen Aussichten haben.

Tom Friedman hat die Folgen für den Faktor Arbeit in den reiferen Märkten in einem Interview so verdeutlicht: „When I was growing up, my parents told me, "Finish your dinner. People in China and India are starving." I tell my daughters, "Finish your homework. People in India and China are starving for your job."

Bis 2004 hatten die USA bereits rund 700.000 sogenannte White-Collar-Jobs an Indien verloren. Allein 2005 sind nochmals 250.000 Jobs dazugekommen. Ich rede hier gleichwohl nicht schlichtem Arbeitsplatz-Pessimismus das Wort.



Betrachtet man Zahlen des U.S. Bureau of Labor Statistics und des Weltwährungsfonds, dann stellt man fest: Viele reife Märkte importieren mehr Arbeit – gemessen an ihrem finanziellen Gegenwert – als sie exportieren. Sie sind Netto-Profiteure des Global Sourcing.

Großbritannien zum Beispiel hat 2004 Arbeit im Gegenwert von 19 Milliarden US-Dollar exportiert, im selben Jahr aber für ausländische Unternehmen Arbeit im Wert von 41 Milliarden US-Dollar - rund doppelt so viel - innerhalb des eigenen Territoriums erledigt. Den selben Trend zeigen die USA. Job-Exporten von gut 43 Milliarden Dollar stehen Importe von 61 Milliarden Dollar gegenüber. Weniger rosig sieht es allerdings bisher für Deutschland aus: 41 Milliarden Dollar-Job-Export, 26 Milliarden Dollar Job-Import. Andere Netto-Verlierer sind Österreich und Japan.

Welche Schlüsse lassen sich daraus ziehen? Über die Gründe für unterschiedlichen volkswirtschaftlichen Insourcing-Erfolg kann man trefflich spekulieren und gar streiten. Standortfaktoren aller Art spielen dabei eine Rolle: Der Fokus auf Bildung, Innovationsfähigkeit, Investitionsverhalten, Flexibilität des Arbeitsmarktes sowie politische und wirtschaftliche Stabilität ist sicher konsensfähig. Und nicht in allen Bereichen gehört Deutschland auf Anhieb zu den Top-Scorern.

## **2 Globale Integration und Innovation**

### **2.1 Chancen der globalen Integration**

Fest steht: Globale Integration veranlasst Unternehmen, sich neu zu erfinden. Sie integrieren spezialisierte Funktionen – Entwicklung, Produktion, Einkauf, Vertrieb, Personal – und treffen dabei flexible Make-or-Buy-Entscheidungen: Einkaufsprozesse globaler Unternehmen werden in Manila abgewickelt, Investment-Bank-Transaktionen in Dublin. Britische Radiologen senden Röntgenbilder zur Interpretation nach Australien und Customer Service Center in Neuschottland bearbeiten Garantieforderungen von Verbrauchern aus der ganzen Welt.

In der globalen Integration und der Zusammenarbeit mit Einheiten innerhalb und außerhalb des eigenen Unternehmens liegen mehr Chancen als Risiken. Es ist allerdings ein Geschäftsmodell,

dem man sich konsequent und rechtzeitig verschreiben muss. Dann muss man nicht mehr befürchten, links und rechts überholt zu werden.

Auch Tom Friedman sieht zahlreiche Chancen, die er ebenso wie die „Flattener“ ganz wesentlich der Informationstechnologie zuschreibt. In seiner New York Times Kolumne schrieb er unlängst: „We are seeing the emergence of collaborative business models that were simply unimaginable a decade ago. Today, there are so many more tools, so many more ideas, so many more people able to put these ideas and tools together to discover new things, and so much better communications to disseminate these new ideas across the globe.”

Wir stehen gemeinsam in der Verantwortung, die Entwicklung des global integrierten Wirtschaftens voran zu treiben: Wir brauchen den Brückenschlag zwischen Wissenschaft und Praxis. Die flexible Kombination, Kooperation und Integration von Funktionen und Skills verlangt ebenso flexible und neuartige IT-Systeme, die den Dialog der Unternehmenseinheiten im weltweiten Verbund stützen und steuern. Die Rolle der IT-Verantwortlichen ist deshalb wieder stärker investiv ausgerichtet, mehr darauf, Innovation voranzutreiben und das Unternehmen weiterzuentwickeln.

## **2.2 Innovation richtig verstanden**

Der Begriff Innovation ist in aller Munde und das aus gutem Grund. Mancher mag ihn schon nicht mehr hören, so inflationär wird er benutzt und instrumentalisiert. Tatsächlich gilt: Innovation ist die Antwort auf globale Herausforderungen.

Die Frage ist: Wie versteht man Innovation? Innovation entsteht am Kreuzungspunkt von Erfindergeist und dem Wissen darum, wie und wo kluge Erfindungen angewendet werden. Erfindungen sind gut und notwendig, aber wertvoll werden sie erst dann, wenn sie sich kapitalisieren und in handfeste Wettbewerbsvorteile ummünzen lassen. Diese entstehen, wenn Technologien auf einzigartige Weise für den Kunden oder die Allgemeinheit einen Nutzen erbringen. Das muss sich ausdrücken in Umsatzwachstum, höheren Gewinnen, mehr Produktivität, Differenzierungsmerkmalen, Erschließung neuer Märkte, besseren Sicherheitsstandards, einer verbesserten Volksgesundheit und so weiter.

Im Zeitalter der Globalisierung kann Technologie nicht gehortet werden. Sie steht der ganzen Welt zur Verfügung oder - für eine begrenzte Zeit - zumindest demjenigen, der ein Patent darauf angemeldet hat. Wenn nur allein die Anzahl der Patentanmeldungen automatisch auf die Innovationsfähigkeit eines Landes schließen ließe, hätte der Standort Deutschland noch relativ gute Karten. Wurden doch im letzten Jahr insgesamt fast 50.000 deutsche Patente beim Deutschen und Europäischen Patentamt registriert. Und im EU-Innovationsindex des Statistischen Landesamts Baden-Württemberg führt das südwestdeutsche Bundesland vor Berlin, der Ile de France, Schweden und Bayern. Sechs der zehn ersten Positionen in diesem Ranking werden von deutschen Bundesländern belegt.

Mit Nordamerikanern und Japanern können hiesige Entwickler gleichwohl nicht mithalten. Vor allem im Bereich Mikroelektronik, Großcomputer und Biotechnologie ist die Differenz groß. Stark sind die deutschen Erfinder dagegen bei der Kraftfahrzeugtechnik und in manchen Sparten des Maschinenbaus.

Aber das Patentieren hervorragender Technologie allein reicht nicht aus. Es kommt darauf an, sie zu kapitalisieren. In Cent und Euro, in Produktivität und Arbeitsplätze. Und da haben wir in Deutschland deutlichen Nachholbedarf. Wenn wir im globalen Wettbewerb bestehen und eine führende Rolle einnehmen wollen, müssen wir mehr aus unseren Technologie-Ressourcen machen.

### **2.3 Worüber spricht die Welt?**

Technologie revolutioniert Industrien oder degradiert sie zur Bedeutungslosigkeit. Was heute „in“ ist, muss es morgen schon lange nicht mehr sein. Der Walkman oder Bestellungen per Post? Niemand spricht mehr davon. Dafür um so mehr von Apples iPod oder Amazons Geschäftsmodell. Oder auch darüber schon nicht mehr? Statt dessen lieber von Web 2.0, Web 3.0, virtuellen Welten und realen Geschäften darin?

Warum besucht der IBM CEO, Sam Palmisano, in Gestalt seines Avatars die Onlinewelt SecondLife? Eine nette Spielerei? Wohl kaum – und es macht deshalb zu recht Schlagzeilen! Wie bereits Medienunternehmen, Konsumgüterhersteller, Eventveranstalter, Klein- und

Kleinstunternehmer experimentieren und investiert IBM in 3D-Welten und entwickelt innovative Zugänge zu neuen Märkten.

Die Zeit ist günstig für Innovatoren. Viele Technologien sind ausgereift. Datenverarbeitungskomponenten werden stetig kleiner, leistungsfähiger und kostengünstiger. Im letzten Jahr produzierte die Welt zum Beispiel mehr Transistoren - und zu geringeren Kosten - als Reiskörner. Alles ist mit allem – Menschen mit Menschen, Geräte mit Geräten - immer und überall miteinander vernetzt. Die Anzahl der weltweiten Breitbandleitungen lag 2005 bei 215 Millionen und wird im Jahr 2010 500 Millionen erreichen. Supercomputing gibt's für jedermann.

Es stellt sich die Frage: Was mache ich damit? Antwort: Etwas Sinnvolles. Das gibt genau den Kick, der Reserven für Wachstum freisetzt, Kosten senkt, Effizienz und Flexibilität steigert und auch dafür sorgt, dass Unternehmen schneller und beweglicher im Hinblick auf neue Wachstumschancen werden. Gerade CEOs sehen im Thema Innovation die größten Potenziale, sich im Markt zu differenzieren und neue Wachstumschancen zu erschließen. Das haben sie in der eingangs erwähnten Studie eindeutig formuliert. Damit liegen sie genau richtig, denn: Rauchende Köpfe schaffen mehr Wohlstand als rauchende Schloten.

## **2.4 Innovation dank Kooperation**

Und die CEOs heben noch etwas hervor: Zusammenarbeit mit Dritten und gemeinsame schöpferische Kraft. Kunden, Partner, Wissenschaft – sie schließen in immer mehr Unternehmen zur Entwicklungsabteilung als Innovationsmotor auf oder laufen ihr sogar den Rang ab.

Auch die IBM probiert neue Wege aus: Zwar bleiben die Forschungsinvestitionen auf konstant hohem Niveau von fünf bis sechs Milliarden Dollar jährlich, aber wir bauen auch auf die kollektive Intelligenz unserer gesamten Belegschaft – und darüber hinaus auch auf Kunden und Partner. So haben wir in diesem Jahr mit unserem InnovationJam eine massives weltweites Online-Brainstorming veranstaltet, zu dem zehntausende IBMer und zahlreiche Dritte tausende von Ideen beigetragen haben. Diese wurden verdichtet und dann in einem zweiten Online-Jam die besten 34 Ideen in Richtung Business Plan weiterentwickelt. Auf eine weitere Verdichtung

folgte die Ankündigung, in die zehn erfolgversprechendsten Ideen 100 Millionen Dollar zu investieren. Eines dieser Projekte ist das schon erwähnte 3D-Internet und die Entwicklung entsprechender Geschäftsmodelle.

Auf solche kreativen und innovativen Prozesse muss sich auch Deutschland besinnen und aufbauen. Wir dürfen uns nicht durch die Globalisierung einschüchtern lassen! Wir können uns nicht abschotten gegen die neuen Rahmenbedingungen. Natürlich fordert und verändert uns die Globalisierung. Die Dynamik der Flat World macht uns in Deutschland zu schaffen.

Aber: Brain Power, Qualifikation, Kreativität, Vernetzung – das sind unsere Stärken. Wir brauchen die besten Universitäten und das beste Hochschulsystem. Wir brauchen Vernetzung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Nicht nur punktuell, sondern systematisch und institutionalisiert. Wir brauchen Internationalität und Bedingungen, die es den Besten ermöglicht, zu forschen, zu kooperieren und zu bleiben!

Unser Unternehmen steht in einer langen Tradition enger Kooperation mit führenden technischen und ingenieurwissenschaftlichen Hochschulen – hier in Deutschland beispielsweise zwischen der Universität Bonn und dem IBM Entwicklungslabor in Böblingen im Bereich Chipentwicklung und -design. Mit der Veränderung des Marktes und unseres Geschäftsmodells, mit der zunehmenden Verschmelzung von Informationstechnologie und Business nämlich, erweitern wir diese Kooperationen und Engagements. Beispielhaft erwähnt sei die Zusammenarbeit mit dem Elitestudiengang „Finance and Information Management“ an der TU München und der Universität Augsburg. Hier entwickelt sich ein Kompetenzzentrum für Services Science, einem der wichtigsten akademischen Wachstumsthemen für unser Land.

Deutschlands Ressourcen sind seine Menschen. In sie muss investiert werden – in ihre Ausbildung, ihre Kreativität und ihren Willen sich Veränderungen zu stellen und sie als Chance zu nutzen. Die Exzellenzinitiative der Bundesregierung ist ein Schritt in die richtige Richtung. Den Kostenwettbewerb mit den prosperierenden Märkten im nahen und fernen Osten können wir nicht gewinnen. Wollen wir unseren erarbeiteten Lebensstandard halten, müssen wir uns auf unsere geistigen und kreativen Stärken konzentrieren und darüber hinaus den Willen haben, besonders und einmalig zu sein. Kurz innovativ zu sein!



# **Serious Games: The Impact of Pervasive Gaming on Business**

Matthias Jarke

Präsident der Gesellschaft für Informatik e.V.,  
Leiter des Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT  
Lehrstuhl für Informationssysteme RWTH Aachen

jarke@informatik.rwth-aachen.de

In the public debate, computer games tend to have a bad name due to their perceived negative influence on young people. Worsening school performance of boys relative to girls, even massacres in schools, are attributed to this influence.

If nothing else, this debate points out that computer games cause lots of emotions in people, get them involved, and facilitate learning. The short-term and long-term impact has even been confirmed by recent neuro-imaging studies of player brains. This impact grows further with media richness and mobility in what is called pervasive gaming.

Business has begun to take advantage of these effects in many different ways. The obvious ones include new game products as well as gaming services related to existing products, e.g. for advertising or explanatory purposes. An interesting family of such products include those where mobile multimedia technologies are being combined with geographic information services, e.g. history games in city tourism, or city or company site planning.

But there are also other important application domains. The future of IT lies in networked embedded systems whose requirements are extremely difficult to analyse before these systems have been built. Game-based design is being pursued as a novel analysis strategy in applications as diverse as production process optimization, or wearable computing in firefighter guidance and protection.

Last not least, pervasive gaming can be used to alleviate the increasing shortage of well-trained personnel, or to retrain people for new business tasks. The effective design of such learning systems, embedded in the normal work process as opposed to classroom settings, is still quite a challenge from a technology, usability, and business perspective. We have found it surprisingly useful to gain initial experiences with learning environments for users with special needs, which then lead to general innovations.

The talk will present an overview of modern pervasive gaming technologies, their business applications, and remain challenges for Business Informatics research, illustrated by a number of projects we have conducted in this domain over the past few years.



# **Dezentrales Wissensmanagement bei der EnBW**

## **Energie Baden-Württemberg AG**

Dr. Bernhard Beck LL.M

Chief HR and Information Officer  
Mitglied des Vorstands und Arbeitsdirektor der EnBW

Ist eOrganisation überhaupt ein Thema in der Energiewirtschaft? Als verantwortlicher Vorstand für Personal, IT und Recht zeigt Dr. Beck am Beispiel der EnBW AG auf, wo die Herausforderungen bei der „Vernetzung“ von Menschen, Informationen und Prozessen in modernen Energieversorgungsunternehmen liegen.

Vor dem Hintergrund der Liberalisierung der Energiemärkte agiert die EnBW AG als föderalistisch aufgestelltes Unternehmen mit rechtlich eigenständigen Gesellschaften in einem sich zunehmend verschärfenden Wettbewerbsumfeld. In diesem Kontext gilt es im Sinne von Effizienz und Effektivität, das Gesamtunternehmen konsequent entlang der Wertschöpfungskette zu organisieren. Zwei Aspekte gewinnen dabei immer mehr an Bedeutung: Wissen und Zusammenarbeit.

In beiden Feldern kann der zielgerichtete Einsatz von Informationstechnologien wesentlich zum unternehmerischen Erfolg beitragen: Dabei wird auch dezentral vorhandenes Wissen mit Hilfe neuer IT-Technologien immer schneller und besser nutzbar.

Der eOrganisation muss es gelingen, die Akzeptanz zur konsequenten Nutzung dieser innovativen Informationstechnologien sicherzustellen. Erfolgskritisch ist dabei, dass die Technologien am operativen Bedarf und an den kulturellen Gegebenheiten orientiert sind und so die IT eine besondere Rolle bei der zielgerichteten Vernetzung des Wissens der Mitarbeiter spielt.



# **Flexible Prozessgestaltung als Basis innovativer Geschäftsmodelle**

## **Von der Service-Orientierten Architektur zur Vision des Business Webs**

Lutz Heuser

Leiter SAP Research, SAP AG  
69190 Walldorf  
[lutz.heuser@sap.com](mailto:lutz.heuser@sap.com)

Stefan Lacher

SAP Research, SAP AG  
69190 Walldorf  
[stefan.lacher@sap.com](mailto:stefan.lacher@sap.com)

Simone Perlmann

SAP Research, SAP AG  
69190 Walldorf  
[simone.perlmann@sap.com](mailto:simone.perlmann@sap.com)

### **Kurzfassung**

Die steigenden Anforderungen an die Flexibilität der Unternehmen hinsichtlich ihrer Geschäftsprozesse und -modelle führt zu neuen Ansprüchen an die IT-Systeme. Web Services bzw. das Konzept einer Service-Orientierten Architektur (SOA) versprechen, einem Großteil dieser Bedürfnisse gerecht werden zu können. Für die Forschung ergeben sich aus dem Übergang zu SOA zahlreiche Forschungsfelder. Einer der prominentesten Leitgedanken für SAP Research ist hierbei die Vision eines „Business Web“, einer umfassenden Plattform zur dynamischen Komposition betriebswirtschaftlicher Funktionen und Dienste.

### **1 Einleitung**

Vor dem Hintergrund einer zunehmend globalisierten Welt und steigenden Kundenansprüchen sind Unternehmen jeglicher Größe heute dringender denn je auf Innovation angewiesen. Ihre Fähigkeit, Strategien und Geschäftsmodelle rasch anzupassen, gewinnt dabei als

Wettbewerbsfaktor zunehmend an Bedeutung. So weist beispielsweise die Studie des Marktforschungsinstituts "Economist Intelligence Unit" [Econ05] darauf hin, dass sich ‚Flexibilität‘ als eine der größten Herausforderungen erweist, der sich Unternehmen in den nächsten fünf Jahren gegenübersehen. Die zunehmenden Anforderungen an Flexibilität, aber auch an die Integration unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse ist insbesondere auf die Konsolidierungs- und Spezialisierungstendenzen in den meisten Branchen zurückzuführen, infolge deren heute nicht mehr einzelne Unternehmen miteinander konkurrieren, sondern zunehmend ganze Wertschöpfungsketten untereinander in Wettbewerb treten. So vollzieht sich derzeit ein Wandel von linearen, statischen Lieferketten zu flexiblen Wertschöpfungsnetzwerken, deren Wert durch die Vielzahl und die Dynamik der Geschäftsverbindungen entsteht (Abbildung 1). Die heutigen Unternehmen müssen sich dieser Dynamik stellen, um auf die Herausforderungen und die Möglichkeiten der Globalisierung reagieren zu können. Innovative Internet-basierte Geschäftsmodelle werden es spezialisierten Unternehmen ermöglichen, Dienste anzubieten, zu vermitteln und zur Verfügung zu stellen. Dies erfordert jedoch inhaltlich neu definierte Prozesse, sowie eine neue Form der unternehmensübergreifenden Prozessmodellierung innerhalb der Unternehmensnetzwerke [KaOe06a].

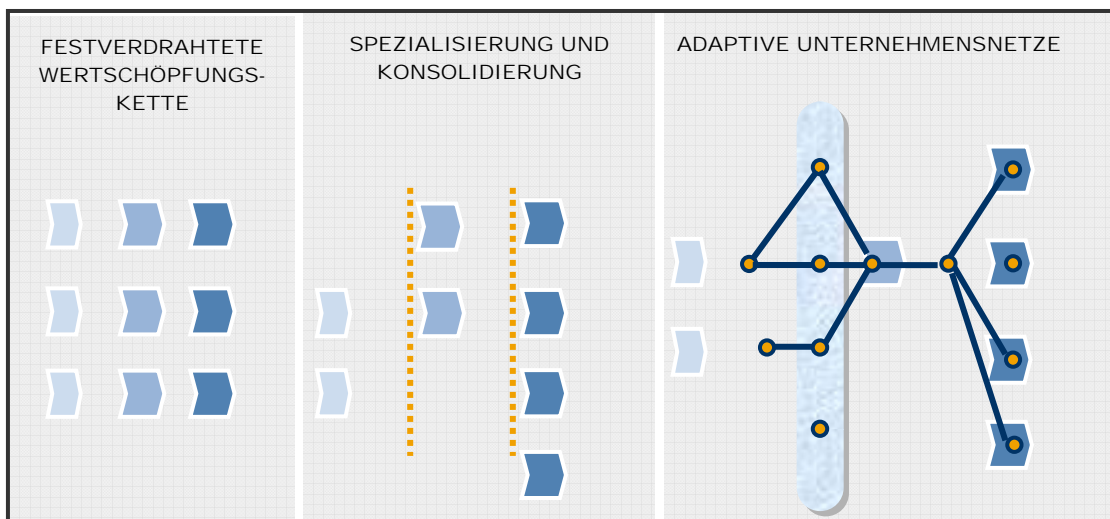


Abbildung 1: Adaptive Unternehmensnetzwerke (Quelle: SAP AG)

Die Voraussetzung für eine schnelle Reaktionsfähigkeit auf die Anforderungen des Marktes liegt in einer flexiblen IT, die offen, modular, integrationsfähig und kosteneffizient ist. Jedoch haben viele Unternehmen mittlerweile erkannt, dass ihre IT-Architektur nicht die nötige Flexibilität aufweist, um dem heutigen Wettbewerb standhalten zu können. Sie suchen daher

nach Mitteln und Wegen, ihre IT-Architektur zu optimieren und anpassungsfähiger zu gestalten. Vor diesem Hintergrund zeichnet sich ein Trend zu serviceorientierten Architekturen ab, die von vielen IT-Experten und -forschern als Schlüssel für kostengünstige und flexible IT-Systeme betrachtet werden [KaOe06b].

## **2 Flexible IT-Architektur durch modulare Services**

Da die Geschäftsprozesse in IT-Architekturen abgebildet werden, müssen sich folglich mit den veränderten Abläufen auch die gewachsenen IT-Strukturen ändern. Hinzu kommt, dass in den herkömmlichen IT-Architekturen oftmals ein Bruch zwischen der Geschäftslogik und der Ausführung der Prozesse zu verzeichnen ist. In Folge dessen müssen nun komplexe Prozesse in Einzelschritte zerlegt und Softwarebausteinen zugeordnet werden, um die Logik der Geschäftsabläufe von der Komplexität der existierenden heterogenen Applikationslandschaften und Inselanwendungen zu entkoppeln. Der Vorteil: Die ‚Softwarebausteine‘ müssen fortan nicht mehr im Unternehmen selbst vorgehalten werden, sondern können beispielsweise über das Internet abgerufen werden. Hierbei handelt es sich um so genannte Web-Services, die über offene, standardisierte Schnittstellen wie XML (eXtensible Markup Language) eingebunden werden [Alon04]. Werden in einem nächsten Schritt die technischen Bausteine mit betriebswirtschaftlichen Funktionen verknüpft, so erhält man Enterprise-Services. Enterprise Services stellen die Geschäftslogik bereit, die sich für kommende Anforderungen rasch und flexibel kombinieren lassen. Das schafft die notwendige Flexibilität und Offenheit, um neue Geschäftsmodelle schneller umzusetzen und Prozesse zu automatisieren. Diese Offenheit lässt zudem die Integration bestehender Applikationen ebenso zu wie die Neuentwicklung von Programmen und die Einbindung von Software beliebiger Hersteller. Damit ist der Weg frei für eine IT-Architektur, die dem Anwender baukastenartig die Möglichkeit eröffnet, seine Prozesse zu modellieren und dabei automatisch seine IT-Architektur anzupassen. Das Konzept der SAP hierfür heißt Enterprise Service-Oriented Architecture (Enterprise SOA) [WoMa06].

### **2.1 Enterprise Service-Oriented Architecture**

Die Enterprise Service-Oriented Architecture (Enterprise SOA) erweitert das Konzept der Web-Services zu einer Architektur für Geschäftsanwendungen: Während Web-Services zunächst nur

ein technisches Konzept darstellen (siehe Abbildung 2), ist Enterprise SOA der Entwurf für umfassende und Service-basierte Geschäftsanwendungen [Zenc06].

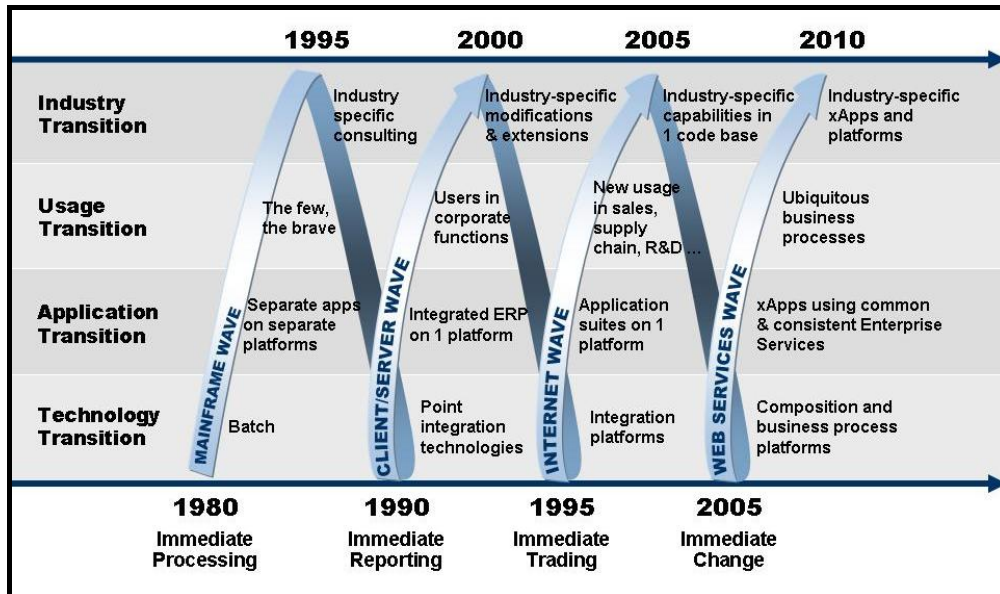


Abbildung 2: Evolutionsschritte in der Geschichte der Unternehmenssoftware (Quelle: SAP AG)

Enterprise SOA ermöglicht das Design der kompletten Geschäftsprozess-Lösung. Hierbei werden sowohl existierende Systeme und Anwendungen einbezogen als auch der Einsatz neuer Funktionalitäten beschleunigt. Die zentrale Komponente ist dabei das Composite Application Framework, eine Modellierungs- und Entwicklungsumgebung für die Komposition von Web Services (siehe Abbildung 3). SAP NetWeaver dient dazu, eine Enterprise SOA umzusetzen [SAP06] und stellt entsprechende Entwicklungs-, Integrations- und Laufzeitumgebungen zur Verfügung.

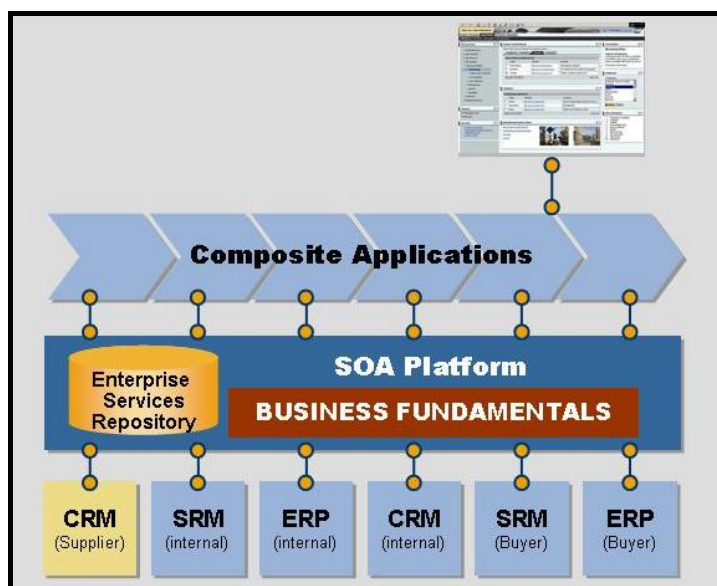


Abbildung 3: Enterprise SOA (Quelle: SAP AG)

## 2.2 Die Geschäftsprozessplattform

Offen bleibt nun die Frage, wie die technische Umsetzung einer Enterprise SOA-Lösung erfolgt: Vorrangiges Ziel der Enterprise SOA ist eine service-basierte Geschäftsprozessplattform auf Basis von SAP NetWeaver, die eine anwenderfreundliche ‚Komposition‘ von Anwendungen ermöglicht [Kage05]. Diese Plattform umfasst Tools zur Planung, Entwicklung und Koordination komplexer Services und Geschäftsprozesse innerhalb der serviceorientierten Landschaft und schließt Sicherheitsmanagement und Stammdatenverwaltung sowie die Datenkonsolidierung aus verschiedenen Quellen ein [Heus06b]. Diese Entwicklung steht im Einklang mit der zunehmenden Industrialisierung der Softwareentwicklung, da Plattformansätze beispielsweise in der Automobilindustrie schon seit vielen Jahren einen wichtigen Erfolgsfaktor darstellen [GaCu02]. Neben der Nutzung von Skaleneffekten sowie einem hohen Maß an Anpassungsfähigkeit hat der Plattformansatz in der Softwareindustrie noch weitere Vorteile (siehe Abbildung 4): So ermöglicht eine solche Plattform in neuem Masse eine Öffnung gegenüber Drittanbietern, die mit eigenen Anwendungen die Plattform nützen können bzw. denen auch die Möglichkeit für Verbundapplikationen mit anderen Anbietern gegeben wird [AgZe05].

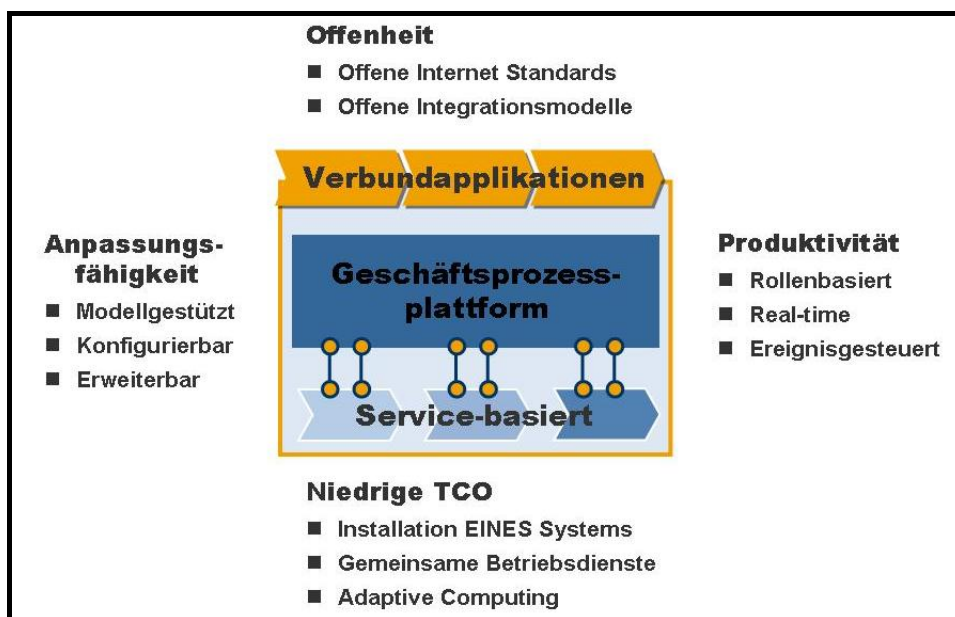


Abbildung 4: Der Nutzen der Prozessplattform (Quelle: SAP AG)

Dies jedoch führt zu erheblichen Herausforderungen an die Interoperabilität der Anwendungen. Teilweise können diese über eine einheitliche geschäftliche Ontologie geregelt werden, sie erfordern darüber hinaus jedoch eine zentrale Koordination. Hierzu sieht SAP eine Abstimmung der Services mit dem ‚Enterprise Service Repository‘, dem zentralen Verzeichnis aller Dienste

der Geschäftsprozessplattform vor. Dieser Kern der Architektur wird von SAP verwaltet, so dass trotz Öffnung der Lösung die Integrität und Einhaltung regulatorischer Richtlinien stets sichergestellt bleibt [Kage06]. Somit bietet die Geschäftsprozessplattform dem Kunden sowohl die Vorzüge einer Standardsoftware mit „Best Practice“ Prozessen und die Sicherstellung der Prozessintegrität als auch die Flexibilität einer individuell erweiterbaren Lösung [AgZe05]. Unterstützt wird dieses Konzept durch das Partner Ecosystem der SAP, da die SAP natürlich nicht jede einzelne Funktion für Unternehmen jeder Größenordnung in jeder Branche entwickeln kann. Grundsätzlich kann im Rahmen des zuvor vorgestellten Konzepts jede Funktion, die als Service bereitgestellt wird, wieder verwendet werden, wenn neue ‚Schichten‘ auf die Anwendung gesetzt werden. Solche Schichten benötigen Services und fügen der Anwendung Funktionen hinzu, die ursprünglich nicht für diese Anwendung konzipiert wurden. Somit eröffnet SAP mit Hilfe der Services über ihre Anwendungen hinaus neue Funktionen und ermöglicht den Systemhäusern (Independent Software Vendors ISVs) des Partnernetzes ein flexibles Wachstum [Kage06].

### **3 Zukünftige Forschungsfelder**

Vor diesem Hintergrund werden einige der zentralen Themen von SAP Research deutlich: So ist absehbar, dass das Enterprise SOA-Konzept sowie eine entsprechende Infrastruktur in naher Zukunft eine passende Möglichkeit für Unternehmen bietet, sich auf ihr dynamisches Umfeld einzustellen und ihre Geschäftsmodelle entsprechend flexibel an die veränderten Gegebenheiten einer globalen Internet-basierten Wirtschaft anzupassen. Zumeist konzentriert sich die Wertschöpfung jedoch nicht auf einen einzelnen Teilnehmer, sondern setzt sich aus einer Vielzahl von Partnern zusammen, die einen gemeinsamen Mehrwert für den Kunden anstreben. Folglich erscheint es notwendig, dass ‚Service Communities‘ schnell und einfach Kollaborationen mit anderen Geschäftspartnern aufbauen, ändern und ggf. auch unproblematisch beenden können. In diesem Zusammenhang entwickelte SAP Research die Vision der Business-Webs.

Business-Webs verfolgen hierbei die Grundidee zukünftiger Service-Marktplätze, die eine einfache und flexible Integration spezialisierter Dienste zu einem Gesamtangebot für den Dienstenutzer entstehen lassen. Um die Kosten eines solchen Ansatzes möglichst gering zu halten und die Integration der Services zu einem größtmöglichen Teil automatisiert



vorzunehmen, forscht SAP Research einerseits im Bereich semantischer Technologien und andererseits an passenden Werkzeugen und Entwicklungsprozessen zur vereinfachten Komposition derartiger Services sowie an den hierfür notwendigen Sicherheitstechnologien. Als erste Ansätze weiterentwickelter Web-Anwendungen können beispielsweise „Mash-ups“ gesehen werden, wie sie in letzter Zeit im Rahmen der Web 2.0-Aktivitäten wiederholt im Gespräch waren.

Um die Vision von den Business-Webs zu verwirklichen, arbeitet SAP Research zudem an einer Reihe von weiteren Problemstellungen, die von ökonomischen und rechtlichen Gesichtspunkten (z.B.: Service Innovationen oder Haftungsregelungen in Business-Webs) über die Koordination bzw. Bereitstellung verteilter Dienste bis hin zu einer semantischen Infrastruktur und der Interoperabilität zwischen Business-Webs reichen. Diese Konzepte werden den Unternehmen von morgen weitere Möglichkeiten eröffnen, die Chancen und Herausforderungen der Internet-basierten Globalisierung flexibel zu gestalten.

#### **4 Conclusio**

Unternehmen werden sich in den kommenden Jahren weiterhin verstärkt durch Innovationen im Bereich von Diensten, Prozessen und speziell auch Geschäftsmodellen vom Wettbewerb differenzieren. Der bereits heute wichtige Faktor der IT wird dabei zu einem strategischen Differenzierungskriterium, das hinsichtlich der Anpassung der Geschäftsmodelle an die jeweiligen Marktgegebenheiten maßgeblich beteiligt sein wird. Die SAP bietet ihren Kunden auf Basis ihrer Geschäftsprozessplattform sowie der Enterprise Services die Möglichkeit einer flexiblen Anpassung der Geschäftsanwendung an die eigenen Bedürfnisse. Unabhängigen Softwareanbietern wird die Chance eröffnet, im Rahmen eines Partnernetzwerks mit anderen Anbietern zu kooperieren und über dieses Modell unternehmensübergreifende Innovationen voranzutreiben. Für die Kunden entstehen somit „Best Practice“ Lösungen der jeweiligen Spezialanbieter für Software, wobei gleichzeitig die Integrität und die Gesetzeskonformität der Daten über die zentrale Plattform sichergestellt wird [Heus06a].

Die Enterprise Services ermöglichen den Unternehmen darüber hinaus ein hohes Maß an Flexibilität für die eigenen Kundenangebote, aber auch für die zunehmend wichtiger werdende dynamische Gestaltung der Wertschöpfungskette. Hierfür soll eine Umsetzung der Vision des

Business-Webs in den nächsten Jahren den entsprechenden ökonomischen und technischen Rahmen bieten [Heus06b].

## **Literaturverzeichnis**

- [AgZe05] Agassi, S.; Zencke, P.: Best-of-Both-Worlds Benefit, Interview in SAP INFO, 27.03.2005. Verfügbar unter: <http://www.sap.info>.
- [Alon04] Alonso, G. et al.: Web Services – Concepts, Architectures and Applications, Springer, Berlin, Heidelberg, 2004.
- [Econ05] The Economist Intelligence Unit: Business 2010 - Embracing the challenge of change, London, New York, Hong Kong, 2005. Verfügbar unter: [http://www.eiu.com/site\\_info.asp?info\\_name=eiu\\_SAP\\_business2010](http://www.eiu.com/site_info.asp?info_name=eiu_SAP_business2010).
- [GaCu02] Gawer, A.; Cusumano, M. A.: Platform Leadership. Harvard Business School Press, Boston, 2002.
- [Heus06a] Heuser, L.: Das Business Web – eine zentrale Vision von SAP Research, Pressekonferenz zur 36. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, 04.10.2006.
- [Heus06b] Heuser, L.: Unsere Herausforderung liegt in der Servicekomposition, Interview in Computer Zeitung, 13.11.2006.
- [Kage05] Kagermann, H.: SAP plans new platform as competitive weapon, Interview in InfoWorld, 31.01.2005.
- [Kage06] Kagermann, H.: Balancing Change and Stability in the Evolution of SAP's Enterprise Software Platform, Interview in Knowledge@Wharton, 04.10.2006.
- [KaOe06a] Kagermann, H.; Oesterle, H.: Geschäftsmodelle 2010 - Wie CEOs Unternehmen transformieren, Frankfurter Allgemeine Buch, 2006.

- [KaOe06b] Kagermann, H; Oesterle, H.: Nur mit SOAs bleiben Firmen wettbewerbsfähig, Interview in CIO Online, 30.08.2006. Verfügbar unter: <http://www.cio.de/index.cfm?pid=287&pk=826419>.
- [SAP06] SAP AG: SAP INFO Glossar, 2006. Verfügbar unter: <http://www.sap.info/public/DE/de/glossary/de>.
- [WoMA06] Woods, D.; Mattern, T.: Enterprise SOA – Designing IT for Business Innovation, O’Reilly Media, Sebastopol, 2006.
- [Zenc06] Zencke, P.: Geschäftsmodell 2010 - Paradigmenwechsel durch SOA, Interview in CIO Online, 27.09.2006. Verfügbar unter: <http://www.cio.de/index.cfm?pid=324&pk=827738>.

### **Informationen zu SAP**

Die SAP AG, mit Hauptsitz in Walldorf, Bundesrepublik Deutschland, ist der weltweit führende Anbieter von Unternehmenssoftware. Das Portfolio der SAP umfasst Geschäftsanwendungen für große Unternehmen und den Mittelstand, die auf der SAP NetWeaver-Plattform aufbauen, sowie leistungsfähige Standardlösungen für kleine und mittelgroße Firmen. Darüber hinaus unterstützt SAP mit mehr als 25 branchenspezifischen Lösungsportfolios Kernprozesse in Industrien wie Handel, Finanzen, High-Tech, im Gesundheitswesen und öffentliche Verwaltungen. Damit sind Organisationen in der Lage, ihre Geschäftsprozesse intern sowie mit Kunden, Partnern und Lieferanten erfolgreich zu organisieren und die betriebliche Wertschöpfung maßgeblich zu verbessern. SAP-Lösungen sind bei über 32.000 Kunden in mehr als 120 Ländern im Einsatz. SAP wurde 1972 gegründet und ist heute der weltweit drittgrößte unabhängige Softwareanbieter, mit Niederlassungen in über 50 Ländern. Im Geschäftsjahr 2005 erzielte das Unternehmen einen Umsatz von rund 8,5 Mrd. Euro. Derzeit beschäftigt SAP über 35.000 Mitarbeiter. Weitere Informationen unter: [www.sap.com](http://www.sap.com).

## **Informationen zu SAP Research**

SAP Research ist die Forschungsabteilung der SAP AG und als solche verantwortlich für die Bereiche der Angewandten Forschung sowie der Vorentwicklung. SAP Research kooperiert eng mit führenden Universitäten und Forschungseinrichtungen. SAP Research verfügt über zahlreiche Forschungsstandorte weltweit. Die wesentlichen Teilaufgaben liegen in der:

- Technologiefrühaufklärung und Erstellung des Forschungsportfolios;
- Identifizierung von Zukunftstechnologien sowie deren Anwendungspotentiale im Markt für Unternehmenssoftware;
- Sicherung der Technologiepotentiale mittels Patentierung; sowie der
- Bereitstellung, Speicherung und Verwertung des Wissens nach dem Grundprinzip der kollaborativen Forschung.

# Search Engine Economics

Hal R. Varian

School of Information

University of California at Berkeley

102 South Hall, Berkeley, CA 94720-4600, USA

hal@sims.berkeley.edu

Bio: <http://www.ischool.berkeley.edu/~hal/>

Search engine advertising has become a big business, with the combined revenue of industry leaders Yahoo and Google exceeding \$11 billion in 2005. Most all of these ads are sold via auction, with literally billions of these auctions being held per week.

This talk is concerned the economics of search engine ad auctions: how they evolved, how they work, and where they are going. I also speculate on how search engine advertising will affect other marketing efforts.



# Decentralised Control of Complex Systems

Nicholas R. Jennings

School of Electronics and Computer Science  
University of Southampton  
Southampton SO17 1BJ  
UK  
nrj@ecs.soton.ac.uk

Bio: <http://www.ecs.soton.ac.uk/~nrj/>

Many modern computing systems have to operate in environments that are highly interconnected, highly unpredictable, are in a constant state of flux, in which there is no centralized point of control, and in which the constituent components are owned by a variety of stakeholders that each have their own aims and objectives. Relevant exemplars include the Web, Grid Computing, Peer-to-Peer systems, Pervasive Computing and many eCommerce applications. Now, I believe that all of these systems operate under the same conceptual model: (i) entities offer a variety of services in some form of institutional setting; (ii) other entities connect to these services (covering issues such as service discovery, service composition and service procurement); and (iii) entities enact services in a flexible and context sensitive manner. Moreover, I believe agent-based computing is an appropriate model computational for such systems (Jennings, 2000; Jennings 2001). In particular, autonomous agents are a natural way of viewing flexible service providers and consumers and the interactions between these autonomous components are naturally modeled as some form of economic trading process that, if successful, results in a service contract (or service level agreement) between the agents involved.

In this talk, the focus will be on the design of the agents and their interactions. Specifically, I will consider the design and implementation of various computational service economies for a number of real-world applications including: virtual organizations (Norman et al., 2004), sensor

networks (Padhy et al., 2006; Rogers et al., 2005; Rogers et al., 2006) and personalized recommendations (Wei et al., 2005; Payne et al., 2006). In so doing, I will touch upon some of the techniques and advances we have made in the areas of game theory (Gerding et al., 2006), auctions (Dash et al., 2007, David et al., 2005), coalition formation (Dang and Jennings, 2006; Dang et al., 2006; Rahwan et al., 2005; Rahwan and Jennings, 2005), automated negotiation (Fatima et al., 2004; Fatima et al., 2006) and computational mechanism design (Dash et al., 2003).

## References

V. D. Dang and N. R. Jennings (2006) "Coalition structure generation in task-based settings" *Proc. 17th European Conference on AI*, Trento, Italy, 210-214.

V. D. Dang, R. K. Dash, A. Rogers and N. R. Jennings (2006) "Overlapping coalition formation for efficient data fusion in multi-sensor networks" *Proc. 21st National Conference on AI (AAAI)*, Boston, USA, 635-640.

R. K. Dash, P. Vytelingum, A. Rogers, E. David and N. R. Jennings (2007) "Market-based task allocation mechanisms for limited capacity suppliers" *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics (Part A)*.

R. K. Dash, D. C. Parkes and N. R. Jennings (2003) "Computational Mechanism Design: A Call to Arms" *IEEE Intelligent Systems* **18** (6) 40-47.

E. David, A. Rogers, J. Schiff, S. Kraus, and N. R. Jennings (2005) "Optimal design of English auctions with discrete bid levels" *Proc. of 6th ACM Conference on Electronic Commerce (EC'05)* Vancouver, Canada, 98-107.

S. S. Fatima, M. Wooldridge and N. R. Jennings (2006) "Multi-issue negotiation with deadlines" *Journal of AI Research* **27** 381-417.

S. Fatima, M. Wooldridge and N. R. Jennings (2004) "An agenda based framework for multi-issues negotiation" *Artificial Intelligence Journal* **152** (1) 1-45.

E. H. Gerding, R. K. Dash, D. C. K. Yuen and N. R. Jennings (2006) "Optimal bidding strategies for simultaneous Vickrey auctions with perfect substitutes" *Proc. 8th Int Workshop on Game Theoretic and Decision Theoretic Agents*, Hakodate, Japan, 10-17.

N. R. Jennings (2000) "On Agent-Based Software Engineering" *Artificial Intelligence Journal*, **117** (2) 277-296.

N. R. Jennings (2001) "An agent-based approach for building complex software systems" *Comms. of the ACM*, **44** (4) 35-41.



- T. J. Norman, A. Preece, S. Chalmers, N. R. Jennings, M. Luck, V. D. Dang, T. D. Nguyen, V. Deora, J. Shao, A. Gray and N. Fiddian (2004) "Agent-based formation of virtual organizations" *Int. J. Knowledge Based Systems* **17** (2-4) 103-111.
- P. Padhy, R. K. Dash, K. Martinez and N. R. Jennings (2006) "A utility-based sensing and communication model for a glacial sensor network" *Proc. 5th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Hakodate, Japan, 1353-1360.
- T. R. Payne, E. David, N. R. Jennings and M. Sharifi (2006) "Auction mechanisms for efficient advertisement selection on public displays" *Proc. 17th European Conference on AI*, Trento, Italy, 285-289.
- T. Rahwan, S. D. Ramchurn, V. D. Dang and N. R. Jennings (2007) "Near-optimal anytime coalition structure generation" *Proc 20th Int. Joint Conf. on AI (IJCAI)*, Hyderabad, India.
- T. Rahwan and N. R. Jennings (2005) "Distributing coalitional value calculations among cooperating agents" *Proc 25th National Conf on AI (AAAI)*, Pittsburgh, USA, 152-157.
- A. Rogers, E. David and N. R. Jennings (2005) "Self organized routing for wireless micro-sensor networks" *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics (Part A)* **35** (3) 349-359.
- A. Rogers, R. K. Dash, N. R. Jennings, S. Reece and S. Roberts (2006) "Computational mechanism design for information fusion within sensor networks" *Proc. 9th Int. Conf. on Information Fusion*, Florence, Italy.
- Y. Z. Wei, L. Moreau and N. R. Jennings (2005) "A market-based approach to recommender systems" *ACM Trans on Information Systems* **23** (3) 227-266.



## **Einführung in den Track**

### **Das Internet der Dinge: Betriebliche Anwendungen des RFID und Ubiquitous Computing**

**Prof. Dr. Elgar Fleisch**

Universität St. Gallen

**Prof. Dr. Franz Lehner**

Universität Passau

**Prof. Dr. Karl Kurbel**

Universität Frankfurt (Oder)

**Dr. Orestis Terzidis**

SAP Research

Technologien wie RFID (Radio Frequency Identification), Sensornetzwerke und Ubiquitous Computing machen das Internet der Dinge möglich. Im Unterschied zum Mobile Computing, bei dem die Geräte als eigenständige Entitäten sichtbar sind und als solche wahrgenommen werden, stehen bei Ubiquitous und Pervasive Computing integrierte und eingebettete Systeme im Mittelpunkt, die jederzeit und überall genutzt werden können.

Wenn nicht mehr nur die Abstraktionen der realen Dinge Gegenstand der Informationsverarbeitung sind, sondern die Dinge selbst Daten senden, empfangen und verarbeiten, dann eröffnen sich für die Wirtschaftsinformatik neue Chancen, aber auch Herausforderungen: Wie kann der riesige Datenanfall semantisch adäquat bewältigt werden, so dass relevante Managementinformationen gewonnen werden? Welche Sicherheits- und Privacy-Anforderungen sind zu beachten und welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind zu schaffen? Welche Infrastrukturen werden künftig benötigt werden? Wie wird sich der Markt entwickeln, welche Rolle spielen Standards, und wer werden die Key Players sein? Was ist bei der Einführung zu beachten und welche Erfolgsfaktoren können identifiziert werden?

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Sahin Albayrak, Technische Universität Berlin

PD Dr. Christian Becker, Universität Stuttgart

Prof. Dr. Schahram Dustdar, Technische Universität Wien

Prof. Dr. Alois Ferscha, Universität Linz Prof.

Dr. Elgar Fleisch, Universität St. Gallen Konrad Klöckner, FIT, Sankt Augustin

Prof. Dr. Gabriele Kotsis, Universität Linz

Prof. Dr. Karl Kurbel, Universität Frankfurt (Oder)

Dr. Marc Langheinrich, ETH Zurich

Prof. Dr. Franz Lehner, Universität Passau

Ulrike Lucke, Universität Rostock

Prof. Dr. Friedemann Mattern, ETH Zurich

Dr. Kay Roemer, ETH Zurich

Dr. Albrecht Schmidt, Universität München

Dr. Orestis Terzidis, SAP Research

Jun.-Prof. Dr. Frank Teuteberg, Universität Osnabrück

# **Start a Grassroots RFID Initiative!**

## **The Relevance of Communication and Showcases on the Success of RFID.**

Florian Resatsch, Jörg Aßmann, Thomas Schildhauer

Institute of Electronic Business  
University of the Arts Berlin  
D-10639 Berlin  
{resatsch,assmann,schildhauer}@ieb.net

Daniel Michelis

Institute of Media and Communication Management  
University of St. Gallen  
CH-9000 St. Gallen  
daniel.michelis@unisg.ch

### **Abstract**

Since about 1994 there are now more microprocessors than humans on this planet. With technology advancements and lowered prices the trend will go on. But in a world of ubiquitous connectivity, computing-not computers-characterizes the next era of the computer age. Enabling technologies that support wireless connections, such as Radio Frequency Identification, are being implemented in many businesses to optimize processes and to track and trace objects automatically. But researchers around the world are already working to develop further applications and ideas related to ubiquitous computing beyond tracking and tracing. To discover why most discussions outside the university and the consulting arena haven't yet reached the point where the consumer perceives RFID as a living technology, we conducted a study during a large trade fair in Germany. The results and implications are presented in this paper.

### **1 Introduction**

The multifarious term "Ubiquitous Computing" (UbiCom) is widely used throughout business and media today. The vision behind UbiCom was described more than 10 years ago by Mark

Weiser as the “Enhancing of computer use by making many computers available throughout the physical environment, but making them effectively invisible to the user.” [Weis91, Weis93]. Weiser coined the term in reference to computers that assist people in their daily lives at home and work [BCLM05]. Favored by technological development processes, such as miniaturized chips, the vision comes closer these days [Mano01; GeKC04; FIMa05]. Despite the basic ideas of Ubicom, the potentially ubiquitous available technology, Radio Frequency Identification (RFID), is currently integrated mostly in tracking and tracing processes to improve and optimize logistics. In order to focus on the topic RFID in the consumer world, we conducted a study on RFID during an international consumer electronics trade fair in Germany. The results show that current discussions of RFID in the media are misleading. Most media discussions center around privacy issues, mostly because “Ubicom systems are relatively unusual” [Beck03] and designers of Ubicom systems lack a certain amount of knowledge about the ideas of potential users. There is also a gap between media communication and public perception, in that both Ubicom and RFID seem to be rather unknown entities. The question arises whether discussions about privacy hold back the full potential of RFID applications in both consumer and business arenas and thereby restrict future developments. The aim of this paper is to show why researchers as well as practitioners should focus on more showcases and prototypes for consumers that include reasoning about privacy, but also start discussions based on valid application development regarding usage and benefits to the consumer. The main question is how to show the benefits of a technology based principally on invisibility. What are consumers really thinking and what information could be made available to people in order to make the technology well-known so that the consumer is able to accurately evaluate it before using or purchasing it [DaKa73]? This paper describes the current state of interest in RFID technology in section two, followed by a description of the study design in section three. Section four points out the empirical findings of the study. In section five we propose a way to categorize discussions around RFID-related issues and finish with a conclusion and limitations in section six.

## **2 RFID in the Innovation Cycle**

RFID technology has been broadly discussed in literature [AbMy00; Matt02, Matt03; Flei04; FIMa05; FKTT06; KnLK06; Want06]. However, new or somewhat new technologies take a

long time to impact the lives of ordinary people [Norm99; Kaas05]. The adoption of “disruptive technologies” is an even longer and more complicated process. “Disruptive technologies” are technologies that may cause revolutionary changes in people’s lives [Chri97], a fact that is being spread by many Ubicom visionaries [Matt02; Matt03]. Christensen uses the term “Disruptive *innovation*” in his later work to underline that strategy creates the disruptive impact, not the technology in itself – only a few technologies have the intrinsic potential to be disruptive [Chri03]. Real “disruptive technologies” provide a new use case category for a technology that was previous unavailable. The question is to what extent can RFID be considered a disruptive technology and what would be the implication of this? Although RFID technology has been available since the late 40’s [Stoc48], within the last years we see a new era in mass usage [KnLK06]. The supporters of the technology, such as huge retail companies, regard RFID as an incremental improvement that helps to optimize their processes. In North America, especially the efforts of EPCglobal have mainly dominated the development of RFID applications with focus on the use cases of the aforementioned companies and have generated a main interest in supply chain management [FKTT06]. Fine, Klym et al. examine four key trends. First: the issue of standardization that leads towards interoperable applications. Second: most RFID systems exploit the combination of short-range radio-based communication networks that have thus far evolved independently. Third: they suggest that newer optical tagging systems should compete with RFID despite the performance advantages [FKTT06]. All of these can be considered to be more incremental than disruptive innovations, however as a final point, Fine et al. see RFID and tagging technologies making their way into the hands of end-users – which is currently not yet the case [WiDe04]. This would significantly increase the potential for disruptive rather than incremental improvements. The development of more grassroots projects would provide the necessary counterbalance to the tracking and tracing efforts [FKTT06]. Such grassroots tagging projects can already be seen in some areas of interaction design and human-computer interaction. Especially since large mobile phone producers introduced Near Field Communication phones including RFID readers, new ideas on bridging the gap between the real and virtual world pop up. Users can create their own data related to an object code, or use their own tags and ideas to build new applications, such as the Address Book Desk by Timo Arnall [Arna05] with a real use to people. Within the supply chain and logistics, RFID is more likely to be discontinuous improvements contrary to optical systems, but in the area of consumer application, RFID could still be a disruptive innovation. If

that were the case, it is important to locate the technology in the innovation cycle to determine which steps are necessary to create applications that are widely accepted by the users. Broad consumer acceptance would then automatically lead to greater acceptance of important industry use-cases such as item-level tagging. According to Sheffi, RFID “Is still not out of the fog of innovation: the benefits of the technology are not entirely clear, especially its advantages over bar code technology” [Shef04]. Furthermore he states that the discussions about standards and privacy issues are indicative of a technology still in its infancy. One of the aspects of technology is that the move from invention to innovation, only takes place when consumers adopt and accept a technology in large numbers [Shef04]. Based on Davis’ early work regarding technology acceptance [Davi89], Davis and Venkatesh suggest that pre-prototypes can also be used to assess usefulness [DaVe04; Kaas05]. Most RFID applications are within the supply chain, and as a result there are fewer prototypes visible and testable to the consumer, thus limiting their possibilities to accept the new technology. The question is how far the focus on technology acceptance will help the dissemination of RFID. Consumers and users might prefer to experience it first. Rogers describes the innovation adoption process in five steps “Through which an individual [...] passes from first knowledge” [Roge95] to finalizing the adoption decision. The dissemination itself is regarded as the process by which an innovation is communicated through various channels among members of a social system [Roge95]. Rogers defines five adopter categories in his work: innovators, early adopters, early majority, late majority and laggards. While the innovators are risk-takers, the early adopters are opinion leaders who make the initial evaluation of an innovation and communicate the result to the other members of their group. If the early adopters are convinced by innovators that a technology is worth it, the technology can spread into the mass market after crossing the “chasm” - the different needs of early adopters and early majority [Moor02]. The decision to accept an innovation depends on the innovation-decision of other members, and here networking exerts a major influence. This also means that communication channels such as mass media have a powerful effect on spreading the message. But the most trustworthy channel for leaders of opinion is word-of-mouth - even more so than mass media. The adoption of innovation is therefore largely an information processing activity to which potential adopters have gathered enough information on the particular innovation [Hain05]. Rogers also states that the available information about an innovation may positively influence its adoption probability [Roge95]. In the case of RFID, this would mean that - if the invention RFID is an innovation and if we are



still “in the fog of innovation” more information (equals experience and visible benefits) on RFID is crucial for large-scale adoption. We used the free tool “Google Trends” to ascertain discussions about RFID, showing the interest of the Internet users in specific topics. Search queries reflect a late majority indicator since people start searching for a specific term when they have already heard about it via a different channel. For example, if someone had heard about RFID in the media they might be conducting a search about it.

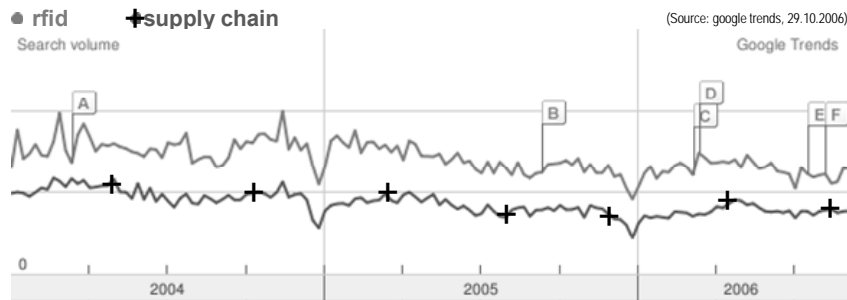


Fig. 1: The search queries for RFID and supply chain (Source: Google Trends)

Figure 1 shows that search queries for RFID and supply chain show a similar course over time. The queries maintain a stable level; therefore people might search for supply chain and RFID in the same manner. Nevertheless, RFID still proves to be of value outside classical track and trace applications. Figure 2 compares a real consumer product like the Apple™ iPod® with RFID. It can be clearly seen that for a significant period the news reference volume was almost equal while the iPod® related search queries quickly exceeded the RFID search queries. The news reference volume maintained the same relation for a while until new iPods® were released. However, iPod® search queries rose sharply, consistently maintaining a higher amount than RFID-related queries. This indicates significant media-based coverage and shows the interests of the majority of internet users after the adoption of previous groups (See Figure 2).

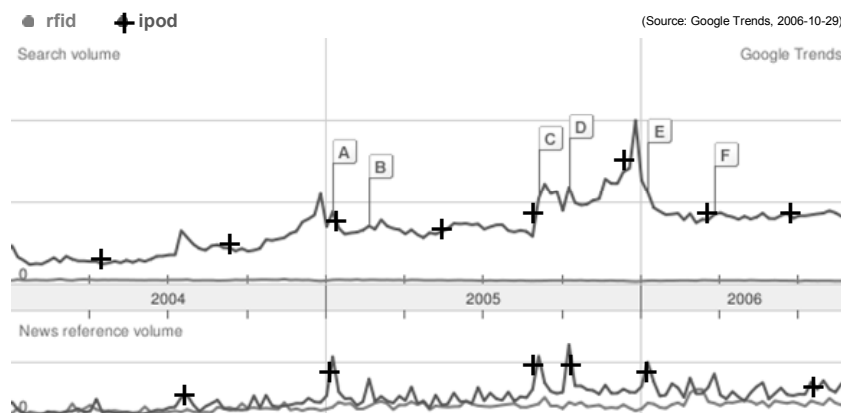


Fig. 2: Comparison of search volume vs. news reference of the consumer product iPod and the not-yet-consumer-product RFID (Source: Google Trends – Letters A to F mark relevant incidents)

Comparing the amount of search results for the term „spychips“ (German: Schnüffelchips) with “RFID” in Google shows 302.000 search results for spychips vs. 55.400.000 for RFID. However, more consumers might remember the discussion on “spychips” than any industry RFID proposal. The usage possibilities of RFID have led to many discussions within the media in terms of data security and privacy issues. The absolute number of Google search queries on the term “RFID” in Google trends worldwide is almost constant. Also, it can be stated that the type of news varied from highly positive to more negative in the last several years. It was initially euphoric (A) while in more recent times we see a focus on negative issues such as RFID viruses (E). The influence of negative news is shown in the chart below. Here Scott Silverman announced the idea of implanting RFID chips in immigrants and guest workers. This has led to a very high number of web-logs mentioning the quote (See Figure 3).

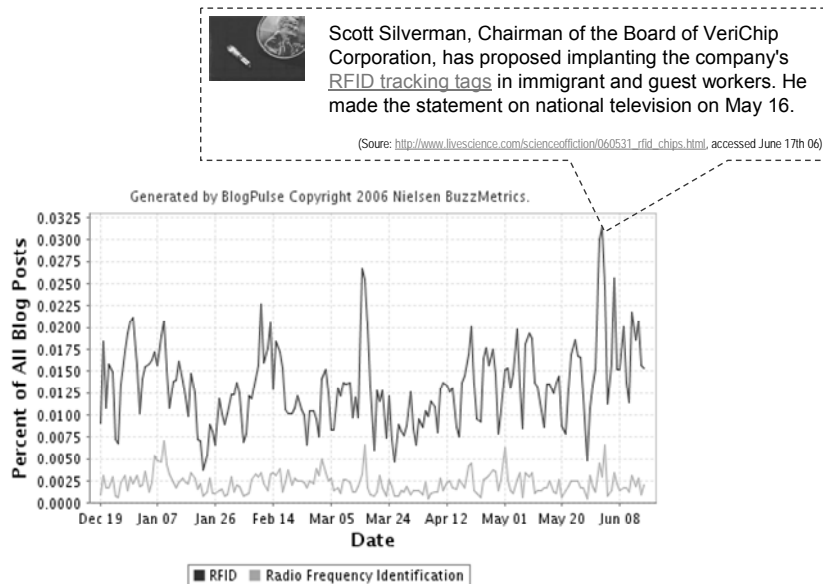


Fig. 3: The reaction in web-logs to bad news (Source: BlogPulse - We chose to search for both the acronym RFID and the term Radio Frequency Identification, because some web-logs use the acronym while others the whole set)

Clearly, privacy is an issue for RFID applications, but overall negative media coverage leads to a significant increase of reporting in many communication channels on the Internet, such as Weblogs, Communities, etc.. Since we are not able to determine the difference of opinion leaders' opinions and other consumers with the tools used above, it seems that the search queries show an interest in the technology that is not at the same intensity than it could be for being consumer good (A test with myspace.com instead of iPod® shows an even higher difference). Although researchers and experts are very aware of the potential opportunities and

threats of RFID, the consumers might not be able to judge them appropriately. The aforementioned statements show that RFID is a potentially interesting technology for mass markets, one that *might* lead to a disruptive innovation – an effect that could cycle back into business – where the value of RFID is already proven in many cases [FICD05]. Our research focus was centered around seeing how people currently value RFID and what their opinion is of the technology. Therefore we decided to conduct a study during a world trade fair that deals with information technology and RFID. Without pre-qualifications, we asked people at the fair about different aspects of RFID. The next section describes the study design.

### 3 Study Design

For the study we selected a large trade fair (CeBit 2006) with presumably technologically savvy visitors. According to the organizers, the percentage of professionals in attendance was extremely high in 2006 (85% of all participants). Since the trade fair had more than 450,000 visitors and 6,262 exhibitors, we concentrated on the main hall with RFID as a major topic (#6) as well as the two adjacent halls (#5, #7). The following table (Tab. 1) gives an overview of the research design.

Research framework	Quantitative analysis/survey
Method of data collection	Personal interview with questionnaire
Period	Thursday, March 9 <sup>th</sup> 2006 and Saturday, March 11 <sup>th</sup> 2006
Measuring method	Interval 7-item-scale
Universe	World's largest trade fair for digital IT and telecommunications solutions for home and work environments; halls 5-7; Visitors of the fair.
Sample type	Random
Sample number	n=336

Tab. 1: Study data

Within a quantitative analysis in a non-representative framework, the sample type was random since the interviewers randomly approached participants in the halls. They used industrial personal digital assistants (PDAs) with questionnaire software installed (Software: mQuest). The only pre-definition was the relation of the sexes, since typically 30% of the participants at this trade fair are female.

#### *Characteristics of the Participants*

Within the study 30% of the participants were female and 70% were male. The primary business of their companies was information technology (47%), followed by research (12%),

insurance (7%), government (7%), retail (6%) and others. Most of the companies employing the participants had 20 to 99 employees (33%), followed by smaller companies ranging from 1 to 19 employees (29%). Among the participants only 5% worked for large enterprises with more than 10.000 employees.

*Research Questions*

The research questions were based on the aforementioned theoretical findings. Based on the premise that positive information is the key issue behind the diffusion of innovation, we asked the people about their knowledge (subjective, objective), importance (company, personal) and benefits of RFID on a 1-to-5 scale with “1” having the highest rejection and “5” having the highest acceptance. Based on the theoretical overview in section 2, we tested two hypotheses:

H1: Participants who work in branches, in which RFID prototypes already exist and are exposed to public media coverage, view RFID more positively (communication).

And, H2: Personal attributes play no role in the evaluation of RFID (gender, position)

The following section describes the findings.

**4 Empirical Findings**

*Results of Knowledge about RFID*

To get an overview of the basic knowledge of the participants we first asked if they knew what the abbreviation RFID stands for. 90% correctly identified the acronym RFID as Radio Frequency Identification. Following that, we asked the participant to rate their knowledge of RFID, which we defined as subjective knowledge (Figure 4).

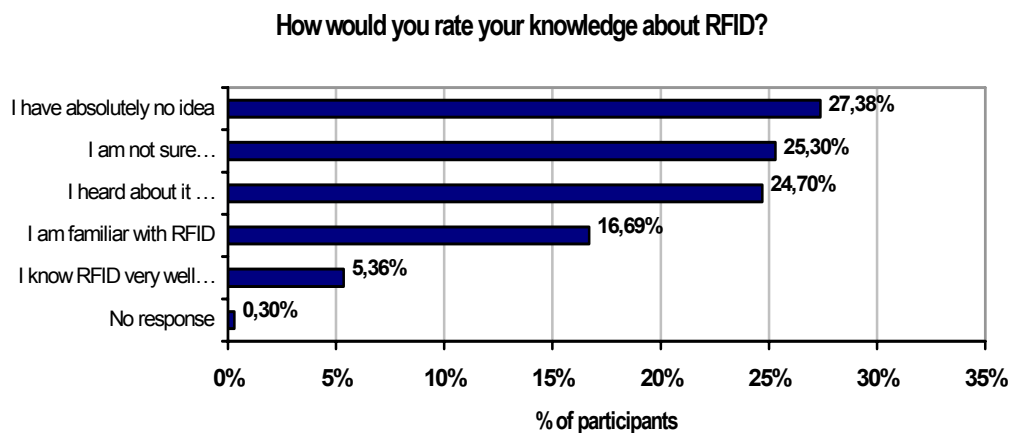


Fig. 4: Question on subjective knowledge

More than 75% of all participants rated their knowledge from “non-existent” to “I’ve heard about it”. Only a few people considered themselves to be significantly informed. Although the people did not think they know much about RFID, a clear connection emerged between answers to the question “In which areas do you see the most value of RFID?” and the branches that have been exposed to the most RFID media coverage: logistics and retail (Figure 5).

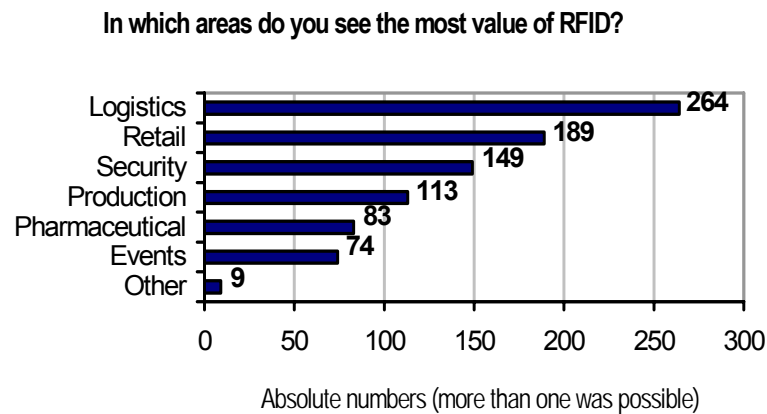


Fig. 5: Branches in which the participant sees the most value for RFID

### *Company Sphere Results*

The second area of questions focused on company issues concerning RFID. The participants were asked to evaluate RFID for the company in which they are employed. People who specified no company were either students or involved in science or were not capable of evaluating RFID for their company. Only 24% considered RFID to be important for their company, while 44% saw no importance of RFID for their businesses. Bearing in mind that the survey was conducted *during a technology trade fair*, this is rather surprising considering the amount of RFID media coverage before the event. We also asked about the requirements for bringing RFID to mass markets: 82% of the participants said that the benefits of the technology needed to be communicated more clearly. Contrary to that finding however, 92% of all respondents answered that RFID is definitely coming. Since there are many studies on the market on the company perspective, we wanted to focus on researching the personal opinion of the people at the trade fair.

### *Personal Sphere Results*

Evaluating something requires proper background information, or people will rely on other resources to determine personal opinions. The first question concentrated on the importance that people place on RFID in their daily lives. Only a few - 19% - rated RFID as being important for

their lives today. The rest responded either neutrally or did not see any relevance for RFID (Figure 6).

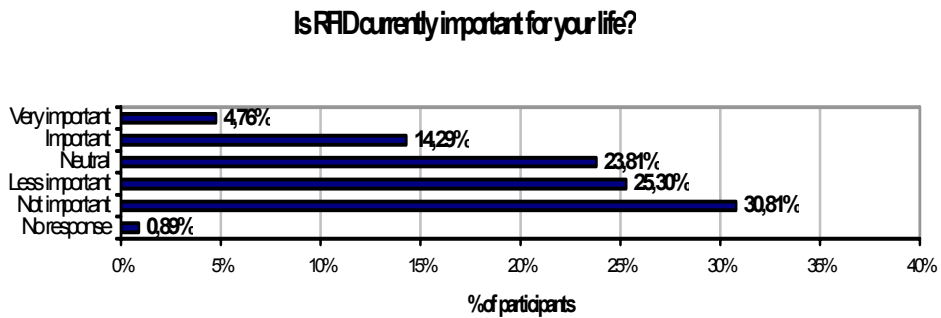


Fig 6: Importance of RFID in daily life

A possible explanation is that people do not see any benefits in RFID or they have not had any real contact with RFID, or finally there is currently no application that would add substance to people’s lives. RFID functions within the context of ubiquitous computing that is often times associated with control or perceived control. Research in this area on perceived control [GüSp05] exists in order to increase the acceptance of RFID applications. In our study, 47% strongly agreed that RFID would give others control over their lives, however, this also assumes that the people responding have enough information or experience with the technology to make an accurate assessment – which is not the case according to their own evaluations of how well they are informed (Figure 7).

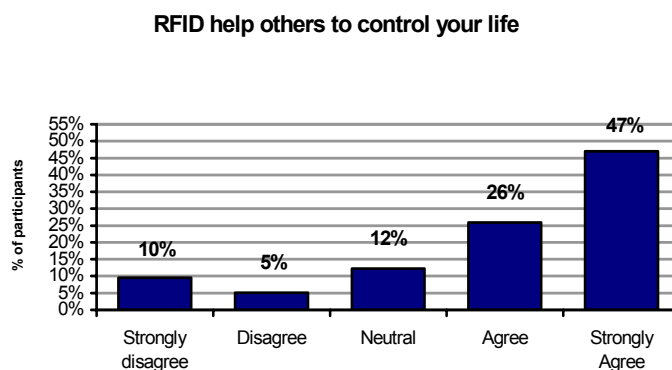


Fig. 7: RFID and control

To get a more detailed view of people’s opinion of the technology, we asked if RFID has already improved the life of the participant personally. While 63% did not see any personal

benefit yet, 10% were neutral. Overall, 19% saw a personal benefit or could at least imagine a use for RFID, 7% strongly agreed that RFID has benefits (Figure 8).

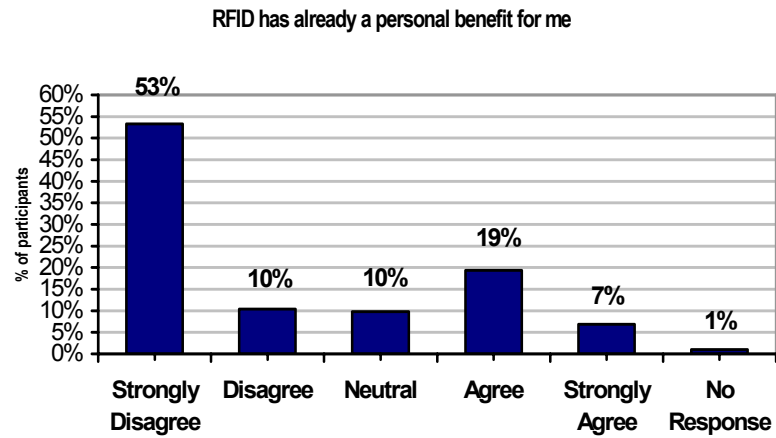
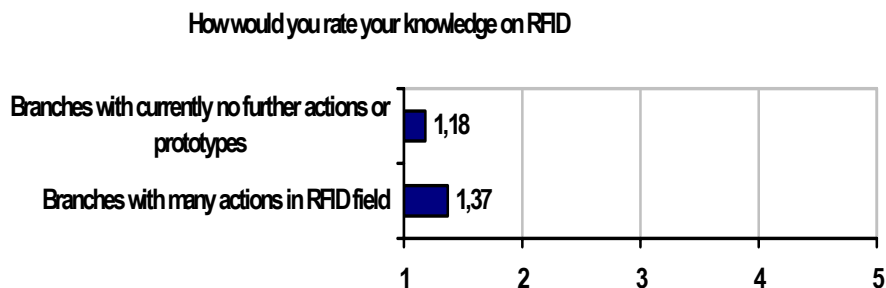


Fig. 8: Personal benefit of RFID

Another question concerned RFID and its influence on people lives (in whatever form). 52% of the answers were neutral, 15% of the participants assumed negative to very negative changes, and 20% rated the change rather positively. Based on these descriptive data, the picture of RFID that people had at the trade fair was rather negative. People are not necessarily informed about RFID, but in most cases rate RFID in exactly the same way that it is discussed in the media.

#### *Hypothesis Results*

The given results are possibly shaped by the position and or by the area in which the person works. Especially in terms of the personal sphere the answers from people in high or low positions were not significantly different. Contrary to that result however, people working in areas that have already seen prototypes and actions with RFID - such as information technology or retail - rate the degree to which they are informed higher than people working in other branches. (1= low level of knowledge in RFID; 5= high level of knowledge in RFID)



H1 assumed that people in different branches value the degree to which they are informed differently. This hypothesis proved correct as well as for H2, where we postulated that neither gender nor branch plays a role in the current evaluation of RFID.

### *Other Studies*

Other studies in the area of RFID also provide rather similar findings. A recently conducted study by Knebel et. al. deals with the Chief Information Officer's (CIO) perspective on RFID [KnLK06]. Among all participating companies the dissemination of knowledge about RFID was very low. In addition, many information technology decision makers have heard about and are interested in the technology but are still far from actually implementing it. The study also points out the oppositional behavior of many CIOs. On the one hand, companies expect their RFID budgets to rise over the next several years. But the high-level concepts discussed in the media or in consulting have not yet found their way into day-to-day reality of companies. Participants rated their knowledge about RFID as good or very good (42%), whereas only a small number have really ever implemented a RFID system for their company (7%). Considering this fact, CIOs think they know RFID, but the practical experience is still rather low. Nevertheless, industrial applications can be more easily programmed compared to closed loop systems in machine-based scenarios. Here questions about privacy play a less important role than in consumer markets where open loop and people-based is the rule [KnLK06]. Another study was conducted in 2004 by CapGemini on the consumer's perception of RFID [Park04]. In contrast to what media commentators often quote, only 10% of the people who have heard about RFID have an unfavorable perception. The top concerns were: "Consumer data used by third party" (69%), "Targeted more with direct marketing" (67%) and "Tracking of consumers via purchase" (65%). Yet again, most respondents assumed that RFID tags will be placed on all products within the next 5 years, and only 3% said RFID will not become reality. The conclusion also clearly shows that while not many people know about RFID, they are still very much interested in the technology. A recommendation that came out of the findings centered around disconnecting RFID from the broader privacy debate [Park04]. Another study in 2005 [CapG05] shows similar results, e.g. "Helping consumers to form a positive impression of RFID by debunking myths" might be a way to educate the consumer [CapG05].



## 5 Discussion: Information as a Key to Successful RFID Implementations

Sources of information, such as Google Trends, show that RFID has the potential to be a “disruptive technology” but so far this is not a reality. Existing applications are limited to logistical tracking and tracing, signifying that only a few people have actually had first-hand experience with it. Our initial findings lead us to believe that the image of RFID is based more on misinterpreted facts or preconceptions than on the facts themselves. The benefits of the technology are not noticeably tangible. Even at large trade fairs where the participants include a large proportion of innovators and early adopters, one would expect the leaders at shaping opinion to give a more positive view. This might explain the reason behind the massive negative media hype and the rather low popular acceptance of RFID: if not enough positive information is available in mass markets, then the networking effects cannot be realized. The chain of communication is disconnected. Although many prototypes exist in industry segments as mentioned above, broad acceptance is not simply a question of handling privacy issues but rather one of communication and experience. Most of the participants in our study rated RFID as either dangerous (control) or irrelevant to their companies and lives. Nevertheless everyone saw a positive perspective or at least agreed on a broad future for RFID. In order for RFID to bring more benefits to companies and people, the industry needs to lay the foundations for more showcases and prototypes that can be tested and experienced by the consumer and establish more effective communication. In branches where prototypes have already received media coverage, people consider themselves to be aware of RFID and value the technology more positively. From the perspective of the individual, everyone rates RFID the same. This means that additional consumer prototypes would help people understand the technology better and lead therefore to more useful discussions. The successful marketing of RFID depends primarily on getting people involved in using the technology. To facilitate the communication categorization of potential RFID applications we propose the following simple matrix of RFID application types with a different emphasis on application communication:

*Open loop vs. closed loop:* It is necessary to define open and closed loop since the terms are used in several different disciplines with differing meanings (e.g. in electrical engineering or sports science). A closed loop RFID application is defined as an application in which the RFID tag is only used within a single system - if the system feeds information on the tag back into itself [WCPR06] and the tag is not leaving the process of the system in which it was initially used. By comparison, an open loop application is considered to be an application in which the

RFID tag and its information can be used outside of the initial system in one or more systems. According to Fleisch et al. most applications today begin with closed loop systems because of the clear cost and benefit calculations [FICD05]. The degree of integration varies of course between open and closed loop systems with open loop systems more likely to bring RFID in contact with users.

*Machine-based or people-based applications:* In the case of the proposed matrix we define machine-based applications as applications that do not include interactions with people on a user level. This counts for most of the business-to-business applications where the purpose of the application is to use the information on the tag for controlling either other machines or for using it as an information source for other applications. People-based applications are primarily designed for direct person-to-person interaction and built for end-users and consumers. Examples are the FIFA World-Cup 2006 tickets [FIFA04] or the aforementioned Address Book Desk by Timo Arnall [Arna05]. The reason for this distinction has to do with the reactions in the media regarding privacy and data security questions. As soon as people-based applications are considered, discussions arise. In the case of the World-Cup tickets the usage of RFID led from negatively critical articles [FBUD '06] to the public call for the Chaos Computer Club (CCC) to send in the World-cup tickets for CCC intense research [CCC06]. To sum up, potential applications can be classified in the table as shown below in Figure 9.

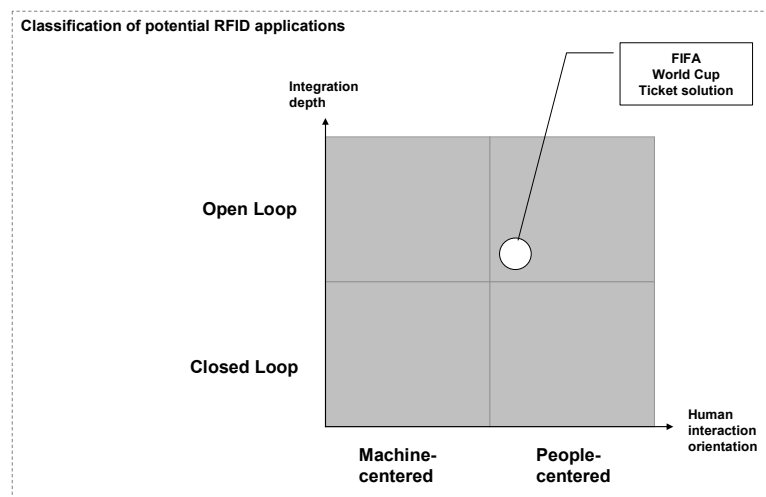


Fig. 9: Table for RFID applications (Integration depth, see [Fleisch, Christ et al. '05])

With most applications in operational business, identifiable in the first quadrant of the table, discussions of privacy issues are not in the fore. However, when it comes to open-loop, people-based systems, discussions will arise and emphasis should be on valid information or better experience with prototypes given to the users before introducing large scale applications.

## 6 Conclusion and Limitations

The theoretical framework shows that the adoption of innovations relies on positive discussions and useful information. The discussions concerning RFID center around tracking & tracing issues, supply chain support, and privacy and security issues. Privacy is definitely a very important topic, but should be discussed when people have had the chance to experience and learn about the technology with showcases and hands-on prototypes. If using the kind of model that Beckwith [Beck03] proposes according to Adams, information on the following topics should be given to the user: *information receiver* (who will use or have access to the data?), *information usage* (how will the information be used?) and *information sensitivity* (how sensitive is the data?). If this is done and shown, people will have the opportunity to use the application and decide freely if they like it, thereby giving RFID the chance to enter the consumer market place and cycle back on a major scale into industry and the world of small-and-medium enterprise. The acceptance of the technology and the potential benefits that come with it depend on information and perception. The study makes clear that people do not necessarily know enough about RFID to rate it properly. Using many more prototypes to show the real value of RFID in end-consumer areas would ultimately lead to a greater overall acceptance of the technology. This would also lead to more understanding and less fear of RFID-use within operational businesses. Even in his 1993 paper on Ubicom, Mark Weiser states that the establishment of “working prototypes of the necessary infrastructure in sufficient quantity to debug the viability of the systems in everyday use” is crucial to the research of Ubiquitous Computing. Even today’s surveillance technologies are more accepted because of their perceived benefit to people. People claim that they feel safer with surveillance cams - although statistics prove that surveillance cameras do not significantly prevent crimes in monitored areas [Wehr00]. In terms of World-Cup tickets for example, at the writing of this paper, no data was found on the chip that could have been used in a malicious way [CCC06]. If the benefits of RFID can be demonstrated to consumers with valid and fun prototypes, the overall perception might be better and the path will be clearer for its implementation in many areas. Many approaches allow the creation of fun prototypes, such as free RFID-kits given to schools and universities or application development competitions. The industry has the chance to and should sponsor and develop such events and actions. For researchers it is getting more important to conduct research in the context of real life of users with appropriate prototypes.

The nature of our research has had certain limitations. The research results are not necessarily representative since they are based on a random sampling of people without prior assessment of their qualifications. Compared to the total number of visitors to the trade fair, the questioned sample was too small to generate a representative number of interviews. Secondly, most questions were answered from a subjective point of view, e.g. for the question concerning one's knowledge of RFID, it isn't clear how to compare the individual assessment values since each participant may rate his or her knowledge with a different scale. In this way the exact dimensions of a particular aspect remain somewhat unclear - the use value of an application is a subjective determinant that can't be easily compared. Thus the study should be seen as an initial investigation that needs further evaluation at other fairs, public spaces or showcases. The usage of Google trends is not necessarily accurate and should be considered an approximation to the conclusions.

Moreover every RFID application must surely have an appropriate benefit to be for any use to the consumers. The usage of RFID for the sheer existence of the technology prevents an evolution of useful systems in the sense of the original vision. We emphasize a discussion on data security, but also see the chance to educate people on the benefits of this technology experiencing the technology. More grassroots projects and toolkits are a proposed solution.

## References

- [AbMy00] *Abowd, G. D. and E. D. Mynatt.*: Charting Past, Present and Future Research in Ubiquitous Computing. In: ACM Transactions on Computer-Human Interaction 7 (2000) 1, P.30.
- [Arna05] *Arnall, T.*: The address book desk. <http://www.elasticspace.com/2005/12/address-book-desk>., Retrieved July 7, 2006
- [Beck03] *Beckwith, R.*: Designing for Ubiquity: The Perception of Privacy. In: Pervasive Computing (2003) 3, P. 40-46.
- [BCLM05] *Bohn, J., Coroama, V., Langheinrich, M., Mattern, F., Rohs, M.*: Social, Economic, and Ethical Implications of Ambient Intelligence and Ubiquitous Computing. Ambient Intelligence. In: W. Weber, J. Rabaey and E. Aarts, Springer-Verlag (2005), S.5-29.

- [CapG05] *CapGemini Consulting.*: RFID and Consumers.  
<http://www.us.capgemini.com/DownloadLibrary/files/CapgeminiEuropeanRFIDreport.pdf>. Retrieved October 18, 2006
- [CCC06] *Chaos Computer Club.*: Scannt Eure Tickets, ehe es wer anders tut!  
<http://www.ccc.de/updates/2006/rfid-tickets-fuer-berlin?language=de>. Retrieved July 7, 2006
- [Chri97] *Christensen, C. M.*: The Innovator's Dilemma. Harvard Business School Press 1997.
- [Chri03] *Christensen, C. M.*: The Innovater's Solution. Creating and Sustaining Successful Growth. Harvard Business School Press 2003
- [DaKa73] *Darby, M. R., Karni E.*: Free Competition And The Optimal Amount Of Fraud. In: The Journal of Law and Economics (1973) 16: P. 67-88.
- [Davi89] *Davis, F. D.*: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. In: MIS Quaterly (1989) 13. P. 319-339.
- [DaVe04] *Davis, F. D., Venkatesh, V.*: Toward preprototype user acceptance testing of new information systems: implications for software project management. In: IEEE Transactions on Engineering Management 51 (2004) 1.
- [FIFA04] *FIFA.*: 2006 FIFA World Cup OC agrees deal with CTS.  
<http://fifaworldcup.yahoo.com/06/en/040816/1/203i.html>. Retrieved July 7, 2006
- [FKTT06] *Fine, C., Klym, N., Trossen, D., Tavshikar, M.*: The Evolution of RFID Networks. Value Chain Dynamics Working Group (VCDWG) Cambridge, MIT Sloan School of Management - MIT Communications Futures Program (CFP) Research Network Cambridge University Communications, Massachusetts 2006.
- [Flei04] *Fleisch, E.*: "RFID – Technologie: Neuer Innovationsmotor für Logistik und Industrie?", 2004.
- [FICD05] *Fleisch, E., Christ, O., Dierkes, M.*: Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In: Das Internet der Dinge. E. Fleisch and F. Mattern, Springer, 2005.
- [FIMa05] *Fleisch, E., Mattern, F. (Eds)*: Das Internet der Dinge - Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen, Springer, 2005.
- [FBUD06] *FoeBUD.*: WM-Tickets absurd. <http://www.foebud.org/rfid/wm-tickets-absurd>. Retrieved July 7, 2006.
- [GeKC04] *Gershenfeld, N., Krikorian, R., Cohen, D.*: The Internet of Things. Scientific American (2004). P. 76-81.
- [GüSp05] *Günther, O., Spiekermann S.*: RFID And The Perception of Control: The Consumer's View. Communications of the ACM 48 (2005) 9. P. 73-76.

- [Hain05] *Hainbuchner, C.*: Technology Acceptance of Complex Products and Systems - The Case of Terrestrial Trunked Radio (TETRA). Dissertation. Vienna, 2005.
- [Kaas05] *Kaasinen, E.*: User acceptance of mobile services – value, ease of use, trust and ease of adoption. Dissertation. Espoo, 2005.
- [KnLK06] *Knebel, U., Leimeister, J. M., Krcmar, H.*: Strategic Importance of RFID – The CIO Perspective; An Empirical Analysis in Germany. Americas Conference on Information Systems, Acapulco, Mexico, 2006.
- [Mano01] *Manovich, L.*: The Language of New Media. MIT Press, Cambridge, Mass., 2001.
- [Matt02] *Mattern, F.*: "The Vision and Technical Foundations of Ubiquitous Computing." Retrieved May 15, 2005.
- [Matt03] *Mattern, F.*: Die technische Basis für das Internet der Dinge. Institut für Pervasive Computing. Zuerich, 2003..
- [Moor02] *Moore, G. A.*: Crossing the Chasm, HarperCollins Publishers, 2002.
- [Norm99] *Norman, D. A.*: The Invisible Computer. MIT Press, Cambridge, MA, 1999.
- [Park04] *Parkinson, J.*: RFID: U.S. consumer research findings., <http://www.ftc.gov/bcp/workshops/rfid/>. Retrieved July 17, 2006.
- [Roge95] *Rogers, E. M.*: The diffusion of innovations. New York Free Press, New York, 1995.
- [Shef04] *Sheffi, Y.*: RFID and the Innovation Cycle. In: International Journal of Logistics Management, International Logistics Research Institute 15 (2004) 1.
- [Stoc48] *Stockman, H.*: Communication by Means of Reflected Power. IRE, 1948.
- [Want06] *Want, R.* An Introduction to RFID Technology. In: Pervasive Computing (2006) 6. P. 25-33.
- [Wehr00] *Wehrheim, J.*: CCTV - Closed Circuit Television. In: Forum Wissenschaft (2000) 2.
- [Weis91] *Weiser, M.*: The Computer for the 21st Century. In: Scientific American 265 (1991) 3: P. 94-104.
- [Weis93] *Weiser, M.*: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. In: Communication of the ACM 36 (1993) 7.
- [WiDe04] *Wilding, R. Delgado, T.*: RFID Demystified: Company Case Studies. Logistics & Transport Focus 6 (2004) 5. P. 31-42.
- [WCPR06] *Wray, R., Chong, R., Phillips, J., Rogers, S., Walsh, B.*: A Survey of Cognitive and Agent Architectures. <http://ai.eecs.umich.edu/cogarch0/common/prop/closedloop.html>. Retrieved July 9, 2006

# Perceived Usefulness of RFID-enabled Information Services – A Systematic Approach

Hanna Krasnova<sup>1</sup>, Matthias Rothensee, Dr. Sarah Spiekermann

Institute of Information Systems  
Humboldt-Universität zu Berlin  
10178 Berlin

krasnovh@wiwi.hu-berlin.de, rothensm@cms.hu-berlin.de, sspiek@wiwi.hu-berlin.de

## Abstract

Even though RFID technology is currently gaining importance mainly in logistics, usage areas, such as shopping or after-sales enhancements beyond the supply chain are envisioned. Yet, while RFID hits the street it is questioned if it may undermine one's privacy while providing few customer benefits. Meeting this criticism this paper investigates RFID-enabled information services and the drivers of their usefulness for consumers. The article claims that the more risk one associates with a product the more benefit from RFID-enabled information services is perceived. We show empirically that the nature of product risk provides a useful framework to decide on the types of RFID information services a marketer should offer to create RFID usefulness perceptions and increase technology acceptance.

## 1 Introduction

RFID (Radio Frequency Identification) is becoming an important factor in logistic chains. Wireless object-to-object identification without a line of sight, which promotes increased transparency in supply chains, is often mentioned as its main benefit. However, the uses of RFID are not only limited to industrial applications. In fact, industry would be happy to see RFID chips go beyond the supply chain and create additional end-user markets. Slowly, retail leaders and brands are making first moves in this direction. METRO Group, for example, has opened an

---

<sup>1</sup> authors in alphabetic order

Innovation Centre in Neuss (Germany) where myriad after-sales and shop floor solutions are displayed, many of which were first introduced to the public at the CeBIT tradeshow in 2006.

However, many consumers seem to believe that RFID chips have the potential to invade their privacy; they fear to lose control and therefore threaten to reject the technology [GüSp04, 245].

For this reason Benetton's attempt to introduce RFID on clothing was despised and hastily cancelled [Albr03]. On the other hand, some RFID applications already introduced to the market seem to be very welcomed and have never been subject to any privacy critique. These include ski-passes, entry tickets to major events and public transportation, tags used in sports clubs, during marathon events or in public libraries. This contradiction in public feelings has been one of the main impetuses for this study. The main goal of this paper is to determine which RFID-enabled services consumers find useful and whether there are factors systematically influencing usefulness perceptions. To achieve this goal we focus on RFID-enabled information services in contrast to tracking and access services. Information is relevant for consumers prior to purchase, because it allows for reducing purchase uncertainties. RFID allows for the provision of richer information than what is available on packaging surfaces (or using a bar code) as well as qualified recommendations. Therefore, RFID may be used as an important lever for consumers in order to make purchase decisions in a more informed way. The question arises, however, where in particular consumers will appreciate RFID for this purpose.

The present article is structured as follows: first, we summarize product risk theory and then relate this to RFID-enabled information services. Using this theoretical basis, we then present an empirical study we conducted to investigate where RFID-enabled information services can potentially be interesting for consumers. We analyze whether perceived product risk can systematically explain differences in consumers' perceived usefulness of RFID. We also add citations throughout the text from a number of focus groups we conducted on the subject at the Humboldt University in winter 2006. A detailed discussion of the obtained results, conclusions for the industry and study limitations are provided at the end of the paper.



## 2 Theoretical Background

### 2.1 Product Risk and Information Search

Marketing theory has accumulated a large number of models regarding the way consumers make product choices and factors which are important for their purchase decisions [Chis94, 193]. One of the most popular models, first developed by [Cunn67], [Baue60] and [CoxD67], suggests that perceived risk attributed to products influences the way consumers make their product choices and seek product information prior to purchase. [Cunn67, 84] suggests that perceived product risk can be measured using a multiplicative relation of two elements: uncertainty associated with a product purchase (measured as the probability of loss) and consequences (measured as the importance of the respective loss). In turn, [MuEn86, 31; based on JaKa72] consider five product risk dimensions:

- „Financial risk – the risk that the product will not be worth the financial price;
- Psychological risk – the risk that a poor product choice will harm a consumer’s ego;
- Physical risk – the risk to the buyer’s or other’s safety in using products“;
- Functional risk – the risk that the product will not perform as expected;
- Social risk – the risk that a product choice may result in embarrassment before one’s friends/ family/ work group“.

The main inference from the perceived risk model is that consumers will try to minimize their purchase risks before they buy something and systematically seek for information that reduces purchase uncertainty [Kosc97, 1658]. Therefore, most of the literature on consumer behavior [KASW03, 325; AnRa98, 256; ScKa97, 189] highlights information search about a product as a risk-reducing strategy.

Information search and availability is also the focus of another well-known product classification suggested by [DaKa73; Nels70] and then further developed by [WeAd95a; WeAd95b]. This classification categorizes products according to the amount of information available to the consumer prior to purchase. It distinguishes between search, experience and credence goods:

- Search goods are goods with dominant search qualities, „which can be fully evaluated by the consumer through product inspection or information collection be-

fore purchase“. Examples include clothing, cell phones, music CDs, apparel, furniture, shoes, memory stick;

- Experience goods are goods with dominant experience qualities, „which can be evaluated by the consumer only after purchase“. Examples include boxed products, medicines, garments, personal items, wine, liquor, food, watch;
- Credence goods are goods with dominant credence qualities, „which can be fully evaluated by the consumer neither before nor after the purchase“ [WeAd95b, 54, translated by the author]. Examples include “vitamins”, bio-labeled food, “water purifier” [GiSK02].

This classification makes plain that uncertainties related to a product may reach beyond the immediate sales situation and into after-sales scenarios where consumers use and experience the product they bought. Here, equally, RFID-enabled information services may play a role.

## **2.2 RFID Information Services and the Role of Product Risk**

Generally, three groups of RFID-enabled consumer services can be distinguished: information services, tracking services and access services. For reasons of complexity reduction the present paper concentrates exclusively on *RFID-enabled information services* which can in turn be subdivided into *information on authenticity, recommendations, warranty information and additional information*.

Ensuring product *authenticity* is vital for many products. In order to „combat counterfeiting“ [Pfiz06] has started tagging its Viagra products in the USA in 2006. Now a consumer can check the authenticity of Viagra pills directly in the pharmacy or using a smart medicine cabinet at home to make sure his health will not be damaged by a fake product, thus reducing physical/health risks. As one participant in a focus group noticed: „*If there is a possibility to make them (medications) safer then I find it good*“. In shopping environments one can check the authenticity of packaged meat or medication using e-info-points by simply placing a product close to an info-reader. Repair shops for expensive goods (musical instruments, watches) can also be supplied with authenticity check devices in order to ensure that a product is not claimed stolen. A portable home reader can ensure the original taste of a French wine ordered online. Financial and functional risks for future owners could thus be reduced.

*Recommendations* on compatibility or suitability can be provided in various sales contexts as well as after-sales settings. Smart medicine cabinets, smart change closets and mirrors or smart fridges are examples. These applications are supplied with readers registering RFID-tagged products, e.g. medications, clothing or food placed into them. They then „recommend“ buying well fitting clothes, removing expired medicines, etc. Thus, by following electronic wardrobe recommendations one may be able to diminish social risk by ensuring that a selected jacket suits to formal office style and current fashion.

RFID-enabled *warranty* includes expiration dates or information relevant for subsequent repair, resale or recall. For example, RFID-enabled warranty for a laptop ensures that there will be no bad surprises if a customer accidentally loses the receipt, thus reducing financial risk. Equally, RFID pro-actively informs that clothes may be returned to the store until a certain date. Consumers may, as a result, feel a relief in social and psychological purchase risks.

Finally, RFID can provide *additional information* on products. The ability to easily access electronic manuals and set-up support as well as upgrades on the Internet might reduce the functional risk of a complex technical product (such as an espresso machine or a copy machine) by ensuring that the right sequence of actions will be undertaken. Naturally, users will be more likely to use such RFID-enabled features as they do not require any effort from their side as opposed to the bar code, where a line of site is important.

All in all, by using RFID-enabled information services a consumer can alleviate certain risks attributed to a product. On this basis we now narrow down and explore *how* consumers evaluate the usefulness of RFID-enabled information and if perceived risks associated with a product can have an effect on the perceived usefulness of RFID-enabled information services.

### **3 Method**

#### **3.1 Procedure**

An online questionnaire was passed to 149 study participants in order to collect empirical results on the relation of risk and perceived RFID usefulness. The recruiting of the study subjects was done as a convenience sample by sending an invitation to a university mailing list. Each participant was rewarded EUR 10 for a completed survey. The questionnaire was accessible online from March 11<sup>th</sup> 2006 until April 2<sup>nd</sup> 2006.

Out of the 149 participants 63% (93) were female and 37% (55) were male. Most of the participants were young people (73% were in the age of 20-29 years) and had either a university (35%) or a high school degree (59%). They were also familiar with technology since 129 (88%) were preparing half or more of their work with computers.

### 3.2 Products Tested and Questionnaire Structure

In order to test the relationship between perceived product risk and usefulness of RFID the questionnaire always related to a constant selection of nine products. These products were chosen with a view to the classification into search, experience and credence goods [WeAd95a; WeAd95b]. Equally, the products were expected to display different levels of product risk. Table 1 gives an overview of the chosen products.

Classification category	Selected products
Search goods	Alarm clock, digital camera, gloves
Experience goods	Anti-dandruff shampoo, espresso machine, migraine pills
Credence goods	Bio-meat, vitamins, diamond

Table 1: Selected products for each category

The questionnaire consisted of three question blocks. In the first block we checked if the participants would categorize the products as theoretically expected. The participants had to rate three statements on a 5-point Likert scale from very improbable (1) to very probable (5): The first question tested the search qualities attributed to products: *„Before purchasing product X I can fully judge on important quality characteristics“*. The second question aimed to test the experience qualities of the products *„After purchasing and using product X I can fully judge on quality characteristics important for me“*. The third negative question tested the credence qualities of the products: *„Even after purchasing product X I cannot fully judge on quality characteristics important for me“*.

The second part of the questionnaire was dedicated to the identification of the levels of perceived risk associated with the selected products. The evaluation was done in two steps. First the participants were asked to put themselves in the position of a potential buyer and from this perspective to rate the probability of financial, functional, psychological, social or physical damages (*„How probable is it that the purchase of the product X will have negative financial consequences for you?“*) from very improbable (1) to very probable (5). At the second step they

had to assess the amount of the resulting damage for them („How high do you estimate financial loss...?“) from very low (1) to very high (5).

The third part of the questionnaire dealt with measuring the level of perceived usefulness of four RFID-enabled information services (authenticity, recommendations, warranty/expiration dates and additional information) for the selected products both before and after purchase. The participants were asked to rate the usefulness of these information services from not useful (1) to very useful (5) for each product first before purchase and then after purchase. The questions were stated in the following way: first a specific RFID-enabled information service was presented to the participants (e.g. „*imagine you could electronically get additional recommendations for a product, i.e. recipes for food, right on the shopping floor*“), then the way how to access this service was described (e.g. „*you simply hold a product to your shopping cart and read information on the screen*“) and finally the participants were asked „*how useful*“ they would find this RFID-enabled information service.

Even though the participants were asked about the usefulness of each information service both before and after purchase, only the results on before purchase evaluations will be considered here for the sake of brevity.

## **4 Results**

### **4.1 Product Classification in Terms of Perceived Risk**

Assessment of the perceived risk profiles for the selected products was carried out using the multiplicative relation described above, thus the least risky product would get the value of 1 and the most risky one the value of 25. Table 2 summarizes the obtained results averaged across all the participants. The values of the three most risky products in each individual risk category are selected in bold.

Averaged risk levels indicate that financial and functional risks were the most dominant ones across all products. These risks were evaluated as especially high for such complex technical goods as an espresso-machine or a digital camera and a diamond. Overall, these goods illustrate the same perceived risk profile: the highest three levels of financial, functional, psychological and social risks and very low levels of the physical/health risk. On the basis of their risk profile we will generally call this group of products „complex“ goods. Such products as vitamins, bio-

meat and migraine pills excelled in the highest physical/health risk. For this reason we will refer to them as „high physical/health risk“ products. Alarm clock, anti-dandruff shampoo and gloves were perceived as relatively risk free products and can be labeled as „simple“ goods. Overall, the *social risk* played only a marginal role.

Products	Financial Risk	Function. Risk	Psycho-logical Risk	Physical Risk	Social Risk	OPR* <sub>j</sub>
Diamond	<b>17,3</b>	<b>11,3</b>	<b>12,0</b>	3,2	<b>8,5</b>	<b>52,3</b>
Espresso machine	<b>14,8</b>	<b>13,2</b>	<b>11,0</b>	6,0	<b>7,1</b>	<b>52,1</b>
Digital camera	<b>13,8</b>	<b>11,7</b>	<b>12,1</b>	3,3	<b>6,6</b>	<b>47,5</b>
Vitamins	6,6	9,0	6,8	<b>13,3</b>	4,3	40,0
Bio-meat	5,6	7,2	5,0	<b>12,0</b>	4,8	34,6
Migraine pills	5,0	7,8	5,1	<b>14,7</b>	4,0	36,6
Alarm clock	4,3	6,5	5,0	3,3	3,3	22,4
Anti-D. shampoo	4,0	6,8	5,8	8,6	3,9	29,1
Gloves	4,0	4,8	5,4	4,0	4,1	22,2
Averaged risk levels						
	8,4	8,7	7,6	7,6	5,2	

Table 2: Summary of perceived risk level results for the selected products  
 \*OPR<sub>j</sub> - overall perceived risk for product j is calculated as a sum of five individual risk values attributed to product j.

Finally, throughout all risk types (except for the psychological risk) we have got the same ranking order with respect to the perceived risk level for the three products that best represent the respective product categories: vitamins as a typical credence good are always followed by anti-dandruff shampoo as a typical experience good, which is always followed by gloves as a typical search good. Seen that the three products can be purchased at comparable prices this risk correspondence to the product classification is interesting and helpful for subsequent generalizations. In Table 3 we have averaged all risk values for all products in a respective classification category. As one can see there is – beyond individual products - a general tendency for the highest risk to be attributed to credence goods, followed by experience goods and then search goods.

Product categories	Products in the category	Averaged level of risk for a product category	SD*
Search goods	Alarm clock, dig. camera, gloves	6.1	2.0
Experience goods	Espresso machine, migraine pills, anti-dandruff shampoo	7.8	2.4
Credence goods	Bio-meat, vitamins, diamond	8.4	2.5

Table 3: Summary of risk level results averaged over product categories  
 \*SD =standard deviation

## 4.2 Perceived Usefulness of RFID-enabled Information Services

At this stage of the questionnaire the participants were asked to rate the usefulness of four RFID-enabled information services. Averaged results for each product and each RFID-enabled information service before purchase are presented in Table 4. Here, the top three perceived usefulness values for the products are selected in bold for each individual information service.

As follows from Table 4, *authenticity* was mainly perceived as the most useful information service out of the four RFID-enabled information types and this is true for almost all products before purchase.

Products	Authenticity	Recommendation	Additional Information	Warranty Expiration Dates	Sum of usefulness values	The most useful RFID-enabled information service
Dig. camera	<b>4,3</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>4,2</b>	16,0	authenticity
E-machine	3,9	3,3	<b>3,7</b>	<b>4,2</b>	15,1	warranty
Migr. pills	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,4</b>	3,4	14,3	authenticity
Vitamins	4,0	<b>3,4</b>	3,3	3,3	14,1	authenticity
Bio-meat	<b>4,3</b>	3,3	2,6	<b>3,6</b>	13,8	authenticity
Alarm clock	3,0	2,4	2,9	3,5	11,8	warranty
Shampoo	3,4	3,1	2,7	2,7	11,8	authenticity
Diamond	3,9	2,5	2,1	2,9	11,5	authenticity
Gloves	2,8	2,3	2,0	2,7	9,7	authenticity
Averaged usefulness levels						
	3,7 (quite useful)	3,1 (fairly useful)	3,0 (fairly useful)	3,4 (fairly/quite useful)		authenticity

Table 4: Perceived usefulness of RFID-enabled information services for the products before purchase

The participants rated authenticity higher than 3,0 on a scale from 1 to 5 for most of the products. Foremost, the participants were interested in the authenticity information for high physical/health risk products such as bio-meat, migraine pills and vitamins. Authenticity information was also important for complex goods, such as digital cameras, espresso machines or diamonds. The participants equally rated the usefulness of *warranty and expiration dates* higher than 4,0 for complex technical products and higher than 3,3 for high physical/health risk products. Some value was attributed to RFID-enabled *recommendations*, with the answers fluctuating around the level of 3,0 with complex technical goods and medications having been placed at the top of the perceived usefulness of recommendations list. However, for technical products, such as digital cameras, espresso machines or alarm clock recommendations were the least useful RFID-enabled information service of all four. For products from a personal use domain, such as

anti-dandruff shampoo, migraine pills and vitamins, it was the second most important information. *Additional information* was not popular among the participants with the attributed usefulness values surpassing the level of 3,0 only for complex technical goods and medications. For such products as bio-meat, migraine pills, diamond and gloves it was the least useful information service of all four.

Column six in Table 4 shows summed averaged perceived usefulness values of the four information services for every product sorted in a descending order. As one can see, RFID-enabled information services are valued highest when it comes to complex technical goods (here digital camera and espresso machine). The second highest valuation of the information is attributed to products high on physical/health risks (here migraine pills, vitamins and bio-meat).

### 4.3 Multiple Regression Analysis

Sections 4.1 and 4.2 have prepared the ground for investigating in a next step whether perceived risks associated with a product can systematically affect perceived usefulness of RFID-enabled information services. This effect can be evaluated by looking at the multiple regression coefficients ( $b_{ijt}$ ) resulting from a multiple regression analysis, where perceived usefulness of an RFID-enabled information service ( $U_{jt}$ ) for a product is a dependent variable and the five perceived risks ( $R_{ij}$ ) associated with the product in question are independent variables. Equation (1) summarizes this relationship.

$$U_{jt} = \sum_{i=1}^n b_{ijt} R_{ij} \quad (1)$$

where

$U_{jt}$  - perceived usefulness of RFID-enabled information service  $t$  of product  $j$  before purchase;

$R_{ij}$  - perceived risk of dimension  $i$  attributed to product  $j$ ;

$b_{ijt}$  - regression weight of risk dimension  $i$  attributed to product  $j$  on the perceived usefulness of RFID-enabled information service  $t$ ;

$n$  - risk dimensions.

Since we collected measurement points from nine products and four RFID-enabled information services, our analysis involved 36 regression models. As expected not all of them resulted in a high level of explained variance since product risk can only be *one* variable driving usefulness perceptions. However, we did find that regression equations on vitamins, migraine pills and



anti-dandruff shampoo have relatively high levels of  $R^2$  with these models explaining 10-17% of the usefulness variance of RFID-enabled information services. Furthermore, risk had a slightly higher explanatory value for the usefulness of RFID-enabled recommendations before purchase than after purchase. This makes sense since risk-reducing recommendations before purchase are more valuable to consumers than when the products have already been bought. This difference is however statistically non significant.

Looking into the detail of regression functions 30% of  $b_{ijt}$ -coefficients in the regression equations were significant. However, this percentage number is relatively less important than an understanding *where* beta coefficients were indeed significant. Here an interesting pattern arises. First, functional risk seems to be the main driver of RFID usefulness perceptions. 41% of all significant  $b_{ijt}$ -coefficients refer to functional risk. The next highest scoring risk dimension is physical risk. 26% of significant  $b_{ijt}$ -coefficients fall into this category. In comparison, social (17%) and financial (13%) risks seem negligible. And psychological risk adds no explanatory value at all. Short: RFID-enabled information services are valued across all products in order to reduce functional risk. Physical risk also plays a role, even though few products imply such a risk. Once a product does imply physical risk from a consumer's perspective almost any RFID-enabled information type is welcomed. Finally, social risk has an impact on RFID usefulness perception. It seems to be important when it comes to recommendations about a product or checking for warranty information. Table 5 gives an aggregated view to support this analysis by providing the average of  $b_{ijt}$ -coefficients ( $\bar{b}_{it}$ ) over the nine products for RFID-enabled information service  $t$  and risk dimension  $i$  before purchase. The values of  $\bar{b}_{it}$  higher or equal to 0,1 are selected in bold. This aggregated view shows that warranty information takes a lead among the various available information types, closely followed by information on authenticity.

Information service	Financial risk		Functional risk		Psychological risk		Social risk		Physical risk	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
Authenticity	0,05	0,13	<b>0,18</b>	0,09	-0,01	0,07	0,01	0,11	<b>0,11</b>	0,06
Recommendation	0,02	0,18	0,08	0,07	-0,01	0,10	<b>0,11</b>	0,06	0,06	0,12
Additional info.	<b>0,15</b>	0,10	0,05	0,08	-0,04	0,10	0,05	0,10	<b>0,13</b>	0,13
Warranty	0,04	0,12	<b>0,10</b>	0,09	+0,04	0,07	<b>0,10</b>	0,07	<b>0,11</b>	0,10

Table 5: Regression coefficients ( $\bar{b}_{it}$ ) and standard deviations for RFID-enabled information services and risk dimensions, averaged over all products

## 5 Discussion

The data collected give us some interesting insights into the areas where RFID-enabled information services are useful from a consumer perspective. Three angles can be used to discuss the findings: the type of product, associated product risk as well as the type of information provided by RFID.

The analysis of product perceptions and averaged service usefulness has shown first that complex technical goods imply the highest usefulness for RFID-enabled information. This group of products is closely followed by sensitive products in the physical/health domain. For simple products RFID-enabled information services, in contrast, seem to be perceived as little useful by the majority of the study participants. Another angle to grasp this finding is to argue that there may be a slight tendency for preferring RFID-enabled information if experience or credence goods are concerned (in contrast to search goods).

The study of perceived usefulness of various RFID-enabled information services has also revealed that the participants were interested most in information on authenticity and warranty. Authenticity seems to be particularly important for health/physical risk products. The focus groups have shown that in case of high physical/health risk goods the participants equated product authenticity with safety. In this vein one focus group participant stressed that *„(fake medicines) have disastrous consequences for consumers“*. *Warranty/expiration information* was especially important for complex technical goods: *„...one can check on the personal computer if the promises of the producer are really true“*.

Finally, the analysis of risk dimensions and their explanatory value for the appreciation of RFID has shown that functional and physical risks are the most important drivers of information needs. This is a valuable insight, because marketers may want to start enhancing their information activities with the help of RFID for products in this particular area. An example could be to offer interactive manuals and clips that could be downloaded from the chip or accessed with the help of the chip's product code. Equally, safety related issues, such as the potential of food to trigger allergies, or the sources of meat and milk products may be appreciated by consumers. In contrast, RFID-enabled information was less appreciated to relieve psychological risk, even though RFID could be used to trigger quite a few services addressing the coolness and suitability of products. First prototypical implementations of RFID-enabled information services for consumers also focus in this area, such as the intelligent change closet offered by GERRY WEBER. Both accessibility and „habitude“ may offer an explanation for why the relief of psy-

chological risks through RFID may be less appreciated than the relief of functional or physical risks. Marketers already today put a great effort into reducing functional risk when offering manuals and how-to-use information. Equally, they provide information on ingredients or safety notices so that physical or health risks are addressed. Social risk is typically reduced today by interacting with store personnel. On the other hand, psychological risk is alleviated by internal mechanisms such as self-reflection and self-confidence. Thus, it is reasonable to expect that psychological risk will be most resistant to change by an external device or service, because the device or service cannot directly access these mechanisms. As one participant in the focus group put it: „I don't know whether I need a smart wardrobe that makes suggestions to me, which I don't want at all. It goes too far for me. I see no sense in this. I have my own taste“. Furthermore, the usefulness of RFID-enabled information displays is new and may not be appreciated as much due to its unfamiliarity to the user. It is what Donald Norman refers to as a „disruptive technology“ [Norm98, 231-247] and it lacks compatibility to traditional norms [Roge03], both arguments standing in the way of a rapid dissemination of a technology. This argument has consequences for the current work in so far as it emphasizes that the appreciation of RFID-enabled information in different risk contexts may be apt to change over time. Also, it cannot be excluded that it is differing between cultures. Therefore the study results should be considered applicable at the current point only to the German market as a relatively uneducated market as far as RFID is concerned.

However, in the current situation industry needs a way to systematically prioritize the introduction of RFID on products and it needs to know what to focus on when introducing RFID-enabled information services. For this purpose Table 6 provides some good guidance, summarizing the findings reported on in this article.

Risk dimensions	Potential risk relievers provided by RFID-enabled information services		
Financial risk	Additional info.		
Functional risk	Authenticity	Warranty	
Psychological risk			
Social risk	Recommendations	Warranty	
Physical risk	Authenticity	Additional info.	Warranty

Table 6: Perceived risks and their potential relievers for customers

## 6 Conclusion and Limitations

This article has shown how product risk can be used to provide for a systematic approach in offering RFID-enabled information services to a final consumer and thus drive usefulness perceptions and acceptance. The insights allow for some valuable recommendations for the industry. In their marketing agenda, companies should first of all emphasize the possibility to check warranty/expiration dates especially for complex technical and high physical/health risk products, such as electronics, medications or food. The possibility to access authenticity information should also be put in the forefront of advertising campaigns for high physical/health risk products, especially those susceptible to counterfeiting. Identification of the risk perceptions associated with a given product may generally be considered a strategy for companies to determine in which directions the technology should be advertised.

Yet, despite these interesting results, there are also some limitations to this research. First of all because recruiting of the participants for the questionnaire was done as a convenience sample, the sample is not representative. The study also involved a limited selection of nine products which does not allow for a broad generalization. Because of hypothetical nature of many survey questions, it could have been difficult for some participants to realistically assess part of the proposed situations. Furthermore, only for a small part of models the  $R^2$  exceeded 10% of explained variance. Also, previous studies have shown that information search (shopping) is not always the most preferred method for consumers to reduce their risk [Rose67, 58]. Instead, product brand, specialized retailers and personal traits could be often more influential for product choice. Understanding this relative importance of future RFID-enabled information services in comparison other marketing activities is an interesting area of future research.

## Bibliography

- [Albr03] Albrecht, Katherine: Press Release.  
[http://www.boycottbenetton.com/PR\\_030407.html](http://www.boycottbenetton.com/PR_030407.html), 2003-04-09, download on 2006-04-10.
- [AnRa98] Antonides, Gerrit; van Raaij, W. Fred: Consumer Behaviour. A European Perspective. John Wiley and Sons Ltd, Chichester 1998.

- [Baue60] Bauer, Raymond: Consumer Behavior as Risk Taking. In: Hancock, R. S. (ed.): Dynamic Marketing for a Changing World, Proceedings of the 43rd Conference of the American Marketing Association 1960, p. 389- 398.
- [Chis94] Chisnall, Peter M.: Consumer Behaviour. 3<sup>rd</sup> rev. ed., McGraw-Hill, London 1994.
- [CoxD67] Cox, Donald: Risk Taking and Information Handling in Consumer Behavior. In: D.Cox (eds.): Risk Taking and Information Handling in Consumer Behavior. Harvard University Press, Boston 1967, p. 604-639.
- [Cunn67] Cunningham, Scott M.: The Major Dimensions of Perceived Risk. In: Cox, D. (eds.): Risk Taking and Information Handling in Consumer Behavior. Harvard University Press, Boston 1967, p. 82-108.
- [DaKa73] Darby, Michael R.; Karni, Edi: Free competition and the optimal amount of fraud. In: Journal of Law and Economics 16 (1973), p. 67-86.
- [GiSK02] Girard, Tulay; Silverblatt, Ronnie; Korgaonkar, Pradeep: Influence of Product Class on Preference for Shopping on the Internet. In: Journal of Computer-Mediated Communication 8 (2002) 1, <http://jcmc.indiana.edu/vol8/issue1/girard.html>, download on 2006-04-10.
- [GüSp04] Günther, Oliver; Spiekermann, Sarah: RFID vs. Privatsphäre ein Widerspruch? In: Wirtschaftsinformatik 46 (2004) 4, p. 245-246.
- [JaKa72] Jacoby, Jacob; Kaplan, Leon B.: The Components of Perceived Risk. In Venkatesan, M. (ed.): Proceedings, Third annual conference of the Association of Consumer Research. Association for Consumer Research, Ann Arbor, MI 1972, <http://www.acrwebsite.org/volumes/display.asp?id=12016>, download on 2006-04-10.
- [Kosc97] Koschnick, Wolfgang J.: Lexikon Marketing M-Z. 2<sup>nd</sup> rev. ed., Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1997.

- [KASW03] Kotler, Philip; Armstrong, Gary; Saunders, John; Wong, Veronica: Grundlagen des Marketing. 3<sup>rd</sup> ed., Pearson Education Deutschland, München 2003.
- [MuEn86] Murphy, Patrick E.; Enis, Ben M.: Classifying Products Strategically. In: Journal of Marketing 50 (1986), p. 24-42.
- [Nels70] Nelson, Phillip: Information and consumer behavior. In: Journal of Political Economy 78 (1970) 2, p. 311-329.
- [Norm98] Norman, Donald A.: The invisible computer. MIT Press, Cambridge 1998.
- [Pfiz06] Pfizer: Pfizer Introduces Radio Frequency Identification Technology to Combat Counterfeiting, Protect Patient Health.  
[http://www.pfizer.com/pfizer/are/investors\\_releases/2006pr/mn\\_2006\\_0106.jsp](http://www.pfizer.com/pfizer/are/investors_releases/2006pr/mn_2006_0106.jsp),  
 2006-01-06, download on 2006-04-10.
- [Roge03] Rogers, Everett M.: Diffusion of innovations. 5. ed., Free Press, New York 2003.
- [Rose67] Roselius, Ted: Consumer Ranking of Risk Reduction Methods. In: Journal of Marketing 35 (1967), p. 56-61.
- [ScKa97] Schiffman, Leon G.; Kanuk, Leslie L.: Consumer Behavior. 6<sup>th</sup> ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1997.
- [WeAd95a] Weiber, Rolf; Adler, Jost: Ein Einsatz von Unsicherheitsreduktionsstrategien im Kaufprozeß: Eine informationsökonomische Analyse. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Sonderheft 35 (1995), p. 61-77.
- [WeAd95b] Weiber, Rolf; Adler, Jost: Informationsökonomisch begründete Typologisierung von Kaufprozessen. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 47 (1995), p. 43-65.

# Zum Einsatz von RFID in der Filiallogistik eines Einzelhändlers

## Ergebnisse einer Simulationsstudie

Frédéric Thiesse, Elgar Fleisch

Institut für Technologiemanagement (ITEM-HSG)

Universität St. Gallen

9000 St. Gallen, Schweiz

{frederic.thiesse, elgar.fleisch}@unisg.ch

### Abstract

Vor dem Hintergrund des bis heute bestehenden Problems der unzureichenden Regalverfügbarkeit im Handel eröffnet RFID durch eine automatische Erfassung von Warenbewegungen in der Filiale die Möglichkeit, den Prozess der Regalnachbefüllung neu zu gestalten. Dieser Beitrag vergleicht im Rahmen einer Simulationsstudie den herkömmlichen Prozess der Nachbefüllung mit manueller Bestandskontrolle mit einem RFID-gestützten Prozess und analysiert den Einfluss einzelner Kostenfaktoren auf das Gesamtergebnis. Dabei zeigt sich, dass der neue Prozess in Abhängigkeit von Leserate und Hardwarekosten in der Lage ist, die Leistungsfähigkeit des bisherigen Prozesses bezüglich Kosteneffizienz und Warenverfügbarkeit zu übertreffen.

## 1 Einleitung

### 1.1 Hintergrund und praktische Relevanz

Trotz umfassender Anstrengungen des Handels und seiner Lieferanten in Form von Initiativen wie „Efficient Consumer Response (ECR)“ konnte eine ganze Reihe von Ineffizienzen in der logistischen Kette bislang nur unzureichend gelöst werden. Zu den aktuellen Problemen der Branche zählt neben Schwund [HoDa02], unverkäuflichen Produkten aufgrund von Beschädigung oder Verderb [Ligh03], Lagerbestandsungenauigkeiten [Rama00] und Fehlern bei der Rechnungsstellung [GMA02] auch das Phänomen der unzureichenden Warenverfügbarkeit in der Filiale, der sog. „Stockouts“ [GrCB02].

Während die Servicegrade in der Retail-Supply-Chain bei den Herstellern bzw. Verteilzentren üblicherweise über 98 % liegen, werden letztlich auf der Verkaufsfläche nur ca. 90-93 % erreicht [ECR03]. Die Ursachen hierfür sind vielfältig und sind sowohl in der Filiale selbst als auch in den vorgelagerten logistischen Prozessen zu suchen [GrCB02]. Wie in Abb. 1 dargestellt ist dabei insb. bei europäischen Einzelhändlern der Prozess der Regalnachbefüllung überdurchschnittlich stark für Stockouts verantwortlich. Ein ähnliches Bild ergab sich auch in einer aktuellen Studie zum Supply Chain Management des Handels in Europa, bei der Regalverfügbarkeiten zwischen 90 und 98,7 % ermittelt wurden [TBKM05]. Bei einzelnen der untersuchten Unternehmen konnte an Tagen mit starker Nachfrage sogar ein Absinken auf nur 80 % beobachtet werden. Dabei wurde die Filiallogistik als wichtigster Ansatzpunkt zur Verbesserung identifiziert, wobei die befragten Retailer gleichzeitig angaben, hier bei der Umsetzung im Vergleich zu anderen Aspekten der logistischen Kette am wenigsten weit fortgeschritten zu sein.

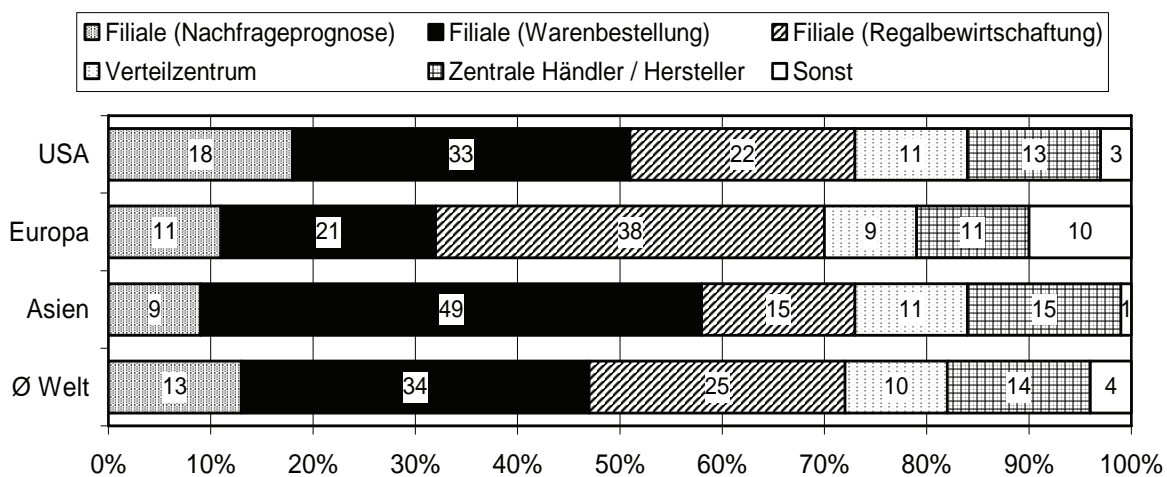


Abb. 1: Ursachen für unzureichende Regalverfügbarkeit [GrCB02]

Von der Reaktion des Konsumenten auf Stockouts sind Handel und Hersteller gleichermaßen betroffen. Je nach Art des Produkts, der Marke oder der konkreten Kaufsituation des Kunden reicht die Palette möglicher Handlungen von einem Aufschub des Kaufs über einen Wechsel von Marke oder Laden bis zum völligen Verzicht auf das Produkt [EmSE91; CoGr04]. Die Folgen sind einerseits verlorene Umsätze – der Kunde entscheidet sich meist für ein kleineres und/oder billigeres Produkt – sowie erhöhte Kosten für unvorgesehene Nachbestellungen, aber andererseits auch langfristige Schäden für das Markenimage und eine Erosion der Kundenbindung [Ange04; CoGr04].



Vor diesem Hintergrund erklärt sich das in den letzten Jahren rapide gewachsene Interesse am Einsatz der Radiofrequenzidentifikation (RFID) zur Erhöhung der Warenverfügbarkeit. Die grundsätzliche Idee besteht hier darin, durch eine verbesserte Sichtbarkeit von Produkten und Lagerbeständen den Nachbefüllungsprozess in der Filiale genauer steuern zu können [CDGG03]. In den zahlreichen Studien und White Papers zum RFID-Einsatz im Handel finden sich unterschiedlichste Abschätzungen über das sich daraus ergebende Potenzial: Bspw. nennt A.T. Kearney eine Reduktion von Stockouts in Höhe von 0,07 % des Umsatzes [ATKe04]. SAP vermutet eine Verbesserung der Warenverfügbarkeit um 5-10 %, die sich in eine Umsatzsteigerung von 3-7 % übersetzen lässt [SAP03]. Accenture erwartet eine Umsatzsteigerung von 1-2 % [Boot03]; eine andere Untersuchung geht hingegen von 2-3 % aus [Pise04]. Die überwiegende Mehrheit derartiger Zahlen hat den Charakter von „educated guesses“, denen keine genauere Analyse der Auswirkungen von RFID auf Prozesse und der relevanten Einflussfaktoren zugrunde liegt [LeÖz05]. Die Verlässlichkeit der genannten Schätzungen ist somit eher gering und lässt keine Aussage zur Übertragbarkeit auf den realen Einzelfall zu.

## **1.2 Verwandte Arbeiten**

In der aktuellen wissenschaftlichen Literatur finden sich verschiedene Arbeiten, die sich mit den Potenzialen und Auswirkungen der RFID-Technologie in der Filiallogistik auseinandersetzen. Dabei handelt es sich einerseits um qualitative Beiträge, die auf der Grundlage von Fallstudien, Experteninterviews oder Umfragen den RFID-Einsatz in der Filiale strukturieren und bewerten. Andererseits liegen auch quantitative Beiträge vor, die erste Ergebnisse aus Pilotprojekten vorstellen oder RFID-gestützte Prozesse anhand mathematischer Modelle untersuchen.

Die Untersuchung von Wong und McFarlane [WoMc03] ist ein Beispiel für die erstgenannte Kategorie. Die Autoren beschreiben zunächst den Ablauf des traditionellen Regalbefüllungsprozesses, wobei zwischen einer „Pull Policy“ mit Prüfung der Regalbestände und einer „Push Policy“ mit Prüfung der Bestände im Lagerraum der Filiale unterschieden wird. Anschließend werden die wesentlichen Einflussfaktoren analysiert, die in der Realität zu einer suboptimalen Prozessperformance führen, u. a. Verzögerungen bei der Bestandskontrolle oder veraltete Pick-Listen. Vor diesem Hintergrund identifizieren die Autoren Ansatzpunkte zur Verbesserung mittels RFID wie bspw. die automatische Identifikation von Regalbeständen und Warenbewegungen sowie die automatische Generierung von Pick-Listen auf mobilen Endgeräten.

In der Simulationsstudie von Lee, Cheng und Leung [LeCL04] wird anhand eines einfachen Supply-Chain-Modells analysiert, welche Effekte sich durch (a) die Vermeidung von Bestandsungenauigkeiten, (b) die Neugestaltung des Regalbefüllungsprozesses und (c) den Austausch von Bestandsinformationen zwischen Hersteller und Händler ergeben. Im zweiten Fall wird der bisherige Prozess des periodischen Bestandsmanagements mit einer kontinuierlichen Kontrolle, z.B. durch RFID-Leser in den Verkaufsregalen, verglichen. Die Ergebnisse der Studie zeigen auf, dass durch RFID der Befüllungsprozess häufiger und besser an die Nachfrage angepasst durchgeführt wird, wobei gleichzeitig geringere Bestände in den Regalen erforderlich sind. Die Aussagekraft der Studie wird dadurch relativiert, dass für beide Prozesse die wesentlichen Parameter „Regalfläche“ und „Sicherheitsbestand“ nicht optimal, sondern willkürlich gewählt werden, so dass keine eindeutige Bewertung zur Vorteilhaftigkeit abgegeben werden kann. Darüber hinaus verwenden die Autoren ausschließlich Bestände und Stockouts als Kenngrößen ihrer Analyse und verzichten auf eine Gesamtbetrachtung von Kosten und Nutzen.

Hardgrave, Waller und Miller [HaWM05] berichten über die Ergebnisse eines Pilotprojekts bei Wal-Mart, bei dem von Februar bis September 2005 in 12 Filialen unterschiedlicher Formate 4554 verschiedene Produkte auf der Kartonebene „getaggt“ wurden, um eine Erfassung der Warenverräumung beim Übergang vom Lagerraum zur Verkaufsfläche zu ermöglichen. Der RFID-Einsatz führte hier zu einer durchschnittlichen Reduktion der Stockouts um 16 % im Vergleich zu einer Kontrollgruppe aus 12 weiteren Filialen, wobei im besten Fall bis zu 62 % Reduktion bei Produkten mit einem täglichen Absatz von 6 bis 15 Einheiten erzielt werden konnten [Coll06]. Als wesentlichen Treiber für diese Verbesserung identifizieren die Autoren die automatisch generierte Pick-Liste, die die manuelle Bestandskontrolle ersetzt.

### **1.3 Zielsetzung und Vorgehen**

Ziel dieses Beitrags ist es, die Leistungsfähigkeit des traditionellen Prozesses der Regalbefüllung in der Filiale mit einem RFID-gestützten Prozess zu vergleichen und Schlussfolgerungen für den Einsatz in der Praxis abzuleiten. Da europäische Händler meist auf Einzelproduktebene kommissionieren, gehen wir von einer RFID-Kennzeichnung einzelner Verkaufseinheiten aus. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Arbeiten vergleichen wir dabei nicht nur Hilfsindikatoren, sondern die effektiven Kosten und Nutzen. Aufgrund der Komplexität des Prozesses greifen wir dazu im nächsten Abschnitt auf das Werkzeug der Simulation zurück (vgl. [AlMa92]). Der Beitrag endet mit einer Zusammenfassung und Vorschlägen für die weitere Forschung.

## 2 Simulationsstudie

Im Folgenden entwickeln wir in einem ersten Schritt die Struktur des zugrunde liegenden Simulationsmodells und der beiden Nachbefüllungsprozesse. Anschließend präsentieren und diskutieren wir Ergebnisse verschiedener Simulationsläufe inklusive einer Sensitivitätsanalyse. Die dabei verwendeten Modellparameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Implementierung des Simulationsmodells und die anschließende Outputanalyse erfolgten in Microsoft Excel bzw. Visual Basic for Applications (VBA).

$R$	Zeitlicher Abstand zwischen zwei Kontrollen
$s$	Sicherheitsbestand im Regal („Base Stock“)
$S$	Reservierter Regalplatz für das Produkt („Shelf Space“)
$p$	Marge pro Verkaufseinheit exkl. Kosten für Filiallogistik
$c^{Inv}$	Lagerkosten pro Verkaufseinheit und Tag
$c^{Rev}$	Personalkosten pro Bestandskontrolle („Review“)
$c^{Rep}$	Personalkosten pro Nachbefüllungsvorgang („Replenishment“)
$c^{Tag}$	Kosten eines Transponder-Labels („Tag“)
$N$	Anzahl Simulationsläufe
$T$	Länge des Untersuchungszeitraums
$V^{Sales}$	Anzahl verkaufter Produkte im Untersuchungszeitraum
$V^{OOS}$	Anzahl Stockouts im Untersuchungszeitraum
$V^{Rev}$	Anzahl Bestandskontrollen im Untersuchungszeitraum
$V^{Rep}$	Anzahl Regalnachbefüllungen im Untersuchungszeitraum
$OOS$	Stockout-Quote im Untersuchungszeitraum
$d$	Zeitliche Verzögerung zwischen Bestandskontrolle und Nachbefüllung
$I_t^P$	Physischer Regalbestand zum Zeitpunkt $t$
$I_t^{IS}$	Regalbestandsinformation im Warenwirtschaftssystem zum Zeitpunkt $t$
$\varphi$	Leserate der RFID-Hardware
$r_i$	Erkennung des Produkts $i$ durch die RFID-Hardware beim Warenübergang (ja/nein)
$t_k$	Zeitpunkt der Ankunft des Kunden $k$ am Regal
$\lambda$	Kundenankunftsrate
$F^{PR}$	Zielfunktion für den Prozess mit periodischer Bestandskontrolle
$F^{RFID}$	Zielfunktion für den RFID-gestützten Prozess

Tab. 1: Referenzliste der verwendeten Modellparameter

## 2.1 Modellformulierung

Das in diesem Abschnitt beschriebene Simulationsmodell dient als Grundlage für die Analyse der RFID-gestützten Regalbewirtschaftung. Es stellt insofern eine Vereinfachung der realen Gegebenheiten dar, als wir eine fehlerfreie Identifikation am Wareneingang und am POS voraussetzen, so dass der Bestand eines Produkts für die Gesamtfiliale stets bekannt ist. Dies schließt insb. auch den Schwund durch Diebstahl und andere Faktoren, die zu Fehlern bei den Lagerbestandsinformationen im Warenwirtschaftssystem führen, aus. Für eine genauere Betrachtung des RFID-Einsatzes im Zusammenhang mit Bestandsungenauigkeiten in der Lieferkette sei der Leser auf [AtLÖ05; FITe05; KöSh06] verwiesen.

### 2.1.1 Prozess auf Grundlage periodischer Bestandskontrolle

Der traditionelle Prozess der Regalnachbefüllung entspricht einem Bestandsmanagement mittels periodischer Kontrolle der Verkaufseinheiten im Regal („Periodic Review“). Dabei prüft ein Mitarbeiter in regelmäßigen zeitlichen Abständen  $R$ , ob noch genügend Produkte im Regal vorhanden sind. Unterschreitet der Regalbestand einen bestimmten Schwellwert  $s$ , wird eine Nachbefüllung ausgelöst, die den Bestand mit einer zeitlichen Verzögerung  $d$  wieder auf den Maximalwert  $S$  – d.h. bis zur für das Produkt reservierten Regalfläche – auffüllt. Dieses Vorgehen wird in der Literatur als „(R, s, S)-Regel“ bezeichnet [SiPP98, 240].

Durch die Bestandskontrolle und die Nachbefüllung entstehen jeweils Personalkosten in Höhe  $c^{Rev}$  bzw.  $c^{Rep}$ . Darüber hinaus sind Lagerkosten  $c^{Inv}$  für die Reservierung von Regalfläche pro Verkaufseinheit zu berücksichtigen. Andererseits verdient der Händler vor Abzug der erwähnten Kosten für die Filiallogistik einen Betrag  $p$  pro verkaufter Einheit. Ziel ist es nun, durch die Wahl geeigneter Werte für  $R$ ,  $s$  und  $S$  den Nachbefüllungsprozess so zu steuern, dass der sich ergebende Profit  $F^{PR}$  für den Händler maximal wird. Während  $R$  unmittelbar die Zahl der Bestandskontrollen  $V^{Rev}$  in einem Untersuchungszeitraum  $T$  bestimmt, wird die Zahl der notwendigen Nachbefüllungen  $V^{Rep}$  bzw. der verkauften Einheiten  $V^{Sales}$  auch von  $s$  und  $S$  beeinflusst. Das Zielkriterium setzt sich somit wie folgt aus den Verkaufserlösen abzüglich der Kosten für Bestandskontrollen, Nachbefüllungen und Regalfläche im Zeitraum  $T$  zusammen:

$$\max_{R,s,S} F^{PR} = \max_{R,s,S} \left( pV^{Sales} - c^{Rev}V^{Rev} - c^{Rep}V^{Rep} - c^{Inv}S \cdot T \right) \quad (1)$$

### 2.1.2 RFID-gestützter Prozess

Die Idee hinter dem Konzept des RFID-gestützten Prozesses ist es, durch eine automatische Erfassung von Warenbewegungen zwischen Lagerraum und Verkaufsfläche die manuelle Bestandskontrolle überflüssig zu machen. Mit Hilfe der RFID-generierten Information über Produkte, die zum Regal gebracht werden, und den Abverkaufsdaten aus dem POS-System kann zu jedem Zeitpunkt  $t$  im Warenwirtschaftssystem eine Schätzung  $I_t^{IS}$  für den tatsächlichen Regalbestand  $I_t^P$  errechnet werden, auf deren Grundlage eine Nachbefüllung ausgelöst wird.

Die Qualität dieser Schätzung ist abhängig von der Lesegenauigkeit der RFID-Infrastruktur am Ausgang des Lagerraums, die real nur selten 100 % erreicht. So können sich in der Praxis je nach Transponder- und Produkttyp bei der Pulkerfassung auch Leseraten von weniger als 30 % ergeben [GS1F05]. Aus diesem Grund beinhaltet unser Modell explizit die RFID-Leserate in Form des Parameters  $\varphi \in [0 \dots 100]$ . Die Zufallsvariable  $r_i \in [0,1]$  bezeichnet dementsprechend die Erfassung ( $r_i = 1$ ) oder Nicht-Erfassung ( $r_i = 0$ ) einer Verkaufseinheit  $i$  beim Übergang vom Lagerraum auf die Verkaufsfläche, wobei die Wahrscheinlichkeit der Erfassung durch

$$p(r_i = 1) = \frac{\varphi}{100} \quad (2)$$

gegeben ist. Bezeichnen  $t'$  und  $t$  die Zeitpunkte unmittelbar vor bzw. nach dem Wechsel eines Produkts  $i$  auf die Verkaufsfläche, so wird die Regalbestandsinformation im System folgendermaßen aktualisiert:

$$I_t^{IS} := I_{t'}^{IS} + r_i \quad (3)$$

Umgekehrt wird bei der Erfassung an der Kasse ein Produkt  $i$  auch nur dann vom Regalbestand  $I_t^{IS}$  abgezogen, falls zuvor  $r_i = 1$  galt, damit im System nicht kontinuierlich mehr Einheiten aus- als eingebucht werden. Zu diesem Zweck ist es notwendig, dass im Warenwirtschaftssystem nicht nur zwei getrennte Lagerbestände, sondern auch die ID-Codes der erfassten Artikel im Regal bis zum Check-Out vorgehalten werden. Somit gilt zu jedem Zeitpunkt  $t$ :

$$0 \leq I_t^{IS} \leq I_t^P \leq S \quad (4)$$

Beim RFID-gestützten Prozess entfallen manuelle Bestandskontrollen und damit auch die entsprechenden Personalkosten vollständig. Andererseits fallen für die Ausstattung jeder Verkaufseinheit Transponderkosten  $c^{Tag}$  an, die die Marge des Händlers schmälern. Der Entscheidungsraum beschränkt sich daher auf die Parameter  $s$  und  $S$ , durch deren Wahl der Profit  $F^{RFID}$  maximiert werden soll:

$$\max_{s,S} F^{RFID} = \max_{s,S} \left( (p - c^{Tag}) V^{Sales} - c^{Rep} V^{Rep} - c^{Inv} S \cdot T \right) \quad (5)$$

## 2.2 Simulationsergebnisse

Ausgangspunkt unserer Simulationsexperimente ist der Fall eines typischen „Mitteldrehers“ mit einer Nachfrage von 10 Einheiten pro Tag bei einem Verkaufspreis von 10 €, z.B. einer Packung Babywindeln. Wir betrachten pro Simulationslauf eine Filiale, die  $T = 365$  Tage à 10 Stunden geöffnet ist. Die Ankunft der Kunden modellieren wir entsprechend als Poisson-Prozess mit Ankunftsrate  $\lambda = 10$  und berechnen für jeden Simulationslauf eine Folge von Kundenankunftszeiten  $t_k$  für alle im Untersuchungszeitraum eintreffenden Kunden ( $0 \leq t_k \leq T$ ).

Für diese Filiale nehmen wir Kosten pro Bestandskontrolle von  $c^{Rev} = 0,5$  €, Kosten pro Nachbefüllung von  $c^{Rep} = 2$  € und Regalkosten von  $c^{Inv} = 0,1$  € pro Einheit und Tag an. Wir gehen weiter davon aus, dass vor Abzug der Kosten für die Filiallogistik dem Händler ein Gewinn von  $p = 1$  € verbleibt. Wie wir weiter unten sehen werden, führt dies letztlich zu einer realistischen Marge von 6,3 %. Außerdem unterstellen wir, dass wie in der Realität die Nachbefüllung nicht in Nullzeit, sondern mit einer Verzögerung von 30 Minuten ( $d = 0,05$  Tage) geschieht.

### 2.2.1 Prozess auf Grundlage periodischer Bestandskontrolle

Um die kostenoptimalen Werte für  $R$ ,  $s$  und  $S$  zu ermitteln, wurden alle Kombinationen für  $0 < R \leq 3$  und  $0 < s \leq S \leq 50$  mit jeweils  $N = 50$  Durchläufen simuliert. Wie in Tabelle 2 dargestellt ergibt sich für  $R = 1,6$ ,  $s = 15$  und  $S = 20$  der maximale Durchschnittswert der Zielfunktion von 2254,82 €. Bei durchschnittlich 3555,86 verkauften Einheiten pro Jahr bleibt dem Händler somit ein Gewinn von 0,63 € pro Stück. Zum Vergleich geben wir in der Tabelle auch die Ergebnisse für leicht variierte Werte von  $R$ ,  $s$  und  $S$  an sowie für ganzzahlige  $R$ , da in

die Ergebnisse für leicht variierte Werte von  $R$ ,  $s$  und  $S$  an sowie für ganzzahlige  $R$ , da in der Praxis der rechnerisch korrekte Kontrollzyklus von 1,6 Tagen kaum implementierbar wäre.

$R$	$s$	$S$	$\overline{F}^{PR}$ [€]	$\overline{V}^{Sales}$	$\overline{V}^{Rev}$	$\overline{V}^{Rep}$	$\overline{V}^{OOS}$	$OOS$ [%]	$\overline{F}^{PR}/\overline{V}^{Sales}$ [€]
1,6	15	20	2254,82	3555,86	228,00	227,52	85,18	2,33	0,63
1,6	16	20	2254,62	3556,26	228,00	227,82	84,78	2,33	0,63
1,6	14	20	2254,10	3553,70	228,00	226,80	87,34	2,40	0,63
1,7	15	21	2251,56	3553,62	214,00	213,28	87,42	2,40	0,63
1,6	15	19	2249,14	3514,28	228,00	227,82	126,76	3,48	0,64
1,5	15	20	2248,72	3586,22	243,00	242,00	54,82	1,51	0,63
1,6	15	21	2247,52	3583,62	228,00	226,80	57,42	1,58	0,63
2,0	20	24	2216,74	3549,74	182,00	182,00	91,30	2,51	0,62
1,0	11	21	2180,62	3567,80	364,00	218,34	73,24	2,01	0,61
1,2	19	24	2018,68	3641,04	304,00	296,00	0,00	0,00	0,55

Tab. 2: Resultate der (R,s,S)-Regel für verschiedene Parameterkombinationen

Wie sich an dieser Stelle zeigt, führt der kostenoptimale Fall keineswegs zu einer 100-%igen Regalverfügbarkeit, sondern zu einer Stockout-Quote  $OOS$  von durchschnittlich 2,33 %. Diese ist definiert als

$$OOS = 100 \cdot \frac{V^{OOS}}{V^{Sales} + V^{OOS}} \quad (6)$$

Eine Vermeidung der Stockouts wäre zwar durch mehr Regalfläche oder häufigere Kontrolle möglich, der daraus resultierende zusätzliche Umsatz würde aber durch die ebenfalls höheren Lager- oder Personalkosten mehr als wettgemacht: Der bestmögliche Wert für  $\overline{F}^{PR}$  unter der Bedingung  $OOS < 0,01$  % beträgt 2018,68 €, d.h. 10,5 % weniger als im optimalen Fall.

### 2.2.2 RFID-gestützter Prozess

Die Simulationen des RFID-gestützten Prozesses wurden für verschiedene Kosten und Fähigkeiten der Technologie durchgeführt: Einerseits wurde die Leserate  $\varphi$  von 0 bis 100 % in 10er-Schritten variiert, andererseits wurden unterschiedliche Preise für Transponder-Labels  $c^{Tag}$  an-

genommen. Den heute am Markt üblichen Kosten von 0,2 € pro Tag wurden die für die nächsten Jahre zu erwartenden Preise von 0,1 € und 0,05 € sowie der mit heutiger Chip- und Fertigungstechnik noch nicht erzielbare Preis von 0,01 € gegenübergestellt. Die übrigen Parameter  $s$  und  $S$  wurden wie zuvor variiert.

Die für jede Wertekombination jeweils maximalen Werte für  $\overline{F}^{RFID}$  sind im Vergleich zum Optimum für  $\overline{F}^{PR}$  in Abbildung 2 dargestellt. Wie sich hier zeigt, schneidet der RFID-Prozess bei  $c^{Tag} = 0,2$  € und  $c^{Tag} = 0,1$  stets schlechter ab als der manuelle Prozess. Eine Verbesserung ist demgegenüber für niedrigere Tagkosten möglich. Bspw. ergibt sich für eine 90-%ige Leserate und  $c^{Tag} = 0,05$  € ein Optimum in Höhe von 2319,07 € (d.h. +2,85 % gegenüber Periodic Review) bei  $s = 4$  und  $S = 17$ .

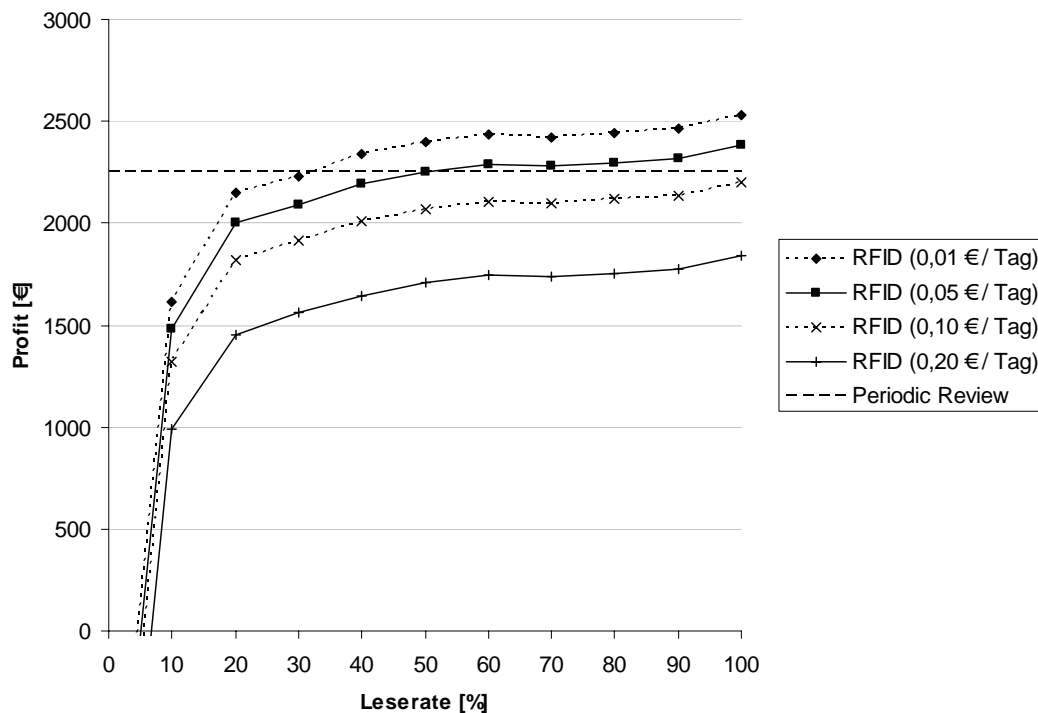


Abb. 2: Resultate des RFID-gestützten Prozesses in Abhängigkeit der Leserate

Bezüglich der Auswirkungen schlechter werdender Leseraten ergeben die Simulationen ein eher kontraintuitives Resultat: Während scheinbar eine deutliche Abhängigkeit der Prozessleistung von der Anzahl der bei der Warenverräumung erfassten Einheiten zu erwarten gewesen wäre, verhält sich  $F^{RFID}$  im Modell vergleichsweise insensitiv gegenüber verändertem  $\varphi$ . Erst für Leseraten unter 50 % lässt der Profit des Händlers deutlich nach, um schließlich bei weniger als 20 % ganz einzubrechen.



Wie in Tabelle 3 dargestellt, führen schlechte Leseraten zu einem Optimum mit erhöhtem Regalplatzbedarf als Ausgleich. So steigt bei  $\varphi = 50\%$  der Regalplatz  $S$  gegenüber  $\varphi = 100\%$  von 15 auf 19 Einheiten während die Umsätze  $pV^{Sales}$  und Nachbefüllungskosten  $c^{Rep}V^{Rep}$  annähernd konstant bleiben. Die Minderung des Profits bei sinkendem  $\varphi$  wird also praktisch ausschließlich durch die höheren Lagerkosten  $c^{Inv}S \cdot T$  verursacht.

$\varphi$ [%]	$s$	$S$	$\overline{F^{RFID}}$ [€]	$\overline{pV^{Sales}}$ [€]	$\overline{c^{Rep}V^{Rep}}$ [€]	$\overline{c^{Inv}S \cdot T}$ [€]	$\overline{OOS}$ [%]	$\overline{F^{PR}/V^{Sales}}$ [€]
0	1	3	-1550,17	3422,53	4863,20	109,50	1.55	-0.64
10	1	33	1484,20	3111,02	422,32	1204,50	10.06	0.45
20	2	27	2000,47	3458,17	472,20	985,50	0.02	0.55
30	2	22	2089,41	3332,01	439,60	803,00	3.67	0.60
40	3	21	2192,56	3458,74	499,68	766,50	0.01	0.60
50	3	19	2250,06	3445,88	502,32	693,50	0.38	0.62
60	3	18	2287,57	3446,05	501,48	657,00	0.37	0.63
70	3	19	2278,60	3420,86	448,76	693,50	1.10	0.63
80	4	18	2299,06	3458,82	502,76	657,00	0.00	0.63
90	4	17	2319,07	3458,65	519,08	620,50	0.01	0.64
100	2	15	2382,53	3433,07	503,04	547,50	0.75	0.66

Tab. 3: Umsatz und Kosten in Abhängigkeit der Leserate bei einem Tagpreis von 0,05 €

Der Grund für dieses überraschende Verhalten ist in der Eigenschaft von RFID als Technik zur eindeutigen Identifikation zu suchen. Während über den klassischen Barcode nur eine Erkennung des Produkttyps – und damit nur eine Mengenerfassung – möglich ist, erlaubt RFID die individuelle Erkennung jeder Verkaufseinheit (vgl. Abschnitt 2.1.2). Die beim Übergang zur Verkaufsfläche und später an der Kasse erfassten Produkte bilden damit eine Stichprobe, über deren Entwicklung eine auch bei schlechten Leseraten hinreichend gute Aussage über den Verlauf des Gesamtbestands getroffen werden kann. Abbildung 3 zeigt beispielhaft für  $\varphi = 50\%$ , wie sich der physische Regalbestand  $I_t^P$  und der im Warenwirtschaftssystem abgebildete Bestand der mittels RFID erfassten Einheiten  $I_t^{IS}$  im Zeitverlauf entwickeln.

Nicht zuletzt lässt sich an den Ergebnissen auch ablesen, dass die Stockout-Quoten für den RFID-Prozess auch für suboptimale Leseraten fast durchweg deutlich besser ausfallen als für den Fall der manuellen Bestandskontrolle. Die Technologie hat somit das Potenzial, die Regalverfügbarkeit bei gleichzeitig niedrigeren Kosten zu erhöhen.

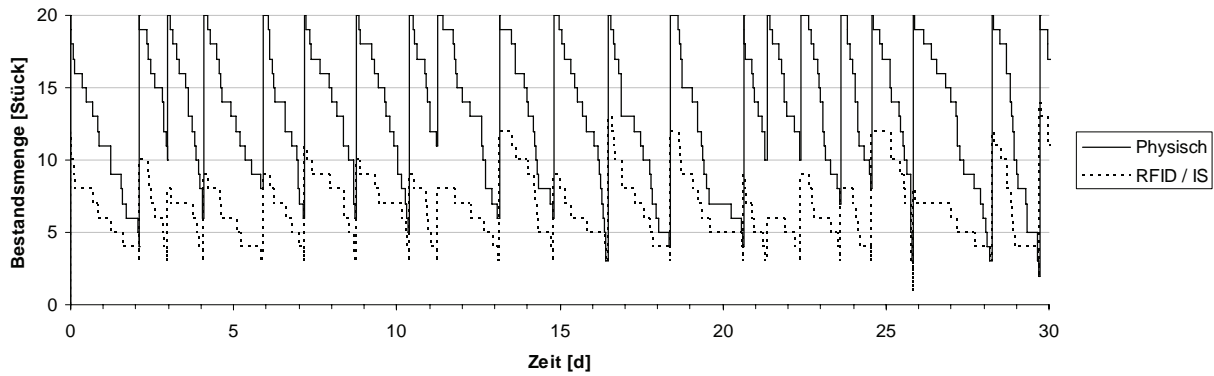


Abb. 3: Bestandsmengen im Regal und im Warenwirtschaftssystem bei 50-%iger Leserate (Beispiel)

Wie wir zuvor gesehen haben, profitiert der RFID-gestützte Prozess von der geringeren Regalfläche, so dass weniger Lagerkosten anfallen. In der Praxis ist eine solche dynamische Anpassung von Regalfläche jedoch meist nur begrenzt möglich. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, inwieweit sich RFID auch sinnvoll einsetzen lässt, wenn die Regalfläche  $S$  als konstant angenommen wird. Abbildung 4 zeigt für das Beispiel  $c^{Tag} = 0,05$  €, dass sich die Durchschnittswerte für  $F^{RFID}$  bei guten Leseraten nicht drastisch unterscheiden. So ist  $\overline{F^{RFID}} = 2299,80$  € bei  $\varphi = 90$  % und  $S = 20$  und damit 0,83 %-Punkte schlechter als im optimalen Fall.

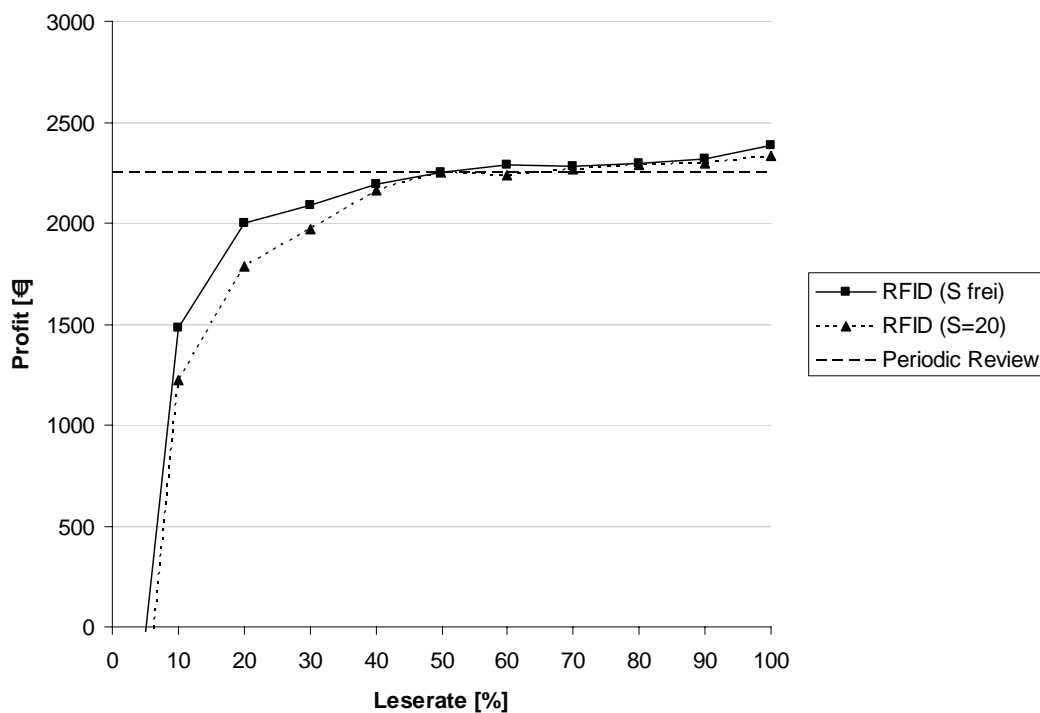


Abb. 4: Vergleich des RFID-gestützten Prozesses bei fixer und bei optimierter Regalfläche

## 2.3 Sensitivitätsanalyse

Die Leistung der beiden zuvor betrachteten Prozesse wird von verschiedenen Kostengrößen bestimmt, die wir bisher als konstant vorausgesetzt haben. In der Praxis unterscheiden sich Personal- und Lagerkosten jedoch deutlich je nach Ladenformat (Hypermarkt vs. Tante-Emma-Laden), Art des Retailers (Discounter vs. Feinkostgeschäft), Lage (Grüne Wiese vs. Innenstadt), Region (Großstadt vs. ländlicher Raum) usw. Aus diesem Grund analysieren wir in diesem Abschnitt die Auswirkungen veränderter Kosten  $c^{Rev}$ ,  $c^{Rep}$  und  $c^{Inv}$  auf das sich ergebende Optimum der Zielfunktionen und die jeweiligen Stockout-Quoten. Dabei variieren wir jede Kostengröße separat um den Faktor  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{2}$  bzw. 2 und 4. Dem Prozess der periodischen Bestandskontrolle stellen wir einen RFID-Prozess mit  $c^{Tag} = 0,05$  € und  $\varphi = 90$  % gegenüber.

### 2.3.1 Kosten für die Bestandskontrolle

Tabelle 4 fasst die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bei unterschiedlichen Kosten für die Bestandskontrolle  $c^{Rev}$  zusammen. Da der RFID-Prozess keine Reviews benötigt, bleiben hier die Werte jeweils unbeeinflusst. Wie zu erwarten, leidet die Performance des herkömmlichen Prozesses unter den hohen Personalkosten, die zu weniger Kontrollen und Nachbefüllungen führen und durch größere Regalflächen ausgeglichen werden müssen. Die Zahl der Stockouts bewegt sich hingegen in allen Fällen auf einem ähnlichen Niveau.

$c^{Rev}$ [€]	Regel	$R$	$s$	$S$	$\bar{F}$ [€]	$\bar{V}^{Sales}$	$\bar{V}^{Rev}$	$\bar{V}^{Rep}$	$\bar{V}^{OOS}$	$\bar{OOS}$ [%]
0,125	P.Rev.	0,5	6	17	2369,98	3567,60	729	242,00	73,44	2,02
	RFID		4	17	2319,07 (-2,15 %)	3640,68		259,54	0,36	0,01
0,25	P.Rev.	1,4	13	18	2318,26	3558,66	260	258,20	82,38	2,26
	RFID		4	17	2319,07 (+0,03 %)	3640,68		259,54	0,36	0,01
0,5	P.Rev.	1,6	15	20	2254,82	3555,86	228	227,52	85,18	2,34
	RFID		4	17	2319,07 (+2,85 %)	3640,68		259,54	0,36	0,01
1,0	P.Rev.	1,7	15	21	2144,56	3553,62	214	213,28	87,42	2,40
	RFID		4	17	2319,07 (+8,14 %)	3640,68		259,54	0,36	0,01
2,0	P.Rev.	2,1	19	25	1944,98	3551,36	173	172,94	89,68	2,46
	RFID		4	17	2319,07 (+19,23 %)	3640,68		259,54	0,36	0,01

Tab. 4: Auswirkungen unterschiedlicher Kostensätze für die Bestandskontrolle

### 2.3.2 Kosten für die Nachbefüllung

Die in Tabelle 5 aufgeführten Resultate demonstrieren erwartungsgemäß, dass beide Prozesse unter steigenden Nachbefüllungskosten  $c^{Rep}$  leiden. Dabei zeigt sich, dass interessanterweise der relative Abstand zwischen  $\overline{F}^{PR}$  und  $\overline{F}^{RFID}$  sowohl für kleinere als auch für größere Werte von  $c^{Rep}$  zunimmt. Dieses Ergebnis kann dadurch erklärt werden, dass einerseits der RFID-Prozess von niedrigen Befüllungskosten profitiert, da dort die Anzahl der Nachbefüllungen tendenziell größer ist: So werden im Fall  $c^{Rep} = 0,5$  € durchschnittlich 521,58 Befüllungen bei RFID im Vergleich zu 400,90 bei periodischer Kontrolle durchgeführt. Bei hohen Befüllungskosten wiederum profitiert der RFID-Prozess von seiner gezielteren Reaktion auf die Nachfrage, so dass bei weniger Nachbefüllungen dennoch eine bessere Regalbewirtschaftung erreicht wird. Dies schlägt sich in einer höheren Zahl verkaufter Einheiten (3639,16 im Gegensatz zu 3509,96) bzw. einer niedrigeren Stockout-Quote (0,05 % im Gegensatz zu 3,60 %) nieder.

$c^{Rep}$ [€]	Regel	$R$	$s$	$S$	$\overline{F}$ [€]	$\overline{V}^{Sales}$	$\overline{V}^{Rev}$	$\overline{V}^{Rep}$	$\overline{V}^{OOS}$	$\overline{OOS}$ [%]
0,5	P.Rev.	0,9	11	13	2696,65	3574,60	405	400,90	66,44	1,82
	RFID		4	10	2832,76 (+5,05 %)	3640,58		521,58	0,46	0,01
1,0	P.Rev.	1,2	13	16	2525,64	3565,62	304	302,98	75,42	2,07
	RFID		4	13	2620,61 (+3,76 %)	3640,62		363,48	0,42	0,01
2,0	P.Rev.	1,6	15	20	2254,82	3555,86	228	227,52	85,18	2,34
	RFID		4	17	2319,07 (+2,85 %)	3640,68		259,54	0,36	0,01
4,0	P.Rev.	2,1	18	25	1856,70	3550,98	173	172,82	90,06	2,47
	RFID		3	23	1903,23 (+2,51 %)	3608,52		171,34	32,52	0,89
8,0	P.Rev.	2,5	18	28	1249,70	3509,96	145	144,72	131,08	3,60
	RFID		3	30	1324,92 (+6,02 %)	3639,16		129,66	1,88	0,05

Tab. 5: Auswirkungen unterschiedlicher Kostensätze für die Nachbefüllung

### 2.3.3 Kosten für die Regalfläche

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für verschiedene Kosten der Regalfläche pro Einheit  $c^{Inv}$  zusammengefasst. Bei niedrigen Lagerkosten erweist sich der herkömmliche Prozess als effizienter, da höhere Regalbestände als Puffer aufgebaut werden können. Die bei hohen Lagerkosten zwangsläufig kleineren Regalbestände hingegen führen zu geringeren Umsätzen bzw. zu einer höheren Stockout-Quote im Fall der periodischen Bestandskontrolle.

$c^{Inv}$ [€]	Regel	$R$	$s$	$S$	$\bar{F}$ [€]	$\bar{V}^{Sales}$	$\bar{V}^{Rev}$	$\bar{V}^{Rep}$	$\bar{V}^{OOS}$	$\bar{OOS}$ [%]
0,025	P.Rev.	2,5	26	33	2952,60	3618,22	145	145,00	22,82	0,63
	RFID		3	30	2924,13 (-0,96 %)	3639,16		129,66	1,88	0,05
0,05	P.Rev.	2,1	21	27	2672,85	3599,98	173	172,94	41,06	1,13
	RFID		4	22	2674,08 (+0,05 %)	3640,78		191,58	0,26	0,01
0,1	P.Rev.	1,6	15	20	2254,82	3555,86	228	227,52	85,18	2,34
	RFID		4	17	2319,07 (+2,85 %)	3640,68		259,54	0,36	0,01
0,2	P.Rev.	1,1	10	14	1669,58	3507,28	331	324,1	133,76	3,67
	RFID		4	13	1782,63 (+6,77 %)	3640,62		363,48	0,42	0,01
0,4	P.Rev.	0,8	7	9	868,10	3306,78	456	447,34	334,26	9,18
	RFID		4	10	955,39 (+10,06 %)	3640,58		521,58	0,46	0,01

Tab. 6: Auswirkungen unterschiedlicher Kostensätze für die Regalfläche

## 2.4 Diskussion

Wie auch bei anderen Simulationsstudien sind die in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten Ergebnisse bezüglich Ihrer Übertragbarkeit auf die Praxis mit Vorsicht zu interpretieren. Einerseits beinhaltet das zu Anfang entwickelte Modell eine Reihe von Vereinfachungen gegenüber dem realen Prozess. Ein Beispiel hierfür ist der bereits erwähnte Schwund in der Filiale durch Verderb, Diebstahl oder „Product Misplacement“, d.h. Fehler bei der Warenverräumung. Ein anderes Beispiel ist die Abhängigkeit der Nachfrage nach einem Produkt vom aktuellen Regalbestand bzw. der Präsentation der Ware im Regal [LaDe99]. Andererseits werden im Modell verschiedene Randbedingungen und Einflussfaktoren ausgeblendet, die bei einer Implementierung zu berücksichtigen wären. Hierzu zählen vertragliche Vereinbarungen über Regalflächen mit den Lieferanten, vorgegebene Layouts der Filialräume sowie Aspekte der Sortimentsgestaltung und der Konsumentenpsychologie.

Nichtsdestotrotz lassen die Simulationsergebnisse einige Schlussfolgerungen zum RFID-Einsatz zu, die auch praktisch relevant sind. Es konnte gezeigt werden, dass RFID eine Neugestaltung von Filialprozessen ermöglicht, die in Abhängigkeit der Kostengrößen und der RFID-Leserate als wesentlichem Indikator für die Leistungsfähigkeit der Technologie effizienter arbeiten kann als der bisherige Prozess. Dabei erwies sich auch, dass die Leserate keine so große Rolle für den Prozess spielt, wie intuitiv zu erwarten gewesen wäre. Darüber hinaus deuten die Ergebnisse darauf hin, dass der maximale Nutzen aus Technologieeinsatz erst gezogen werden kann, wenn parallel auch eine Optimierung der Regalflächen vorgenommen wird.

### 3 Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrags war es, am Beispiel eines typischen Supermarktprodukts mittels eines Simulationsmodells eine Aussage zur Vorteilhaftigkeit eines RFID-gestützten Prozesses zur Regalnachbefüllung in der Filiale im Vergleich zum heutigen Prozess periodischer Bestandskontrolle abzuleiten. Dabei konnte gezeigt werden, dass auch beim kostenintensiven Tagging von Einzelprodukten RFID das Potenzial zur Effizienzsteigerung in der Filiallogistik bei gleichzeitiger Verbesserung der Regalverfügbarkeit bietet. Für den Praktiker bietet das vorgestellte Modell einen ersten Ansatz zur Bewertung der Sinnhaftigkeit des RFID-Einsatzes in der Filiallogistik, in die auch weitere Faktoren wie Infrastrukturkosten, Fragen der Sortimentspolitik usw. miteinbezogen werden müssen. Aus Sicht der Forschung ergeben sich aus unseren Ergebnissen verschiedene Ausgangspunkte für die weitere Arbeit. Dies betrifft zunächst eine Verfeinerung des Modells, z.B. durch Miteinbeziehung von Schwund. Daneben bietet sich eine Analyse für weitere Produkttypen und unterschiedliche Nachfrageverläufe an sowie ein Vergleich mit der bereits heute in Pilotprojekten praktizierten RFID-Kennzeichnung auf Kartonebene.

### Literaturverzeichnis

- [AlMa92] Alstrøm, Poul; Madsen, Per: Simulation of inventory control systems. *International Journal of Production Economics* 26 (1992) 1-3, S. 125-134.
- [Ange04] Angerer, Alfred: Out of Stock: Ausmaß, Ursachen und Lösungen. *Logistik Inside* 2 (2004) 7, S. 16.
- [ATKe04] RFID/EPC: Managing the Transition (2004-2007). A.T. Kearney, Chicago (IL) 2004.
- [AtLÖ05] Atali, Aykut; Lee, Hau; Özer, Özalp: If the Inventory Manager Knew: Value of RFID Under Imperfect Inventory Information. *MSOM Conference*, Evanston (IL) 2005.
- [Boot03] Booth-Thomas, C.: The See-It-All Chip. *Time Magazine*, September 14, 2003.

- [CDGG03] Chappell, Gavin; Durdan, David; Gilbert, Greg; Ginsburg, Lyle; Smith, Jeff; Tobolski, Joseph: Auto-ID in the Box: The Value of Auto-ID Technology in Retail Stores. Auto-ID Center, MIT, Cambridge (MA) 2003.
- [CoGr04] Corsten, Daniel; Gruen, Thomas W.: Stock-Outs cause Walkouts. Harvard Business Review 82 (2004) 5, S. 26-28.
- [Coll06] Collins, Jonathan: RFID's Impact at Wal-Mart Greater Than Expected. RFID Journal, May 4, 2006.
- [ECR03] Optimal Shelf Availability: Increasing Shopper Satisfaction at the Moment of Truth. ECR Europe, Brüssel 2003.
- [EmSE91] Emmelhainz, Margaret A.; Stock, James R.; Emmelhainz, Larry W.: Consumer Responses to Retail Stockouts. Journal of Retailing 67 (1991) 2, S. 138-147.
- [FITe05] Fleisch, Elgar; Tellkamp, Christian: Inventory Inaccuracy and Supply Chain Performance: A Simulation Study of a Retail Supply Chain. International Journal of Production Economics 95 (2005) 3, S. 373-385.
- [GMA02] Invoice Accuracy: 2002 Industry Survey & Benchmarks. Grocery Manufacturers of America, Washington DC 2002.
- [GrCB02] Gruen, Thomas W.; Corsten, Daniel; Bharadwaj, Sundar: Retail Out-of-Stocks: A Worldwide Examination of Extent, Causes and Consumer Responses. Grocery Manufacturers of America / The Food Marketing Institute / CIES - The Food Business Forum, Washington DC 2002.
- [HaWM05] Hardgrave, Bill C.; Waller, Matthew; Miller, Robert: Does RFID Reduce Out of Stocks? A Preliminary Analysis. Information Technology Research Institute, University of Arkansas, Fayetteville (AR) 2005.
- [HoDa02] Hollinger, Richard C.; Davis, Jason L.: National Retail Security Survey 2001. Department of Sociology and the Center for Studies in Criminology and Law, University of Florida. Gainesville (FL) 2002.

- [KöSh06] Kök, A. Gürhan; Shang, Kevin H.: Inspection and Replenishment Policies for Systems with Inventory Record Inaccuracy. Fuqua School of Business, Duke University, Durham (NC) 2006.
- [LaDe99] Larson, Paul D.; DeMarais, Robert A.: Psychic stock: an independent variable category of inventory. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management* 20 (1999) 7, S. 495-507.
- [LeCh04] Lee, Young M.; Cheng, Feng; Leung, Ying T.: Exploring the Impact of RFID on Supply Chain Dynamics. Winter Simulation Conference, Washington DC 2004.
- [LeÖz05] Lee, Hau; Özer, Özalp: Unlocking the Value of RFID. Graduate School of Business, Stanford University, Palo Alto 2005.
- [Ligh03] Lightburn, Anne: Unsaleables Benchmark Report. Joint Industry Unsaleables Steering Committee, Food Distributors International / Food Marketing Institute / Grocery Manufacturers of America. Washington DC 2003.
- [Pise04] Pisello, T.: The Three Rs of RFID: Rewards, Risk and ROI. *Technology-Evaluation.com*, September 27, 2004.
- [Rama00] Raman, Ananth: Retail-Data Quality: Evidence, Causes, Costs, and Fixes. *Technology in Society* 22 (2000) 1, S. 97-109.
- [SAP03] SAP Auto-ID Infrastructure. SAP AG, Walldorf 2003.
- [SiPP98] Silver, Edward A.; Pyke, David F.; Peterson, Rein: Inventory management and production planning and scheduling. Wiley, New York (NY) 1998.
- [TBKM05] Thonemann, Ulrich; Behrenbeck, Klaus; Küpper, Jörn; Magnus, Karl-Hendrik: Supply Chain Excellence im Handel. Gabler, Wiesbaden 2005.
- [WoMc03] Wong, C.Y.; McFarlane, Duncan: The Impact of Auto-ID on Retail Shelf Replenishment Policies. Auto-ID Center, MIT, Cambridge (MA), 2003.



# **Wahrgenommene strategische Bedeutung von RFID aus Sicht von IT-Entscheidern in Deutschland**

## **Eine empirische Analyse**

Uta Knebel, Jan Marco Leimeister, Helmut Krcmar

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (I17)  
Technische Universität München  
85748 Garching b. München  
{knebel, leimeister, krcmar}@in.tum.de

### **Abstract**

RFID wird aktuell vielerseits als Top IT-Thema gehandelt. Die Technologie zur automatisierten kontaktlosen Datenerfassung wird von Beratungshäusern, Anbietern und Teilen der Forschung oft als Schlüssel für die „real time enterprise“ - das Echtzeitunternehmen - oder das „Internet der Dinge“ bezeichnet. Wenig bekannt ist jedoch, wie das Thema auf Unternehmensseite wahrgenommen wird. Auf Basis einer branchenübergreifenden quantitativen Befragung unter IT-Entscheidungsträgern in Deutschland liefert der vorliegende Artikel hierzu erste Erkenntnisse. Im Vordergrund stehen die Verbreitung und Nutzung von RFID, die wahrgenommene strategische Wichtigkeit, die Relevanz der Technologie im Vergleich zu anderen Top IT-Themen und die Investitionsabsichten der Entscheider.

## **1 Einführung**

Radiofrequenzidentifikation (RFID) wird gegenwärtig in wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Medien heftig diskutiert. Obwohl die Technologie nicht neu ist – die erste Publikation erschien bereits 1948 – ist sie erst vor kurzem in das Bewusstsein der breiten Öffentlichkeit gerückt. Die Notwendigkeit höherer Effizienz und Sicherheit in der Supply Chain, Kostendruck, Standardisierungsinitiativen und prominente Technologiepioniere wie Wal-Mart, Metro oder Tesco haben die Aufmerksamkeit vieler Unternehmen auf neue Auto-ID-Technologien, allen voran RFID, gelenkt [Sarm04]. In der Umfrage der Society of Information

Management (SIM) unter IT-Führungskräften im Jahr 2005 [LuKN06] wurde RFID als eine der 20 wichtigsten Anwendungs- und Technologieentwicklungen eingestuft.

Die vorliegende Studie soll Anhaltspunkte darüber geben, wie IT-Führungskräfte RFID wahrnehmen und einschätzen. Nach einem kurzen Überblick über technische Grundlagen und mögliche Einsatzgebiete werden die Ergebnisse einer quantitativen Befragung unter IT-Entscheidungsträgern in Deutschland präsentiert, dabei wird insbesondere auf Aussagen über die wahrgenommene strategische Bedeutung von RFID abgezielt.

## 1.1 Technologie

RFID ist eine Technologie zur automatischen elektronischen Identifikation und Datenerfassung (Auto-ID). Über induktive Kopplung können Objekte oder Personen berührungslos identifiziert werden [Finke02]; [Want04]. Im Vergleich zu anderen weit verbreiteten Auto-ID-Technologien wie z.B. dem Barcode weist RFID eine Reihe vorteilhafter Eigenschaften auf [Agar01]:

- Eindeutige Identifikation: Mit dem Standard „Electronic Product Code“ (EPC) können über RFID-Tags nicht nur Produktgruppen, sondern auch einzelne Objekte identifiziert werden.
- Sichtkontaktlosigkeit: RFID-Tags können auch ohne Sichtkontakt zwischen Tag und Lesegerät ausgelesen werden, beispielsweise wenn der Tag verdeckt oder verschmutzt ist.
- Pulkfähigkeit: Innerhalb der Reichweite eines Lesegerätes können mehrere Tags gleichzeitig ausgelesen werden.
- Speicherkapazität: Auf RFID-Tags können weit mehr Informationen als eine Identifikationsnummer hinterlegt werden.
- Dynamische Information: Wiederbeschreibbare RFID-Tags ermöglichen die Aktualisierung der hinterlegten Informationen.

Vollständig ausgereift sind viele am Markt erhältliche RFID-Lösungen jedoch nicht. Für etliche Themen steht eine Lösung noch aus. Problemfelder hierbei sind:

- Beeinflussung durch Materialien in unmittelbarer Umgebung: Metalle oder Flüssigkeiten führen zur Dämpfung oder Ablenkung von Funksignalen und können damit die Funktion von RFID-Tags beeinträchtigen.
- Vielzahl an Standards: Das von der Standardisierungsorganisation EPC Global vorgelegte Rahmenwerk [Epcg04] hat sich noch nicht ausreichend etabliert. Es werden nach wie vor diverse unterschiedliche Standards verwendet.
- Datenmenge: Die Sammlung und Übermittlung erweiterter Objektinformationen führt unweigerlich zu steigenden Datenvolumen. Zum einen ist die technische Integration dieser Informationen in die Informationssysteme von Unternehmen, üblicherweise über Middleware, noch problematisch. Zum anderen ist bei vielen Unternehmen noch unklar, wie die gewonnenen Daten effizient verwertet und gewinnbringend eingesetzt werden können, z.B. durch das Angebot neuer Dienstleistungen am Markt oder durch neue bzw. optimierte Kontroll-, Planungs- und Steuerungsprozesse.

## **1.2 RFID als Wegbereiter für das Echtzeitunternehmen und innovative neue Lösungen**

RFID birgt das Potential, Informationsflüsse zu beschleunigen, anzureichern, zu automatisieren und somit grundlegend zu verändern. Ansätze zur Verbesserung von Prozesseffizienz und -effektivität lassen sich direkt aus den Eigenschaften der Technologie erkennen. Sichtkontaktlosigkeit macht eine Auslesung möglich, ohne dass das Objekt erst nach dem Lesegerät ausgerichtet werden muss. Dies erspart manuelle Intervention, wie sie bei Barcodes zur Herstellung des Sichtkontakts häufig nötig ist. Eine Auslesung ist sogar bei bereits verbauten Teilen möglich. Pulklesung kann die Durchlaufzeit verkürzen. Höhere Speicherkapazität erlaubt die Vorhaltung und Anpassung erweiterter Informationen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg. In Verbindung mit Sensoren könnte der Tag zusätzlich aktuelle Umweltinformationen abspeichern, beispielsweise Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Druck [Hall02], und so die betriebliche Prozesstransparenz weiter erhöhen.

Über die Effizienzsteigerung bestehender Prozesse hinaus kann RFID die Basis für neue Produkte und Dienstleistungen sein [StFl05]. Denkbar ist ein Einsatz z.B. für Waren(rück)verfolgung, Lagerverwaltung, Produktmontage, Fälschungsschutz, Umweltüberwachung, Ortung, Diebstahl – oder Sabotagesicherung. [WiDe04]. Dies soll im Folgenden durch einige ausgewählte Beispiele verdeutlicht werden:

- Healthcare: Erhöhte Fälschungssicherheit für Medikamente. Eindeutige Identifizierung und lückenlose Verfolgung könnten die Authentizität von Medikamenten sicherstellen. Dadurch würden zum einen Konsumenten besser vor schädlichen oder wirkungslosen Medikamenten geschützt, zum anderen würde es Fälschern erschwert, unechte Medikamente in Umlauf zu bringen [Usfo04].
- Automobilbranche: Selektive Rückrufaktionen. Bisher müssen Automobilhersteller bei vermutetem Defekt einer im Auto verbauten Komponente für gewöhnlich alle Fahrzeuge zurückrufen, die im kritischen Zeitraum produziert wurden. Würde jede einzelne Komponente im Produktionsprozess verfolgt, könnte der Hersteller die betroffenen Fahrzeuge exakt benennen und die kosten- und zeitintensive Inspektion aller anderen Fahrzeuge vermeiden. Unternehmen wie z.B. BMW sehen hier eine große Chance für Kosteneinsparungen bei Rückrufaktionen durch RFID.
- Handel: Der intelligente Einkaufswagen. Ohne zeitintensiven Rechercheaufwand ist es für Konsumenten oft schwierig, sich detailliert über Eigenschaften und Inhaltsstoffe von Produktangeboten des Handels zu informieren. Diese Informationen sind jedoch von großer Bedeutung, wenn der Käufer an Krankheiten, beispielsweise Allergien oder Diabetes leidet. Hilfreich wäre es, wenn die Produktinformationen vor Ort über den Einkaufswagen ausgelesen und angezeigt werden könnten, möglicherweise in Verbindung mit Allergiehinweisen oder Zubereitungsvorschlägen. Die Metro Group experimentiert zur Zeit in ihrer RFID-Pilotfiliale mit intelligenten Einkaufswagen, sogenannten Smart-Carts.

In den oben beschriebenen sowie in vielen weiteren Anwendungsbereichen kann RFID dazu beitragen, die Kluft zwischen der Realwelt und ihrem Abbild in Informationssystemen zu überbrücken [Hall02] [FIMa05]. Informations- und Warenfluss nähren sich weiter an. Dies kann der erste Schritt zur „real time enterprise“ sein [KuTh05], von dem sich Unternehmen unter anderem Prozessoptimierung, höhere Entscheidungsqualität durch präzisere und schnellere Information sowie eine höhere Integration aller Partner in der Supply Chain erhoffen.

## 2 Literaturanalyse

## 2.1 Wahrgenommene strategische Bedeutung von RFID

Michael Porter beschreibt Strategie als „performing different activities from rivals’ or performing similar activities in different ways“, und betont, dass Effizienz im operativen Geschäft zwar ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Profitabilität eines Unternehmens ist, deshalb allein aber noch nicht das Merkmal einer Strategie erfüllt [Port96]. Demzufolge können der Erfolg der Metro bei der Verbesserung betrieblicher Abläufe und Kosteneinsparungen durch RFID [Coll05] sowie positive ROIs von RFID-Systemen in der Automobilindustrie [KrSc05] noch nicht als strategisch eingestuft werden. Die Anwendungen entwickeln sich jedoch kontinuierlich weiter. Wie oben erläutert, kann RFID Unternehmen in die Lage versetzen, neue Services anzubieten, und sich so von der Konkurrenz abzuheben. Verschiedene große Unternehmensberatungen betonen die strategische Bedeutung von RFID. Folgt man der Darstellung von Gartner, so könnte RFID nicht nur die Verfolgung von Objekten entlang der gesamten Lieferkette revolutionieren [RoFL05], sondern birgt darüber hinaus großes Potential, die Geschäftsstrategien von Unternehmen entscheidend zu verändern [WoPH03].

Doch wie wird das strategische Potential von (zukünftigen) Anwendern selbst eingeschätzt? Die Forschungsfragen (FF) 1 und 2 greifen diese Thematik auf:

*FF1: Wie weit ist RFID in Unternehmen verbreitet?*

*FF2: Wie schätzen CIOs die strategische Bedeutung von RFID ein?*

## 2.2 Determinanten der wahrgenommenen strategischen Bedeutung

Zunächst wurde RFID vor allem im militärischen Bereich genutzt [Schm04], Stück für Stück etablierte es sich auch in anderen Branchen. Unternehmen erhoffen sich von RFID zumeist die Optimierung und Rationalisierung des Supply Chain Management [Lang04]. ABI research sagt voraus, dass sich bestimmte Branchen besonders im RFID-Umfeld engagieren werden, darunter Konsumgüter und Handel, Automobil, Militär und Verteidigung [Mase03]. Dies lässt vermuten, dass manche Branchen mehr zur Verwendung von RFID neigen, und soll in Forschungsfrage 3 behandelt werden:

*FF3. Beeinflussen die Eigenschaften eines Unternehmens wie Branche und Größe die wahrgenommene strategische Wichtigkeit von RFID?*

Die Theorie der Innovationsdiffusion nach Rogers beschreibt unter anderem drei Eigenschaften einer Innovation, die ihre Akzeptanz und Verbreitung beeinflussen: *relativer Vorteil*,

*Erprobbarkeit* und *Beobachtbarkeit* [Roge95]. Unter der Annahme, dass eine Innovation nur angenommen wird, wenn ihm der Einzelne eine gewisse Bedeutung oder Nützlichkeit zuschreibt, könnten diese Faktoren auch die Wahrnehmung der strategischen Wichtigkeit einer Innovation, in vorliegendem Fall RFID, beeinflussen. *Erprobbarkeit* ist der Grad, zu dem eine Innovation getestet oder erfahren werden kann. Je besser das Individuum versteht, wie die Innovation für seine Person und für sein Umfeld funktioniert, desto eher wird er sie annehmen. *Beobachtbarkeit* ist der Grad, zu dem die Auswirkungen einer Innovation für andere sichtbar sind. Die momentane Verbreitung von RFID ist gering [Lang04], jedoch haben viele Unternehmen Pilotprojekte initiiert, was eine gewisse Erprobbarkeit schafft. In Kombination mit Demonstrationssystemen von RFID-Anbietern und anderer verfügbarer Information stellen diese Pilotprojekte Beobachtbarkeit für andere potentielle Anwender dar. Folglich lautet Forschungsfrage 4:

*FF4: Beeinflusst der Grad der Erfahrung mit RFID die wahrgenommene strategische Bedeutung?*

*Relativer Vorteil* beschreibt den Grad, zu dem eine Innovation als besser wahrgenommen wird als das Konzept, das sie verdrängt. Einen ähnlichen Ansatz legt Davis seinem Technology Acceptance Model (TAM) zu Grunde, in dem er die wahrgenommene Nützlichkeit einer Innovation als Determinante ihrer Annahme beschreibt [Davi89]. Wahrgenommener Nutzen wurde auch von Iacovou und Benbasat in ihrer Studie über die Adoption von EDI als relevant identifiziert [IaBe95]. In ihrer Arbeit zur Adoption von RFID berücksichtigen Sharma und Citrus diese Größe ebenfalls [ShCi05]. In dieser Studie bezeichnet relativer Vorteil den potentiellen Nutzen und Verbesserungen durch RFID im Vergleich zur Barcode-Technologie. Forschungsfrage 5 behandelt die wahrgenommenen Potentiale von RFID:

*FF5: Beeinflussen wahrgenommene Potentiale von RFID die wahrgenommene strategische Bedeutung?*

### **2.3 Investitionsbereitschaft in RFID**

Seit Großhändler wie Wal-Mart in den USA, Metro in Deutschland oder Tesco in Großbritannien, sowie Behörden wie das US Verteidigungsministerium RFID zur Schlüsseltechnologie erklärt haben, überbieten sich die Marktvorhersagen gegenseitig [Lang04]. Frost & Sullivan sagen ein Marktwachstum von 20% bis 2010 im Vergleich zu 2003 voraus [FrSu04], Accenture sogar 40% [Acce05]. In einer aktuellen Studie von AMR research

geben 69 % der Befragten an, die Evaluation, Pilotierung oder Einführung von RFID zu planen. Es wird ebenfalls ein Marktwachstum von 40% innerhalb der nächsten zwei Jahre vorausgesagt [Reil05]. In Forschungsfrage 6 soll überprüft werden, ob potentielle Anwender diese Sicht teilen, Forschungsfrage 7 verbindet die oben behandelte wahrgenommene strategische Bedeutung mit der Investitionsbereitschaft.

*FF 6: Planen CIOs, in RFID zu investieren?*

*FF 7: Beeinflußt die wahrgenommene strategische Wichtigkeit die Investitionsentscheidung?*

## **2.4 RFID im Vergleich zu anderen IT-Themen**

In der SIM-Befragung unter IT-Entscheidungsträgern über die wichtigsten Trends der Anwendungs- und Technologieentwicklung aus dem Jahr 2005 nahm RFID den 16. Platz ein. Dies bescheinigt dem Thema zwar Relevanz, jedoch scheint es nicht von primärem Interesse zu sein. Um die Ergebnisse der oben genannten Forschungsfragen ins Verhältnis zu setzen, werden in Forschungsfrage 8 die Top IT-Themen aus Sicht der CIOs erhoben.

*FF 8: Wie relevant ist RFID im Vergleich zu anderen IT-Themen?*

## **3 Forschungsdesign**

Die aus der Literatur abgeleiteten Forschungsfragen wurden in 15 semistrukturierten Interviews mit IT-Führungskräften aus verschiedenen Branchen auf ihre Relevanz überprüft. Die Ergebnisse der Interviews flossen neben der Literaturanalyse in die Konstruktion des Fragebogens ein. Die erste Version des Fragebogens wurde in zwei Pre-Tests mit 8 IT-Experten aus Wissenschafts- und Unternehmensumfeld getestet und weiterentwickelt. Die Einladung zur Teilnahme an der Befragung erfolgte postalisch oder per E-Mail, eine Nachfassaktion schloss sich nach drei Wochen an. Design und Durchführung der Umfrage folgen mit leichten Anpassungen dem Modell der Phasen der Informationsgewinnung nach Nieschlag, Dichtl und Hörschgen [NiDH02] (Abbildung 1). Tabelle 1 fasst die wichtigsten Gestaltungsparameter der Studie zusammen.

Forschungsansatz	Explorative Studie
Forschungsmethode	Quantitative Online-Umfrage
Laufzeit	11. November 2005 – 2. Januar 2006
Art der Stichprobe	convenience sample (nicht repräsentativ)
Zugang zur Umfrage	Zugang auf Einladung mit persönlichem Code

Zielgruppe	IT-Entscheidungsträger aller Branchen in Deutschland
Versendete Einladungen	3995 (davon 3546 postalisch, 449 per E-Mail)
Rücklaufquote	Ca. 12 %

Tabelle 1: Gestaltungsparameter der Studie (Quelle: eigene Darstellung)

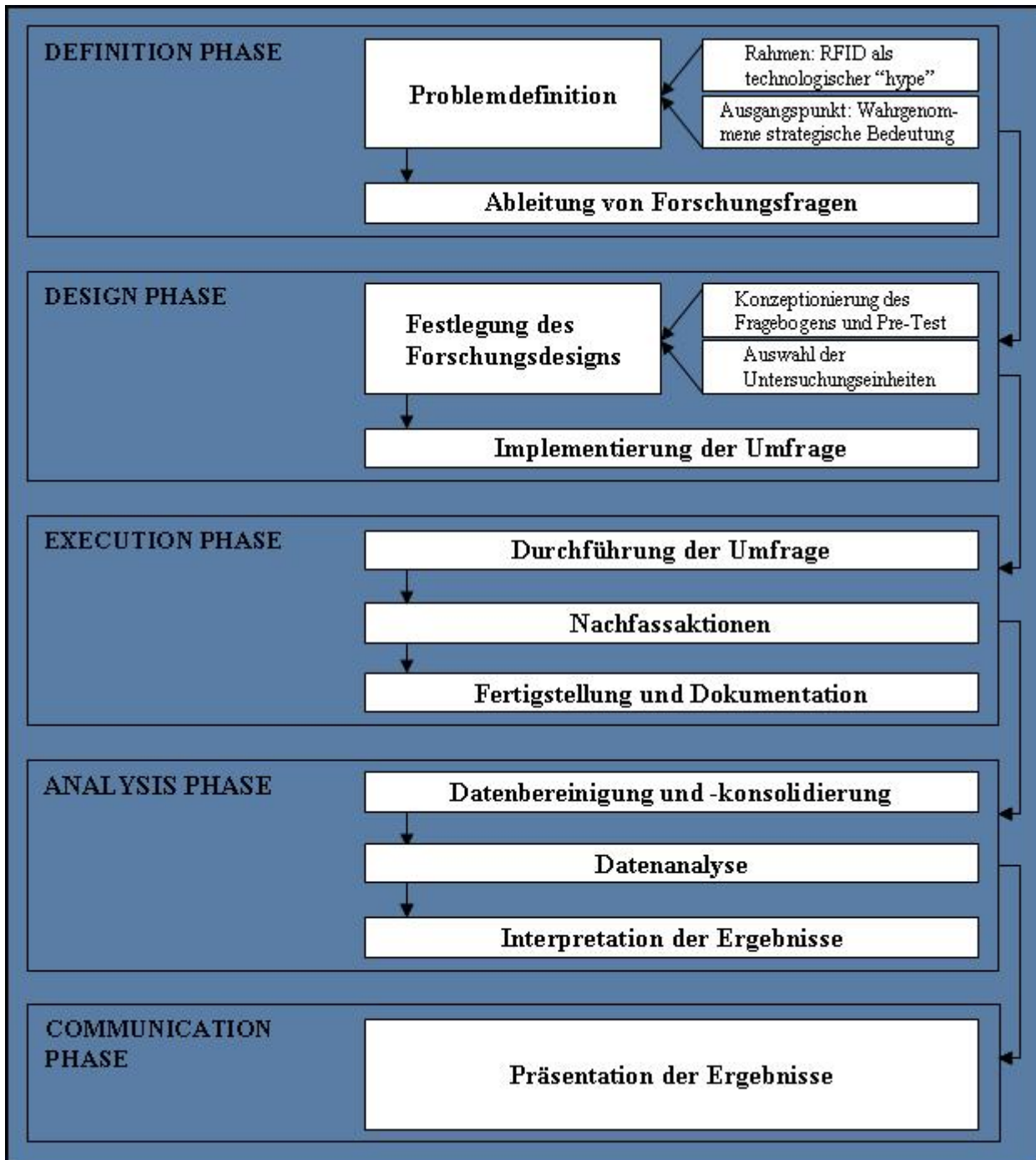


Abbildung 1: Durchführung der Umfrage (Quelle: bearbeitet nach [NiDH02])

## 4 Emprische Ergebnisse



#### **4.1 Merkmale und Soziodemographie der Teilnehmer**

Alle vollständigen Datensätze wurden darauf überprüft, ob unter den Teilnehmern ein Unternehmen mehrmals vertreten war. War dies der Fall, so wurde der Datensatz des CIO ausgewählt und die restlichen verworfen. War der CIO nicht vertreten, so wurde in der Reihenfolge der Nennung der CEO bzw. IT-Leiter / Bereichsleiter in die Auswertung aufgenommen. In die Auswertung flossen 463 Datensätze ein, aufgrund der Auswahl handelt es sich dabei um Vertreter von 463 unterschiedlichen Unternehmen. Alle außer 10 der teilnehmenden Personen waren männlich, die Altersgruppe von 41-50 Jahre dominierte. 70 % der Befragten sind CIO oder üben eine andere leitende Position aus. Als Hauptgeschäftsfeld ihres Unternehmens<sup>1</sup> nannten die Befragten Produktion / Herstellung (36.9%), Automobil (18.4%), Dienstleistung (16.0%), Handel (14.3%), Konsumgüter (11.7%), IT (11.7%), Logistik (11.0%), Pharma (8.4%) und sonstiges (22.9%). Fast 75% kommt aus Unternehmen mit weniger als 2500, 11 % aus Unternehmen mit mehr als 10000 Mitarbeitern.

#### **4.2 Ergebnisse: Verbreitung von RFID (FF 1)**

Ihre Sachkenntnis über RFID und dessen Anwendungsmöglichkeiten schätzen die meisten Befragten als gut oder sehr gut ein (43 %), 36% als mittel und 20% als gering. Erfahrung mit RFID-Systemen liegt wenig vor. Nur bei ca. 10 % der Unternehmen ist ein RFID-System bereits im Einsatz oder in der Implementierung, die meisten davon sind Großunternehmen (> 10000 Mitarbeiter). Ein Drittel führt aktuell Potentialanalysen durch. 14% haben sich gegen eine RFID-Einführung entschieden, zumeist aus Kostengründen und wegen fehlender Anwendungspotentiale. Die verbleibenden 38% haben sich noch nicht mit der Thematik beschäftigt, viele nehmen eine abwartende Haltung ein bis das Thema von Geschäftspartnern angestoßen wird.

#### **4.3 Ergebnisse: Wahrgenommene strategische Bedeutung von RFID (FF 2)**

Die Teilnehmer wurden gebeten, auf einer fünfstufigen Skala einzuschätzen, ob RFID für ihr Unternehmen strategische Bedeutung hat (1=stimme voll und ganz zu bis 5=stimme überhaupt nicht zu). Der Mittelwert zeigt keine deutliche Tendenz (3,24), die 283 Antwortenden scheinen die strategische Bedeutung beinahe neutral einzuschätzen. Um einen tieferen Eindruck zu gewinnen, wurden die Teilnehmer anschließend gefragt, ob RFID Einfluss auf die

---

<sup>1</sup> Mehrfachangaben möglich, Summe der Prozentsätze kann daher über 100% liegen.

Kernkompetenzen ihres Unternehmens haben könnte. Ähnlich wie bei der strategischen Bedeutung äußern die Teilnehmer weder besondere Zustimmung noch Ablehnung, ob RFID eine bessere Ausnutzung bestehender Kernkompetenzen ermöglichen könne (Mittelwert=3,13). In Bezug zum Aufbau neuer Kernkompetenzen zeigt sich eine leicht negative Tendenz (Mittelwert=3,53). Die Erschließung von Wettbewerbsvorteilen wird ebenfalls neutral bewertet. (Mittelwert=2,87). In den folgenden Abschnitten wird nur die wahrgenommene strategische Bedeutung weiter analysiert, da sie als inhaltliche Zusammenfassung der anderen genannten Größen angenommen wird.

Mit Blick auf die Zukunft zeigt sich ein deutlicher Trend. Die große Mehrheit der Teilnehmer (82%) ist der Überzeugung, dass die Bedeutung von RFID steigen wird. 60% glauben sogar, dass die Technologie für ihr Unternehmen innerhalb der nächsten 6 Jahre erfolgskritisch wird.

#### 4.4 Ergebnisse: Determinanten der wahrgenommenen strategischen Bedeutung (FF 3-5)

##### 4.4.1 Eigenschaften des Unternehmens und des Befragten

Abbildung 2 zeigt die wahrgenommene strategische Bedeutung von RFID nach Branchen.

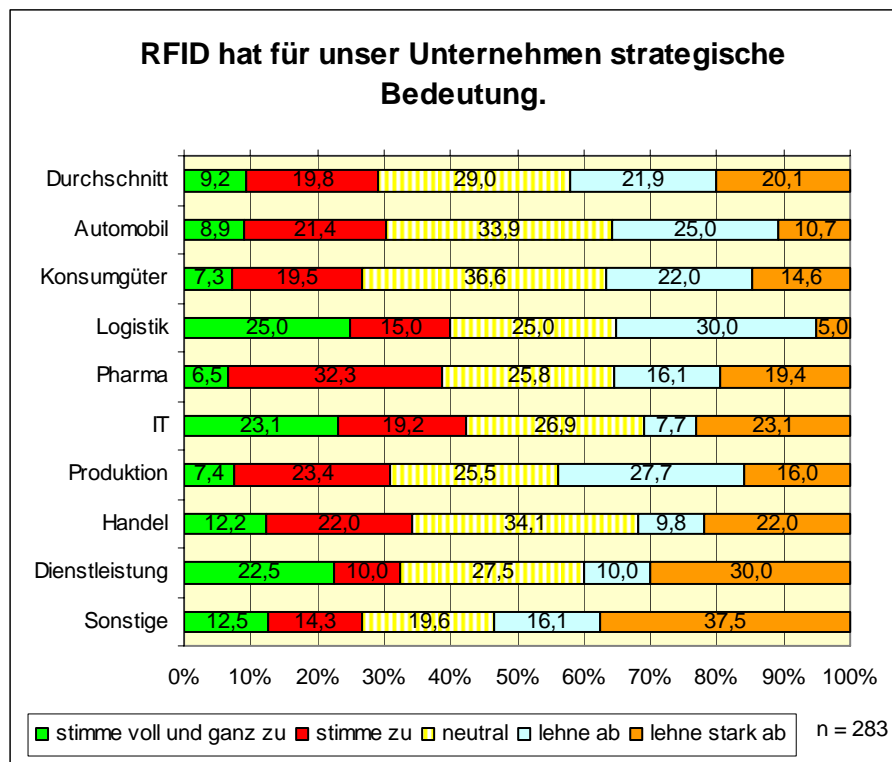


Abbildung 2: Wahrgenommene strategische Bedeutung von RFID nach Branchen (Quelle: eigene Darstellung)

Auch wenn die Unterschiede nicht drastisch sind, so zeigt sich doch, dass die wahrgenommene strategische Bedeutung über die Branchen hinweg variiert. Vor allem in Logistik, Pharma und IT sind die Zustimmungsraten überdurchschnittlich

Wird die wahrgenommene strategische Wichtigkeit nach Unternehmensgröße ausgewertet, so entsteht der Eindruck, dass sie mit steigender Unternehmensgröße als höher eingestuft wird. Dies bestätigt sich in einer Korrelationsanalyse, die eine schwache negative Beziehung zwischen „RFID hat für unser Unternehmen strategische Bedeutung“<sup>2</sup> und der Unternehmensgröße anzeigt (Rangkorrelation nach Spearman;  $r=-0,221$ ;  $p<0,001$ ). Zwischen den Eigenschaften des Antwortenden wie Alter und RFID-Kenntnis und der wahrgenommenen strategischen Bedeutung scheint keine Beziehung zu bestehen.

#### 4.4.2 Erfahrung mit RFID

Vergleicht man die Mittelwerte der wahrgenommenen strategischen Bedeutung nach RFID-Erfahrung, ergeben sich unterschiedliche Werte für alle Erfahrungsgruppen (Tabelle 2). Unternehmen mit laufenden RFID-Tests beurteilen die strategische Wichtigkeit neutral. Jene, die nach Tests keine Einführung planen, messen der Technologie auch wenig strategische Bedeutung zu. Im Gegensatz dazu sehen Firmen, die eine Einführung beabsichtigen, durchaus strategische Bedeutung in RFID. Am meisten überzeugt ist die Gruppe derer, die zum Zeitpunkt der Umfrage gerade ein RFID-System implementieren. Sie wird sogar höher beurteilt als bei der Gruppe, die bereits RFID im Einsatz hat.

Erfahrung mit RFID	Strategische Bedeutung von RFID	
	Mittelwert	Std. Abweichung
RFID im Einsatz	2,7	1,291
RFID wird realisiert	2,21	1,122
Test abgeschlossen, Einführung geplant	2,38	1,115
Tests laufend	3,09	1,028
Test abgeschlossen, Einführung nicht geplant	4,40	0,853

Anmerkung: 5-stufige Skala von „stimme voll und ganz zu“=1 bis „lehne stark ab“=5; n=463

Tabelle 2: Kreuztabelle über RFID Erfahrung & wahrgenommene strategische Bedeutung (Quelle: eigene Darstellung)

#### 4.4.3 Wahrgenommene Potentiale von RFID

Im Durchschnitt sind die Befragten der Meinung, dass RFID einige Verbesserungspotentiale für Unternehmensabläufe birgt, allen voran Fehlerreduzierung, Automatisierung und eine höhere

<sup>2</sup> Fünfstufige Skala mit 1=stimme voll und ganz zu bis 5=lehne stark ab.

Konsistenz der Datenbestände über verschiedene Anwendungen hinweg. Eine Rangkorrelationsanalyse nach Spearman zeigt einen hoch signifikanten positiven Zusammenhang zwischen allen abgefragten Potentialen und der wahrgenommenen strategischen Bedeutung. Die Stärke der Korrelationen ist jedoch als schwach einzustufen (Tabelle 3).

<b>RFID hat Potential zur...</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Std. Abweichung</b>	<b>Spearman's Rho</b>	<b>Signifikanz -wert</b>
Reduzierung von Fehlern (n=285)	1,89	0,84	0,219	0,000
Automatisierung / weniger Personaleinsatz (n=285)	2,17	0,98	0,254	0,000
Konsistenter Datenbestand in allen relevanten Unternehmensanwendungen (n=278)	2,19	0,95	0,197	0,001
Reduktion von Fehlbeständen (n=284)	2,24	0,95	0,157	0,009
Beschleunigung der Warenflüsse (n=282)	2,24	1,03	0,210	0,000
Verbesserter Kundenservice (n=282)	2,35	1,04	0,252	0,000
Qualitätssteigerung (n=282)	2,38	1,08	0,291	0,000
Optimierung der Lagerhaltung (n=279)	2,47	1,02	0,192	0,001
Reduzierung von Fälschungen (n=263)	2,76	1,28	0,198	0,001

Anmerkung: 5-stufige Skala von "stimme voll und ganz zu"=1 bis "lehne stark ab"=5

Tabelle 3: Wahrgenommene Potentiale von RFID und deren Zusammenhang mit wahrgenommener strategischer Bedeutung von RFID (Quelle: eigene Darstellung)

#### **4.5 Ergebnisse: Investitionsbereitschaft in RFID (FF 6-7)**

Die Teilnehmer der Befragung wurden gebeten, die Aussage „RFID ist ein Thema, in das wir investieren werden“ anhand einer fünfstufigen Skala („stimme voll und ganz zu“=1 bis „lehne stark ab“=5) für ihr Unternehmen zu bewerten. Der Mittelwert zeigte eine positive Tendenz (2,70; S= 1,21). Eine Korrelationsanalyse zwischen „RFID ist ein Thema, in das wir investieren werden“ und „RFID hat für unser Unternehmen strategische Bedeutung“ ergibt einen starken und hoch signifikanten positiv gerichteten Zusammenhang zwischen den beiden Aussagen (Rangkorrelation nach Spearman,  $r=0,630$ ;  $p<0,001$ ).

Auf die Frage hin, wie sich das RFID-Budget des jeweiligen Unternehmens über die nächsten Jahre hinweg entwickeln wird, gaben die Befragten an, dass eine Steigerung zu erwarten sei, in

erster Linie in einem Zeithorizont von drei bis fünf Jahren. Die höchsten Steigerungsraten werden in der Pharmaindustrie erwartet (Abbildung 3).

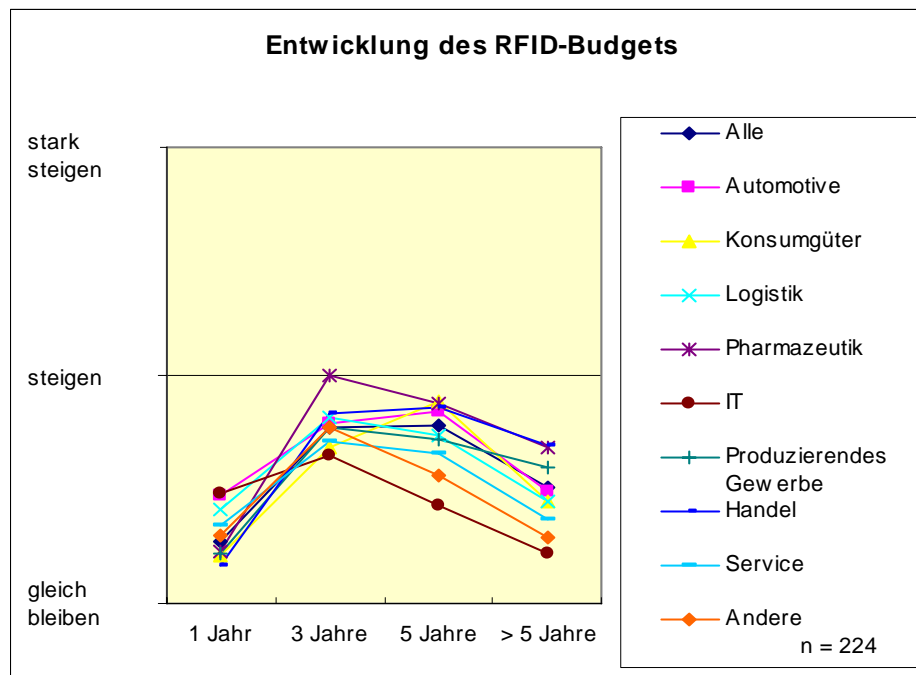


Abbildung 3: Entwicklung der RFID Budgets (Quelle: eigene Darstellung)

#### 4.6 Ergebnisse: RFID und Top IT Themen (FF 8)

Die Aussage „RFID ist eines unserer Top IT-Themen“ wurde im Durchschnitt abgelehnt (Mittelwert=3,87, S=1,05). Dies bestätigte sich auch im Antwortspektrum auf eine offene Frage nach den drei wichtigsten IT-Themen im Unternehmen. RFID, Tracking & Tracing und verwandte Begriffe wurde hier nur von ca. 10% der Teilnehmer erwähnt.

#### 4.7 Blick in die Zukunft: RFID-Visionen

In einer offenen Frage wurden die Teilnehmer anschließend nach der RFID-Vision gefragt, die sie mit ihrem Unternehmen verfolgen möchten. Fast alle Stellungnahmen konnten in folgende 5 Inhaltskategorien gruppiert werden:

*Typ 1: Das gläserne Unternehmen (18,6%).* Dieser Visionstyp strebt nach Echtzeitinformationen und lückenloser Transparenz aller Prozesse über die gesamte Lieferkette hinweg, geäußert wurde z.B. „durchgängige Informationskette durch RFID, Lieferanten und Partner eingebunden - die 'gläserne' Fabrik“.

*Typ 2: Konkrete Anwendungsbereiche (9,5%).* Vertreter dieser Gruppe zielen auf die Optimierung sehr konkreter Bereiche oder Prozesse ab. Beispielhaft sind die Formulierungen

„Lagerverwaltung mit Positionsbestimmung der Stapler über Transponder im Boden“ oder „Einsatz von RFID in der Instandhaltung um wartungsrelevante Informationen an Maschinenteile zu bekommen“.

*Typ 3: Barcode ersetzen (3%).* RFID soll bestehende Barcodeanwendungen ersetzen.

*Typ 4: Kundengesteuerte Vision (3,2%).* Diese Gruppe macht ihre RFID-Aktivitäten vollständig von Kundenwünschen abhängig und plant keine eigenen Vorstöße.

*Typ 5: Keine Vision (26,8%).* Diese Gruppe gab explizit an, keine RFID-Vision zu haben oder diese nicht zu benötigen. Geäußert wurde z.B. „wir haben keine und benötigen keine“ oder „Wir beobachten die Technologie und entscheiden bei Bedarf“.

Ca. 3,9% der Antworten konnten keine der oben genannten Kategorien zugeordnet werden. Die verbleibenden 37,2% machten keine Angaben. Es ist unklar, ob in diesen Fällen keine Vision vorliegt (vgl. Typ 5), oder ob diese nicht offengelegt werden wollte.

## **5 Fazit**

Die vorliegende Arbeit präsentiert quantitatives Datenmaterial über die Wahrnehmung von RFID bei IT-Entscheidungsträgern. Die Verbreitung von RFID ist sehr gering. Viele Entscheidungsträger haben sich bereits mit der Thematik beschäftigt, sind aber von einer Implementierung noch weit entfernt. Es wird erwartet, dass die Bedeutung von RFID für Unternehmen innerhalb der nächsten Jahre stark ansteigt. Aktuell wird der Technologie jedoch wenig strategische Bedeutung und eher geringe Priorität zugemessen. Die Wahrnehmung der strategischen Bedeutung scheint im vorliegenden Fall beeinflusst zu sein durch:

- **Branche:** In einigen Branchen, insbesondere Logistik, Pharma und IT wird RFID von einem deutlich höheren Anteil als strategisch bedeutsam eingestuft.
- **Unternehmensgröße:** Vertreter größerer Unternehmen messen dem Thema RFID tendenziell mehr Bedeutung zu als Vertreter kleinerer Unternehmen.
- **Eigenschaften:** Verbinden die Befragten bestimmte Eigenschaften (z.B. Qualitätsverbesserung, Fehlerreduktion) stärker mit RFID, so fällt auch die Beurteilung der strategischen Bedeutung höher aus.

Wie erwartet, geht eine hohe wahrgenommene strategische Bedeutung auch mit einer erhöhten Investitionsbereitschaft einher. Da in den nächsten Jahren Budgetsteigerungen für RFID erwartet werden, ist eine tatsächliche Investition wahrscheinlich. Abbildung 4 fasst diese Ergebnisse zusammen.

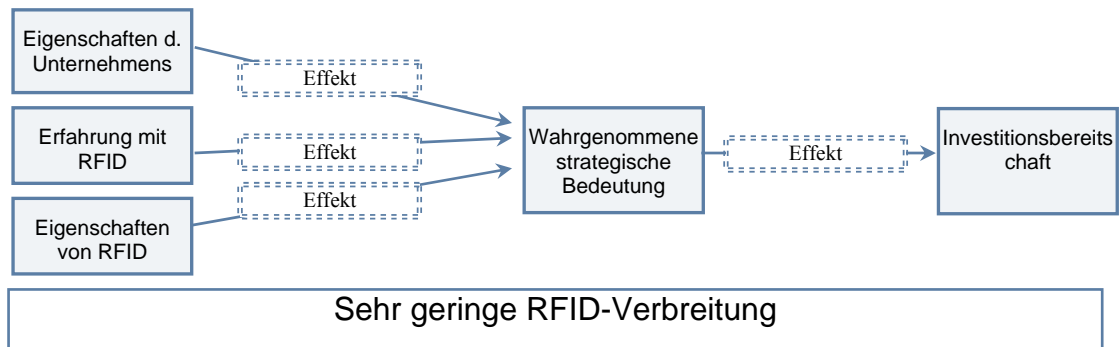


Abbildung 4: Ergebnisse der Studie (Quelle: eigene Darstellung)

## 6 Handlungsempfehlungen für potentielle RFID-Anwender

Aus den Ergebnissen der Umfrage sowie der begleitenden Experteninterviews lassen sich Handlungsempfehlungen für potentielle RFID-Anwender ableiten. Für viele Firmen ist keine sofortige Aktion nötig, da u. U. keine interne Anwendungsmöglichkeit besteht. Wesentliche Vorteile von RFID, beispielsweise in der Warenverfolgung, werden jedoch über Unternehmensgrenzen hinweg realisiert. In solchen Verbänden liegt die Entscheidung über Technologieeinführungen oft beim stärksten Partner der Kette. Prominentes Beispiel hierfür sind die Großhandelsunternehmen Metro, Wal-Mart und Tesco, die ihre Lieferanten zur RFID-Verwendung zwangen. Hiervon betroffenen Unternehmen ist deshalb anzuraten, die Aktivitäten direkter Partner in der Lieferkette zu beobachten und sich unabhängig über die Technologie und mögliche Einsatzbereiche speziell in ihrem Unternehmen zu informieren, sowie Planungen zur Einführung vorzubereiten. Dies ermöglicht ihnen, auch im Falle einer oktroyierten Einführung gestaltend mitzuwirken und durch gezielte Erweiterung Prozessverbesserungen oder Wettbewerbsvorteile für sich selbst erzielen zu können. Die Betrachtung sollte sich nicht auf die reine Hardware beschränken, sondern insbesondere auch mögliche Auswirkungen auf die IT-Strategie und bestehende Anwendungen einbeziehen. Beim Test erster Anwendungen ist Geduld zentral, da eine Amortisation der Lösung meist in Zeiträumen von mehr als einem Jahr zu erwarten ist. Unternehmen erwarten durchweg, dass die Bedeutung von RFID in den

nächsten Jahren steigen wird, gute Vorbereitung ist also umso wichtiger. Möglicherweise entpuppt sich die Technologie als schlafender Riese.

## **7 Grenzen der Untersuchung und weiterer Forschungsbedarf**

Grenzen der Untersuchung finden sich insbesondere in zwei Aspekten. Erstens sind die im convenience sample erhobenen Daten nicht zwangsläufig repräsentativ für die Gesamtheit deutscher IT-Entscheidungsträger. Zweitens erfasst die Befragung individuelle Wahrnehmungen, die unter Umständen nicht die Einschätzung aller am RFID-Thema involvierten Entscheider in einem Unternehmen widerspiegeln. In weiteren Arbeiten könnte versucht werden, „strategische Bedeutung“ als latentes Konstrukt zu operationalisieren und zu explorieren, inwieweit sich Ergebnisse so von der direkten Abfrage unterscheiden. Desweiteren könnten Kausalitäten überprüft sowie weitere Einflussfaktoren und intermediierende Konstrukte einbezogen werden. Unabhängig hiervon besteht erheblicher Forschungsbedarf im Bereich der RFID-Technologie-Komponenten, insb. im Bereich der Middleware. Gleiches gilt für die Entwicklung und Umsetzung RFID-basierter IT-Strategien, die ebenfalls noch weit von einer konkreten Umsetzung im Unternehmenskontext entfernt zu sein scheinen.

## **Literatur**

- [Acce05] Accenture. Pushing the Pace - How Leaders Are Putting RFID to Work. Accenture, München 2005.
- [Agar01] Agarwal, V. Assessing the benefits of Auto-ID Technology in the Consumer Goods Industry. Cambridge University Auto ID Centre, Cambridge 2001.
- [Coll05] Collins, J..Metro Group Reaps Gains From RFID. In: RFID Journal, 24.01.2005.
- [Davi89] Davis, F.D.. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology. MIS Quarterly 13 (1989) 3, 319-339.
- [Epcg04] EPC Global (2004). The EPC Global Network. [http://www.epcglobalinc.org/news/EPCglobal\\_Network\\_Overview\\_10072004.pdf](http://www.epcglobalinc.org/news/EPCglobal_Network_Overview_10072004.pdf), Abruf am 24.07.2006



- [Fink02] Finkenzeller, K.. RFID-Handbuch, 3 Aufl.. Hanser, München, Wien 2002.
- [FlMa05] Fleisch, E.; Mattern, F.. Das Internet der Dinge - Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis. Springer, Berlin, 2005.
- [FrSu04] Frost & Sullivan. World RFID-based Application Markets (A686-11). Frost & Sullivan, Palo Alto 2004.
- [Hall02] Haller, S.; Hodges, S. The Need for a Universal SmartSensor Network. Cambridge University Auto ID Centre, Cambridge 2002.
- [IaBe95] Iacovou, C.; Benbasat, I. Electronic Data Interchange and Small Organizations: Adoption and Impact of Technology. In: MIS Quarterly, 19 (1995) 4 , 465-485.
- [KrSc05] Kraft, J.; Schauler, C.. RFID setzt sich durch. Information Week, 14.04.2005.
- [KuTh05] Kuhlmann, B.; Thielmann, H. Real Time Enterprise in der Praxis, Springer 2005
- [Lang04] Lange, V.. Perspektiven für die Nutzung der RFID-Technologie in Supply Chain Management und Logistik. In: IM, 19 (2004) 4, 20-26.
- [LuKN06] Luftman, J.; Kempaiah, R.; Nash, E. (2006): Key Issues for IT Executives 2005 In: MIS Quarterly Executive, Vol. 5 (2006) Nr. 2, S. 27-45.
- [Mase03] Maselli, J. (2003). ABI: RFID Market Poised for Growth. In: RFID-Journal, 18.07.2003.
- [NiDH02] Nieschlag, R.; Dichtl, E.; Hörschgen, H.. Marketing, 19., überarbeitete und ergänzte Auflage Aufl., Duncker&Humboldt, Berlin 2002
- [Port96] Porter, Michael E. What is Strategy? Harvard Business Review, 74(1996)6, 61 - 78.
- [Reil05] Reilly, K.. AMR Research Survey Finds 69% of Respondents Plan to Evaluate, Pilot, or Implement RFID in 2005: AMR research 2005.

- [RoFL05] Roussel, A.-M.; Fenn, J.; Linden, A.. Gartner's Radar Screen Pinpoints Hot Technologies Likely to Grab Investors' Attention. Gartner Research, Stanford 2005.
- [Roge95] Rogers, E.. Diffusion of Innovations, 4 Aufl., The Free Press, New York, 1995.
- [Sarm04] Sarma, S.. Integrating RFID. QUEUE (October 2004), 50-57.
- [Schm04] Schmid, F. Radio Frequency Identification: Standards - Produkte - Vorgehen. In: IM 19 (2004) 4, 6-11.
- [ShCi05] Sharma, A.; Citurs, A.. Radio Frequency Identification (RFID) Adoption Drivers - A radical Innovation Adoption Perspective. In: Proceedings of the Eleventh Americas Conference on Information Systems, Omaha, NE, USA, August 11th - 14th 2005.
- [StFl05] Strassner, Martin; Fleisch, Elgar: Innovationspotenzial von RFID für das Supply-Chain Management. In: Wirtschaftsinformatik 47 (2005) 1, S. 45-54.
- [Usfo04] U.S. Food and Drug Administration. COMBATING COUNTERFEIT DRUGS: U.S. Food and Drug Administration 2004.
- [Want04] Want, R. (2004). The Magic of RFID. In: QUEUE (October 2004), 40-48.
- [WiDe04] Wilding, R.; Delgado, T. (2004). RFID Demystified: Supply-Chain Applications. In: Logistics & Transport Focus, 6 (2004)4.
- [WoPH03] Woods, J.; Peterson, K.; Hirst, C.. Maturing Open RFID Applications Will Reshape SCM. Gartner Research, Stanford 2003.

## **Einführung in den Track**

### **eGovernment - effektiv, wirtschaftlich, transparent**

**Prof. Dr. Jörg Becker**

Universität Münster

**Willi Kaczorowski**

Cisco Systems

**Prof. Dr. Helmut Krcmar**

TU München

**Prof. Maria A. Wimmer**

Universität Koblenz-Landau

Ein großes Potenzial für Bürokratieabbau und Kosteneinsparungen in der öffentlichen Verwaltung liegt in der Reorganisation existierender Abläufe und deren Unterstützung durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien - kurz Electronic Government. Allerdings wird dieses Potenzial bisher nur in sehr geringem Maße ausgeschöpft, da die Verantwortlichen häufig vor den notwendigen Investitionen zurückschrecken. Dies liegt daran, dass sich der Nutzen von Informationstechnologie bisher nicht hinreichend nachweisen lässt: Sowohl die Wirkung von IT auf Geschäftsprozesse als auch die Geschäftsprozesse selbst sind für Entscheider nicht transparent. Daher lassen sich sinnvolle Investitionen in größerem Umfang gerade vor dem Hintergrund umstrittener Großprojekte wie der ALGII-Software oder des Internetauftritts der Bundesagentur für Arbeit vor der Öffentlichkeit und der Politik nur noch schwer rechtfertigen.

Schwerpunkt dieses Tracks bildet daher die Fragestellung, wie man mit Hilfe von Methoden und Werkzeugen aus der Wirtschaftsinformatik (z.B. der Nutzung von Informationsmodellen) die Informationen für IT-Entscheider in öffentlichen Verwaltungen verbessern kann.



# Model-Driven Integration Engineering in der E-Government-Domäne Meldewesen

Stefan Kühne, Maik Thränert  
Institut für Informatik, Universität Leipzig  
04103 Leipzig  
{kuehne,thraenert}@informatik.uni-leipzig.de

Werner Rotzoll, Jan Lehmann  
DVZ Datenverarbeitungszentrum Mecklenburg-Vorpommern GmbH  
19059 Schwerin  
{rotzoll,lehmann}@dvz-mv.de

## Abstract

Im Rahmen des E-Government integrieren IT-Dienstleister der öffentlichen Verwaltung bestehende Anwendungen von Bund, Ländern und Kommunen in komplexen Infrastrukturen. Durch domänenspezifische Modellierungssprachen lässt sich die Komplexität der Integrationsvorhaben reduzieren. Am Beispiel der E-Government-Domäne Meldewesen wird in diesem Beitrag der Ansatz Model-Driven Integration Engineering (MDIE) vorgestellt. Er beschreibt u. a. die Entwicklung kompakter, intuitiver Modellierungssprachen für Integrationsvorhaben in einer fachlichen Domäne und fokussiert dabei die direkte Weiterverwendung der modellierten Sachverhalte über Modelloperationen.

## 1 Integrationsproblematik im E-Government

Derzeit werden in allen Bundesländern große Anstrengungen in der E-Government-Domäne Meldewesen unternommen, eine Infrastruktur aufzubauen und erste Dienste, wie *einfache Melderegisterauskunft* [Osci06, S. 352] oder *Rückmeldung* [Osci06, S. 133] anzubieten. Allgemein betrachtet, entwickeln IT-Dienstleister der öffentlichen Verwaltung E-Government-Dienste, indem sie bestehende Anwendungen von Bund, Ländern und Kommunen in komplexen Infrastrukturen vernetzen und integrieren. Dabei sind sie mit typischen Herausforderungen von In-

tegrationsprojekten konfrontiert, die sich aus der Vielfältigkeit und Heterogenität bestehender Systeme ergeben. Zusätzliche Schwierigkeiten ergeben sich aus Änderungen z. B. hinsichtlich Kundenanforderungen, Gesetzesvorgaben oder verfügbaren Implementierungstechnologien.

Die Komplexität der Integrationsvorhaben zeigt sich bereits in aus fachlicher Sicht vergleichsweise einfachen Prozessen, wie der *einfachen Melderegisterauskunft*. Deren technische Umsetzung basiert auf verschiedenen Infrastruktur- und Basiskomponenten einer E-Government-Plattform, wie Portal, Virtuelle Poststelle oder Verzeichnisdiensten. Die Orchestrierung dieser Komponenten erfolgt unter Nutzung von Workflows in einem Business Process Management System.

Für eine effizientere Umsetzung derartiger Integrationsprojekte im E-Government wird in diesem Beitrag der Ansatz *Model-Driven Integration Engineering (MDIE)* vorgeschlagen, welcher die Anwendung modellgetriebener Techniken im Anwendungsbereich des Integration Engineering (IE) [Raut93, FäTW05, SDTK05] fokussiert. Der MDIE-Ansatz wird am Beispiel der E-Government-Domäne Meldewesen vorgestellt.<sup>1</sup> Es wird gezeigt, wie Konzepte dieses Bereichs identifiziert und analysiert, das gewonnene Domänenwissen in eine kompakte, spezifische Modellierungssprache überführt und Modelle der Sprache über Transformationen weiterverarbeitet werden können. Die Anwendung des MDIE-Ansatzes ermöglicht die (Integrations-)projektübergreifende Wiederverwendung von Domänenwissen sowie Komplexitätsreduktionen, womit Verbesserungen des Entwicklungsprozesses, insbesondere hinsichtlich Flexibilität, Entwicklungsgeschwindigkeit, Entwicklungskosten, Qualität sowie Transparenz für beteiligte Personengruppen (z. B. Auftraggeber), adressiert werden.

## **2 Der Ansatz des Model-Driven Integration Engineering**

### **2.1 Modellgetriebene Entwicklungsansätze**

Modellgetriebene Entwicklungsansätze wie das Model-Driven Engineering (MDE) [Bézi05, FaNg05, Schm06], Model-Driven Software Development (MDSD) [StVö06] oder Generative Software Development (GSD) [Czar04, CzEi00] betonen die zentrale Rolle formaler Modelle im Lebenszyklus eines Softwaresystems bzw. einer Softwaresystemfamilie. Ein Modell dient hierbei als stellvertretende Beschreibung eines zugrunde liegenden Systems (Original), in wel-

---

<sup>1</sup> Beispielhaft wurden hierfür die Ergebnisse des Projektvorhabens Meldewesen für das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern [LeRo06] in die Untersuchungen einbezogen.

chem ausschließlich zweckdienliche Informationen repräsentiert sind. Da ein Modell selbst als System aufzufassen ist, kann vom technischen Informationssystem in mehreren Stufen hinsichtlich verschiedener Sichten und Abstraktionsebenen abstrahiert werden.

Ein zentraler Bestandteil modellgetriebener Ansätze ist die Definition von Modelloperationen, wie Modelltransformationen, Modellvalidierungen oder Modelldifferenzen, auf Basis formaler Modelle zur *Automatisierung* des Entwicklungsprozesses. Modelltransformationen ermöglichen beispielsweise die Anreicherung von Modellen mit zusätzlichen Informationen (z. B. technischen), die informationserhaltende Formüberführung von Modellen oder die Extraktion und Aggregation bestimmter Eigenschaften zur Bewertung von Modellen. Modellvalidierungen überprüfen, ob modellierte Sachverhalte gültig hinsichtlich definierter Anforderungen sind. Die Modelloperationen rechtfertigen somit die zentrale Rolle formaler Modelle im Entwicklungsprozess, da sie direkt zu signifikanten Mehrwerten, wie effizientere Entwicklung oder bessere Qualität, beitragen können.

In den modellgetriebenen Ansätze MDE, MDSD und GSD werden die Konzepte technologieunabhängig definiert. Für den praktischen Einsatz existieren zahlreiche Konkretisierungen, wie beispielsweise die Model Driven Architecture [ObjeoJ], das Model-integrated Computing [KSLB03], das architecture-centric Model-Driven Software Development [StVö06, S. 21 ff.] oder Microsofts Software Factories [GrSh04]. Dabei werden die Konzepte für verschiedene Anwendungsbereiche mit Methoden, Werkzeugen und Standards hinterlegt.

Erfahrungen zeigen, dass die Ansätze in sehr unterschiedlichen Anwendungsbereichen, wie bei der Entwicklung verteilter eingebetteter Systeme oder komplexer Enterprise-Anwendungen, erfolgreich eingesetzt werden und zu Verbesserungen im Entwicklungsprozess führen können [Schm06]. Ein noch wenig betrachteter Anwendungsbereich modellgetriebener Ansätze ist das Integration Engineering.

## **2.2 Integration Engineering**

Beim Integration Engineering (IE) handelt es sich um eine Engineering-Disziplin, *„die Prinzipien, Modelle, Methoden und Werkzeuge entwickelt, bewertet und zur Verfügung stellt, sodass diese in einem ingenieurmäßigen Prozess der Integrierung eingesetzt werden können.“* [ThKü06, S. 14] Vereinfacht formuliert, liefert das IE *„das »Handwerkszeug« mit zugehörigen Einsatzanweisungen, damit Integrierung durchgeführt werden kann.“* [Thrä05, S. 21]

Dabei betrachtet das IE Informationssysteme (IS) als relevante Integrationsobjekte, sodass diese zu Integrierten Informationssystemen (IIS) umgestaltet werden. Da es sich bei einem Informati-

onssystem um ein „sozio-technisches System“ [Birk05] handelt, spielen neben den technischen auch die organisatorischen Aspekte einer Integration eine wichtige Rolle, obgleich sich die Ausführungen in diesem Beitrag primär den technischen Integrationsproblemen zuwenden.

Grundsätzlich sind „sowohl die Neuentwicklung von integrierten Informationssystemen („Integration ex ante“) als auch die Zusammenführung bereits existierender Informationssysteme („Integration ex post“)“ [KuRa96, S. 170] Aufgabenbereiche des IE. Zur ex-post-Integration gehören z. B. die Anpassung und Integrierung eines Informationssystems in eine bestehende IT-Infrastruktur, die Integrierung von IS oder deren Komponenten untereinander sowie die Anbindung bestehender IS an eine zentrale Plattform. Zur ex-ante-Integration gehört auch die Desintegration eines IS bzw. IIS mit dem Ziel eines Refactoring, sodass eine bessere Integrierbarkeit dieses IS bzw. IIS erreicht wird. Ebenso zur ex-ante-Integration gehört die Harmonisierung der Anwendungsarchitektur, wie z. B. die Einführung einer einheitlichen technischen Kommunikationsbasis unter Nutzung von z. B. Web Services oder auch die Harmonisierung von Anwendungsmodellen durch Schaffung einer einheitlichen Metamodellinfrastruktur.

Die Anwendungsbereiche des IE sind dabei sehr vielseitig. Dazu gehören beispielsweise der Maschinenbau [WeSo05], E-Government [LeRK06] oder E-Commerce [HäKü06; FFSD06]. Das Integration Engineering versucht dabei ständig, durch neue Methoden, Werkzeuge und Vorgehensweisen eine Effizienzsteigerung zu erzielen. In diesem Sinne wurde auch der im Folgenden dargestellte Ansatz des Model-Driven Integration Engineering entwickelt.

### **2.3 Model-Driven Integration Engineering**

Die Anwendung des Paradigmas modellgetriebener Entwicklung im Anwendungsbereich des IE führt zur Disziplin des *Model-Driven Integration Engineering (MDIE)* [ThKü06]. Dabei werden modellgetriebene Ansätze zur Lösung von IE-Problemen ausgewählt und angepasst. Konkreter formuliert liegt der Fokus des MDIE in

- der Auswahl, Anpassung und ggf. Neuentwicklung
- von Prinzipien, Modellen, Methoden, Werkzeugen und Vorgehensweisen modellgetriebener Ansätze
- zur formalen domänenspezifischen Modellierung und Anwendung von Modelloperationen (wie Modelltransformationen oder Modellvalidierungen)



- für die IE-Aufgabenbereiche Beschreibung der Integrationsform als Ausgangsbasis und Ziel einer Integrierung sowie Überführung von Integrationsformen.

Eine Zielsetzung des MDIE ist die kompakte, problemangepasste und intuitive Modellierung als Basis für ein besseres Verständnis sowie leichtere Handhabbarkeit im Vergleich zum zugrunde liegenden System. Modellierungssprachen mit weit gefasstem Anwendungsbereich (Unified Languages) unterliegen der Problematik, dass die fokussierten Aspekte des Systems nur mit generischen Sprachkonstrukten repräsentiert werden können. Dies führt tendenziell zu feingranularen Beschreibungen. Problemangepasste Modellierungssprachen (Specific Languages) adressieren dagegen einen meist fachlich beschränkten Anwendungsbereich (Domäne). Die spezifischen Gegebenheiten und Charakteristika der Domänen werden berücksichtigt, indem für die Konzepte der Domäne spezifische Sprachkonstrukte zur Verfügung gestellt werden. Dieses Vorgehen ermöglicht eine direkte Repräsentation der Sachverhalte und damit kompakte Modellierung, was zu reduziertem Aufwand bei der Erstellung von Modellen und zu einer verbesserten Kommunikation zwischen den beteiligten Personengruppen führt.

Ein weiteres Ziel des MDIE ist die Definition von Modelloperationen auf Basis formaler domänenspezifischer MDIE-Modellierungen. Entsprechende Transformationen ermöglichen bspw. die Anreicherung von Modellen mit technischen Informationen oder die Extraktion bestimmter Modellaspekte beispielsweise zur Bewertung der Integrationsform. Mithilfe von Validierungen können Modelle bspw. hinsichtlich Konsistenz, Vollständigkeit oder Anforderungskonformität überprüft werden. Die im Rahmen modellgetriebener Ansätze definierten Modelloperationen führen zur Automatisierung von manuellen Arbeitsschritten.

## **2.4 Anwendung des MDIE im E-Government**

Die Potenziale modellgetriebener Entwicklungsansätze übertragen sich auf das MDIE. Insbesondere verspricht dessen Anwendung Verbesserungen hinsichtlich Qualität, Portabilität, Flexibilität und Transparenz der Integrationslösung. Dem gegenüber stehen zusätzliche Aufwände, die sich aus Erstellung und Pflege zusätzlicher MDIE-Artefakte wie domänenspezifische Sprachen, Transformationen und Validierungen ergeben. Inwiefern sich bezüglich des Entwicklungsprozesses langfristige Kostensenkungen und Steigerungen der Entwicklungsgeschwindigkeit ergeben, hängt demnach von den Gegebenheiten des Einsatzgebietes (der Domäne) ab. Hierbei spielen Faktoren wie die Stabilität von Konzepten oder die Anzahl und Umfang der Projekte eine wesentliche Rolle.

Wie in Abschnitt 1 geschildert, stellt die Umsetzung behördenübergreifender E-Government-Prozesse auf Basis existierender Fachverfahren eine aktuelle Herausforderung für IT-Dienstleister der öffentlichen Verwaltung dar. Die effiziente Anwendbarkeit des MDIE-Ansatzes in der Domäne E-Government wird durch folgende Charakteristika begünstigt:

- Der Domäne liegt eine gewachsene und gefestigte Terminologie zugrunde.
- Durch Vorgaben des Gesetzgebers sowie einer Reihe von Standards und Richtlinien von E-Government-Initiativen und Arbeitsgruppen bestehen stabile Konzepte, hinsichtlich des Gegenstandsbereichs der Integrierung und der Integrationsmittel.
- Anzahl und Umfang potenzieller Integrationsprojekte sind beträchtlich. Die einzelnen Integrationsprojekte stehen in einem zeitlichen und logischen Zusammenhang. Demzufolge bestehen Bedarfe hinsichtlich Wiederverwendung von Entwicklungsartefakten, Erfahrungen, usw.

Im Folgenden soll der MDIE-Ansatz anhand der E-Government-Domäne Meldewesen demonstriert werden. Zunächst wird in Abschnitt 3 die Domäne eingegrenzt, die am Entwicklungsprozess beteiligten Personengruppen identifiziert, deren spezifischen Informationsbedarfe in eine Modellierungsarchitektur eingeordnet sowie der für den MDIE-Ansatz relevante Bereich abgegrenzt. In Abschnitt 4 werden die für die ausgewählte Modellierungsebene relevanten Konzepte identifiziert, analysiert und anschließend in eine domänenspezifische Modellierungssprache überführt. Abschnitt 5 zeigt, wie Modelle der entwickelten Sprache auf eine Ausführungsumgebung abgebildet werden können.

### **3 Die E-Government-Domäne Meldewesen**

#### **3.1 Der Nachrichtenstandard OSCI-XMeld**

Das Online Services Computer Interface (OSCI) ist ein zweischichtiger Protokollstandard zum sicheren Austausch von Nachrichten über das Internet mit besonderer Eignung für das E-Government [Bund06]. Die sichere und vertrauliche Übertragung digital signierter Dokumente ist in der *Transportschicht* (OSCI-Transport) beschrieben. Hier wird beispielsweise die OSCI-Nachrichtenstruktur definiert, welche sich in die drei Sicherheitsebenen Administrationsebene, Auftragsebene und Inhaltsdaten untergliedert [Osci01]. Die Strukturierung und semantische

Standardisierung von Nachrichteninhalten erfolgt in OSCI in der *Anwendungsschicht*. Hierzu werden in verschiedenen Projekten, wie XMeld, XBau und XJustiz, entsprechende Standards definiert. Für den Bereich Meldewesen ist der Standard XMeld [Osci06] relevant.

Das Meldewesen versorgt eine Vielzahl staatlicher Stellen mit verwaltungsinternen Daten der Einwohner. Rechtliche Grundlage für eine Umsetzung im Sinne des E-Government ist das novellierte Melderechtsrahmengesetz (MRRG), dessen länderspezifische Umsetzung in Landesmeldegesetzen (LMG) und die erste Bundesmeldedatenübermittlungsverordnung (1. BMeld-DÜV). Im Standard XMeld werden Syntax und Semantik von Nachrichten definiert, welche zwischen Meldeämtern und Kommunikationspartnern, wie Bürger, gewerblicher Kunde oder auswärtiges Meldeamt unter bestimmten, festgelegten Umständen ausgetauscht werden. Für die Einordnung der Nachrichten in einen Prozesskontext werden verschiedene Szenarien wie *Anmeldung*, *Rückmeldung* oder *einfache Melderegisterauskunft* definiert.

### **3.2 Stakeholderanalyse für eine domänenspezifische Modellierung**

Für eine domänenspezifische Modellierung nach MDIE sind zunächst relevante Personengruppen und deren Informationsbedarfe zu identifizieren. Zur Umsetzung von E-Government-Diensten gehören folgende Gruppen:

*Auftraggeber (Land, Kommune, Meldebehörde):* Der Auftraggeber hat einen Informationsbedarf hinsichtlich der Umsetzung von gesetzlichen Grundlagen (Bundesgesetze, Landesgesetze und Richtlinien von Arbeitsgruppen), z. B. in welcher Form behördenübergreifende Prozesse ablaufen. Im Fall des Meldewesens, welches auf Landesebene umgesetzt wird, sind die fachlichen Anforderungen an Komponenten der Meldebehörden relevant.

*Entwickler und Systemintegrator:* Relevant sind hier funktionale und technische Aspekte (z. B. IT-Prozess, Prozessschnittstellen und fachliche Anforderungen an Komponenten), welche für die Entwicklung neuer bzw. die Integration vorhandener Komponenten erforderlich sind.

*Systembetreuer:* Der Systembetreuer verwaltet die Systeme im laufenden Betrieb. Er muss Fehler im Wirkbetrieb Prozessen und Komponenten zuordnen können. Der Informationsbedarf ist demnach ähnlich dem der Gruppe Entwickler und Systemintegrator, jedoch aus einer anderen Perspektive.

*Service-Manager:* Der Service-Manager steht zwischen den Gruppen Auftraggeber, Entwickler/Systemintegrator und Systembetreuer. Er ist für die fachgerechte Umsetzung von Diensten verantwortlich. Demzufolge sind organisatorische Aspekte wie Service-Level-Agreements,

Konfiguration/Change-Management, aber auch funktionale Aspekte wie Prozessablauf und Prozessschnittstellen relevant.

*Weitere Gruppen:* Weitere Gruppen sind u. a. Marketing, Datenschützer, User Help Desk, Medien, Bürger, Nutzer der Anwendung, Diensteanbieter und Zertifizierungslabor.

Die unterschiedlichen Zielstellungen dieser Personengruppen erfordern eine Modellierung auf verschiedenen Abstraktionsebenen (vgl. Abb. 1). Das Spektrum reicht dabei von fachlich-abstrakten Modellierungsebenen, welche für Auftraggeber und Service-Management relevant sind, bis zu technisch-konkreten Modellierungsebenen für die Gruppen Entwicklung und Systemintegration. Dabei ist die dynamische Prozesssicht, in der statische Sichten, wie Organisations-, Ressourcen- oder Datensicht, miteinander verknüpft sind, für alle beteiligte Personengruppen von hoher Priorität. Auf dieser Basis können bei der Entwicklung von E-Government-Diensten bspw. die Anforderungen an das Integrationssystem oder der systemübergreifende Entwurf spezifiziert werden. Auch im Betrieb ist die Prozesssicht relevant, z. B. bei der Zuordnung von Fehlern zu Systemkomponenten. Neben den gruppenbezogenen Informationsbedarfen ist die Prozesssicht ebenso für die gruppenübergreifende Abstimmung relevant.

In Abb. 1 ist eine mögliche Modellierungsarchitektur dargestellt. Diese setzt auf einer vorhandenen E-Government-Plattform, bestehend aus verschiedenen Infrastruktur- und Basiskomponenten, auf. Die technische Integration der Komponenten wird auf Integrationsebene beschrieben. Hier können z. B. auf Basis von Web-Service-Technologien die Komponenten systemübergreifend orchestriert werden. Die darüber liegenden Modellierungsebenen, wie die technische und fachliche Prozessmodellierungsebene, beschreiben Prozesse mit abnehmend technischem Detaillierungsgrad bzw. zunehmend fachlichem Abstraktionsgrad.

Die Modellierungsebene Technische Prozessmodellierung ist primär für die Personengruppe Systemintegration relevant und liegt daher im Fokus des MDIE-Ansatzes. Sie dient jedoch auch

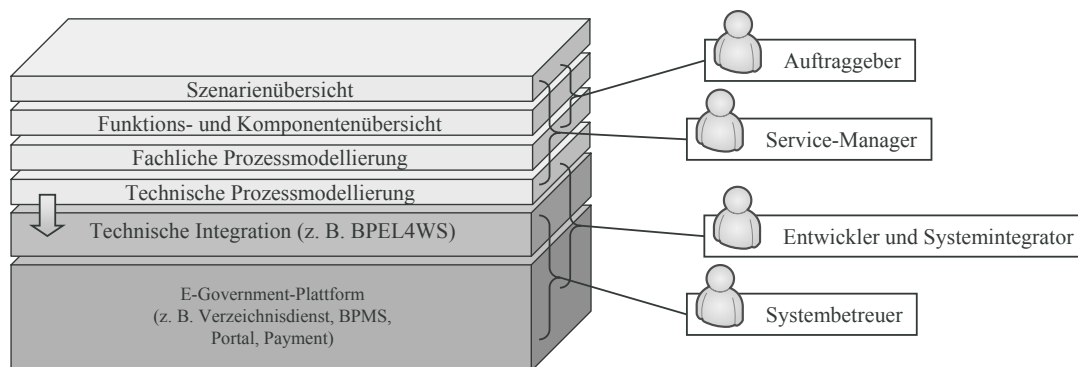


Abb. 1: Modellierungsebenen

zur Abstimmung mit den Gruppen Entwicklung und Service-Management und bildet die Schnittstelle zwischen fachlicher Modellierung und technischer Umsetzung. Sie abstrahiert von technischen Details zugrunde liegender Integrationsprachen und enthält Aspekte der fachlichen Domäne (E-Government, Meldewesen). Zielstellung des MDIE-Ansatzes ist die automatisierte Abbildung von Modellen der technischen Prozessmodellierungsebene auf die technische Integrationsebene (vgl. Pfeil in Abb. 1). Dies wird realisiert über Modelltransformationen, welche die fachlichen Modellierungskonstrukte mit den abstrahierten technischen Aspekten anreichern.

## **4 Entwicklung einer domänenspezifischen Sprache für die technische Prozessmodellierung im Bereich Meldewesen**

### **4.1 Identifizierung und Analyse relevanter Konzepte**

Nach Einschränkung der Domäne und Identifikation relevanter Personengruppen besteht der nächste Schritt in der Identifikation und Analyse relevanter Domänenkonzepte. Für den auf die technische Prozessmodellierungsebene eingeschränkten Bereich wurden hierfür Spezifikationsdokumente aus der Domäne E-Government bzw. der Subdomäne Meldewesen (z. B. SAGA-Architektur [Kbst05], XMeld-Spezifikation [Osci06]) sowie Implementierungsartefakte einer exemplarischen Umsetzung des Szenarios *einfache Melderegisterauskunft* (wie Orchestrierungen und Teilorchestrierungen von am Prozess beteiligten Komponenten auf Basis der Business Process Execution Language for Web Services (BPEL4WS), Schnittstellenbeschreibungen von Diensten auf Basis der Web Service Description Language (WSDL) und Nachrichtenformate auf Basis von XML-Schema-Beschreibungen) ausgewertet. Die Teilergebnisse der Konzeptanalyse wurden sodann in einem iterativen/inkrementellen Prozess mit Domänenexperten aus den Gruppen Systemintegrator, Entwickler und Service-Manager diskutiert und abgestimmt.

Als allgemeine Basiskonzepte für die technische Prozessmodellierung wurden für Prozessbeschreibungssprachen typische Konstrukte wie *Prozess, Aktivität, Nachricht, Attribut, Ereignis, Prozessstart, Prozessende, System* und *Systemschnittstelle* identifiziert. Zwischen diesen allgemeinen Konzepten bestehen vielfältige Beziehungen. So besteht ein Prozess z. B. aus Aktivitäten, eine Nachricht ist Input für eine Aktivität oder ein Prozess terminiert mit dem Prozessende. Diese Konzepte sind elementar und treten mehrfach in verschiedenen Ausprägungen auf.

Auf diesen Basiskonzepten bauen fachdomänenspezifische Konzepte auf, wie *XMeldNachricht*, *VerzeichnisdienstNachricht*, *XMeldAttribut*, *Fehlernachricht*, *Protokollierung*, *Fehlerbehandlung*, *Nachrichtenkonvertierung*, *Verzeichnisdienst*, *Intermediär*. Diese Konzepte haben noch stark technischen Charakter, erweitern die zugrunde liegenden Basiskonzepte jedoch mit domänenspezifischer Semantik. So ist beispielsweise das Konzept *XMeldNachricht* eine Einschränkung des Konzepts *Nachricht* auf die im XMeld-Standard definierten Nachrichtentypen (dargestellt als Vererbungsbeziehungen in Abb. 2).

Neben den Basiskonzepten und domänenspezifischen Konzepten gibt es weiterhin zusammengesetzte Konzepte, welche sich aus Komposition bestehender Konzepte zusammensetzen. Diese repräsentieren Muster, die in zugrunde liegenden Implementierungsartefakten gehäuft und in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten. Beispiele hierfür sind *Daten empfangen*, *Daten senden*, *E-Mail versenden*, *Kommunikation mit Verzeichnisdienst*, *Kommunikation mit Web Service* oder *XMeldNachricht bearbeiten*. Das Konzept *Kommunikation mit Verzeichnisdienst* bspw. ist abgeleitet vom Konzept *Aktivität*. Es umfasst neben dem Aufruf einer Verzeichnisdienstoperation durch Senden und Empfangen von Nachrichten an einen Verzeichnisdienst optional auch eine Fehlerbehandlung, in der die Operation nach vorgegebenen Zeitintervallen normal wiederholt wird. Anschließend kann eine Fehlerprotokollierung erfolgen.

In Abb. 3 sind zwei mögliche Ausprägungen des Konzepts *Kommunikation mit Verzeichnisdienst* (auf technischer Integrationsebene) dargestellt. Die Menge der möglichen Ausprägungen eines Konzepts wird durch dessen Variabilität bestimmt. Eine Analyse der Variabilitäten der Konzepte einer Domäne ist Grundlage für die spätere Entwicklung der domänenspezifischen Sprache, da durch sie die Beziehungen der Konzepte, z. B. bestimmte Wechselwirkungen, expliziert werden. Die Erfassung der Variabilitäten kann mithilfe der in [AnCz04] beschriebenen

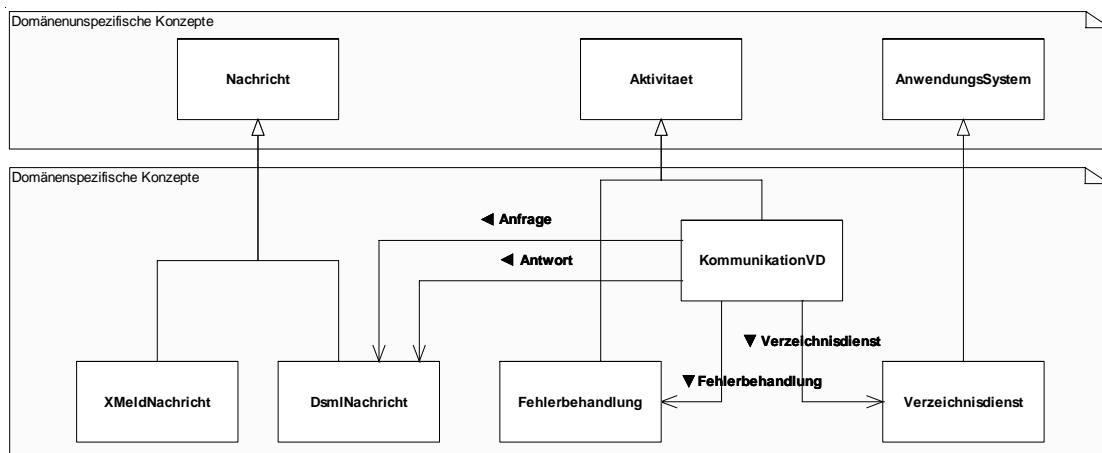


Abb. 2: Konzepte der E-Government-Domäne Meldewesen (Ausschnitt)

Merkmalanalyse durchgeführt werden. Hierfür wird für die Konzepte einer Domäne ein Merkmalmodell erstellt, welches für jedes Konzept ein Merkmaldiagramm enthält. In Abb. 3 (Mitte) ist das zugehörige Merkmaldiagramm für das Konzept *Kommunikation mit Verzeichnisdienst* angegeben. Es enthält das Merkmal Nachrichtenkommunikation, welche aus den Konzepten *Nachrichten senden* und *Nachrichten empfangen* besteht. Abhängig vom Prozesskontext wird dabei eine der aufgeführten Operationen ausgeführt. Ist die optionale Fehlerbehandlung in einer Konfiguration ausgeprägt, so sind hierfür die Anzahl der Anfrageversuche sowie die Wartezeit zwischen den Wiederholungen zu spezifizieren.

Die zusammengesetzten Konzepte sind speziell. Durch die Komposition entstehen Abhängigkeitsbeziehungen von Basiskonzepten, was zur Folge hat, dass zusammengesetzte Konzepte weniger stabil hinsichtlich Änderungen in der Domäne sind. Des Weiteren entsteht Redundanz im Konzeptraum, was zu verringerter Übersichtlichkeit führt. Dennoch wird im MDIE-Ansatz

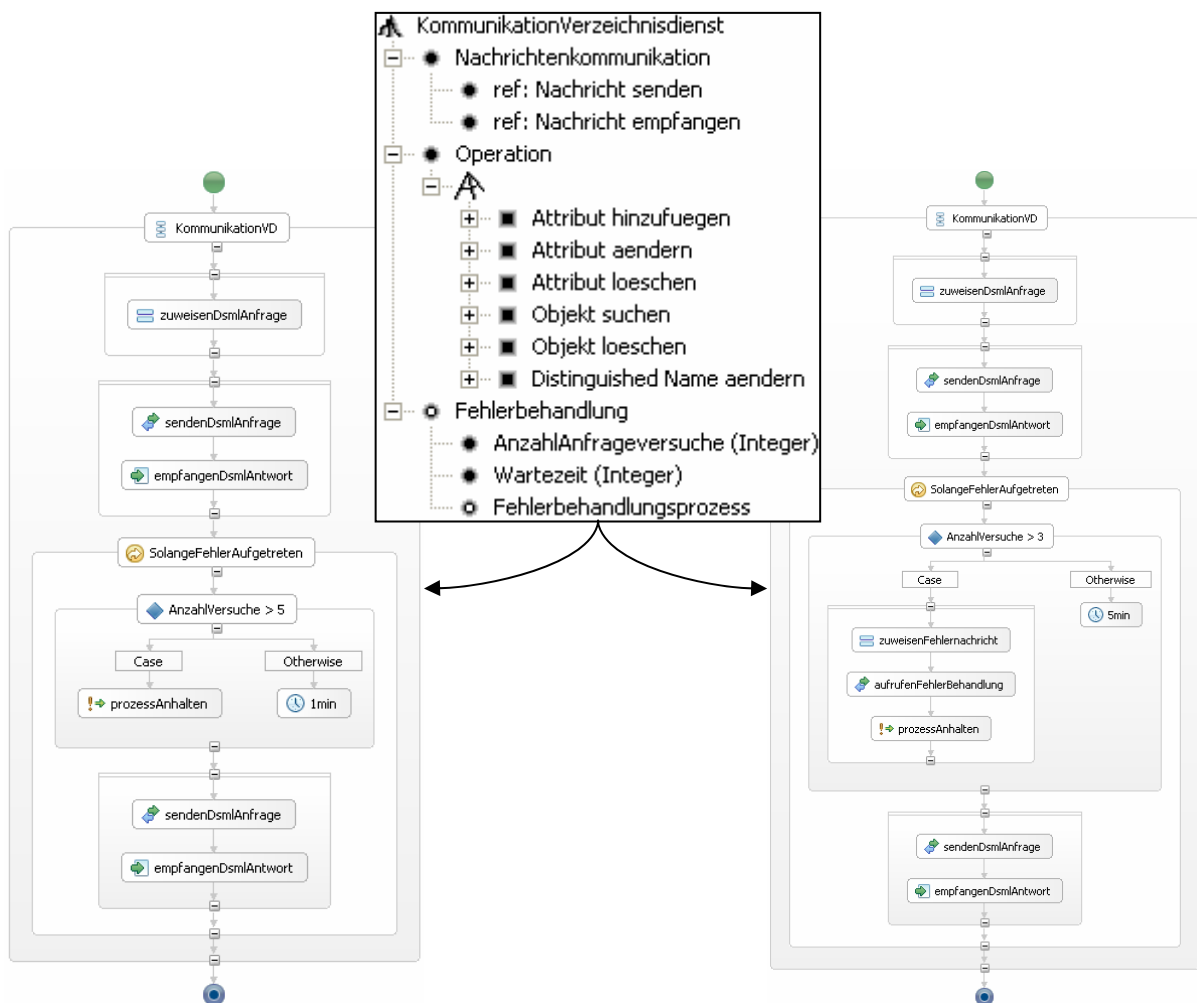


Abb. 3: Merkmaldiagramm des Konzepts *Kommunikation mit Verzeichnisdienst* (erstellt mit dem Eclipse-Plugin fmp [AnCz04]) und zwei verschiedene Ausprägungen (links und rechts)

die Einführung von zusammengesetzten Konzepten bei häufig auftretenden Kombinationen als sinnvoll erachtet. Sie sind die Grundlage für eine kompakte und damit übersichtliche bzw. für Fachexperten intuitive Modellierung.

## 4.2 Abbildung der Konzepte auf eine domänenspezifische Sprache

Nach der Exploration des Konzeptraums besteht der nächste Schritt in der Definition der domänenspezifische Sprache, welche im Folgenden als EGov<sub>TP</sub> bezeichnet wird, sowie deren Implementierung in Form eines Editors.

Domänenspezifische Sprachen können in unterschiedlicher Form abgebildet werden. Czarnecki klassifiziert bspw. die Ansätze hinsichtlich Flexibilität und unterscheidet zwischen dem Entscheidungsbaum-basierten Konfigurationsansatz, dem Merkmal-basierten Konfigurationsansatz und der Graph-basierten Modellierungssprache [Czar04].

Für die betrachtete Subdomäne technische Prozessmodellierung im Meldewesen ist die Flexibilität des letztgenannten Ansatzes erforderlich. Für die Definition einer graphischen domänenspezifischen Modellierungssprache existieren leicht- und schwergewichtige Ansätze. Die Grundlage in *leichtgewichtigen Ansätzen* bildet eine universelle Modellierungssprache, welche durch entsprechende Mechanismen erweitert bzw. eingeschränkt werden kann. Durch Vorgabe von Annotationsmöglichkeiten können domänenspezifischen Konzepten in die Sprache eingebracht werden. Ein Beispiel für dieses Vorgehen ist der UML-Profil-Mechanismus, welcher die Definition von Stereotypen und Constraints für Modellierungselemente erlaubt.

Bei *schwergewichtigen Ansätzen* werden grundlegend neue Modellierungssprachen mit Hilfe von Metasprachen definiert. Dieses Vorgehen ist aufwendiger, da hierbei Grundkonzepte nachmodelliert werden müssen, die beim leichtgewichtigen Ansatz bereits durch die Basissprache gegeben sind. Schwergewichtige Ansätze sind jedoch flexibler, da Modellierungselemente über Konstrukte der Metamodellierungssprache (z. B. Vererbungsbeziehungen, Aggregationsbeziehungen) präziser und vielschichtiger definiert werden können. Ein weiterer Vorteil schwergewichtiger Ansätze ist, dass bei der Definition der konkreten Syntax der Modellierungssprache größerer Freiraum besteht. So können beispielsweise für Fachexperten intuitive graphische Symbole definiert werden. Zu den schwergewichtigen Ansätzen gehören bspw. Meta Object Facility 2.0 (MOF 2.0) [Obj06], das Eclipse Modeling Framework (EMF) bzw. das darauf aufbauende Eclipse Graphical Modeling Framework (GMF), MetaGME [BGKS06], MetaEdit+ von MetaCase oder Microsoft DSL Tools. Alle Metamodellierungswerkzeuge ermöglichen in ähnlicher Weise das Editieren domänenspezifischen Sprachen, das Erzeugen zugehöriger do-



mänenspezifischer Modellierungswerkzeuge, sowie deren Anwendung bzw. Validierung [AtKü05].<sup>2</sup>

Im Fall der Sprache EGov<sub>TP</sub> fiel die Entscheidung auf den schwergewichtigen Ansatz, da er die direkte Abbildung der Domänenkonzepte sowie deren vielfältigen Beziehungen auf Sprachkonstrukte ermöglicht. Die Implementierung der EGov<sub>TP</sub> erfolgte auf Basis der Eclipse-Werkzeugplattform (insbes. Eclipse EMF und GMF). Die dem EMF-Framework zugrunde liegende Metasprache Ecore [BSME03] ermöglicht die direkte Repräsentation der identifizierten Domänenkonzepte (vgl. Abschnitt 4.1) in einem entsprechenden Metamodell, daher kann Abb. 2 als Ausschnitt aus dem Metamodell gesehen werden. Basierend auf dem Ecore-Metamodell können verschiedene graphische Editoren definiert werden. Hierzu wird für jedes Metamodellelement spezifiziert, in welcher (graphischen) Form entsprechende Instanzen darzustellen sind. Aus diesen Editor-Spezifikationen können mit GMF als Eclipse-Plugin lauffähige Editoren (vgl. Abb. 4) generiert werden. Das in Abb. 4 dargestellte Prozessdiagramm zeigt einen Ausschnitt aus der Beispielmmodellierung *einfache Melderegisterauskunft*. Das Konzept *Kommunikation mit Verzeichnisdienst* tritt dabei in den Instanzen *MeldebehoerdeAngeschlossen* und *HoleSchnittstellenInformationen* auf. Ein Vergleich der Instanzen mit Ausprägungen desselben Konzepts auf technischer Integrationsebene (vgl. Abb. 3) zeigt, dass sich auf technischer Prozessmodellierungsebene eine deutlich kompaktere und damit übersichtlichere Modellierung erreichen lässt.

### 4.3 Weiterverwendung von domänenspezifischen Modellen durch Modelltransformationen

Die technische Prozessmodellierung anhand der domänenspezifischen Sprache erlaubt eine kompakte und für Fachexperten verständliche Modellierung der umzusetzenden Integrationsprozesse. Prozessmodelle bilden anschließend die Grundlage für automatisierte Modelloperationen. Die grundlegendste Operation ist die Modelltransformation, da sie die Wiederverwendung der im Modell repräsentierten Informationen in anderen Kontexten ermöglicht. In [Viss01] werden Transformationen hinsichtlich des Abstraktionsgrad der Quell- und Zielsprache in vertikale und horizontale Transformationen untergliedert. Für den betrachteten Anwendungsfall ist die Abbildung der technischen Prozessmodellierung auf Sprachen der Integrationsebene (z. B. BPEL4WS, WSDL) relevant. Es handelt sich dabei um vertikale Modelltransformationen (Refinement) einer High-Level-Modellierungssprache auf Low-Level-Sprachen.

---

<sup>2</sup> Atkinson und Kühne verweisen auf prinzipielle Probleme, z. B. Inkompatibilitäten zwischen Modellen und veränderter domänenspezifischer Modellierungssprache. Dennoch ist dieser Ansatz derzeit stark verbreitet.

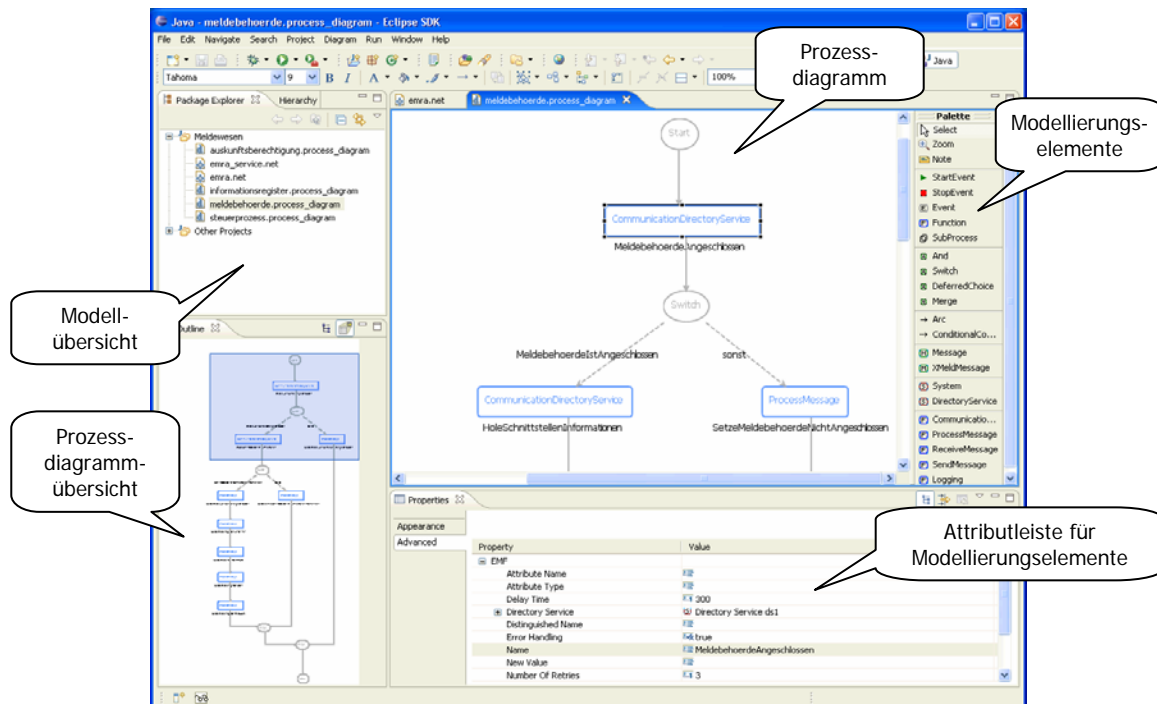


Abb. 4: Graphisches Modellierungswerkzeug für die technische Prozessmodellierungssprache EGov<sub>TP</sub>

Die Ergebnisse der Domänenanalyse sind die Grundlage für die Definition von Transformationsregeln, welche die Abbildungsvorschriften von EGov<sub>TP</sub>-Modellen auf Sprachen der Integrationsebene definieren. Im MDIE-Ansatz fließen die Konzepte der Domänenanalyse direkt in die domänenspezifische Modellierungssprache ein. Die Merkmaldiagramme explizieren die den Konzepten zugrunde liegenden Variabilitäten. Den Ausprägungen dieser Merkmaldiagramme (Konfigurationen) werden konkrete Ausprägungen wie in Abb. 3 zugeordnet (vgl. hierzu [CzAn05]). Die Beziehungen der technischen Prozessmodellierungen (z. B. Kontrollflusskanten) geben an, wie diese Konzeptausprägungen in den Sprachen der Integrationsebene zu verknüpfen sind. In [CzHe06, MeGo05] werden verfügbare Transformationstechniken und -werkzeuge für eine konkrete Umsetzung dieser Transformationsstrategie klassifiziert.

## 5 Zusammenfassung

In diesem Artikel wurde der MDIE-Ansatz vorgestellt, welcher eine Anwendung modellgetriebener Techniken auf den Anwendungsbereich des Integration Engineering darstellt. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Integration domänenspezifischer Konzepte in Prozessmodellierungssprachen zur Reduktion der Modellierungskomplexität. Die Anwendung des MDIE-

Ansatzes in der E-Government-Domäne Meldewesen zeigte exemplarisch, dass die angewendeten Abstraktionsmechanismen die Komplexität der zugrunde liegenden Integrations-sprachen reduzieren können. Es wurde eine Transformationsstrategie skizziert, welche die direkte Weiterverwendung repräsentierter Sachverhalte ermöglicht. Andere Modelltransformationen wie die Extraktion bestimmter Modellaspekte (Systeme, Schnittstellen, Nachrichtenformate) zur Analyse bzw. andere Modelloperationen wie Modellvalidierung oder Modelldifferenzen sind gleichfalls denkbar.

Für eine umfassende Bewertung des MDIE-Ansatzes sind jedoch weiterführende Arbeiten erforderlich. So sind für quantitative Kosten-/Nutzenbewertungen empirische Studien durchzuführen. Des Weiteren sind Vorgehensaspekte der MDIE-Artefakte, z. B. der Weiterentwicklung domänenspezifischer Sprachen im betrachteten Bereich sowie der Abstimmung zwischen verschiedenen domänenspezifischen Sprachen (DSL-Management) zu bestimmen.

## Literaturverzeichnis

- [AnCz04] Antkiewicz, M.; Czarnecki, K.: FeaturePlugin: Feature Modeling Plug-In for Eclipse. In: OOPSLA'04 Eclipse Technology eXchange (ETX) Workshop, <http://www.swen.uwaterloo.ca/~kczarnec/etx04.pdf>, 2004.
- [AtKü05] Atkinson, C.; Kühne, T.: Concepts for Comparing Modeling Tool Architectures. In: ACM/IEEE 8th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, MoDELS / UML 2005, <http://www.mm.informatik.tu-darmstadt.de/staff/kuehne/publications/papers/concepts.pdf>, 2005.
- [Bézi05] Bézivin, J.: On the Unification Power of Models. In: Software and System Modeling (SoSym) 4 (2005) 2, S. 171–188.
- [BGKS06] Balasubramanian, K.; Gokhale, A.; Karsai, G.; Sztipanovits, J.; Neema, S.: Developing Applications Using Model-Driven Design Environments. In: IEEE Computer, Februar 2006, 2006, S. 33–40.
- [Birk05] Birker, K.: Das neue Lexikon der BWL. Cornelsen, 2005.

- [BSME03] Budinsky, F.; Steinberg, D.; Merks, E.; Ellersick, R.; Grose, T. J.: eclipse Modeling Framework. Addison-Wesley (the eclipse series), 2003.
- [Bund06] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Projektgruppe EGovernment (Hrsg.): Das E-Government-Glossar: Pragmatische Definitionen, Begriffserläuterungen und Abkürzungsverzeichnis. [http://www.bsi.de/fachthem/egov/download/6\\_EGloss.pdf](http://www.bsi.de/fachthem/egov/download/6_EGloss.pdf), 2006-01.04, Abruf am 2006-11-15.
- [CzAn05] Czarnecki, K.; Antkiewicz, M.: Mapping Features to Models: A Template Approach Based on Superimposed Variants. In: Generative Programming and Component Engineering (GPCE 2005), 2005, S. 422–437.
- [Czar04] Czarnecki, K.: Overview of Generative Software Development. In: Banâtre, J.-P.: Unconventional Programming Paradigms (UPP) 2004. Springer, LNCS 3566, 2004, S. 313–328.
- [CzEi00] Czarnecki, K.; Eisenecker, U. W.: Generative Programming: Methods, Tools, and Applications. Addison-Wesley, 2000.
- [CzHe06] Czarnecki, K.; Helsen, S.: Feature-based survey of model transformation approaches. In: IBM Systems Journal 45 (2006) 3, S. 621–645.
- [FaNg05] Favre, J.-M.; NGuyen, T.: Towards a Megamodel to Model Software Evolution Through Transformations. In: Electronic Notes in Theoretical Computer Science 127 (2005) 3, S. 59–74.
- [FäTW05] Fähnrich, K.-P.; Thränert, M.; Wetzel, P. (Hrsg.): Umsetzung von kooperativen Geschäftsprozessen auf eine internetbasierte IT-Struktur: Arbeiten aus dem Forschungsvorhaben Integration Engineering. Leipziger Beiträge zur Informatik. Band III, Eigenverlag Leipziger Informatik-Verbund (LIV), 2005.
- [FFSD06] Fötsch, D.; Feja, S.; Sauer, S.; David, A.: Problemstellungen agiler Schnittstellen am Beispiel des Commerce Management Systems von Truition/AGETO. In: [FKSW06], S. 49–56.

- [FKSW06] Fähnrich, K.-P.; Kühne, S.; Speck, A.; Wagner, J.: Integration betrieblicher Informationssysteme, Problemanalysen und Lösungsansätze des Model-Driven Integration Engineering. Eigenverlag Leipziger Informatik-Verbund (LIV), Leipzig, 2006.
- [GrSh04] Greenfield, J.; Short, K.: Software Factories: Assembling Applications with Patterns, Models, Frameworks, and Tools. Wiley Publishing, 2004.
- [HäKü06] Hänsgen, P.; Kühne, S.: Modellgetriebene Softwareentwicklung zur Lösung von Integrations- und Migrationsproblemen am Beispiel des E-Commerce-Systems Intershop Enfinity. In: [FKSW06], S. 31–41.
- [Kbst05] KBSt: SAGA Version 2.1: Standards und Architekturen für E-Government-Anwendungen Koordinierungs- und Beratungsstelle der Bundesregierung für Informationstechnik in der Bundesverwaltung (KBSt), <http://www.kbst.bund.de>, 2005, Abruf am 2006-11-15.
- [KSLB03] Karsai, G.; Sztipanovits, J.; Ledeczi, A.; Bapty, T.: Model-integrated development of embedded software. In: Proceedings of the IEEE. 91 (2003) 1, S. 145–164.
- [KuRa96] Kurbel, K.; Rautenstrauch, C.: Integration Engineering: Konkurrenz oder Komplement zum Information Engineering? – Methodische Ansätze zur Integration von Informationssystemen. In: Heilmann, H. (Hrsg.): Information Engineering: Wirtschaftsinformatik im Schnittpunkt von Wirtschafts-, Sozial- und Ingenieurwissenschaften. Oldenbourg, 1996, S. 167–191.
- [LeRK06] Lehmann, J.; Rotzoll, W.; Kühne, S.: Analyse der E-Government-Domäne Meldewesen am Beispiel des Dienstes „einfache Melderegisterauskunft“. In: [FKSW06], S. 20–30.
- [LeRo06] Lehmann, J.; Rotzoll, W.: E-Government-Dienste im Meldewesen Mecklenburg-Vorpommern. Interne Entwicklerdokumentationen, 2006.
- [MeGo05] Mens, T.; Gorp, P. v.: A Taxonomy of Model Transformation. In: International Workshop on Graph and Model Transformation (GraMoT) 2005. 2005, S. 7–23.

- [Obj06] Object Management Group: Meta Object Facility (MOF) Core Specification: Version 2.0, Object Management Group, <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/2006-01-01>, 2006-01-01, Abruf am 2006-11-15.
- [Obj0J] Object Management Group: OMG Model Driven Architecture. <http://www.omg.org/mda>, Abruf am 2006-11-15.
- [Osci01] OSCI Leitstelle (Hrsg.): OSCI: Die informelle Beschreibung – Eine Ergänzung zur OSCI Spezifikation. Technischer Bericht, <http://www.osci.de/materialien/summary.pdf>, 2001, Abruf am 2006-11-15.
- [Osci06] Projektgruppe OSCI-XMeld (Hrsg.): OSCI-XMeld 1.3.0. Spezifikation. <http://www.osci.de/xmeld130/xmeld-130.zip>, 2006, Abruf am 2006-11-15.
- [Raut93] Rautenstrauch, C.: Integration Engineering: Konzeption, Entwicklung und Einsatz integrierter Softwaresysteme. Addison-Wesley, 1993.
- [Schm06] Schmidt, D. C.: Model-Driven Engineering. In: IEEE Computer 39 (2006) 2, S. 25–31.
- [SDTK05] Specht, T.; Drawehn, J.; Thränert, M.; Kühne, S.: Modeling Cooperative Business Processes and Transformation to a Service Oriented Architecture. In: 7th International IEEE Conference on E-Commerce Technology, 2005, S. 249–256.
- [StVö06] Stahl, T.; Völter, M.: Model-Driven Software Development: Technology, Engineering, Management. Wiley Publishing, 2006.
- [ThKü06] Thränert, M.; Kühne, S.: Model-Driven Integration Engineering und seine Anwendung im Projekt OrViA. In: [FKSW06], S. 13–19.
- [Thrä05] Thränert, M.: Integration – Eine Begriffsbestimmung. In: [FäTW05], S. 11–22.
- [Viss01] Visser, E.: A Survey of Rewriting Strategies in Program Transformation Systems. In: Electronic Notes in Theoretical Computer Science 57 (2001) 2.
- [WeSo05] Wetzel, P.; Soutchilin, A.: Integration Engineering im Maschinen- und Anlagenbau. In: [FäTW05], S. 23–33.

# Support of Harmonisation of Public Processes

## Through Modelling of Legal Constraints

Sebastian Olbrich

Institut für Wirtschaftsinformatik  
Philipps-Universität Marburg,  
35037 Marburg  
sebastian.olbrich@zeon.de

Paul Alpar

Institut für Wirtschaftsinformatik  
Philipps-Universität Marburg,  
35037 Marburg  
alpar@staff.uni-marburg.de

### Abstract

E-Government can transform and improve the entire scope of administrative actions and political processes. Hence, E-Government is both, vision of a future government and the reality we can experience today. E-government is not an objective per se; it has to be seen more as means in organising public governance for better serving citizens and enterprises. The terms on how citizens and enterprises are served is articulated in the public law. Thus, when analysing public processes, the legal framework must be part of the consideration. We use a semi-formal business process modelling methodology to highlight the legal framework that governs different implementations of an E-Government process and use these models as a basis to create a mathematical model. Such models can be used for simulations, to merge processes or as direct input for a workflow management system. We use the formal models to suggest a harmonised process of car registration in the European Union.

## 1 Introduction

The fast development of ICT and the benefits realised in the private sector from its use put pressure on the public authorities. E-Government seems to be the perfect answer to the demand for better and more efficient services in times of short public budgets. But the ongoing debates in research and in public show that introducing E-Government systems is not that easy. Many of the technologies and techniques that are successfully used in the private sector cannot be transferred one-to-one to the public institutions [WoKr05]. According to a recent survey of top executives in German public institutions the major barriers are the lack of internal know-how, legal restrictions and the missing documentation of public processes [SKH03]. To show the impact of legal constraints, this paper focuses on an area where E-Government is closest to E-Commerce, the service provision.

Online service provision means that external service structures are adequately mapped to the internal process structures of public authorities [BAD03]. Therefore, the addressee's perspectives have to be complemented by a restructuring of the business processes. Process design has to break new ground by taking into account several aspects such as different locations of service production and delivery, organisational front office / back office connection, combining processes according to life situations or including distinct processes from strict workflows to collaborative decision-making. However, we can observe a trade-off in the ongoing process re-design: on the one hand the local structures need to be strengthened in order to efficiently respond to the individual addressee's needs; on the other hand there is a strong effort to harmonise the processes and centralise the data storage – especially if supra-national players such as the European Union come in play.

Moving ahead implies having an integrated view, clear strategies and concepts that are both innovative and feasible. Often, that strategy seems to be missing. In order to articulate new strategies, the concept of Business Process Modelling (BPM) has been widely accepted - in research and in practice. However, there has been little discussion about the organisational consequences of applying this approach.



Process reorganisation in the public sector may often have to stop short of established structures; but finally they will lead to rethinking the institutional structures of Government [SnZu97]. In many respects the legal framework where the public processes and the institutions itself are defined does not fit the current needs anymore. While at a first look this seems to be a problem of public institutions only, we can observe a comparable trend in the private sector, too [KBK06]. Moreover a design has to consider the very different ways of administrative processes. For each of them, IT support will rather be different. Recurrent and well-structured processes are however the base of such an effort [WiTr03].

As an example, we begin our paper with a description of the registration procedure of motor vehicles in Germany and emphasise the process related regulations formulated in the official registration documents. Afterwards, we translate the regulation document step-by-step into a process notation which allows synthesising the entire reference process model from these fragments. We demonstrate how to implement a concrete workflow on the basis of this framework and make it comparable to different implementations of the same task in some of the other EU countries. We close our paper with an outlook on further applications of the presented approach.

## **2 Regulations of the registration of motor vehicles**

### **2.1 Process description**

More than five million cars are registered in Germany every year, which makes the registration process one of the most executed public processes in the German administration. The legal framework for vehicles traffic in Germany is set in federal law code, the so called *Straßenverkehrsgesetz* (StVG) [StVG03]. Additional regulations on the registration of motor vehicles are specified in the *Fahrzeugregisterverordnung* (FRV) [FRV87]. The information collected here is also the base for the taxation of vehicles in the corresponding tax law (*Kraftfahrzeugsteuergesetz*, KrafStG [KraftStG02]). Although specified in federal law, the registration process is executed on the local level (this can be observed on the German licence plates which carry a local identifier). The following description of the registration process also discusses the ongoing debate about a possible reengineering of the process.

In order to register a car in Germany, the car holder must be a German citizen or resident. Consequently, a validation by the authorities in compliance with §33 II StVG and §1 FRV is an important activity within the registration process. According to §33 I StVG and §2 FRV, the vehicle to be registered must be approved by the technical surveillance service (*Technischer Überwachungsverein*, TÜV). Finally, it is obligatory that every motor vehicle must be insured (§34 I and II StVG). Hence, the cover by an insurance company must be presented.

In some cases, the officials may also ask for a proof of financial means from an applicant in order to guarantee that the car tax will be paid. This can be proven by a bank statement. The tax amount is determined by the technical configuration of a motor vehicle (engine, type of fuel, amount of pollutant production, etc.) in accordance with the motor vehicle tax law (KraftStG). Since the tax is reduced for handicapped people (§3 a KraftStG) or farmers (§3 Nr. 7 KraftStG), the belonging to one of this groups must also be documented.

To sum up: in order to register a motor vehicle in Germany one should present his or her personal ID, the approval by the technical surveillance for re-registration or the papers of the vehicle (European Union Licensing Part II) for a new/first registration, the cover of the insurance and – if needed – the proofs of liquidity and any special circumstances.

## **2.2 Using BPM methods for modelling of the process**

The activities of a business process are modelled in extended Event-driven Process Chains (eEPC) as functions (depicted as rectangles with rounded corners). They are triggered by events (depicted as diamonds) and produce events which indicate that the execution of a function is finished. Beginning with a start event, functions and events are mutually connected by control flow arcs. Additional connectors split and join alternatives and concurrency (using the connector types AND, OR, XOR). Moreover, organisational units and information objects are represented by additional symbols. They are connected with function symbols describing the use of these resources when the corresponding function is executed. Figure 1 illustrates the process described above in an eEPC model [Sche94]. Due to their implementation in the SAP R/3 Analyser and the ARIS Toolset, eEPC diagrams are widely spread – especially in Germany. Hence, the method of eEPC is also predominant in (German) E-Government programs

[VBPO05]. Consequently, we start with an eEPC model that later becomes an input for a more formal model.

Paragraphs and legal regulations are the information objects which control the execution of workflows of public authorities. Alpar and Olbrich, therefore, propose the use of the information object metaphor to represent these legal constructs in models of public processes as depicted in the left graph of figure 1 [AlOl05]. Thus, not only the workflow itself is visualised, but also the influence of legal constraints on the workflow. The other way round, laws and legal regulations can be seen as specifications for the workflow as they represent the processes' constraints. Within Figure 1, optional regulations (checking the liquidity and tax reduction) are highlighted with the aid of notes.

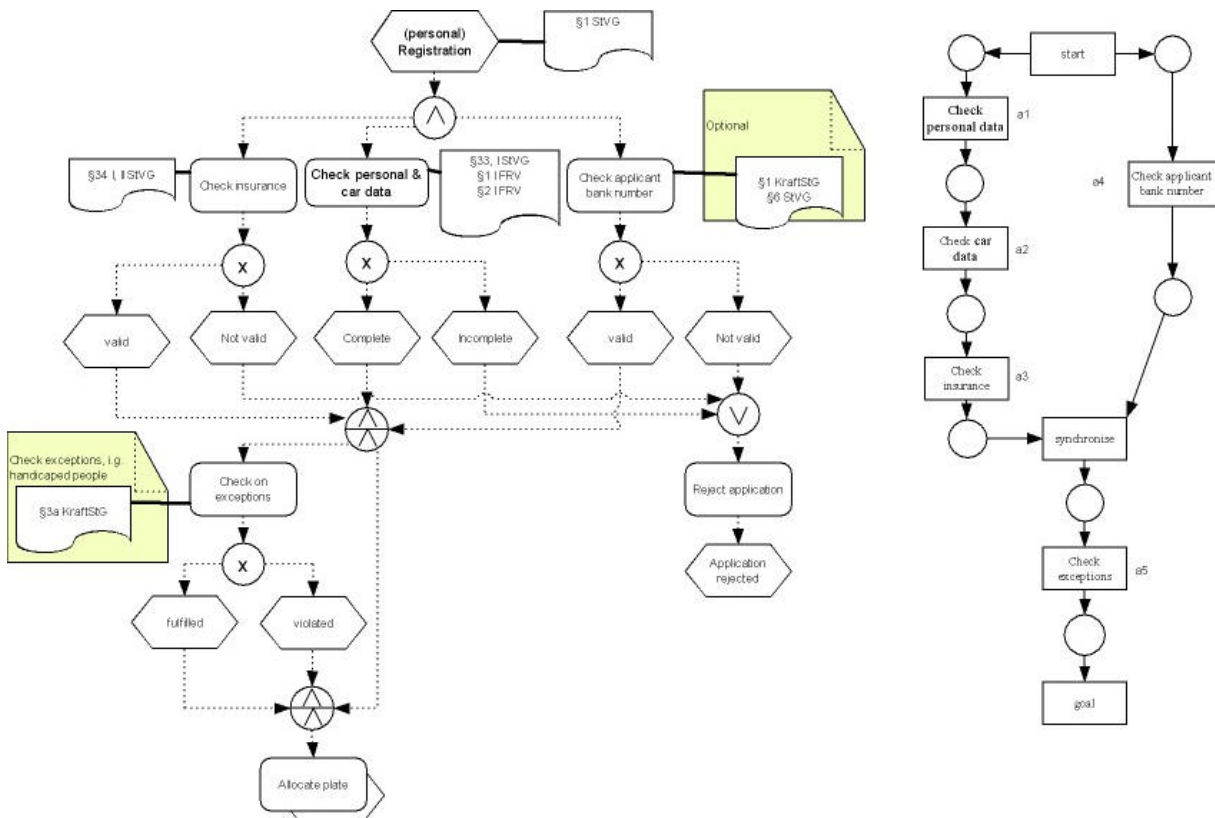


Figure 1: Registration of a motor vehicle according to the current German law

The eEPC model (see Figure 1 – left graph) gives an overview of the application process. Such semi-formal process documentations are increasingly important within the E-Government programs (see *BundOnline 2005* [BuOn05], *E-Government in Österreich* [eÖst03], etc.) because without process documentation there is little chance to successfully introduce E-

Government concepts [SKH03]. Although such semi-formal notations are sufficient for human beings to get an overall comprehension of regulations, they are not, nor were they intended to be, a formal specification against which an actual workflow implementation can be verified. A formal, verifiable model which could be used as a specification of a workflow management system, however, would be a qualitatively higher representation of the process. Moreover, formal methods are prerequisites for analysing processes against specifications and for examining their efficiency [Voss05]. Such a representation is necessary in order to precisely determine the influence of legal constraints. Hence, we take the workflow model of Figure 1 as input and translate it into a formal process specification using the Semantic Process Language [Simo05]. The result is depicted on the right model of figure 1.

The Semantic Process Language is an approach for process specification applied to business process modelling based on Petri nets. The meaning of the formulas of this language, called modules, is defined with the aid of *Module nets* – a kind of Petri nets closely related to relaxed sound *Workflow nets* [Aals98] and which are widely known in business process modelling [Dehn03]. *Module nets* are Petri nets with explicit *start* and *goal* transitions (where the preset of *start* and the postset of *goal* are empty). A *process* of a Module net is defined as a firing sequence reproducing the empty initial marking where *start* and *goal* occur exactly once (at the beginning and the end of the process, respectively). The transitions firing in-between are interpreted by actions and their sequence of occurrence indicates the process. This specific definition of processes allows conclusions about non-trivial properties of a Module net from the net's structure without calculating the full state space. The Module net representation on the right side of figure 1 is based on the following module of the Semantic Process Language (we began with the visualisation because it can be understood more intuitively):

$$M1 := [[a1 < a2 < a3] \wedge a4] < a5$$

The symbol “<” indicates a sequence of (sub-) processes, “^” indicates that processes occur independently.

### 2.3 Supporting the process under the current legislation

As we said in the beginning of this chapter, the registration of motor vehicles is one of the most executed public processes in Germany. Thus, we can identify a lot of variety in the implementations and a large number of similar process sets; e.g. the cancellation of a

registration of a vehicle, renewal of a registration, temporary registration, registration for transport of goods, and about 40 more. In order to demonstrate the influence of legal constraints and describe the challenges of harmonisation, we focus on the common registration of a car by a private citizen since this is the most common process [ScPe03]. Therefore, all figures in this paper will only describe this single process.

However, the registration process occurs that often because a decree to the StVG dictates that licence plates in Germany are bound to the region the private citizen lives in. Consequently, if a private citizen moves within Germany, she or he must change the licence plate of his/her vehicle, too. Since it was suggested abandoning this decree in June 2006, there is a strong political debate going on about the replacement of the local vehicle plates by individualised plates. Even though this is the most evident way to reduce the number of process occurrences, it does not simplify or change the process itself. The model would consequently represent the same organisational workflow. It is therefore, out of the scope of this paper.

Taking a closer look at figure 1, there is more than one way to reengineer the registration process towards E-Government. Starting with the application itself, some local authorities offer a web form to fill in the personal and vehicle data before actually going to the administration. The quite complex form is verified and the tax calculation can be conducted in advance. Although an applicant still has to appear at the respective office to personally hand over all needed files, the overall process time is reduced. The most obvious goal of E-Government would now be to work on a completely electronic process in order to make the personal appearance obsolete.

Currently, the restrictions on posting documents electronically or on sending the licence plates by post prevent a completely online execution. Yet, by giving someone power of attorney (§167 of German civil law, BGB) the personal appearance can also be taken over by a third party. It is a very common practise that for example car traders or intermediate brokers offer to the actual applicant for a certain fee. Hence, the graphs (we continue with eEPCs and Module Nets) in figure 2 are representing the process with this option.

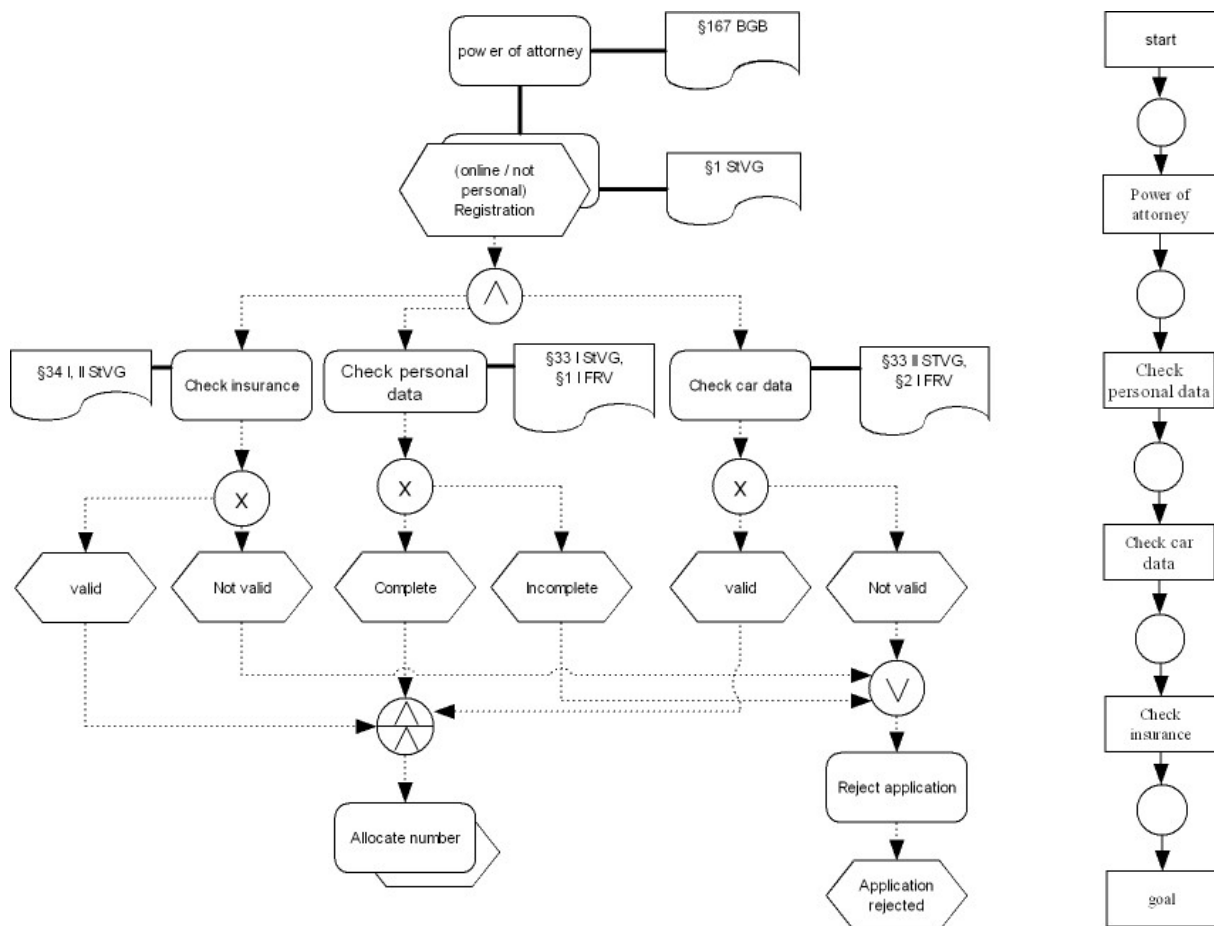


Figure2: Modified process in compliance with the current German law

In order to harmonise and simplify the process in compliance with the current legislation, all the optional process steps that refer to special circumstances or local variety (special permissions for farmers, checking of foreign cars, etc.) are not represented anymore. Since the information on a tax reduction is actually not bound to the vehicle but based on the individual's tax liability (KraftStG is a tax law), the collection of that information should not be part of the core registration process. Thus, the eEPC of figure 2 knows no check on the exceptions anymore. To offer a common process to the citizens (e.g. in the portal of a metropolitan area or a federal state) there must be an agreement, whether the liquidity (bank statement, etc.) of an applicant needs to be checked or not. Since the current law knows no regulation on that point, the checking is purely optional and therefore ignored in the process depicted in figure 2. Even though figure 2 still represents a legal exceptional process, it is very common process. We will, therefore, use it as (equivalent to figure 1) input for joining different process sets.

## 2.4 Alternative process sets from European Union countries

When we talk about alternative process sets in the context of E-Government, we basically talk about changing the legal framework in which the processes are defined. Once one reaches that point of a discussion, an even more drastic change to the process can be considered – up to a harmonisation of vehicle registration in the European Union. A recent survey of the University of Potsdam, which analysed the registration procedure of motor vehicles in all European Union member states, came to the result that most of the member states (except France and Germany) already changed the procedure of motor vehicle registration in order to achieve E-Government and more efficient processing [ScPe02].

Within all the changed procedures and changes in the legislation the study found one comparable trend within all the recent efforts: while the storage of the data was centralised (imposing strict conditions), the actual process of registering and distributing licence plates was outsourced by the public administration to private actors. The only option to apply at the authorities directly is mostly via the internet. In Sweden and the Netherlands, for example, these private actors are limited to car traders and insurance companies. Hence, the process could be reduced by one more step: the checking on the state of the car, or the insurance cover respectively. Not even the usual online registration/authentication procedure is needed, since a user can be identified via its contract/insurance number.

In the Netherlands, the process is completely regulated by the centre for vehicle technology and information (Rijksdienst voor Wegverkeer, RDW). The RDW ([www.rdw.nl](http://www.rdw.nl)) is – since 1996 - an autonomous institution within the Dutch government which is responsible for all issues relating to the regulation of the traffic in the Netherlands. Their tasks include the surveillance of the motor vehicles (technical and registration issues) and the drivers (driver's licenses, etc.). Hence, the complete data set needed for a vehicle registration (i.e. insurance, personal data and technical surveillance data) is held on the RDWs' servers. If now a car is registered in one of the registration offices (Post office or car dealer), one has to access the RDWs' online service. Figure 3 illustrates this procedure.

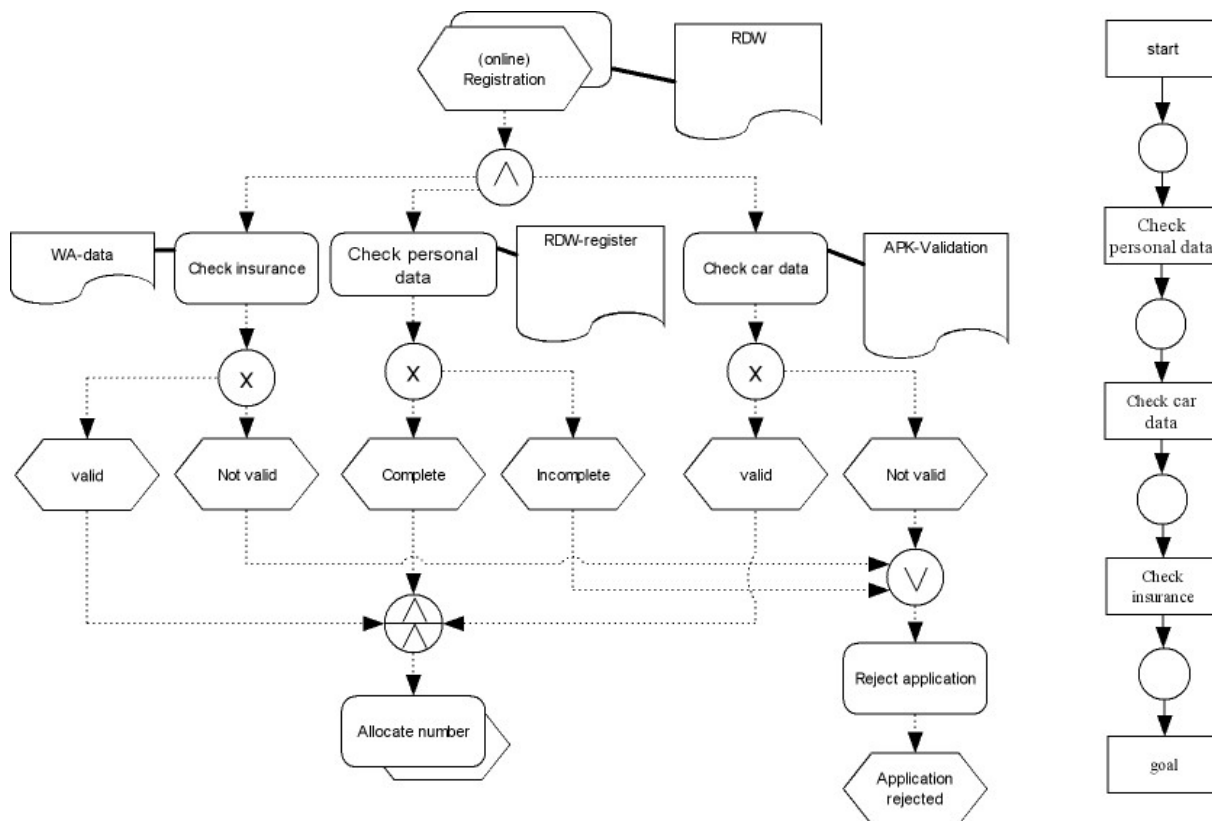


Figure 3: Dutch process of vehicle registration via the RDW

Of course, everything depends on the correctness of the central data on the RDWs' servers. Consequently, one is able to hand in new data (insurance = WA, technical data = APK) during the registration process. During the process, the personal data is cross checked with the data in the registration office.

Although the Dutch procedure is considered quite innovative, and indeed reduces the overall process time (compared to the German procedure), two shortcomings can be identified: first, the RDW holds redundant data which have to be updated frequently - e.g. if a technical surveillance deadline is reached. Second, the holding of too many personal data results in concerns about private data protection. On top of that, from a BPM point of view, one could ask why RDW is executing the registration task if private actors come into play; could those private actors not access the data directly?

In order to reform the Austrian motor vehicle registration process in late 1999 neither a new institution that holds the complete set of data was founded nor was any other organisational change made within the governmental organisation. The only legal change made was to



outsource the registration process to private actors. Unlike in the Netherlands, there were no specific actors picked, but several conditions on who and how to execute the registration task were created (*Zulassungsstellenverordnung – ZustV* [Zust98]). As demonstrated in figure 4, any private actor who fulfils the requirements of the *ZustV* can technically register cars in Austria.



Figure4: Motor vehicle registration process in Austria

The private actors who execute the registration process in Austria turn out to be mostly insurances who offer the registration as a service to their clients. We can assume the insurance will only register cars that are properly insured with them. Hence, the checking of the insurance coverage can be ignored in the Austrian procedure. Since an insurance will check on the personal data and the correctness of the vehicle data anyway, the collection of information (and hence, the overall process time) is further reduced.

## 2.5 Harmonising the process across the European Union

Without the integration of legal constraints into the eEPC, the Module Nets of the modified German (figure 2), the Dutch (figure 3) and the Austrian (figure 4) motor vehicle registration

process would be quite similar. In fact the process steps (checking personal data, vehicle data and insurance coverage) must always be the same. Giving the power of attorney to a third party – as modelled in the German common-practise model in figure 2 - actually equals a lot the fully outsourced process as it is done in many European countries.

Nevertheless, the common German process of figure 2 is a legal exemption. The current legislation still describes a far more complex process as it is depicted in figure 1. In order to simplify the procedure in Germany, the (optional) checking must be abandoned. While all the countries that already reformed the registration of motor vehicles towards E-Government implemented centralised data storage and outsourced the front office of the registration process, the required data in Germany are still distributed asymmetrically; partly centralised and partly in local administration. Having built formal models, we can join the diagrams and see how a common process without any change of legislation (figure1, 3 and 4) would look like.

The formal process specification allows the verification of implemented process sets against this specification given that both are described by Module nets. For this, we have built the intersection of specification and implementation nets which is achieved by joining equally interpreted transitions, i.e. transitions that represent the same kind of actions. Afterwards, the join of the nets can be calculated automatically. Figure 5 shows the resulting net. Due to its complexity – resulting from Germany’s optional regulations – the resulting net obviously does not represent a desired outcome.

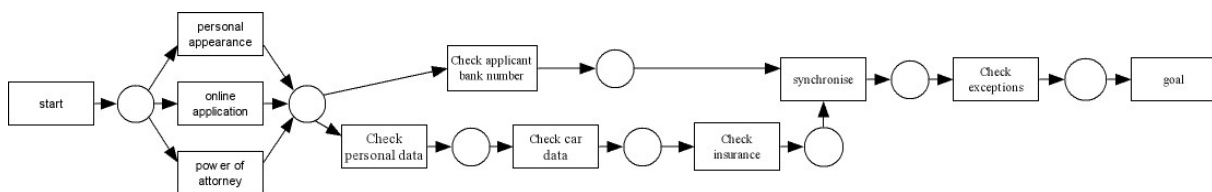


Figure5: Module Net of joined processes

In Germany, a first step towards harmonisation will be taken in 2008. By then, the Federal Bureau of Motor Vehicles and Drivers will store all personal and vehicle data needed for a registraion. The registration offices will dynamically access the data in order to issue a new registration. By then, the common process of car registration in Germany will already look more like the alternative process set of figure 2. Additionally, assuming the common practice of

third party representation (online applications, third party brokers, etc.), we join the nets of figure 2, 3 and 4 to get figure 6 as the resulting net.

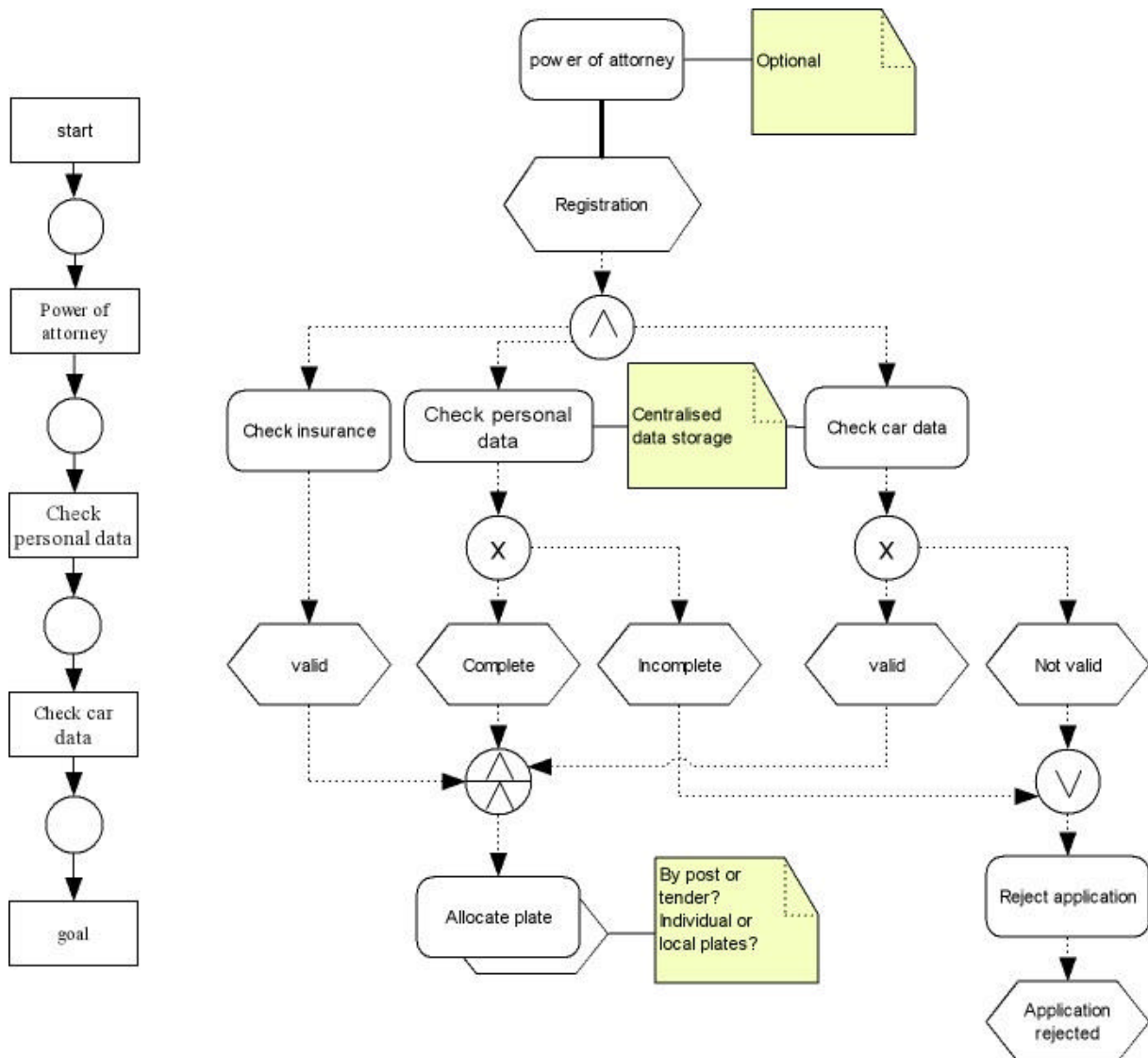


Figure6: Jointed process set of modules 2, 3 and 4

As we can observe in the joint graph of figure 6, the registration is now harmonised within the three examined countries. To make the join work, however, two central assumptions have been made: first, there must be centralised data storage in order to enable a check on the data independently of the location of the front office. Second, as long as the registration process in Germany (and France) remains with the local authorities, the power of attorney must still be given in order to outsource the process to a third party.

Taking further EU member states into the account, it is questionable whether a complete harmonisation will be legally possible. In Sweden, for example, license plates are issued centrally and sent to the applicant by post. In all the other observed countries, licence plates must be received in person. Therefore, Sweden is so far the only country that executes the process completely online.

### **3 Conclusion**

Businesses and private citizens are not only constrained by economic conditions but also by legal regulations formulated at different administrative levels – from cities, states and nations up to international agreements such as in the European Union. Although the legal regulations are of significant importance to the structure of the society, little research on the integration of processes exists.

In this paper, we have showed the influence of legal regulations on the definition of an E-Government process. As a demonstration example, we analysed the process of registering a motor vehicle. We compared the resulting process sets with workflow descriptions of equal tasks in different European countries. Our semi-formal process diagrams already point out that the core processes do not differ much. In order to analyse the complete harmonisation of the process in the European Union, a formal representation is required. Translating the resulted joined Module Net back into an eEPC, one can observe that actually little change in the process and the legal framework is required to achieve harmonisation. In contrast to previous work, which took the position that standard E-Government processes should respect local variety [OISi06], here it was shown that it is possible to push the German registration process towards a centralised E-Government strategy without losing functionality.

Using two different modelling approaches helps to address two different issues: eEPC, as one possible option to model business processes in a semi-formal way, allow us to explicitly include the legal framework and the organisational perspective into our considerations. Open workflow nets, as a representation of formal Petri-Nets, permit a mathematical verification of the joined processes. Additionally, inputs for workflow management systems and concepts of automation – such as web services [SFO06] - can be derived.

Our example also shows the paradigmatic approach of specifying a legal framework with a process model. The different processes described above are quite similar – only when adding legal requirements the different constraints become visible. By considering both, the formal and the semi-formal notation including the legal constraints, the verification of the actual workflow implementation against these models becomes possible. The current trend in (German) public administrations to integrate information systems and to restructure administration around government processes [Rein95] increases the necessity of such process modelling approaches.

## **4 Outlook**

Applying Module Nets as a formal description of public workflows in addition to a semi-formal notation that represents laws as information objects appears to be a useful improvement for several ongoing projects. One of these is the E-Justice concept of the European Union which is part of the 6<sup>th</sup> Research Framework Program funded by the action plan for eEurope 2005 by the European Commission [EuCo05]. Next, we plan to enhance the user-interface management for public services [FrZa06] by our method of integrating the legal constraints. The goal is to improve European markets by deriving process models automatically that already include the legal constraints of each country. This could bring us closer to unified and transparent process sets within the European Union.

## Literature

- [Aals98] van der Aalst W. M. P.: The Application of Petri Nets to Workflow Management. In: The Journal of Circuits, Systems and Computers, 1998.
- [ALOI05] Alpar P.; Olbrich S.: Legal Requirements and Modelling of Processes in e-Government. In: Electronic Journal of e-Government Volume 3 Issue 3 2005, [www.EJEG.com](http://www.EJEG.com) (2006-07-15), Reading, GB, S.107-116.
- [BAD03] Becker, J.; Algermissen, L.; Niehaves, B.: Prozessmodellierung als Grundlage des E-Government – Ein Vorgehensmodell zur prozessorientierten Organisationsgestaltung am Beispiel des kommunalen Baugenehmigungsverfahrens. In: W. Uhr, W. Esswein and E. Schoop (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2003 / Band II. Heidelberg 2003, S. 859-878
- [BuOn05] BMI. Umsetzungsplan für die eGovernment-Initiative Bund Online 2005. Bundesministerium des Inneren, Stabsstelle Moderner Staat - Moderne Verwaltung [www.bundonline.de](http://www.bundonline.de) (24-03-2006).
- [Dehn03] Dehnert J.: A Methodology for Workflow Modeling - From business process modeling towards sound workflow specification. PhD thesis, TU Berlin 2003.
- [eÖst03] Posch, R. (Ed.): E-Government in Österreich: -Informationen für Wirtschaft und Verwaltung, Bundeskanzleramt Wien, 2003, <http://www.cio.gv.at> (07-04-2004).
- [EuCo05] European Commission: eEurope 2005 - An information society for all, [http://europa.eu.int/information\\_society/eeurope/2005/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/information_society/eeurope/2005/index_en.htm) (06-07-06).
- [FRV87] Fahrzeugregisterverordnung vom 20. Oktober 1987 (BGBl. I S. 2305).
- [FrZa06] Freiheit J.; Zangl A.: Model-based User-Interface Management for Public Services. In: D. Remenyi (editor): Conference proceedings of the 6<sup>th</sup> European Conference on Electronic Government (ECEG), Reading, GB 2006, S. 141-151.

- [KBK06] Knackstedt, R.; Brelage, C.; Kaufmann, N.: Entwicklung rechtsicherer Web-Anwendungen – Strukturierungsansatz, State-of-the-Art und ausgewählte Aspekte der fachkonzeptionellen Modellierung. In: WI 48 (2006) 1, S.27-35.
- [KraftStG02] Kraftfahrzeugsteuergesetz i.d.F. vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3818), geändert durch Artikel 30 des Gesetzes vom 21. Juni 2005 (BGBl. I S. 1818).
- [LeTr99] Lenk, K.; Traummüller, R.: Öffentliche Verwaltung und Informationstechnik – Perspektiven einer radikalen Neugestaltung der öffentlichen Verwaltung mit Informationstechnik, Verwaltungsinformatik Nr. 20, Decker Verlag, 1999.
- [OlSi06] Olbrich S.; Simon C.: Process engineering towards E-Government – modelling process variety and best practice. In: D. Remenyi (editor): Conference proceedings of the 6<sup>th</sup> European Conference on Electronic Government (ECEG), Reading, GB 2006, S. 339-349.
- [Rein95] Reinermann H.: Perspektiven einer Verwaltungsreform mittels Informationstechnik. In: R. Traummüller (Hrsg.), Geschäftsprozesse in öffentlichen Verwaltungen - Neugestaltung mit Informationstechnik, Heidelberg 1995, S. 53-69.
- [Sche94] Scheer A. W.: Business Process Engineering, ARIS-Navigator for Reference Models for Industrial Enterprises. Springer, Heidelberg 1994.
- [ScPe02] Schuppan, T.; Penning-Poggenbeck, J.: eGovernment im Kfz-Zulassungswesen Konzeption zur Umsetzung, Kommunalwissenschaftliches Institut (KWI) der Universität Potsdam, KWI-Projektberichte 2, Potsdam 2002, <http://www.uni-potsdam.de/u/kwi/publ/kwi-pb.htm> (01-06-2006).
- [ScPe03] Schuppan, T.; Penning-Poggenbeck, J.: Kundenanalyse und Evaluierung zu eGovernment im Kfz-Zulassungswesen - Zwei empirische Studien. In: Prof. Dr. Michael Nierhaus (Hrsg.), Kommunalwissenschaftliches Institut (KWI) der Universität Potsdam, KWI-Projektberichte 7, Potsdam 2003.
- [SFO06] Jörn Freiherr, Carlo Simon, Sebastian Olbrich: Usability of Event-driven Process Chains, EPK-Kongress der GI, Wien 2006 (accepted).

- [Simo05] Simon C.: Incremental Development of Business Process Models. In: U. Frank, J. Desel (Hrsg.) EMISA 2005 - Development Methods for Information Systems and their Application, Gesellschaft für Informatik, Lecture Notes in Informatics P-56, Klagenfurt 2005, S. 95-106.
- [SKH03] Scheer, A.-W.; Kruppke, H.; Heib, R.: E-Government – Prozessoptimierung in der öffentlichen Verwaltung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2003.
- [SnZu97] Snellen, I.; Zuurmond, A.: From Bureacracy to Infocracy: Management through Information Architecture, in: Tyler, Snellen, Zuurmond (Ed.), Beyond BPR in Public Administration, Amsterdam, IOS Press, 1997, S. 205-224.
- [StVG03] Straßenverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. August 2006 (BGBl. I S. 1958).
- [Voss05] Vossen G.: Was Informatiker und Wirtschaftsinformatiker zu Prozessen beitragen. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik (241) 2005, S. 5-6.
- [VBPO05] Kompetenzzentrum Vorgangsbearbeitung und Organisation: Softwareprodukte zur Geschäftsprozessanalyse und –Optimierung - Bedeutung ihres Einsatzes und eine Übersicht zu ausgewählten Produkten. In: E-Government-Handbuch des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Kapitel 6, (online 2005-12-17): [http://www.bsi.bund.de/fachthem/egov/download/6\\_GPA.pdf](http://www.bsi.bund.de/fachthem/egov/download/6_GPA.pdf).
- [WiTr03] Wimmer, M.; Traunmüller, R.: Geschäftsprozessmodellierung in E-Government: eine Zwischenbilanz, eGov days 2003, [www.egov.ocg.at](http://www.egov.ocg.at) (06-02-2004).
- [WoKr05] Wolf, P.; Krcmar, H.: Prozessorientierte Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für E-Government. In: Wirtschaftsinformatik 47 (2005) 1, S.337-346.
- [Zust98] Verordnung des österreichischen Bundesministers für Wissenschaft und Verkehr, mit den Bestimmungen über die Einrichtung von Zulassungsstellen (Zulassungsstellenverordnung - ZustV) StF: BGBl. II Nr. 464/1998.



# Prozessorientierte Gestaltung von Behördenkontakten

## Untersuchung zu eGovernment-Anforderungen aus Unternehmenssicht

Petra Wolf, Helmut Krcmar

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
Technische Universität München  
85748 Garching b. München  
{petra.wolf;krcmar}@in.tum.de

**Abstract:** Im vorliegenden Artikel wird ein Ansatz zur prozessorientierten Ermittlung von eGovernment-Anforderungen aus Unternehmenssicht entwickelt. Als Ergebnis einer explorativen Untersuchung können Merkmale von Unternehmenslagen identifiziert werden, die ausschlaggebend sind für technische und organisatorische Gestaltungsaspekte unternehmerischer Behördenkontakte. Aus den ermittelten Anforderungen wird das Konzept einer eGovernment-Kooperationsplattform abgeleitet.

## 1 eGovernment-Anforderungen aus Unternehmenssicht

### 1.1 Hintergrund

eGovernment doesn't matter! So könnte die Quintessenz zahlreicher Gespräche mit Unternehmensvertretern lauten. eGovernment, d.h. die elektronische Abwicklung von Behördenkontakten, spielt aus unterschiedlichen Gründen für viele Unternehmen heute noch keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Während vor einigen Jahren in erster Linie die mangelnde Bedarfsorientierung der Online-Angebote der öffentlichen Verwaltung als Ursache für geringe Akzeptanz und Nutzung ins Feld geführt wurde [InDD02], wird heute spezifischer die überfällige Umstellung auf das in der Wirtschaft akzeptierte Paradigma der Prozessorientierung angemahnt [o.A.06a]. Erkenntnisse zum Unterstützungsbedarf der Wirtschaft bei Behördenkontakten beschränken sich bislang auf sehr allgemeine Aussagen, die kaum für die Gestaltung konkreter Angebote herangezogen werden können [vgl. BeBu03; KnIn04; vgl. o.A.02]. Gefordert ist daher eine systematische Erhebung dieses Bedarfs orientiert an den Geschäftsprozessen, die un-

ternehmerischen Behördenkontakten zugrunde liegen. Mit Unterstützung der SAP Deutschland AG wurde eine solche Untersuchung zu unternehmerischen Behördenkontakten durchgeführt. Ziel der Untersuchung war die Identifikation charakteristischer Merkmale von B2G-Prozessen, um auf dieser Basis Anforderungen aus Unternehmensperspektive an die Gestaltung von eGovernment formulieren zu können. Der vorliegende Artikel stellt Vorgehensweise und Ergebnisse der Untersuchung dar.

## **1.2 Prozessorientiert im eGovernment**

Aus Unternehmenssicht wird der elektronisch unterstützte Behördenkontakt als eine weitere Ausprägung von eBusiness verstanden – in diesem Fall mit dem Kooperationspartner Behörde [vgl. ScHä01]. In diesem Sinne geht es bei der Gestaltung von eGovernment darum, die Abwicklung des Behördenkontaktes möglichst nahtlos in die eBusiness-Infrastruktur des Unternehmens einzugliedern. Informationen, die für die Erstellung von Anträgen erforderlich sind, werden in der Regel bereits elektronisch erfasst und in vielen Fällen auch für weitere Zwecke im Unternehmen benötigt. Für den Behördenkontakt werden diese Informationen zusammengetragen, in die vorgegebene Formularstruktur gebracht und an die zuständigen Ämter übergeben, wo sie von verschiedenen Fachbereichen begutachtet werden.

Eine prozessorientierte Betrachtung von eGovernment fokussiert auf die Unterstützung der Zusammenarbeit der Partner auf Unternehmens- und Behördenseite, im Gegensatz zu einer verkürzten Deutung des Begriffs eGovernment, der häufig lediglich die Unterstützung der Übergabe von Informationen an der Schnittstelle zwischen Verwaltungskunde und Behörde meint.

Die prozessorientierten Unterstützung und Koordination der Zusammenarbeit von Unternehmen und Behörde mit Hilfe von IT verspricht Nutzenpotenzial für alle Beteiligten [o.A.06b; WoKr05, S. 344]. Die Grundvoraussetzung dafür, die Neuausrichtung von Betrachtungsperspektive und -fokus sowie die Erweiterung des Konzepts der Unternehmenslage, werden im Folgenden erläutert.

## **2 Untersuchungsansatz**

### **2.1 Unternehmenslagen**

Um die Orientierung im umfangreichen Angebot von Verwaltungsleistungen zu erleichtern, werden diese in Bürgerportalen nach dem Prinzip der Lebenslagen gruppiert [LeTr01, S. 17f]. Analog findet mittlerweile auf zahlreichen eGovernment-Portalen eine Gruppierung nach Unternehmenslagen statt.

Im Sinne eines prozessorientierten eGovernment sind diese Unternehmenslagen um behördenähnliche Kontakte (bspw. Wirtschaftsprüfer, Zertifizierung) zu ergänzen, die aus Sicht von Unternehmen im jeweiligen Kontext ebenfalls erledigt werden. Dies gilt nicht nur für die integrierte Darstellung von Informationen zu Ansprechpartnern und Ablauf, sondern auch für die Unterstützung einer möglichst effizienten Abwicklung.

Wichtig für die Analyse und Unterstützung von eGovernment-Prozessen ist neben deren vollständiger Betrachtung auch die Bewertung und Typisierung aus der Sicht von Unternehmen. Wie in anderen Bereichen ist die Wahrnehmung eines Ablaufs und seiner charakteristischen Merkmale und Ziele durch die Akteure entscheidend dafür, ob eine elektronische Unterstützung für sinnvoll oder nützlich erachtet wird. Die Identifizierung dieser Merkmale ist daher Voraussetzung für eine bedarfsorientierte eGovernment-Entwicklung.

## **2.2 Betrachtungsperspektiven**

### *2.2.1 Perspektivwechsel*

Der Wechsel der Betrachtungsperspektive von der bislang vorherrschenden verwaltungszentrierten [vgl. BrGi02, S. 8f] hin zur Kundensicht gehört zu den Grundprinzipien des hier dargestellten Verständnisses von prozessorientiertem eGovernment, d.h. nicht die Analyse von Produktkatalogen der Verwaltung ist Ausgangspunkt der Untersuchung, sondern die Auslöser und Anknüpfungspunkte von Behördenkontakten in Unternehmen.

Die Analyse von Unterstützungsbedarf auf Seiten der Verwaltungskunden rückt in den Vordergrund, da die Akzeptanz von eGovernment ausschlaggebend ist für den Erfolg. Gerade im Hinblick auf die Relation von Kosten und Nutzen hat die Verwaltung mit Unternehmen besonders kritische Kunden, die eGovernment-Angebote nur dann nutzen, wenn diese im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren weniger aufwändig [Lee05] und ihre Vorteile klar ersichtlich sind.

### *2.2.2 Fokuswechsel*

Eine prozessorientierte Betrachtung von eGovernment verlagert den Fokus weg von der Schnittstelle zwischen Unternehmen und Verwaltung, an der Anträge oder Informationen

übergeben werden. Ziel ist es, die Verknüpfung des Behördenkontaktes mit dem auslösenden Geschäftsprozess im Unternehmen als Ausgangspunkt zu nehmen, um dort weitere Anknüpfungspunkte zu Behördenkontakten oder behördenähnliche Kontakten zu identifizieren und in die Unterstützung zu integrieren. Ebenso gilt es auf Seiten der beteiligten Behörden, die relevanten Kooperationspartner zu identifizieren und über eine gemeinsame Prozessunterstützung miteinander zu verbinden.

### 2.3 Betrachtete Unternehmenslagen

Im Rahmen der Untersuchung wurden die Unternehmenslagencluster Abfall, Bauen, Umwelt, Gewerbeauflagen sowie Produktzulassung, Patentierung und -genehmigung betrachtet.

Da hier größtenteils Behörden auf kommunaler und Landesebene zuständig sind, wurden Behörden in unterschiedlichen Bundesländern (Bayern, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen) befragt, um regionale Unterschiede auszugleichen bzw. zu identifizieren. Abgesehen von unterschiedlichen Zuständigkeiten konnten allerdings keine bedeutsamen Unterschiede festgestellt werden. Auch hinsichtlich der betrachteten Unternehmensgrößen (s. Tab. 1, Klassifikation nach [Inst02]) konnten aufgrund der geringen Fallzahlen keine signifikanten Unterschiede abgeleitet werden. Die Unternehmen wurden bewusst ausgewählt, da die Komplexität des Themas sowie die Schwierigkeit der Verortung von eGovernment-Ansprechpartnern eine andere Vorgehensweise nicht sinnvoll erscheinen ließ.

	Unternehmen		Behörden
	mittel	groß	
Anzahl Interviews zu Abfall/Bauen/Umwelt/Gewerbeauflagen	2	5	17
Anzahl Interviews zu Produktzulassung/Patentierung	3	4	4

Tab. 1: Anzahl der geführten Interviews

Für die Erhebung wurde ein strukturierter Interviewleitfaden entwickelt, der als Grundlage für 30-60-minütige Interviews (telefonisch und persönlich) diente. Unternehmen wurden zunächst nach Einbettung der jeweiligen Verwaltungskontakte in die Unternehmensprozesse befragt und die Abwicklung in Form von Kurzepisoden aufgenommen. Im Anschluss wurden Fragen zur aktuellen Informations- und Abwicklungssituation und möglichem Unterstützungspotenzial durch IT diskutiert. Interviews mit Behördenvertretern verliefen analog.

Die Auswertung der Interviewprotokolle erfolgte in Form einer hermeneutischen Inhaltsanalyse [vgl. Tsch96, S. 38ff], die in mehreren Iterationszyklen auf die episodischen Prozessdarstellungen

gen angewendet wurde, um Merkmale von Unternehmenslagen und Unterstützungsanforderungen anzuleiten. Die dort gewonnenen Erkenntnisse wurden mit Hilfe der Ergebnisse aus den strukturierten Interviewteilen auf ihre Plausibilität hin überprüft.

### **3 Merkmale von Unternehmenslagen**

Aus den Ergebnissen der Interviews lassen sich verschiedene Merkmale ableiten, die die Eigenschaften von B2G-Kontakten aus den Perspektiven von Unternehmen und Behörden charakterisieren. Diese Merkmale sind ausschlaggebend dafür, ob, in welchem Umfang und in welcher Form diese Austauschprozesse unterstützt werden können oder sollen.

Bei den betrachteten Unternehmenslagen lassen sich Entscheidungscharakter, Routinegrad, Komplexität und Phase als Faktoren identifizieren, die aus Sicht der beteiligten Akteure Einfluss auf die Gestaltung von eGovernment haben. Diese werden im Weiteren dargestellt.

#### **3.1 Entscheidungscharakter**

Der Prozess des Neubaus einer Fertigungsanlage hat für unternehmerische Antragsteller i.d.R. Aushandlungscharakter, da auf Seiten der genehmigenden Behörden ein gewisser Entscheidungsspielraum besteht. Bauanträge werden daher bereits im Vorfeld in persönlichen Gesprächen zwischen Antragsteller und Ansprechpartnern auf Behördenseite diskutiert, um die jeweiligen Schwerpunkte und ggf. Vorbehalte kennen zu lernen. Für die Unterstützung im Sinne von eGovernment bedeutet dies, dass diese Phase der persönlichen Abstimmung bzw. multilateralen Verhandlung nicht durch elektronische Workflows ersetzt werden kann [Lenk02].

Im Gegensatz dazu hat die Beantragung industrieller Abfälle den Charakter einer Konditionalentscheidung [vgl. Fuch88, S. 13f]: Werden die geforderten Nachweise und Informationen erbracht, kann mit einer positiven Entscheidung gerechnet werden. Das wird auch durch die bereits realisierte elektronische Unterstützung bis hin zu einer Teilautomatisierung in diesem Bereich widergespiegelt.

#### **3.2 Routinegrad**

In Bezug auf Workflow-Unterstützung werden i.d.R. strukturierte, teilstrukturierte und unstrukturierte Geschäftsprozesse unterschieden [Enge00, S. 402f]. Der Routine- oder Strukturierungsgrad von Behördeninteraktionen in Zusammenhang mit der Frequenz, in der diese anfallen

(monatlich, jährlich, seltener), ist auch ausschlaggebend für das Potenzial das einer elektronischen Unterstützung seitens der Unternehmen beigemessen wird. Stark routinisierte Prozesse wie bspw. die Lieferung statistischer Informationen oder Umsatzsteuervoranmeldungen werden als sehr geeignet für automatisierte Workflow-Unterstützungen gesehen. Häufig gehören solche Prozesse auch zu den Behördenkontakten mit wenig oder keinem Entscheidungsspielraum.

Behördenkontakte, die eher Einzelfallcharakter haben und/oder nur selten erfolgen, sind auf Seiten des Unternehmens auch nicht fest mit bestimmten Geschäftsprozessen und Organisationsstrukturen verknüpft, so dass das Potenzial einer eGovernment-Unterstützung eher im Bereich der Koordination von Kooperationen und der Informationen über Zuständigkeiten und Vorgaben auf Behördenseite sowie Fristen und Formulare gesehen wird. Darüber hinaus ist in vielen dieser Bereiche (Gewerbeaufsicht, Abwasser, Emissionen) Expertenwissen erforderlich, das im Unternehmen nicht immer aktuell vorgehalten werden kann. Automatisierte Prozesse würden hier die Gefahr bergen, den Überblick bzw. die Hoheit über das Verfahren zu verlieren. Unterstützung im Sinne von Aufbereitung von Hintergrundinformationen und Hilfestellung auf Abruf stoßen in diesen Situationen auf deutlich mehr Akzeptanz. Insbesondere die Bereitstellung von Informationen über Aktualisierungen oder Änderungen des Verfahrens oder zu Fälligkeitsdaten wird hier als hilfreich angesehen.

### **3.3 Komplexität**

Die Komplexität eines kooperativen eGovernment-Prozesses ist Ausdruck sowohl der Anzahl der beteiligten Kooperationspartner auf Unternehmens- und Behördenseite als auch der Prozesslänge und der Zahl der Prozessvarianten [vgl. PiRe85]. Der Bauantragsprozess ist ein typisches Beispiel für einen Prozess mit zahlreichen Beteiligten und mehreren Varianten, je nachdem, um welche Art von Bau es sich handelt und welche Vorschriften und Vorgaben dadurch berührt werden. Die Komplexität eines unternehmerischen Behördenkontaktes hat ebenfalls Einfluss auf die Anforderungen und Möglichkeiten der eGovernment-Unterstützung.

eGovernment-Prozesse von geringer Komplexität mit wenigen Alternativvarianten und einer überschaubaren und v.a. stabilen Menge von Akteuren bieten sich eher für eine weitergehende Integration und eine Unterstützung im Sinne eines Workflows an. Dies wird am Beispiel des Abfallbegleitscheins anschaulich dokumentiert. Hochkomplexe Prozesse mit wechselnden Akteuren und verschiedenen Varianten stellen insbesondere aus Unternehmenssicht die Anforderung einer Koordinationsunterstützung, die flexible Integrationsmöglichkeiten bietet. Aufgrund der hohen Variantenbreite bietet sich eine Workflow-Unterstützung nicht an.

Aus Behördensicht werden die mit einer Unternehmenslage verbundenen anderweitigen Kooperationsbeziehungen von Unternehmen bspw. zu einem Zertifizierer oder einem spezialisierten Berater ausgeblendet. Eine Unterstützung, die diese Kontakte integriert, muss daher von dritter Seite angeboten werden.

### 3.4 Merkmale der betrachteten Unternehmenslagen

Die Einordnung der betrachteten Unternehmenslagen in das entwickelte Merkmalsraster ist in Tab. 2 dargestellt.

	Entscheidungscharakter		Routinecharakter		Komplexität	
	Konditional	Aushandlung	Einzelprojekt	Routine	wenig	hoch
Abfall	x			x	x	
Bauen		x	x			x
Umwelt		x	Antrag	Bericht		x
Gewerbeaufsicht	x		Antrag	Bericht		x
Produktzulassung	x		x	(x), branchenabh.	x	
Patentanmeldung	x		x		x	

Tab. 2: Merkmalsausprägung für die betrachteten Unternehmenslagen

Die Anforderungen, die sich aus den kombinierten Merkmalen Entscheidungs- und Routinecharakter ableiten lassen, sind in Tab. 3 zusammengefasst. Eine weitere Überlagerung der resultierenden Anforderungen mit dem Merkmal Komplexität bietet sich aus Gründen der Nachvollziehbarkeit nicht an.

	Konditionalcharakter	Aushandlung
Einzelprojekt	Expertenwissen und strukturelle IT-Unterstützung (Formulare, Fristen, Ansprechpartner) für effiziente Abwicklung erwünscht	IT-Unterstützung (Formulare, Fristen, Ansprechpartner) für bestimmte Planungsphasen erwünscht, Aushandlung persönlich
Routine	Hoher Automatisierungsgrad umsetzbar und akzeptabel; Bedürfnis der indiv. Einflussnahme gering	Vorbereitung, Einreichung, Begutachtung je nach Bereich IT-gestützt, keine Automatisierung, flexible Nutzung der Instrumente und jederzeit Medienwechsel möglich

Tab. 3: Anforderungen aus Entscheidungscharakter und Routinegrad

## 4 Unterstützungsansätze für prozessorientiertes eGovernment

Nicht nur aus den charakteristischen Merkmalen von Unternehmenslagen lassen sich Gestaltungsanforderungen ableiten: Auch die Unterscheidung verschiedener Phasen von B2G-Interaktionen zeigt, dass sich phasenbezogen spezifische Unterstützungsanforderungen ergeben. Diese werden im Folgenden dargestellt und anschließend Überlegungen zum Design für prozessorientiertes eGovernment vorgestellt.

#### 4.1 Phasen

Der Prozess einer Antragstellung oder eines beliebigen B2G-Kontaktes lässt sich in der Regel in drei grundlegende Phasen untergliedern (vgl. Abb. 1): 1. Vorbereitung von Unterlagen für einen Antrag oder einen Bericht, 2. Übergabe der offiziellen und fixierten Dokumente an die Behörde und 3. Bearbeitung bzw. Begutachtung der eingereichten Dokumente durch die Behörde.

Im Rahmen der **Vorbereitung und Koordination** eines Antrags oder eines Berichts hat der Antragsteller bzw. Berichtsverfasser die Hoheit über das Verfahren, d.h. das betreffende Unternehmen entscheidet, welche internen und ggf. externen Kooperationspartner in welcher Form zu beteiligen sind. Es gibt je nach Behördenkontakt zwar amtliche Vorgaben und Rahmenbedingungen für die Abwicklung des Verfahrens, die bereits zu diesem Zeitpunkt prägend sind, aber große Teile der Ausgestaltung der Vorbereitung liegen in der Hand des Unternehmens.

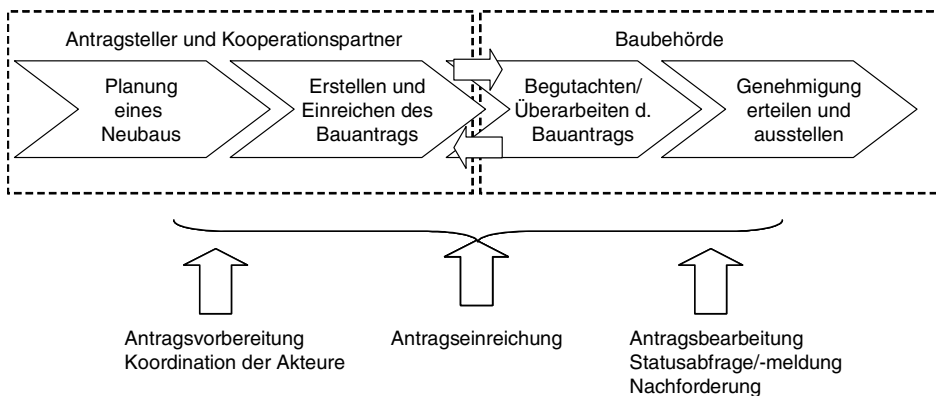


Abb. 1: Phasen des Behördenkontakts

Zu den Anforderungen in dieser Phase gehört die Koordination der Aufgaben und Zusammenarbeit der verschiedenen Kooperationspartner. Diese sind u.U. verteilt an verschiedenen Standorten und kommen aus verschiedenen Fachbereichen. Informationen werden gesammelt und weiterverarbeitet. Die gesammelten Informationen werden ggf. für unterschiedliche Adressaten in verschiedenen Formaten aufbereitet. Aufwand entsteht auch dadurch, dass Informationen aus verschiedenen Quellsystemen extrahiert werden und die erforderlichen Berichts- oder Antrags-



formate übertragen werden müssen. Nur selten gibt es Exportschnittstellen, die diesen Arbeitsschritt unterstützen.

In dieser Phase werden Vorversionen des abschließenden Antrags oder Berichts hergestellt, die noch inoffiziellen Status innehaben. Sie werden von den einzelnen Kooperationspartnern bearbeitet und schließlich nach verschiedenen Qualitätskontrollen in eine Endfassung für die Abgabe überführt.

Von Seiten der Behörde werden Informationen benötigt über Abgabefristen, Format- und Formularvorgaben, Verfahrensschritte, Ansprechpartner, zu beachtende Rahmenbedingungen etc. Diese Informationen sollten kontextbasiert zur Verfügung stehen und sind im Fall von häufig oder regelmäßig auftretenden Routineprozessen auch im Push-Format sinnvoll. Gleichzeitig besteht von Seiten der Unternehmen die Anforderung, diese Phase in Eigenregie gestalten und so möglichst gut mit den bestehenden Unternehmensprozessen und der genutzten IT-Unterstützung abstimmen zu können. Die mit den Kooperationspartnern in dieser Phase ausgetauschten Informationen und Vorfassungen sind nicht für Außenstehende, auch auf Seiten der Behörde, bestimmt und sollten eindeutig vor deren Zugriff geschützt werden können.

In der Phase der offiziellen Übergabe bzw. **Einreichung von Antragsunterlagen** oder Berichten an eine Behörde ist insbesondere die rechtlich verbindliche Dokumentation dieser Transaktion von Bedeutung. Daneben legen die beiden beteiligten Kooperationspartner auch großen Wert auf eine eindeutige Authentifizierung und den Schutz der ausgetauschten Dokumente gegen unberechtigten Zugriff.

Aus Sicht des Unternehmens sind weitere wichtige Parameter eines Behördenkontakts eine eindeutige Eingangsbestätigung falls erforderlich mit Zeitstempel, die ggf. auch eine Referenznummer o.ä. für weitere Rückfragen liefert. Je nach Formatanforderungen wird bei einer elektronischen Einreichung an dieser Stelle auch die Transformation der Unterlagen in ein behördenkonformes Format, [vgl. Dokumentation Abfa06] relevant. Hierfür sind entsprechende Upload-Mechanismen oder eine geeignete Softwareunterstützung erforderlich. Im Fall komplizierter Antragsformulare können an dieser Stelle auch noch einmal Plausibilitätschecks eine letzte Qualitätskontrolle unterstützen.

Sind die Unterlagen im physischen oder virtuellen Posteingang der Behörden angelangt, beginnt die Phase der **Vorgangsbearbeitung** in der Sphäre der Behörde. Die Hoheit über diesen Abschnitt des Verfahrens liegt klar auf Seiten der Behörde. Im Fall mehrerer beteiligter Ämter oder Fachbereiche liegt die Koordinationsrolle bei einer federführenden Behörde, die die Zu-

weisung von Aufgaben und die Einhaltung von Fristen koordiniert und kontrolliert. Für die meisten der betrachteten Unternehmenskontakte gibt es auf Seiten der Verwaltung spezialisierte Informationssysteme, in denen Daten zu Antragstellern verwaltet oder auch Workflows unterstützt werden. Je nach Format des eingehenden Berichts oder Antrags besteht daher der erste Schritt darin, die eingegangenen Daten in das entsprechende System zu transferieren. Bei diesem Schritt wird i.d.R. eine erste Qualitätskontrolle der Unterlagen hinsichtlich Vollständigkeit und anderer formaler Kriterien durchgeführt. Bei einer elektronischen Unterstützung des Übergabeschritts können viele dieser Tätigkeiten automatisiert oder zumindest unterstützt werden. Dasselbe gilt für die Erstellung einer Eingangsbestätigung zusammen mit dem Ergebnis der formalen Prüfung und der Vergabe einer Vorgangsnummer.

Während der Vorgangsbearbeitung durch die Behörde sind je nach Vorgang verschiedene Statusmeldungen für den Antragsteller vorgesehen. Diese dienen einerseits dazu, eine gewisse zeitliche Berechenbarkeit für alle Beteiligten herzustellen und andererseits auch feste Punkte für eine Interaktion zwischen den Beteiligten zu haben bspw. zur Nachforderung von Unterlagen.

Aus Sicht der Behörde steht eine zügige und effiziente, dabei aber auch fachgerechte und rechtskonforme Abwicklung des Vorgangs im Vordergrund. Interaktionen mit Antragstellern werden daher auf festgelegte Punkte im Verfahren beschränkt, um den Durchlauf des Verfahrens effizient koordinieren zu können. Ebenso gibt es für die Interaktion mit anderen beteiligten Behörden Fristen und Regelungen, um Reibungsverluste und Koordinationsaufwand in Grenzen zu halten.

Für Antragsteller auf Unternehmensseite sind je nach Routinegrad und Vorabstimmung des Verfahrens Informationen zu aktuellem Status, voraussichtlicher Dauer, Ansprechpartner und ggf. erforderlichen Nachlieferungen wichtig. Eine Nachlieferung im Fall eines unvollständigen oder formal nicht ganz korrekten Antrags verzögert in der Regel das Verfahren beträchtlich, so dass hier eine möglichst frühzeitige Benachrichtigung oder auch u.U. Unterstützung zur Vermeidung bedeutsam ist.

## **4.2 Prozessorientiertes Design für B2G**

Aus den Erkenntnissen zu den verschiedenen Unternehmenslagen und ihren Merkmalen und Phasen ergeben sich verschiedenen Konsequenzen und Gestaltungsanforderungen an prozessorientiertes eGovernment.

Der Entscheidungscharakter eines Behördenkontaktes hat Einfluss darauf, in welchem Umfang und in welchem Automatisierungsgrad elektronische Unterstützung für sinnvoll erachtet wird.

Aus dem Routinegrad lässt sich ableiten, ob eine Automatisierung als sinnvoll erachtet wird, allerdings spielt hierfür auch der Entscheidungscharakter eine Rolle: Routineprozesse auf der Basis von Konditionalentscheidungen eignen sich für Workflows, Aushandlungsprozesse nicht. Die Komplexität einer Unternehmenslage wirkt sich dagegen darauf aus, wie spezialisiert die IT-Unterstützung auf die Bedürfnisse eines speziellen Behördenkontaktes sein sollte bzw. in welchem Umfang auch behördenähnliche Kontakte eine Rolle spielen und deren Abwicklung ggf. berücksichtigt werden sollte.

Die Unterscheidung der Phasen von Behördeninteraktionen zeigt, dass es bestimmt durch den zeitlich-logischen Ablauf aber auch durch die Hoheitsbereiche der beteiligten Partner verschiedene Koordinationssphären zu unterscheiden gibt.

### 4.3 Sphären der Behördeninteraktion

Unabhängig von der IT-Unterstützung ist die Abwicklung eines kooperativen B2G-Prozesses davon gekennzeichnet, dass es verschiedene Typen von Materialien oder Dokumenten gibt, die die Grundlage für die gemeinsame Arbeit darstellen.

Von Seiten der Behörden werden in der Regel ausführliche Informationsunterlagen bereitgestellt, die die Verfahrensschritte und die Abwicklung sowie die gesetzlichen Grundlagen einer Verwaltungsleistung dokumentieren. Diese Verfahrensregeln liefern im Sinne eines Modells zur **Koordination** Strukturen, Formate und Regeln für alle Phasen des Prozesses und reichen in unterschiedlichem Ausmaß in alle Koordinationssphären hinein.

Je nach Umfang der Ausgestaltung des Verfahrens werden bspw. im Fall von Umweltberichten auch bestimmte Teile dieser Regeln und Strukturen im gemeinsamen Diskurs entwickelt und ergänzt. In den meisten Fällen gibt es allerdings bereits vollständig ausgestaltete Verfahrensvorschriften, die von Seiten der Behörde als verbindlich vorgegeben werden, so dass der Kontext der gemeinsamen Koordination in erster Linie davon abhängt, ob es sich um ein Standard- bzw. Routineverfahren handelt oder um eine Einzelfallabwicklung.

Im ersten Fall werden Koordinations- und Verfahrensvorgaben allgemein verbindlich vorgegeben und nicht auf der Basis von Einzelfällen ausgehandelt. Die Standardisierung eines Verfahrens, die häufig auch mit einer gewissen Einschränkung des Entscheidungsspielraums einhergeht, ermöglicht in diesen Fällen auch eine workflowartige Unterstützung. Erfolgt die Abwicklung eines Verfahrens einzelfallbasiert, so kann das Koordinationsmodell lediglich einen Rahmen vorgeben, der jeweils an die konkreten Bedingungen angepasst wird.

Entlang der durch das Koordinationsmodell vorgegebenen Leitlinien wird bei der **Abwicklung** eines konkreten Behördenkontakts gemeinsames Material in dem Sinne bearbeitet, dass in einem wechselseitigen Austausch- und Feedback-Prozesses Antragsunterlagen und eine entsprechende Bewilligung hergestellt werden. Die Materialien und Unterlagen, die in diesem Verlauf genutzt und erstellt werden, sind in unterschiedlichem Umfang vertraulich zu behandeln bzw. dürfen in unterschiedlichem Umfang gelesen, bearbeitet und weitergegeben werden.

Systematisiert man diese beiden Merkmale für Kooperationsmaterialien, Zugänglichkeit und Manipulierbarkeit, so ergeben sich vier Klassen [Zerb00, S. 239f]:

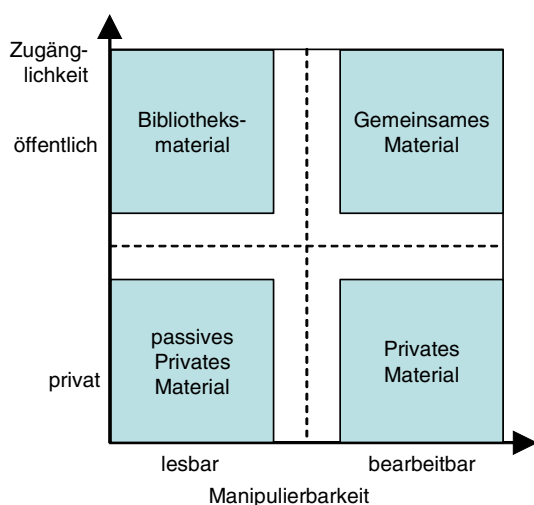


Abb. 2: Klassifikation von Kooperationsmaterialien; [Zerb00, S. 240]

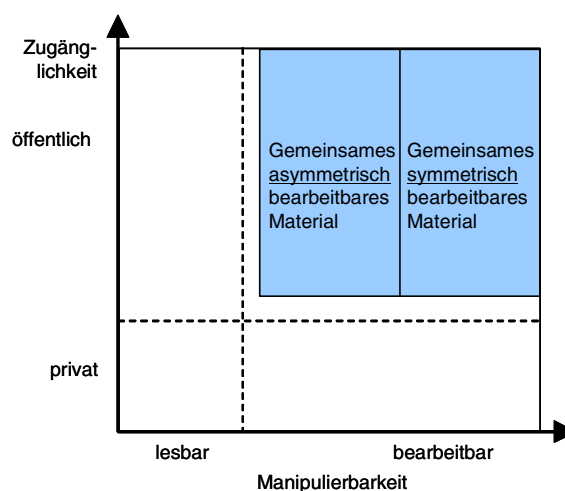


Abb. 3: Erweiterte Klassifikation von Kooperationsmaterialien

**Passives privates Material:** Dieser Materialtyp steht nur für den einzelnen Kooperationspartner zur Verfügung und kann nicht bearbeitet, sondern nur gelesen werden. Hierzu gehören Bücher, CD-ROMs, aber u.U. auch Daten, die als Ausgangsmaterial bspw. für einen Bericht genutzt, aber nicht verändert werden können/dürfen.

**Privates Material:** Privates Material kann im Gegensatz zu passivem privatem Material auch verändert werden, d.h. hierunter fallen Dokumente und Vorfassungen, die im Rahmen einer Antragsvorbereitung erstellt, aber nicht nach außen gegeben werden. Ebenso fallen hierunter Gutachten und Stellungnahmen, die nur behördenintern weitergegeben und für die Entscheidungsfindung genutzt werden.

**Gemeinsames Material:** Unter die Klasse gemeinsames Material fallen Dokumente und Unterlagen, die von allen Kooperationspartnern gelesen und manipuliert werden dürfen. Diese Klasse bezeichnet den Kooperationsbereich zwischen Unternehmen und Behörden, in dem Korrespon-

denz ausgetauscht, Nachforderungen gestellt und erläutert und Auskünfte erteilt werden. Auch bearbeitbare Formulare gehören zu dieser Klasse.

Bibliotheksmaterial: In diese Klasse fallen Unterlagen und Materialien, die öffentlich für den Nur-Lese-Zugriff bereitgestellt werden. Darunter fallen bspw. gesetzliche Grundlagen, Verfahrensbeschreibungen oder Informationen zu Ansprechpartnern.

Wichtig ist hier, dass die Zuordnung der Kooperationspartner zu den Gruppen ‚Privat‘ oder ‚Alle‘ bzw. ‚Öffentlich‘ auf zwei Ebenen betrachtet werden kann:

Im ersten Schritt trennt diese Klassifikation zwischen dem Unternehmen inklusive seiner Partner und Berater auf der einen und den betreffenden Behörden auf der anderen Seite. Dies ist eine Kooperationsbeziehung, die von Seiten der Behörden parallel zu unterschiedlichen Antragstellern gepflegt wird. Sie ist daher in Abb. 4 als 1:n Beziehung dargestellt.

Auf der nächst-detaillierteren Ebene kann auch jeweils innerhalb der beiden Parteien differenziert werden zwischen Privat und Alle. Vor allem auf Unternehmensseite ist diese Unterscheidung zwischen internen und externen Kooperationspartnern hinsichtlich der Vertraulichkeit von Informationen von Bedeutung.

Für die Behördeninteraktion und die dabei immer wieder als wichtig hervorgehobenen Statusinformationen wird eine Erweiterung dieser Klassifikation erforderlich: Im Rahmen der Bearbeitung des Vorgangs durch die Behörde werden Informationen generiert, die für die Behörde les- und bearbeitbar sind, auf die das betreffende Unternehmen jedoch Nur-Lese-Zugriff hat. Die Dimension der beiden beteiligten Partner muss hier also ergänzt werden, was zu einer Aufspaltung des gemeinsamen Materials in gemeinsames symmetrisch bearbeitbares Material und gemeinsames asymmetrisch bearbeitbares Material führt (vgl. Abb. 3).

#### **4.4 Kooperationsinfrastruktur für B2G-Kontakte**

Aus der Integration der dargestellten Merkmale und Sphären von Behördeninteraktionen lassen sich Elemente einer Kooperationsinfrastruktur für B2G-Kontakte ableiten. Die Darstellung bezieht sich zunächst auf einen generischen Behördenkontakt, der nicht weiter hinsichtlich Entscheidungscharakter oder Routinegrad spezifiziert ist. Diese Merkmale werden im Anschluss berücksichtigt.

Im Rahmen der Wertschöpfungsprozesse eines Unternehmens werden Daten und Informationen generiert, die zunächst privates Material der Abteilung oder des Bereichs darstellen, der für ihre Administration und Verarbeitung verantwortlich ist. Im Fall der Vorbereitung eines Behördenkontaktes werden diese privaten Informationen ggf. von der für die Berichterstattung oder An-

tragstellung zuständigen Abteilung angefordert und stellen dort je nach Art der Informationen privates oder passives privates Material dar.

Für die Vorbereitung eines Antrags werden meist aber auch öffentlich bereitgestellte Informationen genutzt, die Auskunft über Ansprechpartner und Abläufe gehen. In vielen Fällen werden auch Formulare oder spezielle (Software-)Werkzeuge für die Vorbereitung von Anträgen angeboten, die als gemeinsames Material zu bezeichnen sind.

Für die Gestaltung einer entsprechenden Kooperationsinfrastruktur ergibt sich daraus zum einen die Anforderung, die Phasen eines B2G-Kontaktes abzubilden, dabei aber andererseits die Abgrenzung der verschiedenen Koordinationssphären zu berücksichtigen. Um die Anforderungen an eine vertrauliche Behandlung von Informationen entsprechend der jeweiligen Phase zu erfüllen, ist darüber hinaus auch das Konzept der erweiterten Klassifikation von Kooperationsmaterialien anzuwenden.

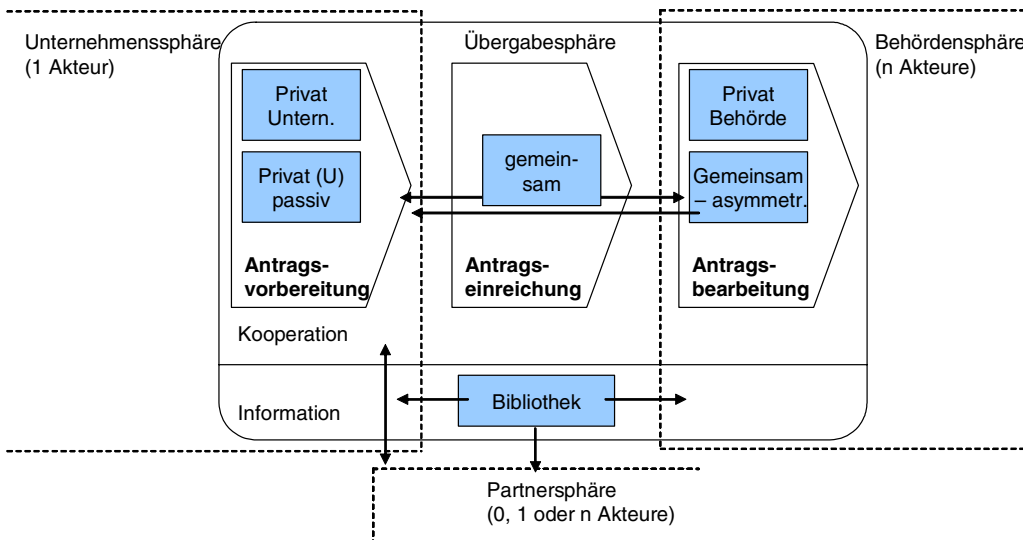


Abb. 4: Kooperationsinfrastruktur für B2G-Kontakte

Die resultierende Kooperationsinfrastruktur (Abb. 4) verbindet diese Konzepte in einem Raummodell, das sich im Wesentlichen in drei Sphären untergliedert, die Unternehmenssphäre (links), die Behördensphäre (rechts) sowie eine gemeinsame Kooperationsosphäre (mitte). Je nach Ausprägung der Komplexität der abzubildenden Unternehmenslage ist darüber hinaus auch eine Partnersphäre zu berücksichtigen. Eine weitere grundsätzliche Unterscheidung trennt einen reinen Informationsraum von einem Kooperationsraum. Im Informationsraum werden im Sinne des Bibliothek-Prinzips öffentliche Dokumente bereitgestellt, die zu Ablauf, gesetzlichen Grundlagen, Ansprechpartnern aber auch zu Aspekten einer erweiterten Unternehmenslage Auskunft geben.

Innerhalb der Koordinationssphäre des Unternehmens bzw. der Behörde(n) herrschen private Materialien vor. Aus dem Bereich der gemeinsamen Materialien werden in der Phase der Antragsvorbereitung bspw. Formulare importiert und in einem geschützten Raum von internen oder auch externen Partnern bearbeitet. Diese Fassungen der Antragsunterlagen sind vertrauliche Vorfassungen, die erst nach einer abschließenden Qualitätskontrolle in eine endgültige Version überführt werden. Die Kooperationsplattform stellt in dieser Phase Formulare und Antragsunterlagen mit umfangreichen Importschnittstellen zur Verfügung. Darüber hinaus sind die verschiedenen Elemente der Antragsunterlagen intelligent miteinander verlinkt, so dass neben Fristerinnerungen auch ein Änderungs- und Versionsmanagement möglich ist. Wird ein Vorgang von einem Unternehmen bereits zum wiederholten Mal durchgeführt, kann es auf eine private Bibliothek von vorangegangenen Antragsunterlagen zugreifen und wieder verwendbare Elemente importieren.

Im Moment der Antragseinreichung werden die Antragsunterlagen in gemeinsames Material überführt, das nun von Behördenseite gelesen und bearbeitet werden kann. Diese Übergabe wird durch entsprechende Transaktionsprotokolle (Zeitstempel, Vorgangsnummer) dokumentiert. Für die Übergabe stellt die Kooperationsplattform Upload-Mechanismen, Konvertierungswerkzeuge und Plausibilitätskontrollen zur Verfügung. Rückmeldungen von Seiten der Behörde bezüglich der Vollständigkeit und Eignung der eingereichten Unterlagen oder auch Nachforderungen werden hier ebenso eingestellt und veranlassen das Unternehmen ggf. dazu, noch einmal Unterlagen vorzubereiten und einzureichen.

Für die Begutachtung der Antragsunterlagen importiert die Behörde die Dokumente in interne Vorgangsbearbeitungssysteme und damit in ihre Koordinationssphäre. Hier werden Arbeitspakete koordiniert und die Bearbeitung gemäß betreffender Verfahrensvorschriften durchgeführt. An festgelegten Meilensteinen werden Statusinformationen generiert, die für das Unternehmen im Nur-Lese-Zugriff zu Verfügung stehen. Werden Mängel an den Antragsunterlagen festgestellt, die durch eine Nachbesserung seitens des Unternehmens behoben werden können, erhält das Unternehmen eine entsprechende Meldung in die gemeinsame Kooperationsphäre.

Im Fall routinemäßiger Konditionalentscheidungen können zahlreiche Teile des Verfahrens automatisiert unterstützt werden. Auf Seiten des Unternehmens ist es u.U. lohnenswert Standardschnittstellen zu entwickeln, die die erforderlichen Daten automatisch in die betreffenden Formulare importieren. Nur eine letzte Qualitätskontrolle und ggf. ergänzende Kommentare müssen nun noch händisch hinzugefügt werden oder können evt. auch aus archivierten erfolgreichen

Anträgen oder Berichten wieder verwendet werden. Nach Freigabe und Unterschrift können die Unterlagen eingereicht werden. Auch auf Behördenseite können in diesen Fällen einige Schritte automatisch durch Plausibilitätskontrollen und Checklisten unterstützt werden.

Anders sieht die Unterstützungssituation im Fall von einzelprojektartigen Behördenkontakten aus. Hier ist für Unternehmen in erster Linie die Unterstützung durch Formulare und Ablaufdokumentation wichtig sowie Illustration von Lösungswegen anhand von Beispieldokumenten und Ausfüllhilfen. Die flexible Integration von internen und externen Projektmitgliedern muss ebenso gewährleistet sein wie ein verlässliches Versionsmanagement und eine Koordinationsunterstützung. In diesen Fällen wird die elektronische Kooperation in großem Umfang unterstützt durch persönliche Interaktion von Ansprechpartnern auf Unternehmens- und Behörden-seite. Dafür sind Kontaktdaten zu Ansprechpartnern wichtig und ggf. auch die Kontaktvermittlung zu spezialisierten Dienstleistern dieses Themenbereichs.

## **5 Zusammenfassung**

Das Konzept des prozessorientierten eGovernment hat sich als sehr geeignet erwiesen, den Unterstützungsbedarf von Unternehmen in verschiedenen Unternehmenslagen zu untersuchen. Mit Merkmalen wie Entscheidungscharakter oder Routinegrad sind Unternehmenslagen weiter zu präzisieren, um den verschiedenen Gegebenheiten von Behördenkontakten gerecht zu werden.

Die Zurückhaltung vieler Unternehmen gegenüber eGovernment zeigt sich augenblicklich in der eher vorsichtigen Akzeptanz bestehender B2G-Angebote. Angesichts des hohen Verbreitungsgrades von eBusiness-Lösungen für die unterschiedlichsten Geschäftsbereiche und Branchen überrascht dieser Befund zunächst. Bislang werden allerdings die verschiedenen Phasen und Koordinationssphären im Laufe einer Behördeninteraktion nicht oder nur unzureichend in eGovernment-Lösungen berücksichtigt. Dieser Mangel führt dazu, dass vorhandene Lösungen sich entweder auf die Phase der Übergabe von Antragsdokumenten beschränken und der erzielte Effekt überschaubar bleibt, oder dass vorschnelle Automatisierungsversuche auf Unternehmensseite Befürchtungen hinsichtlich der Vertraulichkeit und Beherrschbarkeit der eigenen Daten hervorrufen.

Die dargestellten Merkmale von Unternehmenslagen sind das Ergebnis einer explorativen Untersuchung und bieten eine Hilfestellung zur Beschreibung des eGovernment-Unterstützungsbedarfs von Unternehmen. Die Konkretisierung der Merkmale für verschiedene Unternehmens-



typen (Branche, Größe) sowie die Klassifikation von Verwaltungsleistungen entsprechend des resultierenden Schemas sind Aufgaben zukünftiger Forschung. Auf der Basis dieser Ergebnisse kann das entwickelte Schema einer Kooperationsplattform weiter ausgearbeitet und schließlich als Grundlage für prozessorientiertes eGovernment-Design genutzt werden.

## Literaturverzeichnis

- [Abfa06] Abfallmanagement AG: ZEDAL - Leistungsumfang.  
<http://www.zedal.de/index.php?id=60>, Abruf am: 06.11.2006.
- [BeBu03] BearingPoint; Bundesministerium des Innern (2003). Elektronische Abwicklung von Geschäftsprozessen der Verwaltung mit der Wirtschaft. o.O.
- [BrGi02] Brücher, H.; Gisler, M.: E-Government – von den Grundlagen zur Anwendung. In: HMD (2002) 226, S. 5-19.
- [Enge00] Engel, A.: Einführung der IT-gestützten Vorgangsbearbeitung - Strategien für die öffentliche Verwaltung. In: Reiner mann, H. (Hrsg.): Regieren und Verwalten im Informationszeitalter. R.v.Decker, Heidelberg 2000, S. 391-413.
- [Fuch88] Fuchs, E.: Entscheidungen in großen Verwaltungen bei unvollständiger Information. In: Grimmer, K. (Hrsg.): Informatisierung wenig strukturierter Verwaltungsaufgaben. Gesamthochschul-Bibliothek, Kassel 1988, S. 13-22.
- [InDD02] Institute of Electronic Business; DIHK; DE-CODA (Hrsg.): E-Government B2G: Anforderungen der deutschen Wirtschaft.  
[http://www.dihk.de/inhalt/themen/branchen/information\\_kommunikation/egovernment/egovernmentstudie.pdf](http://www.dihk.de/inhalt/themen/branchen/information_kommunikation/egovernment/egovernmentstudie.pdf), Abruf am: 13.08.
- [Inst02] Institut für Mittelstandsforschung: Mittelstand - Definition und Schlüsselzahlen.  
<http://www.ifm-bonn.org/index.htm?/dienste/definition.htm>, Abruf am: 07.11.2006.
- [KnIn04] KnowLogy Solutions AG; Institute of Electronic Business (2004). Modellprojekt „Wirtschaftsorientierte Verwaltungsservices“. Berlin.

- [Lee05] Lee, D.H.-D.: Contextual IT Business Value and Barriers: an E-Government and E-Business Perspective. In: Sprague, R.H. (Hrsg.): 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences 2005. Big Island, Hawaii.
- [Lenk02] Lenk, K.: Notwendige Revisionen des Geschäftsprozessdenkens. In: Wimmer, M. (Hrsg.): eGov-Day 2002. Wien.
- [LeTr01] Lenk, K.; Traummüller, R.: Electronic Government - ein Wegweiser. In: Computer kommunikativ 4 (2001), S. 15-18.
- [o.A.02] o.A. (2002). Survey on eGovernment Services to Enterprises: European Commission.
- [o.A.06a] o.A.: eBusiness gewinnt für Unternehmen an Bedeutung. <http://www.pressebox.de/pressemeldungen/bitkom-ev/boxid-66797.html>, Abruf am: 12.07.2006.
- [o.A.06b] o.A.: eGovernment kann Standortfaktor werden. <http://www.netzeitung.de/internet/416159.html>, Abruf am: 12.07.2006.
- [PiRe85] Picot, A.; Reichwald, R.: Bürokommunikation - Leitsätze für den Anwender. 2. Aufl., CW-Publ., München 1985.
- [SchHä01] Schubert, P.; Häusler, U.: E-Government meets e-business: a portal site for startup companies in switzerland. In: (Hrsg.): Hawai'i International Conference On System Sciences, HICSS 2001. Maui. Hawaii.
- [Tsch96] Tschamler, H.: Wissenschaftstheorie: Eine Einführung für Pädagogen. Klinkhardt, Bad Heilbrunn 1996.
- [WoKr05] Wolf, P.; Krcmar, H.: Prozessorientierte Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für E-Government. In: Wirtschaftsinformatik 47 (2005) 5, S. 337-346.
- [Zerb00] Zerbe, S.: Globale Teams. Gabler, Wiesbaden 2000.

# Zahlungsbereitschaft für elektronische Signaturen

Heiko Roßnagel, Oliver Hinz

Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt  
60054 Frankfurt am Main  
heiko.rossnagel@m-lehrstuhl.de  
oliver.hinz@wiwi.uni-frankfurt.de

## Abstract

Eine zentrale Voraussetzung für E-Government ist die Möglichkeit, rechtssichere Willenserklärungen auch elektronisch abzugeben. Daher hat der Gesetzgeber mit dem Signaturgesetz und der Signaturverordnung bereits vor Jahren einen entsprechenden Rechtsrahmen geschaffen. Dennoch ist es bisher nicht gelungen, einen funktionierenden Markt für Signaturanwendungen bzw. Zertifizierungsdienstleistungen zu schaffen. Ein Grund für die schleppende Verbreitung von elektronischen Signaturen und somit ein zentrales Hemmnis der Verwaltungsmodernisierung dürfte in den hohen Preisen für Zertifizierungsdienstleistungen zu finden sein. Mit diesem Beitrag versuchen wir auf Basis einer empirischen Studie, die Zahlungsbereitschaft für elektronische Signaturen zu ermitteln und sie den aktuellen Marktpreisen gegenüberzustellen.

## 1 Einleitung

Mit dem Übergang von der papierbasierten Akte hin zur elektronischen Akte ergeben sich im E-Government enorme finanzielle Einsparpotentiale [KPBU01]. Traditionelle Vorgangs- und Dokumentenbearbeitungen werden durch die Integration von Workflow- und Dokumentenmanagementsystemen zur elektronischen Abwicklung von Verwaltungsprozessen verdrängt. Um aber das volle Einsparpotential von E-Government abzurufen, ist es unumgänglich, dass Willens- und Wissenserklärungen rechtssicher auf elektronischem Weg abgegeben und dokumentiert werden können [Roßn03a]. Hierfür hat der Gesetzgeber mit Signaturgesetz [Deut01a] und Signaturverordnung [Deut01b] einen geeigneten Rechtsrahmen

geschaffen. Mit Hilfe qualifizierter elektronischer Signaturen ist es möglich, elektronische Willenserklärungen abzugeben, die in ihrer Rechtswirkung handschriftlich unterschriebenen Erklärungen gleichgestellt sind [Roßn03a].

Seit Jahren sind nun die technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für qualifizierte elektronische Signaturen vorhanden. Dennoch ist es bisher nicht gelungen, einen funktionierenden Markt für Signaturanwendungen bzw. Zertifizierungsdienstleistungen zu schaffen [FrRo05]. Bisher wurden in Deutschland gerade einmal etwa 30.000 Zertifikate für qualifizierte elektronische Signaturen ausgestellt [Siet04]. Da die qualifizierte elektronische Signatur Netzeffekten unterliegt, steigt ihr Nutzen überproportional mit der Anzahl der Nutzer. Die qualifizierte elektronische Signatur wird sich nur dann durchsetzen, wenn eine hinreichende Anzahl der Nutzer sie regelmäßig verwendet [KPBU01]. Bleibt dies aus, so entsteht ein ungünstiges Kosten-/Nutzenverhältnis [LiRo05], und es entsteht ein Verhinderungskreislauf [Lamb03]. Um die möglichen Einsparpotentiale im E-Government zu realisieren, sind aber ein hoher Verbreitungsgrad von Signaturerstellungseinheiten und eine Partizipation der einzelnen Bürger notwendig [KPBU01]. Daher wäre es wünschenswert, dieses Hemmnis der Verwaltungsmodernisierung zu beseitigen.

Als ein Grund für die bisher geringe Verbreitung von qualifizierten elektronischen Signaturen werden häufig die hohen Preise für Zertifizierungsdienstleistungen genannt [LiRo05] [FrRo05] [Schr05] [HoRo04] [Büge06] [Leis06] [BüEK04]. Jedoch sind uns keine Untersuchungen zur Zahlungsbereitschaft von potenziellen Nutzern der elektronischen Signatur bekannt. Diese Lücke möchten wir mit diesem Beitrag schließen.

Hierfür werden zunächst in Abschnitt 2 die Marktteilnehmer und ihre Bepreisungsmodelle beschrieben. In Abschnitt 3 wird dann die Methodik unserer empirischen Studie dargestellt. Die Ergebnisse der Studie werden dann in Abschnitt 4 vorgestellt und in Abschnitt 5 ausführlich diskutiert.

## **2 Aktuelle Marktsituation**

### **2.1 Marktteilnehmer**

Derzeit gibt es in Deutschland 24 akkreditierte Zertifizierungsdiensteanbieter, allerdings bieten viele nur branchenspezifische Lösungen an. Unter den Anbietern sind neun

Steuerberaterkammern, sechs Rechtsanwaltskammern, die Bundesnotarkammer und die Wirtschaftsprüfkammer. Bei der folgenden Analyse liegt der Fokus auf den großen Zertifizierungsdiensteanbietern. Daher werden in Tabelle 1 nur die nicht auf spezielle Berufsgruppen spezialisierten Zertifizierungsdienstleister berücksichtigt

	Privatanwender	Unternehmen / Behörden
AuthentiDate International AG	0	✓
Deutsche Post Signtrust GmbH	✓	✓
D-Trust GmbH	✓	✓
TC TrustCenter AG	0	✓
T-TeleSec	✓	✓

Tabelle 1: Das Angebot an personalisierten Chipkarten auf dem Markt

Es werden sowohl für Privatanwender als auch für Unternehmen und Behörden personalisierte Chipkarten angeboten. Die AuthentiDate International AG hat sich allerdings mit ihren Komplettlösungen auf Geschäftskunden spezialisiert. Die TC TrustCenter AG bietet für Privatanwender nur ein Demo-Zertifikat an. Der Fokus der Unternehmen liegt auf der Gewinnung von Geschäftskunden [LiRo05].

## 2.2 Preisstrategie

Tabelle 2 zeigt die aktuellen Preise für das Ausstellen einer signaturgesetzkonformen personalisierten Chipkarte zur Erzeugung qualifizierter elektronischer Signaturen.

	Ausstellung des Zertifikates	Jährliche Grundgebühr	Summe für 2-jährige Nutzung
D-Trust GmbH	41 €	29 €	<b>99 €</b>
Deutsche Post Signtrust GmbH	0 €	39 €	<b>78 €</b>
TC TrustCenter AG	8 €	62 €	<b>132 €<sup>1</sup></b>
T-TeleSec	23,57 €	42,95 €	<b>109,47 €</b>

Tabelle 2: Preise für eine personalisierte Chipkarte<sup>2</sup>

Bei allen Unternehmen müssen die Kunden eine jährliche Grundgebühr unabhängig von der Nutzungsintensität der Karte entrichten. Ein zusätzliches Entgelt für eine Zertifikatsüberprüfung oder ähnliches fällt nicht an [LiRo05].

Entscheidet sich ein Kunde für die Anschaffung einer personalisierten Chipkarte, kann er sich nicht zwischen verschiedenen Tarifen entscheiden. Dabei gibt es unterschiedliche

<sup>1</sup> Dieses Angebot richtet sich ausschließlich an Geschäftskunden.

<sup>2</sup> Alle Preise verstehen sich zuzüglich MwSt.

Marktsegmente, die ganz unterschiedliche Verwendungsprofile haben. Dies wurde bei der Preisfestsetzung überhaupt nicht berücksichtigt. Vor allem fehlt ein attraktives Einstiegsangebot, um ganz gezielt neue Privatkunden zu gewinnen [Roßn06]. In [LiRo05] wurde daher ein alternatives Preissystem vorgestellt, in dem eine Aufteilung der Kosten zwischen der Signaturerstellung und der Signaturprüfung über die Erhebung einer geringeren Grundgebühr für den Signierenden und über die transaktionsbasierte Abrechnung der Signaturprüfung stattfindet. Bis heute hat aber keiner der Zertifizierungsdienstleister sein Angebot angepasst.

### **3 Methodik der Untersuchung**

#### **3.1 Ermittlung der Zahlungsbereitschaften**

Für die optimale Preispolitik eines Unternehmens ist es unerlässlich, möglichst genau die Zahlungsbereitschaften von Konsumenten für Produkte zu kennen. Die Zahlungsbereitschaft ist dabei als der Preis definiert, den ein Konsument maximal zu zahlen bereit ist [SkRe99]. Dabei gilt als Annahme, dass die Zahlungsbereitschaft für ein Produkt positiv mit der Präferenz des Konsumenten für dieses Produkt korreliert ist. Zur Ermittlung von Präferenzen gilt die Conjoint-Analyse als das bekannteste Verfahren [BaBr04]. Allen Varianten der Conjoint-Analyse liegt die Annahme zugrunde, dass das Produkt, das der Konsument am meisten bevorzugt, ihm auch gleichzeitig beim Konsum den größten Nutzen stiftet. Zusätzlich wird angenommen, dass der Gesamtnutzen eines Produkts sich aus der Summe der Teilnutzen der einzelnen Produkteigenschaften ergibt.

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Conjoint-Varianten und –Modifikationen wie z. B. die Adaptive Conjoint- [John87], die Limit-Conjoint- [VoHa98] und die Choice-Based Conjoint (CBC)-Analyse [LoWo83].

In der traditionellen Conjoint-Analyse bringen die Konsumenten unterschiedliche Produkte in eine Rangfolge oder bewerten diese anhand einer Skala. Allen Conjoint-Varianten ist gemeinsam, dass die Bewertungen der Befragten sich auf das ganzheitliche Produkt beziehen. Durch diese Vorgehensweise entspricht die Conjoint- Analyse in hohem Maße dem tatsächlichen Bewertungsprozess einer realen Kaufsituation, in der der Konsument ebenfalls mit ganzheitlichen Produkten konfrontiert ist. Bei der Auswertung werden diese Bewertungen

allerdings auf die Eigenschaften und deren Ausprägungen umgerechnet. Dieser dekompositionelle Ansatz beruht auf der Grundannahme, dass sich der Gesamtnutzen eines Produkts linear additiv aus den Nutzenbeiträgen der einzelnen Eigenschaftsausprägungen ergibt. Der resultierende Gesamtnutzen spiegelt so die unterstellten Bewertungen der Konsumenten intervallskaliert wider und so können Nutzenunterschiede zwischen verschiedenen Eigenschaftsausprägungen und Produkten ermittelt werden. Es werden Nutzen für Eigenschaftsausprägungen geschätzt, die dann zu Gesamtnutzenwerten aggregiert werden. Die Teilnutzenwerte werden so geschätzt, dass Gesamtnutzenwerte die tatsächliche Präferenzrangfolge oder Auswahlentscheidung bestmöglich abbilden. [Srin82] zeigte bereits, dass diese Nutzenunterschiede durch eine Normierung der Abstände in Geldeinheiten umgerechnet werden können, so dass dadurch die Zahlungsbereitschaft für die Veränderung einer Eigenschaftsausprägung errechnet werden kann. Allerdings ist es nicht möglich, die Zahlungsbereitschaft für ein Produkt zu ermitteln, da die Nutzenfunktion intervallskaliert ist und über keinen Nullpunkt verfügt. [Srin82] zeigte also eine Möglichkeit auf, wie Veränderungen des Produktdesigns auf die Zahlungsbereitschaft in monetären Einheiten wirkt, aber letztlich konnte keine Aussage darüber getroffen werden, ob ein Konsument ein vorgegebenes Produkt kauft oder nicht.

[GeST06] greifen die Idee von [Srin82] wieder auf und benutzen die Choice-Based Conjoint-Analyse, um diese Unzulänglichkeit zu heilen, da bei der CBC die Bestimmung eines Nullpunkts möglich ist. CBC gilt mittlerweile als die am häufigsten eingesetzte Variante der Conjoint-Analyse [HaSa02]. Bei der CBC werden den Konsumenten eine Menge an Produkten – so genannte Choice Sets – vorgelegt, und diese müssen sich dann für eines der Produkte entscheiden. Optional können die Choice-Sets auch eine Nichtkauf-Option enthalten, die der Konsument wählen kann, wenn ihm keines der Produkte zusagt. Auf diese Weise ist es möglich, eine Aussage darüber zu machen, welche Produkte der Konsument kaufen würde und welche nicht. Allerdings enthalten diese Auswahlentscheidungen weniger Informationen als die Bewertungen anhand einer Skala. Daher konnten die Nutzenfunktionen der CBC-Analyse lange Zeit nicht konsumentenindividuell geschätzt werden, sondern mussten aggregiert geschätzt werden [LoWo83]. Erst mit dem Latent Class-Verfahren war es möglich, die Heterogenität der Präferenzen der Konsumenten abzubilden und damit Schätzungen auf Segment-Ebene durchzuführen.

Dabei wird zur Schätzung der individuellen Nutzenfunktion die Informationen, die die Wahl der Nichtkauf-Option ermöglichen, zur Bestimmung des Nullpunkts in der intervallskalierten Nutzenfunktion des Konsumenten herangezogen, so dass dadurch ratioskalierte Zahlungsbereitschaften errechnet werden können. Als weiterer Vorteil der CBC gilt, dass die Auswahl-situation im Vergleich zur traditionellen Conjoint-Analyse realistischer dargestellt wird und so eine höhere externe Validität erreicht wird [LoWo83].

Daher halten wir das Verfahren, Zahlungsbereitschaften mithilfe der Choice-Based Conjoint zu bestimmen, für eine geeignete Methode, um die Zahlungsbereitschaften für elektronische Signaturen zu ermitteln. Genaue Informationen zur Methode finden sich in [GeST06]. Wir wenden dieses Verfahren auf unsere Fragestellung entsprechend in einer empirischen Studie an, die im folgenden Kapitel beschrieben wird.

### **3.2 Aufbau der empirischen Studie**

Um bestimmte Segmente und deren Zahlungsbereitschaft zu ermitteln, entwickelten wir einen Fragebogen, der neben demographischen und psychographischen Daten insgesamt 12 Choice-Sets plus ein Holdout-Set enthielt. Jedes Choice-Set enthielt drei Wahlmöglichkeiten und eine Nichtkauf-Option. Als Eigenschaften wurden das Signaturniveau, die Form des Gerätes, auf der die Signatur gespeichert werden kann, und die Einsatzmöglichkeit der Signatur gewählt. Mit der ersten Eigenschaft, dem Signaturniveau, sollte überprüft werden, ob für die unterschiedlichen Sicherheitsstufen und die damit verknüpften unterschiedlichen Rechtsfolgen [Roßn02] auch eine unterschiedliche Zahlungsbereitschaft vorhanden ist. Insbesondere da in Verbindung mit qualifizierten und akkreditierten Signaturen häufig von einer Überregulierung gesprochen wird [Lamb03], soll diese Untersuchung zeigen, ob potenzielle Kunden bereit sind, für die gegenüber der fortgeschrittenen Signatur [Roßn03b] höheren Anforderungen und Rechtsfolgen auch höhere Preise zu bezahlen.

Die zweite Eigenschaft beschreibt die Form des Gerätes. Auch hier standen drei unterschiedliche Geräteformen zur Wahl. Zum einen die bisher erhältliche Lösung mit einem an den PC anzuschließenden Chipkartenleser und der dazugehörigen Signaturkarte, die das geringste Maß an Mobilität ermöglicht. Auf der anderen Seite wurde eine Geräteform angeboten, bei der die Signaturerstellung mit Hilfe des eigenen Mobiltelefons erfolgen kann [Roßn04] und somit das höchste Maß an Mobilität erlaubt. Dazwischen befindet sich die dritte Geräteform in Form eines USB Sticks. Mit der Eigenschaft der Geräteform sollte überprüft



werden, wie wichtig den potenziellen Kunden die mobilen Einsatzmöglichkeiten sind und wie diese bepreist werden können.

Da bisher kaum Anwendungen für die elektronische Signatur außerhalb des E-Government vorhanden sind, dient die dritte Eigenschaft dazu, zu ermitteln, inwieweit sich dieses begrenzte Einsatzgebiet negativ auf die Zahlungsbereitschaft der potenziellen Kunden auswirkt.

Tabelle 3 enthält eine detaillierte Auflistung der Eigenschaften und der Eigenschaftsausprägung. Aus diesen Vorgaben ermittelten wir mit Sawtooth ein effizientes Design, das wir schließlich in unser Online-Fragebogen-Tool integrierten. Bei Sawtooth handelt es sich um eines der meist genutzten Tools zur Erstellung von optimalen Conjoint Designs (siehe [Sawt2006] für weitere Informationen).

<b>Eigenschaft</b>	<b>Eigenschaftsausprägung</b>	<b>Beschreibung der Eigenschaft</b>
<b>Signaturniveau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortgeschrittene Signatur</li> <li>• Qualifizierte Signatur</li> <li>• Akkreditierte Signatur</li> </ul>	Sicherheitsstufe der eingesetzten Signatur
<b>Geräteform</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobiltelefon mit Signaturfunktionalität</li> <li>• PC mit Chipkartenleser</li> <li>• Kartenleser als USB Stick</li> </ul>	Bevorzugte Geräteform auf der sich die elektronische Signatur befinden soll
<b>Einsatzgebiet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur E-Government</li> <li>• E-Government und E-Commerce</li> <li>• E-Government, E-Commerce und private Kommunikation</li> </ul>	Gültiges Einsatzgebiet
<b>Preis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 EUR pro Jahr</li> <li>• 10 EUR pro Jahr</li> <li>• 15 EUR pro Jahr</li> <li>• 25 EUR pro Jahr</li> <li>• 50 EUR pro Jahr</li> </ul>	Preis für die elektronische Signatur

Tabelle 3: Eigenschaften und Eigenschaftsausprägungen der Choice-Sets

Abb. 1 zeigt eine typische Auswahlentscheidung in Form eines Choice-Sets, vor die die Teilnehmer der Studie gestellt wurden. Der Fragebogen war vom 14.02.2006 bis zum 02.05.2006 im Internet zugänglich und wurde über verschiedene Kanäle beworben. Die Teilnehmer der Studie hatten Aussicht auf den Gewinn eines DVD-Players und mehrerer Amazon-Gutscheine.

Bitte wählen Sie die von Ihnen bevorzugte Kombination				
Signaturniveau	Fortgeschrittene Signatur	Qualifizierte Signatur	Akkreditierte Signatur	Ich würde keine dieser Signaturen wählen
Geräteform	Kartenleser als USB-Stick	Mobiltelefon mit Signaturfunktionalität	PC mit Chipkartenleser	
Einsatzgebiet	E-Government und E-Commerce	Nur E-Government	E-Government, E-Commerce und private Kommunikation	
Preis	25 Euro pro Jahr	50 Euro pro Jahr	5 Euro pro Jahr	
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abb. 1: Auswahlentscheidung im Fragebogen

Mithilfe der Daten konnten wir sowohl verschiedene Segmente ermitteln als auch eine Schätzung der Zahlungsbereitschaften durchführen. Diese Ergebnisse sind im folgenden Kapitel wiedergegeben. Ferner ist es möglich, anhand der demographischen und psychographischen Daten Aussagen darüber zu machen, welche Charaktereigenschaften besonders auf die Zahlungsbereitschaft wirken, und so die Segmente genauer zu beschreiben. Diese Ergebnisse sind allerdings nicht Teil dieser Arbeit.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Ergebnisse

Durch die Umfrage erhielten wir 238 vollständige Antworten. Auf eine Auswertung der psychographischen Daten, die solche Faktoren wie Vertrauen, Fortschrittlichkeit und Sicherheitsbedenken beinhalten, sei an dieser Stelle verzichtet, da sie sich vom Thema dieser Arbeit zu weit entfernen. Insgesamt war der Großteil der Teilnehmer überdurchschnittlich gebildet (91,9% mit Abitur oder Hochschulabschluss) und männlich (74,4%).

Das Durchschnittsalter lag bei 28,5 Jahren, und ca. 47,9% der Teilnehmer waren Studenten, so dass mit ziemlicher Sicherheit gesagt werden kann, dass das vorliegende Sample nicht repräsentativ ist. Allerdings halten wir die Ergebnisse dennoch für wertvoll, da gerade die in unseren Daten vorherrschende Gruppe durchaus als Interessent für elektronische Signaturen gilt

[KPBU01]. Hochgerechnet auf die Gesamtbevölkerung sollte das Interesse deutlich niedriger liegen als in unserem Sample.

Insgesamt waren die Teilnehmer auch recht aktiv beim E-Mail-Verkehr. So gaben 65,1% an, dass sie mehr als 5 E-Mails am Tag versenden, so dass wir davon ausgehen können, dass die Teilnehmer zumindest potenzielles Interesse an einer elektronischen Signatur haben könnten. Allerdings wiegen Konsumenten den Nutzen und die Kosten von Produkten bzw. Dienstleistungen gegeneinander ab. Dieser Überlegung wird besonders bei der Choice-Based Conjoint Rechnung getragen, da dem Konsumenten drei Auswahlentscheidungen mit den jeweiligen Kosten präsentiert werden und zusätzlich die Möglichkeit eines Nichtkaufs besteht. Mit Hilfe des Verfahrens von [GeST06] kann dann auf Segmente und deren Zahlungsbereitschaft geschlossen werden. Zusätzlich ist es möglich, optimale Produkte für die Segmente zu bestimmen und auf diese Art und Weise die Konsumentenrente besser abzuschöpfen bzw. die Allokationseffizienz des Marktes zu erhöhen.

Bei der vorliegenden Umfrage wählten 24 Teilnehmer bei allen vorgelegten Choice-Sets die Nichtkaufoption, so dass wir nur feststellen können, dass ihre Zahlungsbereitschaft unter 5 EUR liegt, wenn nicht sogar gegen 0 EUR tendiert. Auf der anderen Seite des Spektrums gibt es 55 Teilnehmer, die immer eine Wahl getroffen haben, so dass wir über deren maximale Zahlungsbereitschaft keine Aussage treffen können. Die genaue Zahlungsbereitschaft dieser beiden Segmente kann nach der Methode von [GeST06] nicht bestimmt werden, und daher müssen diese Teilnehmer aus dem Sample eliminiert werden, bevor wir die Segmentierung und die Bestimmung der Zahlungsbereitschaft durchführen können. Dadurch wurden auch weitgehend die Teilnehmer eliminiert, die lediglich durch die Gewinnchance zur Teilnahme bewogen wurden und den Fragebogen ohne weiteres Nachdenken beantwortet hatten.

#### **4.2 Schätzung der Zahlungsbereitschaft**

Die Schätzung der Parameter erfolgt mit der Latent Class Choice-Based Conjoint-Analyse, die Lösungen für zwei bis zehn Segmente betrachtet, um die optimale Anzahl der Segmente zu bestimmen. Als Entscheidungskriterien werden das Consistent Akaike Informationskriterium (CAIC) und die Entropy (Trennschärfe) der Segmente herangezogen. Darauf aufbauend werden die individuellen Parameter geschätzt.

Die Analyse ergibt eine optimale Anzahl von drei zusätzlichen Segmenten, die sich sowohl in ihrer Zahlungsbereitschaft als auch in ihrer Präferenz für die Eigenschaftsausprägungen unterscheiden. Die Prognosevalidität beträgt 67,9% und kann somit als gut eingestuft werden,

da sich bei einer rein zufälligen Auswahl bei drei Choice-Sets plus Nichtwahl-Option nur eine Wahrscheinlichkeit von 25% ergäbe [Hens00].

Die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft aller Segmente für eine akkreditierte Signatur, die über einen PC-Kartenleser verfügbar gemacht wird und sowohl für E-Commerce als auch für E-Government und private Kommunikation genutzt werden kann, liegt bei 21,57 EUR pro Jahr. Damit liegt sie bei etwa der Hälfte des aktuell günstigsten angebotenen Preises.

Allen Segmenten ist gemein, dass sie eine Signatur bevorzugen, die für alle drei Bereiche, Electronic Government, Electronic Commerce als auch private Kommunikation, geeignet ist. Dieses Ergebnis war zu erwarten und kann als erstes – wenn auch schwaches – Gütekriterium der Schätzung angesehen werden. Auch der Preis hat für alle Segmente erwartungsgemäß einen negativen Nutzen, allerdings ist Segment 1 nicht so preissensitiv wie die beiden anderen. In den weiteren Eigenschaftsausprägungen unterscheiden sich die Segmente deutlich. Tabelle 4 zeigt die Nutzen für die einzelnen Segmente.

	akkreditiert	qualifiziert	fortgeschritten	Chipkartenleser	USB-Stick	Mobiltelefon	E-Gov	E-Gov & E-Com	E-Gov & E-Com & privat	Preis
Segment1	<b>0,11</b>	0,07	-0,17	0,36	<b>0,42</b>	-0,78	-0,53	-0,05	<b>0,58</b>	-0,04
Segment2	<b>0,96</b>	0,23	-1,19	-0,03	-0,52	<b>0,55</b>	-1,59	0,27	<b>1,32</b>	-0,10
Segment3	0,09	<b>0,26</b>	-0,34	0,04	-0,21	<b>0,17</b>	-0,67	-0,12	<b>0,79</b>	-0,28

Tabelle 4: Nutzen für die einzelnen Segmente

Aus dieser Tabelle kann für jedes Segment ein optimales Produkt hergeleitet werden. Segment 1 und Segment 2 bevorzugen eine akkreditierte Signatur, während Segment 3 eine qualifizierte Signatur bevorzugt. Segment 2 und Segment 3 haben den höchsten Nutzen für eine Signatur, die ein Mobilfunktelefon als Signaturerstellungseinheit verwendet, während Segment 1 einen USB-Stick als Trägermedium bevorzugt. Kann allerdings nur ein Produkt zur Verfügung gestellt werden, so sollte die elektronische Signatur mit einer Chipkarte als Trägermedium verwendet werden, da diese Eigenschaftsausprägung von allen Segmenten weitgehend akzeptiert wird.

Für alle Segmente ist es äußerst wichtig, dass die elektronische Signatur für alle Bereiche eingesetzt werden kann, wie an den erheblichen Nutzenunterschieden deutlich wird.

Aus den Nutzenwerten kann über den Nullpunkt in Form der Nichtwahl-Option die Zahlungsbereitschaft in monetären Werten errechnet werden. Tabelle 5 gibt für jedes Segment

die optimale Produktausgestaltung an und die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft des Segments für dieses Produkt. Ebenso zeigt diese Tabelle auch, dass die Segmente ungefähr gleich groß sind.

	<b>Optimales Produkt</b>	<b>Durchschnittliche Zahlungsbereitschaft</b>	<b>Segmentgröße</b>
<b>Segment 1</b>	Akkreditiert, USB-Stick, universell einsetzbar	28,27 EUR / Jahr	55
<b>Segment 2</b>	Akkreditiert, Mobilfunktelefon, universell einsetzbar	33,62 EUR / Jahr	53
<b>Segment 3</b>	Qualifiziert, Mobilfunktelefon, universell einsetzbar	8,63 EUR / Jahr	51

Tabelle 5: Segment-optimale Produkte und die entsprechende Zahlungsbereitschaft der Segmente

Deutlich wird, dass es offenbar ein sehr preissensitives Segment gibt, dem eine qualifizierte Signatur genügt, aber auch nur eine durchschnittliche Zahlungsbereitschaft von 8,63 EUR pro Jahr hat. Die beiden anderen Segmente 1 und 2 unterscheiden sich lediglich in der bevorzugten Form des Speichermediums.

Zurzeit gibt es allerdings kaum Anwendungen für elektronische Signaturen außerhalb des Electronic Government. Untersucht man demnach die Zahlungsbereitschaften für elektronische Signaturen, die ausschließlich für das E-Government geeignet sind, so wird schnell deutlich, dass die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft für alle drei Segmente unter 5 EUR pro Jahr liegt. Daher folgt, dass E-Government als Signaturanwendung alleine wohl kaum zu einem flächendeckenden Einsatz der elektronischen Signatur führen wird.

## 5 Diskussion

In unserer Studie haben wir gezeigt, dass für akkreditierte und qualifizierte elektronische Signaturen durchaus eine nennenswerte Zahlungsbereitschaft vorhanden ist. Allerdings besteht eine Diskrepanz zwischen den in Kapitel 2.2 vorgestellten Preisen und der ermittelten Zahlungsbereitschaft. Die Preise der Zertifizierungsdienstleister orientieren sich aber bisher ausschließlich an den eigenen Kosten [Leis06].

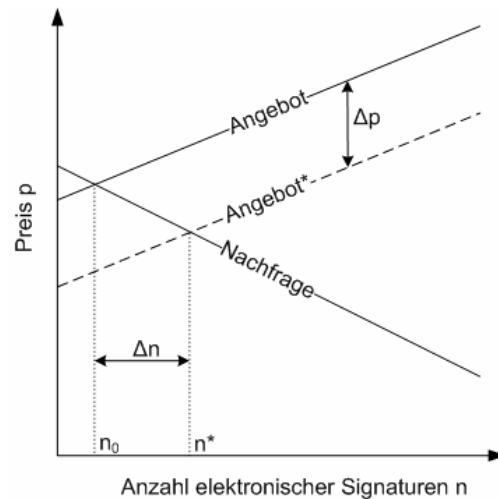


Abb. 2: Angebots- und Nachfragekurve

Wie Abbildung 2 zeigt, treffen sich Angebots- und Nachfragekurve zurzeit bei einem sehr niedrigen  $n_0$ . Eine Parallelverschiebung der Angebotskurve nach *Angebot\** durch eine Kostensenkung führt zu einer Erhöhung der Anzahl von Signaturerstellungseinheiten um  $\Delta n = n^* - n_0$ .

Der Argumentation von [SMRG05] folgend ergebe sich durch diese Kostenreduktion und die damit verbundene Nachfragesteigerung durch Netzeffekte auf der Anwenderseite auch gleichzeitig ein größerer Gesamtnutzen, der wiederum zu niedrigeren Kosten führen kann (siehe Abb. 3). Wir halten es daher speziell für das E-Government für unabdingbar, dass eine Preissenkung notwendig ist und eine Subventionierungsstrategie erforderlich ist, um dieses Hemmnis der Verwaltungsmodernisierung zu beseitigen. Diese Subventionierung könnte auf lange Sicht zu enormen Einsparpotentialen im E-Government führen [KPBU01] und letztendlich auch einen wirtschaftlichen Betrieb der Zertifizierungsdienstleister ermöglichen [LiRo05]. Häufig wird gefordert, dass daher der Staat in Vorleistung gehen soll, um die kritische Masse an Benutzern zu erreichen [VonB06] [Leis06]. Auf der anderen Seite kann man auch aus betriebswissenschaftlicher Sicht argumentieren, dass die Unternehmen selbst höchstes Interesse daran haben sollten, aus eigener Kraft profitabel zu werden [LiRo05].

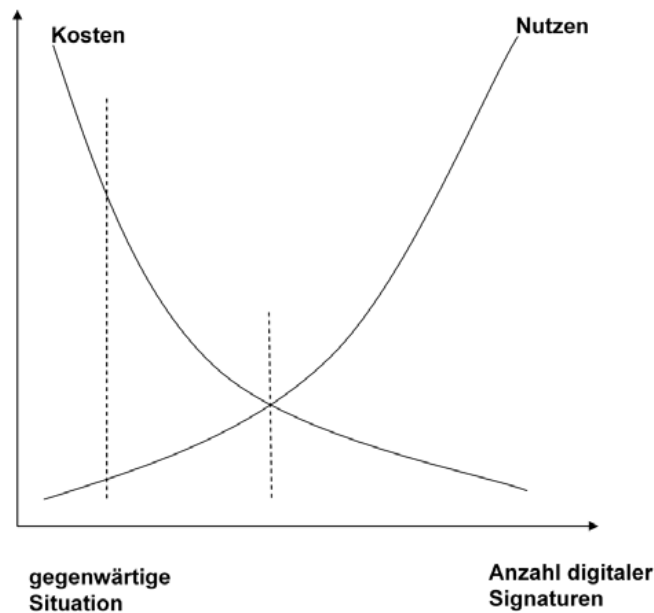


Abb. 3: Kosten-Nutzen-Relation elektronischer Signaturen in Abhängigkeit der Verbreitung [SMRG05]

Wie unsere Nutzenanalyse in Tabelle 4 gezeigt hat, kann E-Government alleine kein ausreichend starker Treiber für die Verbreitung der elektronischen Signatur sein. Da die Zahlungsbereitschaft für reine E-Governmentdienstleistungen wesentlich geringer ist, bedarf es offensichtlich weiterer Anwendungen aus dem E-Commerce und dem privaten Umfeld, wie beispielsweise [MuRo06].

Des Weiteren zeigt unsere Analyse, dass Zertifizierungsdienstleister eine Produktdifferenzierungsstrategie verfolgen sollten. Es zeigt sich zum Beispiel, dass mit Segment 3 ein preissensitives Segment vorhanden ist, für das eine qualifizierte Signatur den größten Nutzen aufweist. Die anderen beiden Segmente sind durchaus bereit, einen höheren Betrag zu zahlen, und unterscheiden sich dabei nur in dem bevorzugten Trägermedium. Während das Segment 1 den USB-Stick bevorzugt, wünscht sich Segment 2 das Mobiltelefon als Trägermedium. Interessanterweise ist im Durchschnitt allerdings der Chipkartenleser mit Signaturkarte das am meisten akzeptierte Medium und sollte als Lösung angeboten werden, wenn eine Produktdifferenzierung nicht möglich ist.

Ein weiteres interessantes Ergebnis ist, dass die Nutzer eine wesentlich höhere Zahlungsbereitschaft für akkreditierte und qualifizierte Signaturen im Vergleich zu fortgeschrittenen Signaturen aufweisen. Dies ist insbesondere für das E-Government interessant, da viele E-Government- Anwendungen rechtlich bindende Willenserklärungen erfordern [Kuns04].

## 6 Zusammenfassung

Die geringe Verbreitung von elektronischen Signaturen ist ein zentrales Hemmnis für die Verwaltungsmodernisierung. Ein Grund für die schleppende Verbreitung könnte in den aktuellen Marktpreisen zu finden sein. Daher haben wir in diesem Beitrag mit Hilfe einer empirischen Studie die Zahlungsbereitschaft von potenziellen Kunden für die elektronische Signatur ermittelt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass eine Zahlungsbereitschaft durchaus vorhanden ist, aber deutlich unter den aktuellen Marktpreisen liegt. Weitere Ergebnisse sind, dass die Teilnehmer der Studie qualifizierte und akkreditierte Signaturen gegenüber fortgeschrittenen Signaturen bevorzugen und dass mit einer Produktdifferenzierung einzelne Kundensegmente gezielt angesprochen werden können. Weiterhin bleibt festzuhalten, dass die Zahlungsbereitschaft deutlich sinkt, wenn die Signatur ausschließlich für E-Government-Anwendungen einsetzbar ist.

Einschränkend bleibt festzuhalten, dass unsere Studie nicht repräsentativ ist. Allerdings halten wir die Ergebnisse dennoch für wertvoll, da gerade die in unseren Daten vorherrschende Gruppe durchaus als Interessent für elektronische Signaturen gilt [KPBU01]. Hochgerechnet auf die Gesamtbevölkerung sollte das Interesse deutlich niedriger liegen als in unserem Sample.

## Literaturverzeichnis

- [BaBr04] Backhaus, K.; Brzoka, L.: Conjointanalytische Präferenzmessungen zur Prognose von Preisreaktionen. In: Die Betriebswirtschaft, 64 (2004), S. 39-57.
- [BüEK04] Bürger, M., Esslinger, B., Koy, H.: Das deutsche Signaturlbündnis: Ein pragmatischer Weg zum Aufbau einer interoperablen Sicherheitsinfrastruktur und Applikationslandschaft. In: Datenschutz und Datensicherheit 28, (2004) 3, S. 133-140.
- [Büge06] Bürger, M.: Fünf Thesen zur Regulierung. In M. Fluhr (Hrsg.), Kontaktbehaftet oder kontaktlos: auf jeden Fall Sicherheit. 2006, S. 424-427.
- [Deut01a] Deutscher Bundestag: Gesetz über Rahmenbedingungen für elektronische Signaturen (SigG). 2001. (a)



- [Deut01b] Deutscher Bundestag: Verordnung zur elektronische Signatur (SigV). 2001. (b)
- [FrRo05] Fritsch, L., Roßnagel, H.: Die Krise des Signaturmarktes: Lösungsansätze aus betriebswirtschaftlicher Sicht. In H. Ferderrath (Hrsg.), Sicherheit 2005. Köllen Druck+Verlag GmbH, 2005, S. 315-327.
- [GeST06] Gensler, S.; Skiera, B.; Theysohn, S.: Schätzung von Zahlungsbereitschaften mit der Conjoint-Analyse, Arbeitspapier, Goethe-Universität Frankfurt 2006.
- [HaSa02] Hartmann, A.; Sattler, H.: Commercial Use of Conjoint Analysis in Germany, Austria, and Switzerland, Arbeitspapier, Universität Hamburg 2002.
- [Hens00] Hensel-Börner, S.: Validität computergestützter hybrider Conjoint-Analyse, Wiesbaden 2000.
- [HoRo04] Hornung, G., Roßnagel, A.: Die JobCard: 'Killer-Applikation' für die elektronische Signatur? In: Kommunikation und Recht 7, (2004) 6, S. 263-269.
- [John87] Johnson, R. M.: Adaptive Conjoint Analysis Sawtooth Software Conference on Perceptual Mapping, Conjoint Analysis, and Computer Interviewing. Sawtooth Software Inc., 1987, S. 253–265.
- [KPBu01] KPMG, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Einsatzmöglichkeiten der Elektronischen Signatur in öffentlicher Verwaltung und Wirtschaft: Abschlussbericht, Berlin, 2001.
- [Kuns04] Kunstein, F.: Die elektronische Signatur als Baustein der elektronischen Verwaltung. Tenea Verlag, Bristol, Berlin 2004.
- [Lamb03] Lamberti, H. J.: Neuansatz für Digitale Signatur: Mit jeder Chipkarte jede Internetanwendung nutzen, In: Die Bank (2003) 3, S. 188-191.
- [Leis06] Leistenschneider, M.: Behördliche Realität degradiert das Signaturgesetz zur Farce. In M. Fluhr (Hrsg.), Kontaktbehaftet oder kontaktlos: auf jeden Fall Sicherheit. 2006, S. 428-431.

- [LiRo05] Lippmann, S., Roßnagel, H.: Geschäftsmodelle für signaturgesetzkonforme Trust Center. In O. K. Ferstl, E. J. Sinz, S. Eckert and T. Isselhorst (Hrsg.), *Wirtschaftsinformatik 2005*. Physica-Verlag, 2005, S. 1167-1187.
- [LoWo83] Louviere, J. J.; Woodworth, G.: Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach Based on Aggregated Data. In: *Journal of Marketing Research*, 20 (1983), S. 350-367.
- [MuRo06] Muntermann, J., Roßnagel, H.: Security Issues and Capabilities of Mobile Brokerage Services and Infrastructures. In: *Journal of Information System Security* 2, (2006) 1, S. 26-41.
- [Roßn02] Roßnagel, A.: Rechtliche Unterschiede von Signaturverfahren. In: *Multimedia und Recht* (2002) S. 215-222.
- [Roßn03a] Roßnagel, A.: Eine konzertierte Aktion für die elektronische Signatur. In: *Multimedia und Recht* (2003) 1, S. 1-2. (a)
- [Roßn03b] Roßnagel, A.: Die fortgeschrittene elektronische Signatur. In: *Multimedia und Recht* (2003) S. 164-170. (b)
- [Roßn04] Roßnagel, H.: Mobile Signatures and Certification on Demand. In S. K. Katsikas, S. Gritzalis and J. Lopez (Hrsg.), *Public Key Infrastructures*. Springer, 2004, S. 274-286.
- [Roßn06] Roßnagel, H.: On Diffusion and Confusion: Why Electronic Signatures Have Failed, in S. Fischer-Hübner, S. Furnell and C. Lambrinoudakis (Hrsg.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Trust, Privacy, and Security in Digital Business (TrustBus 06)*, Springer, 2006, S. 71-80
- [Sawt06] Sawtooth Software: Software for Online Surveys, Conjoint Analysis, and Quantitative Marketing Research. <http://www.sawtoothsoftware.com/>, Abruf am 10.11.2006.
- [Schr05] Schreiber, S.: Die qualifizierte elektronische Signatur: Vertrauensbonus vom Gesetzgeber, Schaffung von Vertrauen bei den Bürgern durch das deutsche

Signaturbündnis?. In O. K. Ferstl, E. J. Sinz, S. Eckert and T. Isselhorst (Hrsg.),  
Wirtschaftsinformatik 2005. Physica-Verlag, 2005, S. 1187-1207.

- [Siet04] Sietmann, R. Chipkarten im Aufwind, c't 2004, S.26-28.
- [SkRe99] Skiera, B.; Revenstorff, I.: Auktionen als Instrument zur Erhebung von Zahlungsbereitschaften. In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 51 (1999), S. 224-242.
- [Srin82] Srinivasan, V.: Comments of the Role of Price in Individual Utility Judgement. In: Sheth, Jadesh (Hrsg.): Choice Models for Buying Behavior, Research in Marketing Supplement 1, Greenwich (Conn.) 1982, S. 81-90.
- [SMRG05] Strasser, M., Müller, G., Roßnagel, A., Gitter, R.: Kosten und Umsetzungsmodelle. In H. Reichl, A. Roßnagel, G. Müller (Hrsg.), Digitaler Personalausweis. Deutscher Universitäts-Verlag, 2005, S. 243-280.
- [VoHa98] Voeth, M.; Hahn, C.: Limit Conjoint-Analyse. In: Marketing – Zeitschrift für Forschung und Praxis, 20 (1998), S. 119-132.
- [VonB06] von Berg, A.: Digitale Signatur: Ist die Regulierung gescheitert? In M. Fluhr (Hrsg.), Kontaktbehaftet oder kontaktlos: auf jeden Fall Sicherheit. 2006.



# **Cross-organizational processes in Public Administrations: Conceptual modeling and implementation with Web Service Protocols**

Jörg Ziemann, Timo Kahl, Thomas Matheis

Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)  
im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)  
66123 Saarbrücken  
{joerg.ziemann, timo.kahl, thomas.matheis}@iwi.dfki.de

## **Abstract**

An increasing level of cooperation between public administrations on regional and national levels requires methods to develop interoperable E-Government systems. It leads to the necessity of an efficient modeling of cross-organizational business processes and their subsequent implementation. This is a complex task, since it includes modeling of processes from various perspectives - modeling of internal and cross-organizational processes - and on various technical levels to enable both conceptual modeling and the execution of processes that comply with the conceptual models. In this paper a methodology is described for creating models of cross-organizational business processes based on Event-driven Process Chains (EPC). Building on this, it is described how these conceptual models can stepwise be transformed to technical process models in the form of Web Service protocols for implementing the cross-organizational processes. The methodology is motivated and explained on the basis of an E-Government reference model for the German Plan Approval Procedure.

## **1 Introduction**

Due to the increasing heterogeneity and dynamics of the European Union, more and more public administrations within Europe are challenged to work together and to adapt continuously to rapid technological changes. New legal settings, strategic commitments, higher expectations for improved quality of service as well as rapid technological advances create a new dynamic

and complex administration environment, which requires transparency, flexibility and mobility from European public administrations. In order to improve the transparency of collaborative processes in public administrations, enterprise modeling is a promising approach. Enterprise models are easy to understand for various stakeholders of an organization and thus can help to get a joint understanding of processes, organizational structures and underlying IT-systems over organizational borders. After such cross-organizational process (CBPs) has been developed, the challenge is to ensure an implementation complying with this model. Thus, in this paper, a concept for collaborative modeling and a corresponding protocol based implementation will be introduced, which help organizations to define interactions on design-level and to transform them into a machine-readable protocol.

Web Service protocols enable public administrations to customize and implement CBPs in a decentralized and vendor-independent way. Due to the heterogeneity of IT-systems in public administrations and a relatively high resistance to changing underlying application systems, especially the last point recommends the use of the open Web Service standards in the E-Government. Interactions of public administrations comprise various groups, e.g. not only Government-to-Government (G2G) but also Government-to-Business (G2B) and Government-to-Citizen (G2C). Since citizens are not expected to explicitly model their business processes for preparing an electronic exchange of messages, this paper focuses on G2G and G2B scenarios.

After describing related research in section 2, in section 3 a method is presented that allows the creation of CBPs on a conceptual level. Here, the requirements and single steps of the collaborative modeling method are illustrated on the E-Government case study. In section 4 we change from design time to run time and describe how to implement the modeling approach presented before with Web Service protocols. Section 5 concludes with a summary and an outlook on future research.

## **2 Related Research**

Various standards for promoting interactions have been developed especially for the public sector. The so called SAGA has been developed by the German government within the initiative „BundOnline 2005“ [KBSt05]. SAGA defines standards and architectures for E-Government applications. This includes, for example, standards for data descriptions based on

XML, middleware technologies and protocols (e.g. J2EE, .Net, SOAP), or security standards like ISIS-MTT. The Online Services Computer Interface (OSCI) represents a protocol standard for the local authorities of Germany. It consists of a set of protocols like the OSCI transport protocol and the OSCI XÖV protocols. SAGA and OSCI allow public administrations to realize E-Government interactions, but do not support efficient modeling and implementation of cross-organizational business processes, nor do they comprise the implementation of CBPs with Web Service protocols as provided by the Business Process Execution Language for Web Services (BPEL, [ACDG03]).

With the rise of SOA and an increasing focus on coarse grained business functions than on fine grained technical modules, protocol standards - like BPEL - moved closer to conceptual business processes [ACKM04]. In the industrial field business protocols provide a widely-used approach for the message exchange between the involved partners of a collaboration as well as the design of application systems. The definition from [LeRo04] of a protocol focuses on the viewpoint of one partner: “a business protocol specifies the potential sequencing of messages exchanged by one particular partner with its other partners to achieve a business goal. I.e. a business protocol defines the ordering in which a particular partner sends messages to and expects messages from its partners based on actual business context“. Other authors use the term conversation protocol, which they define as “... a specification of a set containing all correct and acknowledged conversations”, where a conversation represents “sequences of operations (i.e., message exchanges) that could occur between a client and a service as part of the invocation of a Web service” [ACKM04]. The term protocol is closely related to the concept of Web Service Choreography, defined by as “... a multi-party contract that describes from a global view point the external observable behavior across multiple clients (which are generally Web Services but not exclusively so) in which external observable behavior is defined as the presence or absence of messages that are exchanged between a Web Service and its clients” [ABPR04]. In this paper the term Web Service protocol is used for technically detailed descriptions of allowed interactions between Web Services, as provided for example by BPEL or the Web Service Choreography Description Language (WS-CDL, [KaBR04]).

Literature on protocols and business processes usually focuses on modeling the exchange of fine grained, technical objects, like [MASN06], where state charts are used to display protocols, and disregards interaction descriptions stemming from the business level. This goes also for working on protocol engineering from agent related research, e.g. [ViHu03], [AFLS05].

Another example is [DeSi04], who claim to take into account business process models for development of protocols, but only provide models on a technical level represented with state charts, disregarding the organizational perspective in CBP development.

Recently the development of CBP on the business level for preparation of a CBP implementation was investigated, e.g. in [GLKZ06]. Also in that context, [ZDHB06] described a graphical language to describe service interactions, concentrating on global models. However, this language focuses on ensuring technically correct models, and the global models displayed by it are inadequate for illustrating complex CBPs to non-technicians.

The approach described in this paper focuses on transforming conceptual process models in form of EPC into executable protocols (abstract BPEL processes), and thus is comparable to OMGs MDA [JiJo03] approach. But in difference to that approach, our approach is based on a notation developed for business analysts and provides a specific methodology of how to derive the necessary models in different organizational contexts.

Extending former ATHENA results regarding the conceptual modeling of CBPs, we describe a way of how to prepare and develop Web Service protocols in an eGovernment environment. Thus, following the aim of the R4eGov project, the problem field of interoperability in the E-Government is tackled.

### **3 Conceptual Modeling of Cross-organizational Business Processes**

In order to model the entire enterprise and its interfaces, different modeling dimension are necessary. Modeling frameworks which previously have been applied for enterprise modeling include, for example, the “Framework for Information Systems Architecture” (Zachman Framework) [Zach87] and the “Architecture of Integrated Information Systems” (ARIS) [Sche99]. Both frameworks offer modeling support for various dimensions of an enterprise. Although both frameworks combine different user perspectives and allow modeling on different levels of abstraction, they lack methods which allow modeling of cross-organizational collaborations, as a creation of an external view on the organization is not supported.

The modeling methodology described in this paper aims at developing easy-to-understand business process models that are transformable to Web Service protocols. For modeling conceptual CBPs the EPC was chosen. The EPC has been established for business process management for more then one decade and represents business processes by sequences of



events and functions put in logical and timely order; a further description can be found in [KeNS92]. The concepts for collaborative modeling and protocol based implementation will be described and evaluated on the basis of a scenario introduced in the following chapter.

### **3.1 A Cross-organizational Process in Public Administration: The Plan Approval Procedure**

A Plan Approval Procedure (PAP) is a special, formal administrative procedure, whose single regulations are described in detail in the §§ 72 et seqq. of the Administrative Procedures Law (VwVfG). The aim of the PAP is to achieve the obligatory official approval of a plan (OAP) by a so called Plan Approval Decision. An OAP enables the matching of a number of public and private interests, which are addressed by a plan. Thus, it represents a substitution of necessary official decisions like for example administrative decisions or permissions by only one administrative act and at the same time eliminates possible further claims for omission [Beck05]. An OAP also determines exactly where the construction will be located later on. The regulations of VwVfG apply only if there is no prescription in a more specific law. These specific laws also determine for which procedures a PAP is necessary. An OAP is, for example, necessary for the construction of streets (according to the Federal Street Law (FStrG)) or the construction of airports (according to the Air-Traffic Law (LuftVG)) [HoSB01]. A PAP can roughly be divided into two main steps: a “hearing procedure“ and a “decision procedure”. Because a PAP is required for most of the construction projects and involves various partners like public administrations, businesses as well as citizens, it is a suitable procedure to illustrate the conceptual modeling and implementation of a cross-organizational business process in the public sector.

Fig. 1 gives a general overview about the PAP. At the beginning of the process the project agency (e.g. a manufacturer) submits the plan for the construction project to the hearing agency. This plan is then checked and published by the hearing agency. After the plan has been published, the parties involved (e.g. the citizens and the retailer) have the right to have a look at the plan and, if necessary, raise objections. The hearing agency checks these objections and decides, in consultation with the parties involved, whether the plan has to be revised or not. In case of a necessary revision, the plan has to be revised by the project agency (e.g. the manufacturer). Afterwards, the revised plan is submitted to the hearing agency again, which

then forwards the plan to the approval agency. The Plan approval agency has the assignment to check the procedure according to the rules, to accept the plan and to announce it.

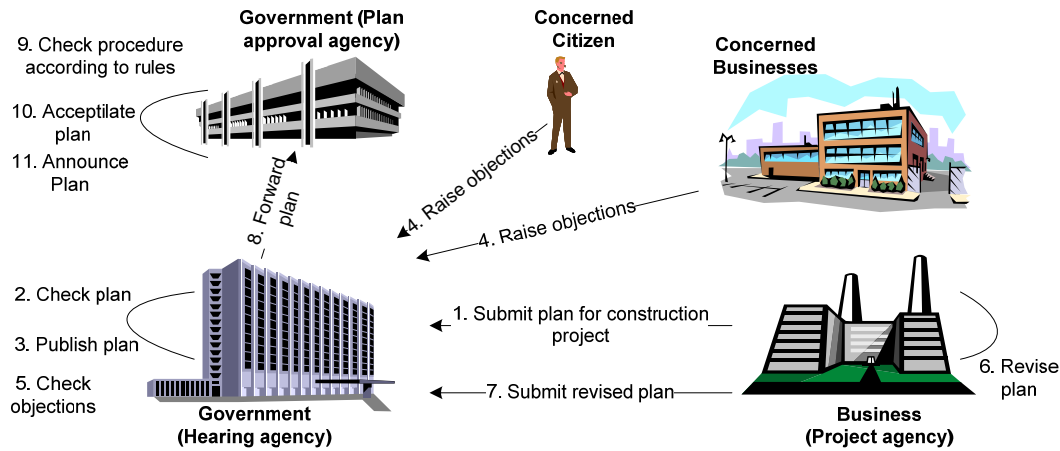


Figure 1: Overview of Plan Approval Procedure

### 3.2 Modeling Private, View and Cross-organizational Processes with EPCs

In a first step the scenario was analyzed concerning the requirements of the different partners. The analysis resulted in the following requirements for CBP models: First, the internal business processes of each partner have to be linked into a CBP without revealing confidential information. Second, the CBP models should only capture collaboration essentials, e.g. the collaborating parties only have to be interested in that part of a process which determines the interaction behavior; additional information could be confusing. Third, a simplified process adoption has to be achieved, e.g. a Hearing Agency interacting with different citizens and business partners should not require different private processes for each collaboration it is involved in. Fourth, internal process should still be flexible, e.g. although the interaction is fixed, the private processes behind the view processes have to remain flexible.

In order to realize the scenario requirements, it was necessary to introduce another abstraction layer which allows the externalization of information, which is necessary for the interaction with external partners. In the following, internal processes are defined as Private Processes (PP) which are only known to their owning organization and not exposed to the outside world. The abstraction of information is achieved by the introduction of Process Views as an additional abstraction layer between the PPs and the CBP model as proposed by Schulz [Schu02], [ScOr04]. Process views provide a process-oriented interface towards business partners. Process views are an abstraction of the private processes, containing information that needs to be

published for the purpose of an interaction. Several tasks of a private process can be combined to one view task. This leads to the following definition: A View Process (VP) abstracts information from one or more PPs and thus enables companies to hide critical information from unauthorized partners. It is an interface to the outside world which extracts only information, which is necessary for the interaction with one or more potential partners. Thus, a VP can be seen as a general interaction description of one or more PPs from the perspective of one partner.

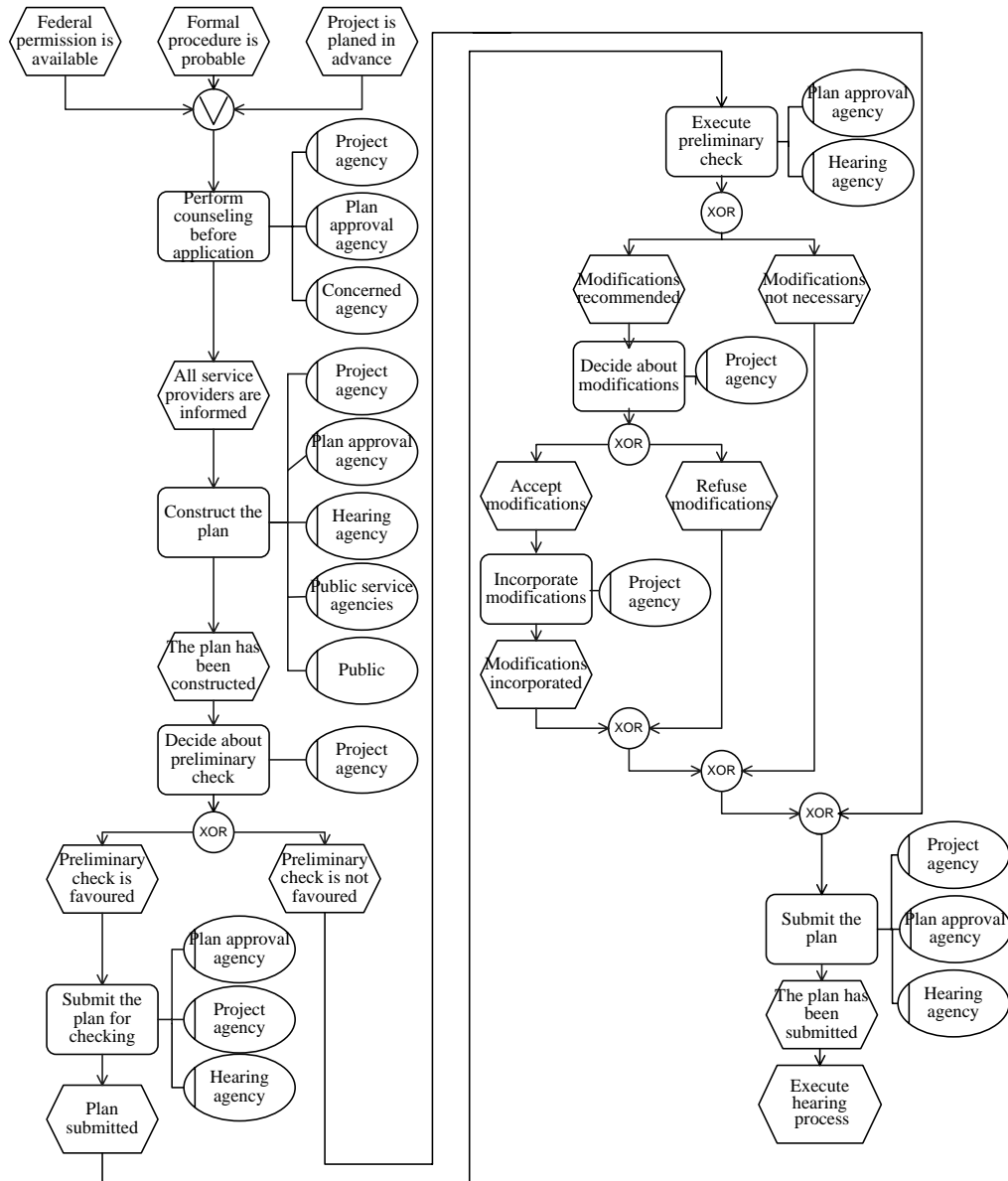


Figure 2: First part of the Plan approval Procedure – Global process

While a VP describes valid interactions from the perspective of one partner, a CBP describes these interactions from a neutral perspective, capturing all allowed interactions between all partners. Since a VP can contain interactions with different partners, in special cases a VP can

capture all information contained in a CBP even in multi-party collaborations, when the collaboration activities consist only of those interactions between the partners and an organization that are described in the VP, offered by this organization.

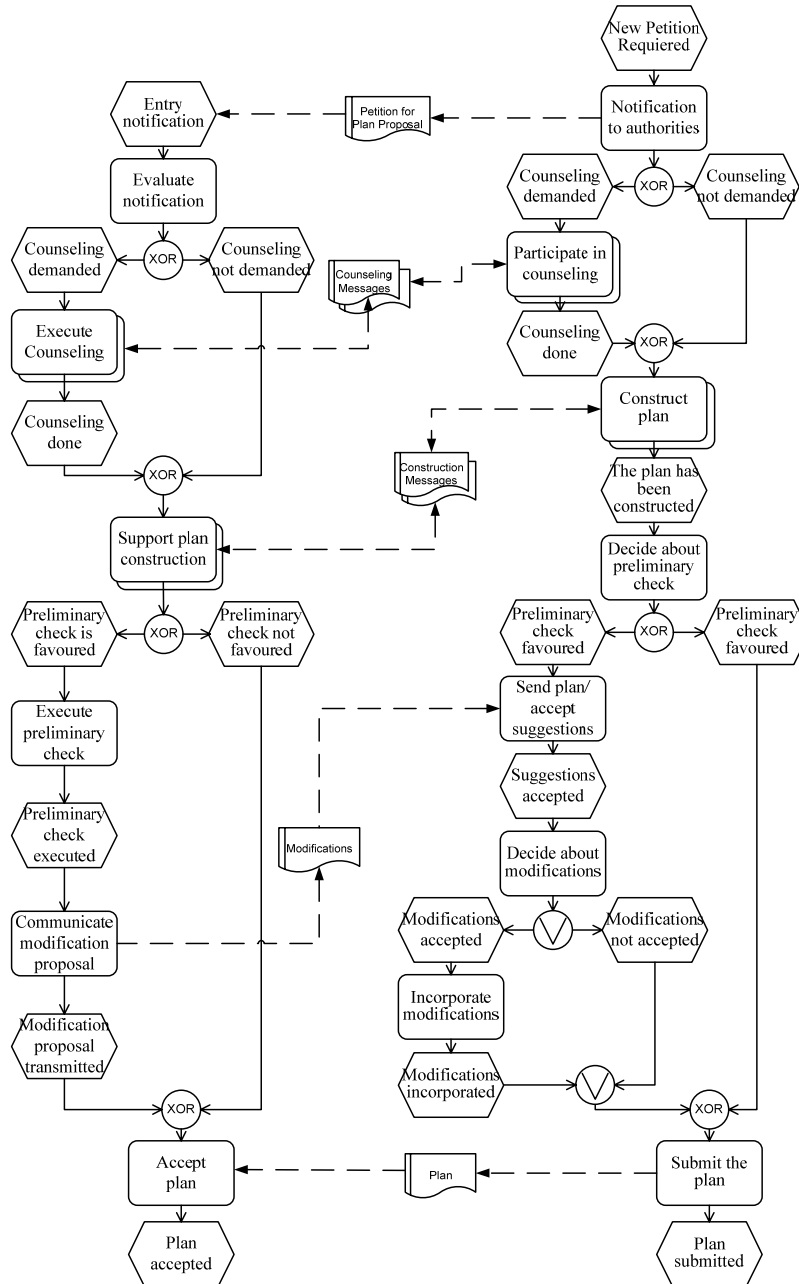


Figure 3: First part of the Plan Approval Procedure - View Processes of Government and Project Agency

While more technical definitions of view processes reduce them to descriptions of digital message exchanges (cp. [Buss02]), on the conceptual level also partner interactions regarding money (“Payment received”) or material (e.g. “Deliver Container”) can be described in a view process. In the following, the CBP-concept will be shown on the basis of the scenario. In fig. 2

the overall CBP is illustrated as a global process, fig. 3 shows two corresponding view processes.

The disassembly of the global process to view processes was guided by the following principles: First, the view process has to show the other party in which sequence which messages are exchanged. Nonetheless, since the global process is public anyway, no information hiding must be involved in developing the view processes, e.g. all information shown in the global process can be also shown in the view processes. For the sake of reducing complexity, these functions might be left out of the view process. On the other hand, even if functions are not directly involved in interactions, they might provide the collaboration partner with a better understanding of the process and also allow their own party to adapt its private processes better to the view process. The function “Execute preliminary check” of the government view process is an example of such a function.

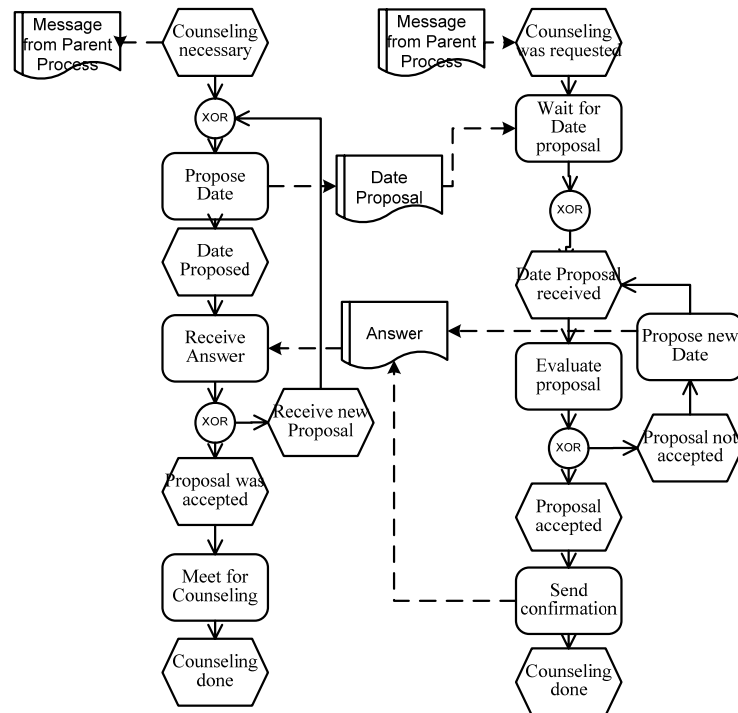


Figure 4: Sub View Processes to agree on a Meeting Date between Government and Project Agency

Second, to constrain complexity, the view processes show only interactions on the level of the global process. Interactions happening below that level are displayed in sub-protocols. For example, the function of “Counseling” of the government contains a communication with the function “participate in counseling” of the project agency. The symbol of the messages lying on each other indicates a finer grained exchange of messages. The corresponding sub protocols are displayed in sub view processes. Thus fig. 4 illustrates the sub view process representing the

interactions between the functions “execute counseling” and “participate in counseling” of the view process shown in fig. 3. Note, that view processes on this level of granularity often display standard situations which are applicable in various contexts and thus can be seen as re-usable interaction patterns.

Third, since the global process indicates the organizational units responsible for functions, the view process functions should be derived accordingly: Each function of a global process that is annotated with organization A must appear in the view process of organization A. If more parties have an organizational unit attached to this function, it has to be decided how this function has to be split up. Normally, an exchange of messages between the parties must take place. An example is splitting of the function “Perform counseling before Application” from the global process to the two functions “Execute Counseling” and “Participate in Counseling” from the view processes of government and project agency.

### **3.3 Modeling Procedure**

In section 3.2 we introduced concepts which support users in designing collaborative processes in public administration. But, providing methods to externalize internal information is just one challenge in supporting interoperable organizations. At least as important as the appropriate method is a procedure model which supports organizations in planning and designing CBPs. Thus, a procedure is required that describes in which order models have to be created to make best use of the approach. Concerning the creation of views and CBPs, three possible procedures can be identified. The procedure that was used in chapter 3.2 was a top-down procedure. In a top-down approach, the partners start identifying a common picture of the collaborative scenario in terms of a CBP model. This contains the definition of the whole interaction of all partners. Afterwards, each partner has to create his views according to the process steps that he will be executing. This also might need iterations for redefining the CBP (solid arrows 1 and 2 in Fig. 3). As a last step the partners have to define their private processes (solid arrows 3). Within a bottom-up approach each organization starts with the specification and modeling of their private processes. The next step contains the creation of process views which represent the necessary interaction of the PP (cp. the dashed arrows 1 in Fig. 3). The views are then combined into CBPs (dashed arrows 2). Depending on how well the process views of the process partner fit, variations on the own view might be necessary to finalize the modeling activities (dashed

arrows 3). The third scenario is a middle-out procedure. It starts with one partner specifying and modeling its private processes and offering a process view to its partners. The partners can use this process based interface to link it to their internal processes via process views. This would conform to a bottom-up approach for one partner and a top-down for the others. Which procedure is suitable depends on existing partner processes and the relationship between the different organizations.

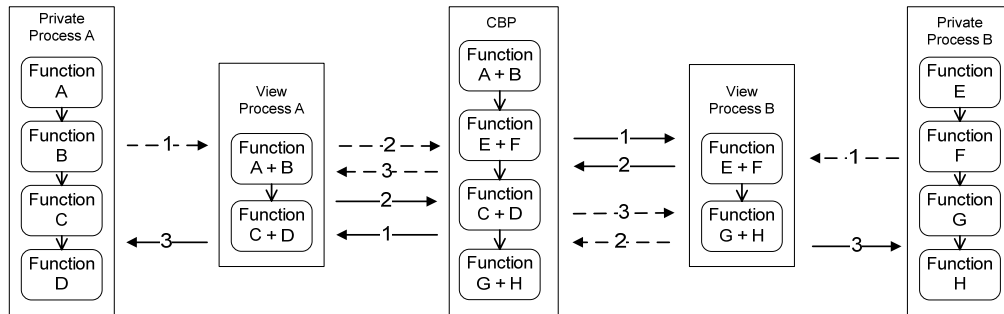


Figure 5: Modeling procedures: Top-down vs. bottom-up

## 4 Deriving Business Protocols from View Processes

### 4.1 Business Protocols based on Web Services

Various standards exist to describe protocols, including the Business Process Specification Schema (BPSS) of ebXML [CCKH01], the Partner Interface Processes (PIPs) of RosettaNet (<http://rosettanet.org>), WS-CDL and the abstract processes of BPEL, which are also called BPEL protocols [ACDG03]. To establish an E-Business conversation, several components are necessary: interfaces published in a network, interaction descriptions and partner roles, a standard vocabulary and an environment of security and trust [Masu03]. RosettaNet, being a prominent example for E-Business protocols, contains all of the components listed above, but comprises only a predefined list of interaction patterns (called PIP) described with UML activity diagrams, text tables and XML documents. To provide more specific and technical process descriptions, [Masu03] and [Khal05] propose to transform PIPs, which represent proven well established reference models for CBPs, to BPEL processes. Though the methodology described in this paper also aims on generating BPEL processes, it does not focus on pre-established interaction patterns (like PIPs do), but allows the development of individual CBPs. Since Web Service standards provide interface descriptions (WSDL) and interaction

descriptions (e.g. abstract BPEL processes), they can be seen as complementary to established E-Business protocol standards like RosettaNet.

Similar to the different ways of describing conceptual CBPs, different methods exist to specify protocols: the first describes the interactions of all partners with the help of global models; the second only describes interactions of one partner with a so called abstract process (also called process skeleton, process stub or public process). Abstract Processes describe interactions from the viewpoint of one partner, thus they can only describe the interactions between this partner and one or more of its partners but not the interactions between his partners, where this partner is not directly involved. In comparison to abstract processes, global models allow for better use of model checking techniques (cp. [FuBJ03]). WS-CDL seems to be the only Web Service based standard for describing global processes, but only a few prototypical tools are supporting this standard. While global models are valuable in the design and analysis of CBPs, for implementing them in general, abstract processes are to be preferred: They comply with organizations demands of a de-centralized process execution (e.g. no central engine is required) and show as little process information as possible and only to immediate collaboration partners. BPEL abstract processes can either be used during design-time to ensure that private BPEL processes of the collaborating partners are complementary, they also might be used on run-time as input to an protocol engines as described in [MASN06].

## **4.2 Relating Conceptual CBPs to Business Protocols**

In order to execute collaborations between two or more partners apart from a modeling method for CBPs a method is needed which allows companies to execute CBPs. Therefore, the concepts of Private Process, View Process and CBP described above for the aim of modeling CBPs on a conceptual level, can be matched to the more technical, Web Service and protocol related terms of abstract process and global model to enable their execution by IT systems. The interactions between various parties (e.g. CBPs respectively global models) can be described with WS-CDL, interactions of one service with its partner services (e.g. view processes respectively abstract processes) can be described by BPEL. How private EPC processes can be transformed to executable BPEL processes is described in (cp. [ZiMe05]).



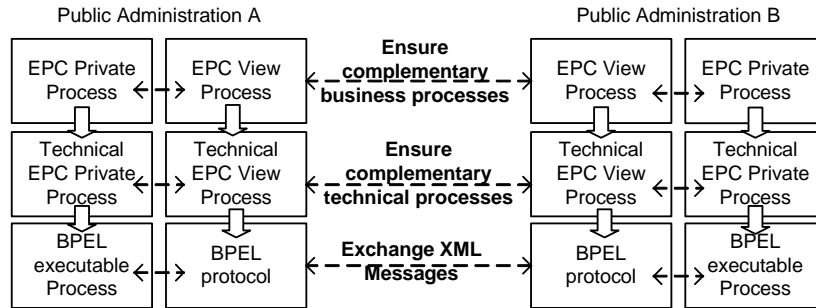


Figure 6: Process types involved in protocol development

Since the interactions realized by protocols should be controlled by business analysis, we propose an EPC based design of the (BPEL) protocols. As fig. 6 illustrates, we propose a two step transformation from the EPC level to the Web Service level. On the upper level, private and view processes are modeled by business analysts as described in section 3. Afterwards, these EPCs are enriched with Web Service specific information and shaped according to conventions for compliance with BPEL processes. These models contain the Web Service invocations (also describing the message exchanged between collaborating administrations) and all control flow information relevant to specify the sequence of interactions. Note, that this type of EPC processes can also be used as a visualization of BPEL processes. In the second step these technical EPC processes are further enriched by BPEL programmers, e.g. with variables used in a BPEL process to realize the control flow specified by the technical EPC process, and annotated in XML.

In section 3 it was described how conceptual models are derived in a coherent way, ensuring that the view processes of collaborating parties are complementary. Following this model driven approach ensures that the implementation of the CBP is compliant to the conceptual model. Nonetheless, since the technical model contains further information (e.g. the name of Web Services to be invoked), the technical view process models have to be synchronized also.

### 4.3 Deriving Web Service Protocols for the Plan Approval Procedure

Based on the sub view processes shown in fig. 4, now technical EPC models are derived, that contain the BPEL syntax necessary to specify the interactions between both parties. Since BPEL can represent both a graph based and a block-oriented control flow (e.g. a containing a While Loop), all EPC control flow elements can be transformed to BPEL (cp. [ZiMe05]). If the EPC functions represent interactions (e.g. “receive message”, “send message” etc.), they can be

transformed to corresponding BPEL orders, if an EPC function represents activities not captured by the BPEL syntax (like “Evaluate proposal” in fig. 4) an individual Web Service has to be created that will be invoked by the BPEL process. In [ZiMe05] further details regarding the transformation of EPCs to BPEL are described. The result of the transformation from the EPCs in fig. 4 to the BPEL aligned EPCs is illustrated in fig. 7.

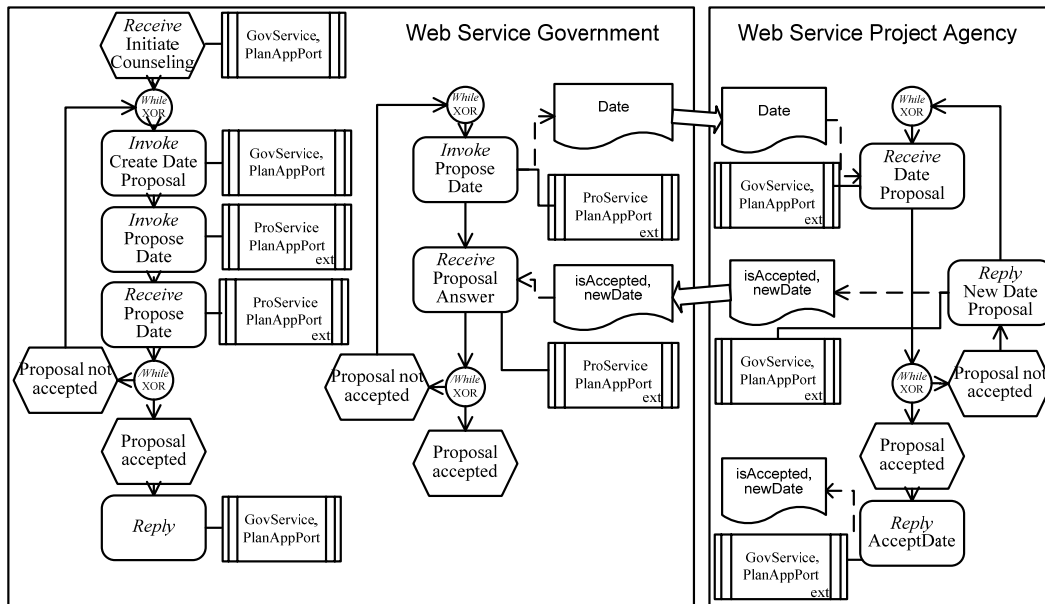


Figure 7: Technical EPC processes: Private, View Process of Government and View Process of Enterprise

The whole interaction takes place between two Web Services, one offered by the Government (“GovService”) and one by the Project Agency (“ProService”). The source and destination services are attached to the interaction activities, e.g. “Invoke propose Date” sends a message called “Date” to the Enterprise Service. The notation distinguishes between internal Web Services (e.g. “Receive initiate counseling” is invoked by a Web Service inside the public administration) and external Web Services, marked with the letters “ext”. The right side shows the abstract process of the Project Agency, which interacts with the abstract processes of the government. On the right of the government view process, the corresponding private process is shown, also. The abstract processes only contain the information necessary to describe the interaction with the other Web Service. Thus, the function “Evaluate Proposal” does not appear in the abstract process, though for illustrative reasons it was part of the conceptual view process. As the synchronous invocation of the “Create Date Proposal” function shows, these functions might be added again in the private processes. The private process also contains functions to interact with the top level process: It is called by its parent process and after the meeting is fixed, it replies the result to the parent process.

## **5 Summary and Outlook**

We described how CBPs can be described by a combination of private, view and collaborative processes with EPCs. This concept was motivated and evaluated on the basis of an eGovernment reference model. In order to automate this collaborative process, we proposed a transformation to business protocols and described some forms of such protocols. Due to their close relationship to executable models of private process and the possibility to describe them in a machine readable format, the abstract processes of BPEL were chosen as the target protocol. Accordingly, we described a transformation of the EPC based concepts to model CBPs view processes to BPEL abstract processes and illustrated this transformation by the use case introduced before. For example, we described under what criteria conceptual view processes can be derived from conceptual global processes and showed how the use of sub protocols on the conceptual and technical level can reduce the complexity of CBPs in the E-Government.

One aspect that requires further research is the use of supporting tools that ease the task of exchanging process models between different enterprises and to distinguish between the different model types used in CBPs. This tool could support actively business process management by checking, verifying or even automatically negotiating consistency of models. As fig. 6 shows, only taking in regard view process and private processes, numerous interdependencies exist between the different model types. This paper focused on a Top-Down approach; in future we will investigate further procedures to synchronize those models, e.g. taking private processes as the starting point of the CBP development.

### **Acknowledgements**

The work published in this paper is (partly) funded by the E.C. through the ATHENA IP and the R4eGov project. It does not represent the view of E.C. or the ATHENA or the R4eGov consortium, and authors are solely responsible for the paper's content.

## References

- [ABPR04] Austin, D.; Barbir, A.; Peters, E.; Ross-Talbot, S.: Web Services Choreography Requirements-W3C Working Draft 11 March 2004. <http://www.w3.org/TR/2004/WD-ws-chor-reqs-20040311/>, online: 2004-05-30.
- [ACDG03] Andrews, T.; Curbera, F.; Dholakia, H.; Golan, Y.; Klein, J.; Leymann, F.; Liu, K.; Roller, D.; Smith, D.; Thatte, S.; Trickovic, I.; Weerawarana, S.: Business Process Execution Language for Web Services – Version 1.1. 2003. <http://dev2dev.bea.com/techtrack/BPEL4WS.jsp>, online: 2004-01-10.
- [ACKM04] Alonso, G.; Casati, F.; Kuno, H.; Machiraju, V.: Web Services – Concepts, Architectures and Applications. Springer, Berlin 2004.
- [AFLS05] Alonso, F.; Frutos, S.; Lopez, G.; Soriano, J.: A Formal Framework for Interaction Protocol Engineering.. In: Pechoucek, M.; Petta, P.; Varga, L.Z. (Eds.): CEEMAS 2005, LNAI 3690, Springer-Verlag Berlin 2005, pp. 21–30.
- [Beck05] Becker, L.; Fügemann, M.; Gerlach, A.; Theis, F.-J.: Praxis Ausbildung – Verwaltungsverfahren und Verwaltungsprozess. Deutscher Anwaltverlag, Bonn 2005.
- [Buss02] Bussler, C.: Public Process Inheritance for Business-to-Business Integration. In: Buchmann, A. P.; Casati, F.; Fiege, L.; Shan, M. C.: Technologies for E-Services – Third International Workshop TES 2002 Hong Kong. Lecture Notes in Computer Science 2444, Springer 2002, pp. 19-28.
- [CCKH01] Clark, J.; Casanave, C.; Kanaskie, K.; Harvey, B.; Clark, J.; Smith, N.; Yunker, J.; Riemer, K.: ebXML Business Process Specification Schema Version 1.01. UN/CEFACT and OASIS 2001.
- [DeSi04] Desai, N.; Singh, M. P.: IEEE International Conference on Web Services: Protocol-Based Business Process Modeling and Enactment. San Diego 2004.

- [FuBJ03] Fu, X.; Bultan, T.; Jianwen, S.: A top-down approach to modeling global behaviours of Web Services. Workshop on Requirements Engineering and Open Systems (REOS), Monterey, CA 2003.
- [GLKZ06] Greiner, U.; Lippe, S.; Kahl, T.; Ziemann, J.; Jaekel, F. W.: A Multi-level Modeling Framework for Designing and Implementing Cross-Organizational Business Processes. In: Sadiq, S.; Reichert, M.; Schulz, K. (Ed.): Proceedings of the 1st International Workshop on Technologies for Collaborative Business Process Management (TCoB), ICEIS 2006, Paphos/Cyprus 2006, pp. 13-23.
- [HoSB01] Hoppe, W.; Schlarman, H.; Buchner, R.: Rechtsschutz bei der Planung von Straßen und anderen Verkehrsanlagen. 3. edition, Beck, München 2001.
- [JiJo03] Mukerji, J., Miller, J.: MDA Guide Version 1.0.1, 2003, <http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01.pdf>, online: 2006-07-20.
- [KaBR04] Kavantzias, N.; Burdett, D.; Ritzinger, G.: Web Services Choreography Description Language Version 1.0 - W3C Working Draft 27 April 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/WD-ws-cdl-10-20040427/>, online: 2004-06-05.
- [KBS05] KBSt: Standards und Architekturen für E-Government-Anwendungen (SAGA). Version 2.1, Schriftenreihe der KBSt 82 (2005). <http://www.kbst.bund.de/saga>, online: 2006-07-20.
- [KeNS92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A. W.: Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)". In: Scheer, A.-W. (eds.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik 89, Saarbrücken 1992.
- [Khal05] Khalaf, R.: From RosettaNet PIPs to BPEL Processes: A Three Level Approach for Business Protocols. 3rd International Conference, BPM 2005, Nancy, 2005.
- [LeRo04] Leymann, F.; Roller, D.: Modeling Business Processes with BPEL4WS. In: Nüttgens, M.; Mendling, J.: XML4BPM 2004 - XML Interchange Formats for Business Process Management. 1st Workshop of German Informatics Society

e.V. (GI) in conjunction with the 7th GI Conference “Modelierung 2004“, Marburg 2004, pp. 7-24.

- [MASN06] McNeile; Ashley; Simons; Nicholas: “Protocoll modeling: A modeling approach that supports reusable behavioural abstractions”. In: *Software&Systems Modeling* 5 (2006) 1, pp. 91-107.
- [Masu03] Masud, S.: Use RosettaNet-based Web Services, Part 1: BPEL4WS and RosettaNet, 2003. <http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-rose1/>, online: 2006-04-28.
- [Sche99] Scheer, A. W.: *ARIS – Business Process Modeling*, 2. ed., Springer, Berlin 1999.
- [Schu02] Schulz, K. A.: *Modeling and Architecting of Cross-Organizational Workflows*. PhD thesis, The School of Information Technology and Electrical Engineering, The University of Queensland, Australia 2002.
- [ScOr04] Schulz, K. A.; Orlowska, M. E.: Facilitating cross-organizational workflows with a workflow view approach. *Data&Knowledge Engineering* 51 (2004) 1, pp. 109-147.
- [ViHu03] Vitteau, B.; Huget, M.: Modularity in Interaction Protocols. In: Digum, F.: *ACL 2003, LNAI 2922*, pp. 291-309.
- [Zach87] Zachman, J. A.: A Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal* 26 (1987) 3, pp. 276-292.
- [ZiMe05] Ziemann, J.; Mendling, J.: Transformation of EPCs to BPEL – A pragmatic approach. 7th International Conference on the Modern Information Technology in the Innovation Processes of the industrial enterprises, Genoa 2005.
- [ZDHB06] Zaha, J.M; Dumas, M; Hofstede, A ter; Barros, A.; Decker, G.: Service Interaction Modeling: Bridging Global and Local Views. In: *Proceedings 10th IEEE International EDOC Conference (EDOC 2006)*, Hong Kong 2006.

## **Einführung in den Track**

### **Information Services in der Logistik**

**Prof. Dr. Christian Bierwirth**

Universität Halle-Wittenberg

**Prof. Dr. Herbert Kopfer**

Universität Bremen

**Prof. Dr. Kai Furmans**

Universität Karlsruhe

**Dr. Dieter Pütz**

Deutsche Post AG

Neben den modernen Informationstechnologien hat vor allem die Leistungsfähigkeit von Transport- und Umschlagsystemen einen erheblichen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Arbeitsprozesse zwischen Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen.

Der Track widmet sich daher Strategien, Modellen, Algorithmen und Softwaresystemen, die der Verbesserung der Güterflüsse in einer Supply Chain dienen. Im Fokus stehen hierbei die Planung und Konfiguration logistischer Netzwerke, die strategische Transportplanung, die operative Transportplanung und ihre Unterstützung durch Telematik und Verkehrsinformationssysteme, das Management von Terminals und intermodalen Hubs sowie Fragen der Gestaltung kooperativer Systeme und elektronischer Marktplätze für Logistikleistungen.

**Programmkomitee:**

Prof. Ulrich Stache, Universität Siegen

Prof. Essig, BW-Hochschule München

Prof. Andreas Otto, Universität Regensburg

Prof. Dr. Martin Grunow, Technical University of Denmark, Copenhagen



# ***ComEx*: Kombinatorische Auktionen zum innerbetrieblichen Austausch von Logistikdienstleistungen**

Oleg Gujo, Michael Schwind, Jens Vykoukal, Kilian Weiß

Institut für Wirtschaftsinformatik  
Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt  
60056 Frankfurt am Main  
{gujo, schwind, jens.vykoukal, weiss}@wiwi.uni-frankfurt.de

Tim Stockheim, Oliver Wendt

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Operation Research  
TU Kaiserslautern  
67653 Kaiserslautern  
{stockheim,wendt}@wiwi.uni-kl.de

## **Abstract**

Der Austausch von Ladekapazitäten in Transportbörsen ist ein etabliertes Verfahren der logistischen Praxis. Wenige der meist Web-basierten Marktplätze sind jedoch in der Lage, Synergien zu berücksichtigen, die durch geeignete Kombination von Lieferstrecken verschiedener Transportanbieter entstehen. Eine Methode hierfür ist die Verwendung kombinatorischer Auktionen, bei denen auf Bündel von Streckenabschnitten geboten werden kann. Der Beitrag beschreibt eine kombinatorische Auktion zum innerbetrieblichen Austausch von Logistikdienstleistungen. Dabei werden Lieferaufträge für ein in Profitcenterstruktur organisiertes Unternehmen der Nahrungsmittelindustrie zum Outsourcing vom jeweiligen Profitcenter freigegeben, wenn die geografische Lage des Kunden eine günstigere Belieferung durch ein anderes benachbartes Profitcenter zu günstigeren Kosten ermöglicht. Umgekehrt können Profitcenter Aufträge annehmen, wenn dadurch insgesamt niedrigere Gesamtkosten entstehen. Die Kostenberechnung wird durch ein integriertes Routingsystem vorgenommen, das In- und Outsourcing findet mittels des Auktionsmechanismus *ComEx* statt. Die Aufträge verbleiben zum Zwecke der Kundenbindung beim jeweiligen Profitcenter, der Anreiz zum Tausch entsteht durch eine entsprechende Beteiligung der Profitcenter an der Kostenersparnis. Nach der Darstellung der Web-basierten Logistikauktion zusammen mit der Tourenplanungssoftware *DynaRoute* suchen wir die Strategie für das Outsourcing der gebündelten Lieferaufträge, welche die größte Kostenreduzierung erzielt.

## 1 Einleitung

Seit einigen Jahren gewinnt die Anwendung von kombinatorischen Auktionen (KA) für Beschaffungs- und Ressourcenallokationsprozesse an Bedeutung. Getrieben durch die Entwicklung von Mechanismen für die Vergabe von Frequenzbändern an TK-Unternehmen in England<sup>1</sup>, Deutschland und den USA<sup>2</sup> gelangte die KA in den Fokus des *Electronic Market Engineering* [McMi95]. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit einer elektronischen KA zum Austausch von Lieferleistungen in einem mittelständischen Unternehmen, welches in Profitcenterstruktur organisiert ist. Dabei haben die Profitcenter, denen regionale Liefergebiete zugeordnet sind, die Möglichkeit, Lieferaufträge, welche nur zu ungünstigen Kosten beliefert werden können, an benachbarte Profitcenter abzugeben. Die erzielte Kostenersparnis wird zum Zwecke der Anreizkompatibilität nach einem vorher festzulegenden Schlüssel auf die Profitcenter umgelegt. Kernpunkt dieser Arbeit ist die Frage, wie eine Bündelung auszulagernder Lieferaufträge vorgenommen werden kann, so dass das Zusammenwirken von KA und lokaler Routenoptimierung der Profitcenter unter Berücksichtigung der Lieferzeiten kostenoptimal wird.

## 2 Kombinatorische Auktionen in der Logistik

Für den Bereich der KA in der *Logistik* ist der Ansatz von Caplice [Cap196; CaYo03] für eine mit der Streckenplanung kombinierten Zuweisung von Transportkapazitäten in einem Logistiknetzwerk wegweisend. Dieser verbindet die Bildung der kostengünstigsten Transportkombination durch einzelne Transportanbieter mittels einer KA mit einer einfachen Tourenplanung. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen auch Regan und Song [ReSo03]. Sie schlagen einen Spotmarkt für überschüssige bzw. kurzfristig benötigte Transportdienstleistungen vor. Kameshwaran und Narahari [KaNa01] stellen eine sequentielle KA zur Lösung eines Tourenkompositionsproblems vor. In diese Richtung geht auch der Ansatz von Pankratz [Pank03], bei dem die Anreizkompatibilität für Bieter und Nachfrager im Vordergrund steht. Einige Anbieter von Logistiksoftware und Frachtbörsenbetreiber haben bereits einfache KAs in ihre Routenplanungs- und Allokationsverfahren einbezogen<sup>3</sup>. Im Bereich der Transportdienstleistungen werden seit 1995 die Busrouten der Londoner Region von der *London Regional Transport* per KA versteigert

---

<sup>1</sup> <http://www.ofcom.org.uk/static/archive/spectrumauctions/index.htm>

<sup>2</sup> <http://www.fcc.gov>

<sup>3</sup> <http://www.nex.com>, <http://www.i2.com>, <http://www.logistics.com>, [www.benelog.com](http://www.benelog.com), [www.combinenet.com](http://www.combinenet.com)

[CaPe05]. Elmaghraby und Keskinocak [ElKe05] dokumentieren die Durchführung einer zwei-stufigen KA zu Beschaffung von Transportkapazitäten durch die US-Baumarktkette *Home Depot* zur Versorgung von über tausend Filialen. Zusammen mit *i2-Technologies* entwickelte das Unternehmen einen flexiblen Auktionsmechanismus, der den Logistikanbietern helfen sollte, ihre individuellen Synergien zwischen Routen mit Hilfe kombinatorischer Gebote auszudrücken. Dabei werden die Bieter durch eine Software bei der Formulierung der Gebote unterstützt, denn die Formulierung der Gebotsbündel und ihre Bewertung stellen ein kombinatorisches Optimierungsproblem dar, das normalerweise nicht manuell gelöst werden kann [Schw05]. Aus diesem Grund ist das hier vorgestellte *ComEx*-System so gestaltet, dass die In- und Outsourcing-Entscheidungen zusammen mit der Gebotsbündelbildung und deren Bewertung mit Hilfe des *DynaRoute*-Tourenoptimierers von *VARLOG*<sup>4</sup> automatisch durchgeführt werden.

### 3 Funktionsprinzip und Systembeschreibung von *ComEx*

Im Folgenden geben wir einen Überblick über das Prinzip der KA und stellen die *ComEx*-Systemarchitektur und den Ablauf der Auktions- bzw. Optimierungsprozesse dar. Abb. 1 skizziert die Vorgehensweise für den Austausch von Dienstleistungen zwischen 2 Profitcentern:

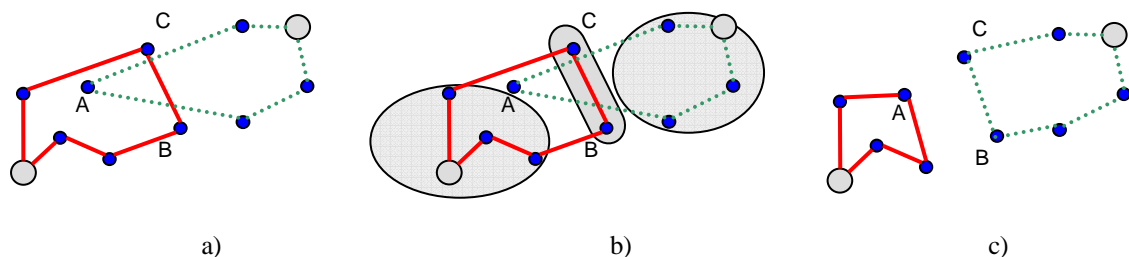


Abb. 1: Austausch von Kunden zwischen benachbarten Profitcentern

Zur Vereinfachung wird angenommen, dass jedes Profitcenter über eine Teilmenge von Kunden verfügt, die bereits einer Lieferroute zugeordnet ist (Abb. 1a). Für jedes Profitcenter wird basierend auf der geografischen Nähe zum Profitcenter entschieden, welche der Kunden weiterhin beliefert werden sollen. Diese Kunden werden dem so genannten Fixbereich zugeordnet (graue Kreise in Abb. 1b). Die übrigen Kunden werden unter Berücksichtigung der geografischen Lage und der Lieferzeiten zu Clustern zusammengeführt (Abb. 1b Punkte B und C). Für jedes Cluster werden die Kosten ermittelt, die das Profitcenter im Falle der Abgabe aller Kunden dieses Clusters an ein anderes Profitcenter einsparen würde. Es findet ein Informationsaustausch zwi-

<sup>4</sup> <http://www.varlog.de>

sehen den Profitcentern statt, bei dem die Outsourcing-Kandidaten benachbarter Profitcenter als Insourcing-Kandidaten des jeweiligen zentralen Profitcenters deklariert werden. Für jedes Cluster wird sodann von den jeweiligen Profitcentern untersucht, ob die Insourcing-Kandidaten zeitlich und geografisch zu der bestehenden Kundenmenge passen. Ist dies der Fall, werden die Kosten für die Belieferung der neuen Kundenmenge ermittelt. Diese Kosten werden als Gebotspreise für die *ComEx*-Auktion gesetzt. Nachdem jedes Profitcenter seine Gebote abgegeben hat, findet eine KA statt, um eine optimale Allokation von Geboten mit minimalen Lieferkosten im Gesamtsystem zu finden. Nach der Auktion erfährt jedes Profitcenter, welche Kunden von ihm beliefert werden. Die Lieferrouten der Profitcenter werden neu ermittelt (Abb. 1c).

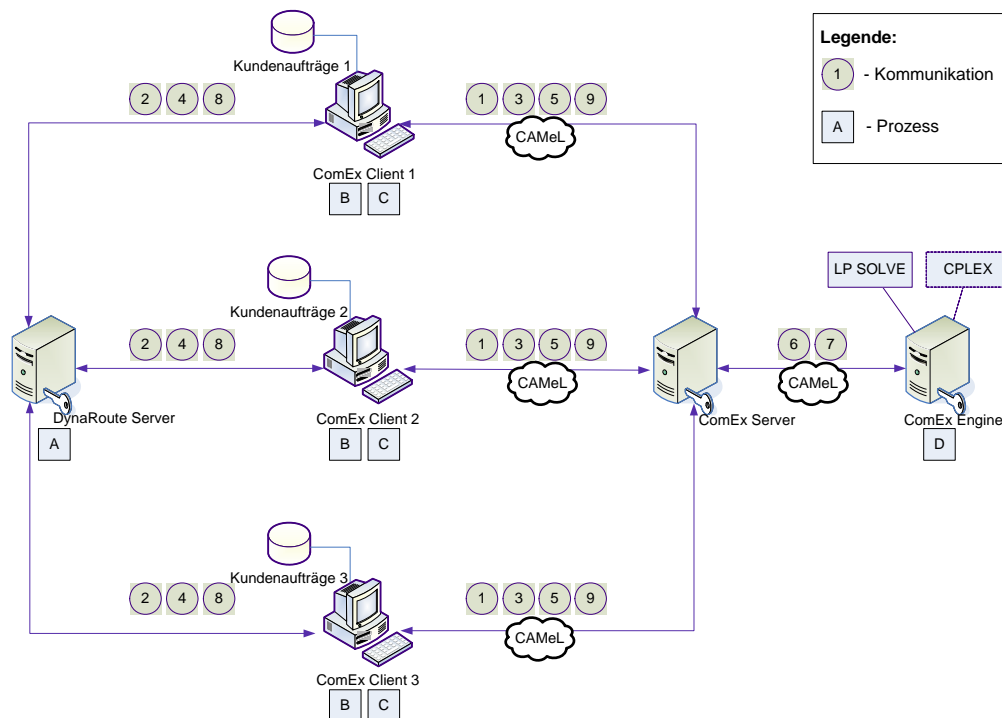


Abb. 2: Kommunikation und Prozessablauf im ComEx-System

Das *ComEx*-System besteht aus den folgenden Komponenten:

- *ComEx*-Client: Jedem Profitcenter steht ein *ComEx*-Client zur Verfügung, der alle Kunden im jeweiligen Liefergebiet verwaltet und mit Hilfe der Kostendaten vom *DynaRoute*-Server festlegt, welche Kunden in den In- und Outsourcing-Prozess einbezogen werden (in Abb. 2 sind das die *ComEx*-Clients 1 bis 3). Zudem wird die Bündelung von Kundenaufträgen zu kombinatorischen Geboten vom *ComEx*-Client durchgeführt. Das Clustering wird in Abschnitt 3.2.1 genauer erläutert.
- *DynaRoute*-Server: Er ist für die Zusammenstellung der Touren und die Schätzung der damit verbundenen Lieferkosten innerhalb eines Profitcenters zuständig.

- *ComEx*-Server: Dieser steuert den Ablauf des gesamten Auktionsprozesses. Dabei sammelt der *ComEx*-Server die In- und Outsourcing-Gebote aller Profitcenter und stößt die Berechnung der optimalen Allokation durch die *ComEx*-Engine an.
- *ComEx*-Engine: Sie ist für die Berechnung der optimalen Allokation zuständig.

Im Folgenden wird der Ablauf einer *ComEx*-Auktion im Zusammenspiel mit den beteiligten Systemkomponenten dargestellt. Insgesamt sind vier Hauptphasen zu unterscheiden<sup>5</sup>:

*Initialisierungsphase:*

- In der Phase werden Einstellungen wie das Auktionsformat, Anmeldungs- und Zulassungsdaten der Teilnehmer usw. übermittelt <sup>①</sup>. Dabei kommt ein spezielles XML-Format *CAMeL* für die Übertragung zum Einsatz (siehe auch Abschnitt 3.3).

*Outsourcingphase:*

- Für jedes Profitcenter werden die Kunden unter Berücksichtigung der zeitlichen (ob die Belieferung der Kunden nacheinander möglich ist) und räumlichen (ob die Kunden sich nah zueinander befinden) Bedingungen in Cluster zusammengeführt. Die Outsourcingkandidaten werden, basierend auf ihrer Entfernung vom Zentrum des Profitcenters, ermittelt <sup>□B</sup>. Hierauf wird im Abschnitt 3.2.1 näher eingegangen.
- Für jedes der so erzeugten Cluster wird von den Clients eine Anfrage <sup>②</sup> an den *DynaRoute*-Server gestellt, um die Kosten zu ermitteln <sup>□A</sup>, die sich durch die Auslagerung einer Kundengruppe einsparen lassen (siehe auch Abschnitt 3.1).
- Die als Outsourcing-Kandidaten bestimmten Cluster werden von jedem Profitcenter an den *ComEx*-Server weitergeleitet. Die Profitcenter erhalten jeweils vom *ComEx*-Server eine Liste aller durch die benachbarten Profitcenter zum Outsourcing freigegebenen Kundencluster, da diese Insourcing-Kandidaten darstellen <sup>③</sup>.

*Insourcingphase:*

- Anhand der erzeugten Kandidatenliste wird für jedes Profitcenter untersucht, ob sich die jeweiligen Kunden unter Berücksichtigung der zeitlichen und räumlichen Bedingungen zu eigenen Kunden im Outsourcingbereich hinzufügen lassen <sup>□C</sup>. Ist

---

<sup>5</sup> Das Zusammenspiel zwischen *ComEx* und *DynaRoute* ist ein kritischer Faktor für die Gesamtperformance und sollte bei der Weiterentwicklung des Systems adressiert werden.

dies der Fall, wird eine weitere Anfrage an den *DynaRoute*-Server gestellt <sup>④</sup>, um herauszufinden, zu welchen Konditionen die Belieferung der neuen Kunden erfolgen kann <sup>Ⓐ</sup>. Diese Kosteninformation wird als Gebotspreis des Clusters gesetzt und das entstehende Insourcing-Gebot wird an den *ComEx*-Server weitergeleitet <sup>⑤</sup>.

- Der *ComEx*-Server sammelt die Gebote aller Profitcenter und initiiert die KA durch Aufruf der *ComEx*-Engine <sup>⑥</sup>. Eine optimale Allokation wird ermittelt <sup>Ⓓ</sup> und die Ergebnisse werden den Profitcentern mitgeteilt <sup>⑦</sup>.

*Endbewertungsphase:*

- Für alle Profitcenter werden die Routenpläne basierend auf der neuen Kundennmenge aktualisiert <sup>⑧</sup> <sup>Ⓐ</sup>, und die Ersparnis im Unternehmen wird ermittelt <sup>⑨</sup>.

### 3.1 *DynaRoute*-Server

Die Tourenberechnung bei den Clients findet mittels der Software *DynaRoute* [WeSW05] statt und löst Erweiterungen des „*Time Dependent-Stochastic Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows*“ (TD-CVRP-TW). Die hohe Komplexität des Problems entsteht aufgrund der Ergänzung des bereits NP-vollständigen „*Vehicle Routing Problems*“ um zeitabhängige Fahrzeiten und der Einführung von Zeitfensterkategorien. Die Zeitfenster sind in die vier Kategorien niedrig, mittel, hoch und strikt eingeteilt, aus denen eine Bewertungsfunktion für die prognostizierte Nichteinhaltung der Zeitfenster abgeleitet wird.

Grundlage des Lösungsverfahrens ist die von [Wend95] vorgeschlagene Kombination der Metaheuristik Simulated Annealing (SA) und Genetischer Algorithmen (GA). Cooperative Simulated Annealing (COSA) übernimmt dabei die Populationsidee und die Idee des Informationsaustausches zwischen einzelnen Individuen von GAs und kombiniert diese mit der SA-Heuristik. Diese steuert lokale Suchoperatoren entsprechend stochastischer Annahmeregeln für neue Lösungen. Im Laufe der letzten Jahre wurde das Lösungsverfahren an die Anforderungen der Praxis angepasst und es wurden folgende Ergänzungen eingeführt:

- *Lösungsraumkompression*

Viele Teillösungen können mit hoher Wahrscheinlichkeit als nicht optimal identifiziert werden, und ihr Ausschluss ermöglicht eine Komplexitätsreduktion. Während entsprechende Lösungsbereiche bei bekannten Optimierungskriterien und Restriktionen häufig mit Hilfe einfacher Verfahren ausgeschlossen werden können, ist dies hier nicht

möglich. *DynaRoute* nutzt auf Ant-Systemen [BuHS99] basierende Verfahren zur Identifikation stochastischer Muster, die eine effiziente Steuerung der Suche ermöglichen. Weiterhin können im Rahmen der Restriktionsspezifikation Abbruchkriterien für die Lösungsbewertung definiert werden, die den Lösungsraum weiter einschränken.

- *Tabu-Listen*

Tabu-Listen [Glov86] erlauben die temporäre Sperrung bereits analysierter Lösungen, bzw. Lösungsregionen und damit die gezielte Diversifikation des Suchprozesses. Die Nutzung von Tabu-Listen im Rahmen der SA-Suche hat sich als ein außerordentlich effizienter Ansatz erwiesen [LiLi02].

- *Approximationsverfahren zur Lösungsbewertung*

Die exakte Bewertung einer neuen Lösung ist häufig nicht notwendig. Entsprechend helfen Approximationsverfahren, die Rechenzeit zu reduzieren, ohne die Lösungsqualität zu senken. *DynaRoute* nutzt dynamische Approximationsverfahren, die in Abhängigkeit des Suchverlaufs den Detaillierungsgrad der Berechnungen intensivieren.

Basierend auf den einzelnen Lösungsbewertungen durch die Heuristik werden Bewertungen der von *ComEx-Client* spezifizierten Teilmengen vorgenommen. Der skizzierte Lösungsansatz für das Tourenplanungsproblem bietet die Möglichkeit, nach der geringfügigen Veränderung eines Tourenplans diesen durch kurzes Reaktivieren des Berechnungsprozesses schnell zu optimieren. Ist dies geschehen, ermöglicht ein einfacher Vergleich der Kosten der Ausgangslösung und der durch Hinzufügen neuer Kunden veränderten Lösung eine Aussage über die Kosten der Integration neuer Kunden. Das Risiko einer Fehlbewertung durch den Vergleich suboptimaler Lösungen ist auf Grund des populationsbasierten Algorithmus gering, da der Vergleich über die  $k$ -besten Lösungen der beiden Populationen einzelne Fehler relativiert.

### 3.2 *ComEx-Client*

Jedes Profitcenter entscheidet, welche Kunden es auf jeden Fall selbst beliefern will und welche von anderen Profitcentern übernommen werden können. Im ersten Fall geht es um die Kunden, die geografisch nah am Profitcenter  $i$  liegen. Solche Kunden bilden, wie bereits oben beschrieben, den Fixbereich  $P_i^f$ . Alle anderen Kunden werden dem Outsourcingbereich  $P_i^o$  zugeordnet.

### 3.2.1 Clustering und Outsourcing

Das Ziel des Clusterings besteht darin, die Komplexität des vorliegenden KA-Problems zu verringern und Synergieeffekte zwischen einzelnen Lieferaufträgen zu identifizieren. Um dies zu erreichen, werden die Kunden nach bestimmten zeitlichen, räumlichen und kapazitiven Kriterien bewertet und anschließend zu Clustern  $C_i^y \subseteq C_i$ ,  $i, y \in \mathbb{N}$  gruppiert, wobei  $C_i$  die Menge aller Cluster des Profitcenters  $i$  darstellt. Ein Cluster wird dabei als ein ungerichteter Pfad verstanden, der ein Teilstück einer Route bilden kann, welche durch die spätere Routenplanung bestimmt wird. Das Clustering verläuft also unabhängig von der eingesetzten Routenplanung und hat die Aufgabe, geografisch nahe gelegene Kunden so zusammenzufassen, dass sie unter Einhaltung von oben erwähnten Kriterien mit einem Fahrzeug beliefert werden können.

Zu Beginn des eingesetzten Clustering-Verfahrens enthält ein Pfad jeweils einen Kunden. Um möglichst viele Pfade zu kombinieren, werden zwei verschiedene Strategien eingesetzt, die in aufeinander folgenden Phasen stattfinden. Während in der ersten Phase versucht wird, Pfade durch eine Verbindung an deren Anfang oder deren Ende mit einem anderen Pfad zu verlängern, wird in der zweiten Phase überprüft, ob sich Pfade in andere eingliedern lassen.

Sei  $E$  die Menge der Kanten,  $V$  die Menge der Knoten in einem ungerichteten Graphen  $G$ ,  $e_{new} = \{a_k, a_l\}$  mit  $a_k, a_l \in V, k \neq l$  ein Kundenpaar mit Distanz  $|e_{new}| \in \mathbb{R}^+$  zwischen den Kunden in einem Profitcenter  $i$ . Um den Algorithmus der ersten Phase zu veranschaulichen, ist in Abb. 3 dessen Pseudocode dargestellt:

#### ClusteringInclude

```

1    $E' := \{e_{new} = \{a_k, b_l\} \mid a_k \in C_i^a \wedge b_l \in C_i^b \wedge e_{new} \in E \wedge |e_{new}| \leq r\}$ ;
2   Sortiere  $E'$  nach steigenden Distanzen  $|e_{new}|$ ;
3   for all  $\{a_k, b_l\} \in E'$  (*in sortierter Reihenfolge*) do
4       if  $((a_k \text{ Endknoten} \wedge b_l \text{ Endknoten}) \wedge (a_k \text{ und } b_l \text{ nicht im selben Cluster}))$ 
5           Verbinde Cluster  $C_i^a$  und  $C_i^b$  durch  $e_{new}$ ;
6           if (Kombiniertes Cluster valide)
7               Speichere kombiniertes Cluster  $C_i^y$ ;

```

Abb. 3: Clustering-Algorithmus zum Zusammenlegen von Streckenabschnitten (Phase 1)

Zunächst wird die Menge  $E'$  aller möglichen Verbindungen zwischen zwei Kunden  $a_k$  und  $a_l$  eines Profitcenters bestimmt. Dabei werden nur die Kunden berücksichtigt, deren Distanz zueinander kleiner ist als eine maximale Entfernung  $r$  (Zeile 1). Die Kundenpaare werden nach aufsteigender Entfernung sortiert (Zeile 2) und der Reihe nach betrachtet (Zeile 3). Falls beide



Kunden  $a_k$  und  $b_l$  Cluster-Endpunkte sind und sich zugleich nicht im selben Cluster befinden (Zeile 4), wird ein kombiniertes Cluster erzeugt, indem zwischen  $a_k$  und  $b_l$  eine Kante  $e_{new}$  eingefügt wird (Zeile 5). Anschließend wird die Validität des neu erstellten Clusters überprüft, die genau dann gegeben ist, wenn die im Cluster enthaltenen Kunden in mindestens einer der beiden Reihenfolgen unter Einhaltung der Lieferzeitfenster von einem Fahrzeug beliefert werden können. Falls Validität vorliegt, wird das Cluster  $C_i^y$  abgespeichert (Zeilen 6, 7).

Die zweite Phase zielt darauf ab, bestehende Cluster in andere einzugliedern. Dies bedeutet, dass der Pfad innerhalb eines Clusters unterbrochen wird, um die Kunden eines anderen Clusters zu beliefern. Erst wenn dies geschehen ist, wird die Abarbeitung des ursprünglichen Pfades fortgesetzt. Für diese Eingliederung eines Clusters in ein anderes sind zwei verschiedene Varianten denkbar, die in Abb. 4 dargestellt sind. Zunächst wird eine Verknüpfung zwischen einem Endknoten des ersten Clusters mit dem inneren Knoten des zweiten Clusters festgelegt (Abb. 4b). Nun wird der Pfad des zweiten Clusters zwischen  $a_2$  und  $a_3$  (Abb. 4a) bzw.  $a_1$  und  $a_2$  (Abb. 4c) unterbrochen und zwei mögliche Verbindungen werden bestimmt, die die Eingliederung des ersten Clusters ( $\{b_1, b_2\}, \{b_2, b_3\}$ ) in das zweite ermöglichen. Analog zur ersten Phase dürfen auch hier die neu entstehenden Verbindungen die Kantenlänge  $r$  nicht übersteigen.

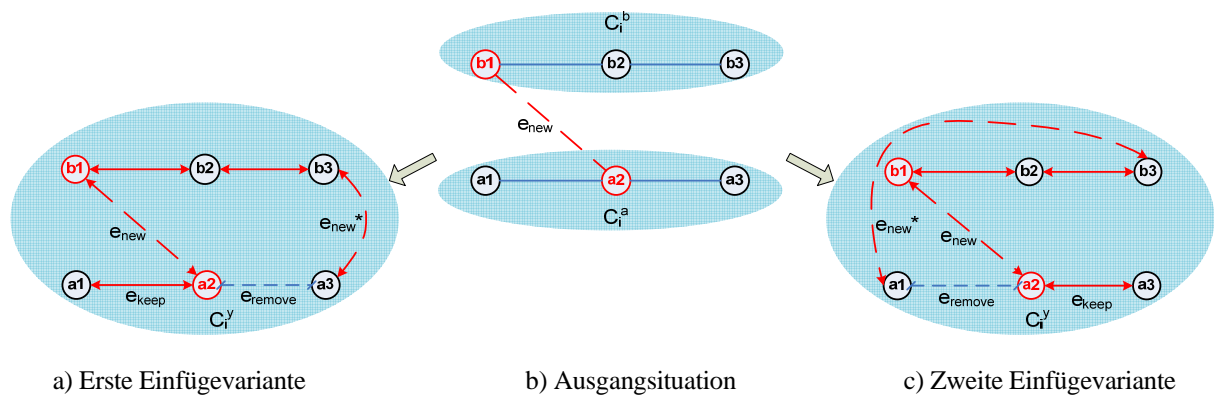


Abb. 4: Zwei Varianten für die Clusterzusammenlegung

In Abb. 5 wird der Algorithmus der zweiten Phase dargestellt. Zunächst wird eine Menge  $E''$  generiert, die anfangs leer ist (Zeile 1). Dafür wird jedes Element der Menge  $E'$  daraufhin geprüft, ob es als erste der beiden Verbindungen zwischen zwei verschiedenen Clustern in Frage kommt (Zeilen 2 und 3). Dies ist genau dann der Fall, wenn sich die beiden Kunden  $a_k$  und  $b_l$  nicht bereits im selben Cluster befinden und wenn einer der beiden Kunden einen Cluster-Endpunkt darstellt, der andere jedoch nicht (Zeile 4). Nach der Bestimmung der beiden Varianten für die zweite Verbindung werden die Kantentupel zur Menge  $E''$  hinzugefügt (Zeilen 5, 6).

### ClusteringInclude2

```
1    $E'' := \emptyset$  ;
2    $E' := \{e_{new} = \{a_k, b_l\} \mid e_{new} \in E \wedge a_k \in C_i^a \wedge b_l \in C_i^b \wedge |e_{new}| \leq r\}$  ;
3   for all  $e_{new} = \{a_k, b_l\} \in E'$  do
4       if  $((a_k \text{ Endknoten} \wedge b_l \neg \text{Endknoten}) \wedge (a_k \text{ und } b_l \text{ nicht im selben Cluster}))$ 
5           for all  $e_{keep} = \{b_l, b_{l^*}\}$  mit  $l \neq l^* \wedge b_l \in e_{new}$  do
6               Bestimme  $e_{new}^*, e_{remove}, \Delta = |e_{new}| + |e_{new}^*| - |e_{remove}|$ ,  $E'' \leftarrow (e_{new}, e_{keep})$  ;
7   Sortiere  $(e_{new}, e_{keep}) \in E''$  nach steigendem  $\Delta$  ;
8   for all  $(e_{new}, e_{keep}) = (\{a_k, b_l\}, \{b_l, b_{l^*}\}) \in E''$  (*in sortierter Reihenfolge*) do
9       if  $(a_k, b_l, b_{l^*}$  nicht im selben Cluster)
10          Gliedere  $C_i^a$  gemäß der Kanten  $e_{new}, e_{new}^*$  und  $e_{keep}$  in  $C_i^b$  ein;
11          if (Kombiniertes Cluster valide)
12             Speichere kombiniertes Cluster  $C_i^y$  ;
```

Abb. 5 Clustering-Algorithmus zum Eingliedern von Streckenabschnitten (Phase 2)

Anschließend werden die Elemente der Menge  $E''$  nach steigenden Distanzsummen sortiert (Zeile 7) und es wird der Reihe nach geprüft, ob die beiden repräsentierten Verbindungen zu einer validen Eingliederung eines Clusters in ein anderes Cluster führen (Zeilen 8 bis 10). Wenn die Validität des kombinierten Clusters gegeben ist, wird dieses Cluster abgespeichert (Zeilen 11 und 12).

Sei  $I \in \mathbb{N}$  die Anzahl von Profitcentern im Unternehmen. Für jedes  $i \in I$  werden die Kunden entsprechend ihrer Entfernung vom Zentrum des Profitcenters in zwei Gruppen eingeteilt: Ein bestimmter Prozentsatz der weiter entfernten Kunden wird dem Outsourcingbereich  $P_i^o$  zugeordnet, die übrigen näher am Zentrum liegenden Kunden bilden den Fixbereich  $P_i^f$ . Innerhalb jedes Profitcenters  $i$  wird die Menge  $C_i$  gebildet, die alle im Profitcenter erstellten kombinierten Cluster in  $P_i^o$  enthält. Des Weiteren wird  $C_i$  an *ComEx*-Server weitergeleitet und dort zu  $C^* = \bigcup_{i=1}^I C_i$  gruppiert. Anschließend erhalten alle Profitcenter die Menge  $C^*$ .

### 3.2.2 Gebotserstellung und Insourcing

In der Literatur sind verschiedene Gebotssprachen und damit verbundene Arten der Gebotslogik beschrieben [Nisa99]. Das *ComEx*-System benutzt eine OR-of-XOR Gebotslogik. Dies bedeutet, dass die XOR-Gebotsbündel jeweils eine Auswahl eines der alternativen Gebote erlauben, während bei den OR-Gebotsbündeln mehrere Gebote gleichzeitig befriedigt werden können.

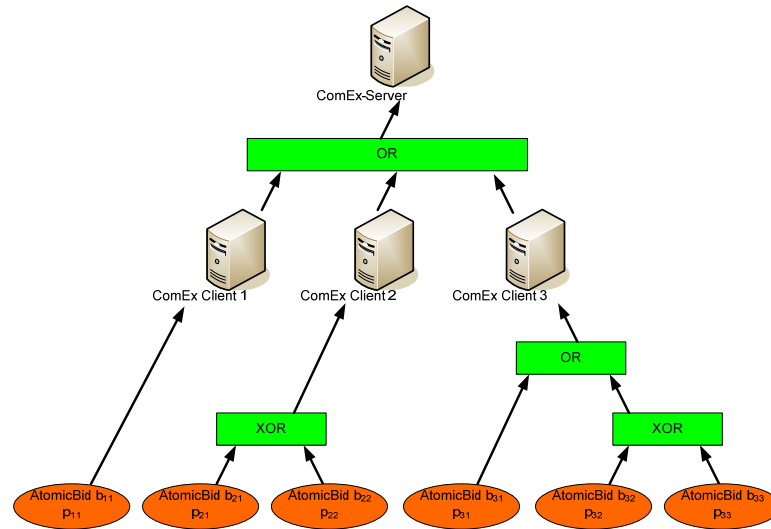


Abb. 6 Gebotslogik in ComEx

Auf Grund seiner Größe wird  $C^*$  von jedem Profitcenter anhand eines von uns entwickelten Verfahrens zu  $C_i^*$  verkleinert, indem die am weitesten entfernt liegenden kombinierten Cluster anderer Profitcenter eliminiert werden. Die Menge  $C_i^*$  wird von Profitcentern für die Erstellung der Kombinationen aus eigenen kombinierten Clustern mit kombinierten Clustern anderer Profitcenter (nach dem gleichem Verfahren wie in 3.2.1) verwendet. Anschließend werden die Gebote wie folgt gebildet: Sei  $M_i \in \mathbb{N}$  die Anzahl der für Profitcenter  $i \leq I$  zur Verfügung stehenden kombinierten Cluster  $C_i^y \in C_i^*$ , dann ist  $b_{ij} = C_i^\alpha \wedge C_i^\beta \wedge \dots \wedge C_i^\delta$ ,  $\alpha \neq \beta \neq \delta \wedge \alpha, \beta, \delta \leq M_i$  ein *AtomicBid* vom Profitcenter  $i$ . Für jedes  $b_{ij}$  wird eine Anfrage an den *DynaRoute*-Server gestellt, um die Kosten  $p_{ij}$  für die Belieferung aller Kunden in  $b_{ij}$  festzustellen. Hier kann zunächst auf die spieltheoretische Diskussion über wahrheitsgemäßes Bieten verzichtet werden, da die berechneten Lieferkosten direkt als Gebotspreise übernommen werden und durch Verwendung identischer *ComEx*-Clients bei allen Profitcentern nicht manipulierbar sind [Schw05].<sup>6</sup> Sei  $B_i$  eine Zusammensetzung aller Gebote vom Profitcenter  $i$ , die mit Hilfe logischer Operationen *OR* bzw. *XOR* verknüpft sind. Verschiedene *AtomicBids* können dieselben kombinierten Cluster  $C_i^y$  enthalten, z.B. *AtomicBids*  $b_{21}$  und  $b_{22}$  in Abb. 6. In diesem Fall werden die beiden Gebote mit *XOR* verknüpft:  $B_2 = b_{21} \oplus b_{22}$ . Sind die Teilmengen an den in *AtomicBids* vorkommenden Clustern disjunkt, so wird *OR*-Operation angewendet, z.B.  $B_3 = b_{31} \vee b_{32} \oplus b_{33}$ .

<sup>6</sup> Da *DynaRoute* ein stochastisches Verfahren ist, stellen die Lieferkosten eine Verteilung dar, so dass Anreizkompatibilität nur näherungsweise gewährleistet ist und eine weitere Diskussion dieses Punktes erfolgen sollte.

### 3.2.3 Benutzeroberfläche

Für die Kundenverwaltung der Profitcenter und die Ergebnisdarstellung wurde eine grafische Benutzeroberfläche mit Hilfe der Java Swing Bibliothek in J2SE 5.0 erstellt (Abb. 7).

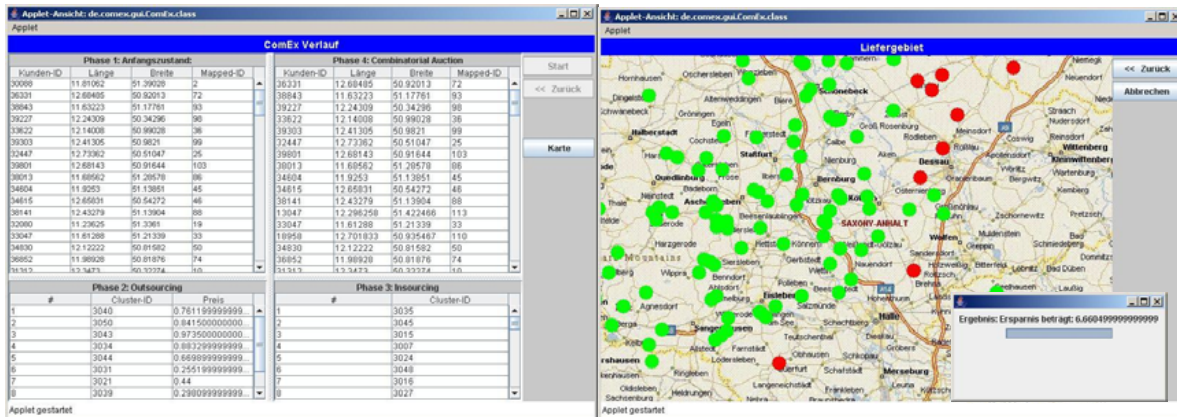


Abb. 7: Grafische Benutzeroberfläche von ComEx

Das ComEx-Client Programm, das in jedem Profitcenter installiert wird, enthält eine Kundentabelle mit den notwendigen Informationen, z.B. geografische Position eines Kunden, Kunden-ID usw. Kunden, die auf jeden Fall vom Profitcenter behalten werden sollen (bspw. auf Grund hoher Umsätze), können ausgewählt und somit dem Fixbereich zugeordnet werden. Nach dem Initiieren der Routenoptimierung werden die Ergebnisse der einzelnen Optimierungsschritte (Auslagerung freigegebener Kunden, die errechneten Gebotspreise, von anderen Profitcentern übernommene Kunden) nacheinander vom System angezeigt. Nach der Optimierung wird gezeigt, ob und wie viel durch den Einsatz der KA an Lieferkosten im Unternehmen gegenüber dem alleinigen Einsatz von DynaRoute eingespart werden konnte. Zur Veranschaulichung wird das Liefergebiet mit den zu beliefernden Kunden, die sowohl vom eigenen Profitcenter als auch von anderen Profitcentern übernommen wurden, auf einer Karte eingeblendet.

### 3.3 ComEx-Server

Die Aufgabe des ComEx-Servers ist es, den Ablauf der Auktion zu steuern. Die von den Profitcentern erstellten Anfragen werden von einem Servlet im ComEx-Webserver angenommen.<sup>7</sup>

Zwischen den Clients und dem ComEx-Server findet ein Informationsaustausch in Form von SOAP-Nachrichten statt. Unser System erlaubt die Übertragung von Nachrichten in der XML-basierten Sprache CAMEL, die für eine standardisierte Gebotsabgabe in KAs entworfen wurde [ScWS04]. Die Gebote aller Profitcenter werden im CAMEL-Format in einer Datenstruktur

<sup>7</sup>Als Webcontainer-Umgebung wurde die Apache Tomcat 5.5 Software gewählt: <http://tomcat.apache.org>

$B^* = B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_I$  abgespeichert (Abb. 6). Alle SOAP-Nachrichten sind bei der Web-Übertragung per SSL-Technologie verschlüsselt. Nachdem die Gebote aller Profitcenter in der Datenstruktur  $B^*$  gespeichert worden sind, werden sie an die *ComEx*-Engine weitergeleitet, und die KA wird initiiert. Die optimale Allokation wird mittels der *ComEx*-Engine ermittelt und über den *ComEx*-Server an alle Clients übermittelt. Des Weiteren ist der *ComEx*-Server für die Berechnung der durch die Auktion im Gesamtsystem erzielten Ersparnisse zuständig.

### 3.4 *ComEx*-Engine

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, werden die vom *ComEx*-Server gesammelten Gebote  $B_i$  von allen *ComEx*-Clients  $i$  in Form von *CAMEL*-Nachrichten an die *ComEx*-Engine weitergeleitet. Diese muss, um die optimale Allokation zu finden, das Combinatorial Auction Problem (CAP) [dVVo01] lösen. Seien  $z$  die Lieferkosten im Unternehmen,  $M$  die Menge aller kombinierten Cluster im System,  $J_i$  die Anzahl der Gebote vom Profitcenter  $i$  und  $b_{ij}(C_i^y) = 1$  wenn das AtomicBid  $b_{ij}$  das Cluster  $C_i^y$  enthält, dann lautet das CAP für die Tourenoptimierung:

$$\min z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} p_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

u.d.N. 
$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} b_{ij}(C_i^y) \cdot x_{ij} = 1 \quad \forall C_i^y \in C^* \wedge x_{ij} \in \{0,1\} \quad (2)$$

$$b_{ij}(C_i^y) = \begin{cases} 1, & \text{wenn } C_i^y \text{ in } b_{ij} \text{ vorkommt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \quad \forall C_i^y \in C^* \quad (3)$$

Die Akzeptanzvariable  $x_{ij}$  zeigt an, ob ein Gebot den Zuschlag erhalten soll. Gleichzeitig definiert sie die hier notwendige Ganzzahligkeitsbedingung. Mit Gleichung (2) wird sichergestellt, dass alle kombinierten Cluster in der Lösungsallokation vorkommen. Für die Berechnung des CAP wird das Software-Paket *LP\_SOLVE* 5.5<sup>8</sup> verwendet. Das Paket liefert in akzeptabler Zeit eine exakte Lösung des hier beschriebenen *NP*-harten Problems bei bis zu einigen Hundert Geboten. Für Problemstellungen mit höherer Komplexität ist ein Umstieg auf Heuristiken sinnvoll. In [ScGu05] wurden daher heuristische Verfahren für das CAP [ScSR03] auf ihre Effizienz (Qualität der Lösung) und Schnelligkeit im Vergleich zu exakten Verfahren getestet.

<sup>8</sup> <http://www.geocities.com/lpsolve>

## 4 Der Einfluss des Clustering-Prozesses auf die Gesamtlieferkosten

### 4.1 Ziel der Simulation und Simulationseinstellungen

Ziel des Einsatzes von *ComEx* ist die Reduktion der Gesamtlieferkosten im Unternehmen, die durch die Verkürzung der Gesamtlieferstrecke erzielt wird. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn eine geeignete Strategie zur Erstellung von Geboten für die Übernahme und Abgabe der Streckenabschnitte durch die Profitcenter angewendet wird. Im Rahmen unseres Systems kann dieses durch zwei Faktoren gesteuert werden: zum einen durch die Begrenzung des maximal zulässigen Abstandes  $r$  zwischen den Kunden innerhalb eines Clusters, zum zweiten durch die Festlegung des prozentualen Anteils  $a$  der Kunden, die dem Fixbereich  $P_f$  eines Profitcenters zugeordnet werden. Neben dem Einfluss dieser Faktoren wurde erforscht, wie sich die Änderung der Maximalzahl der zulässigen Gebote pro Profitcenter auf die Gesamtlieferkosten auswirkt.

Es wurde folgendes Testszenario gewählt: Die Simulationen basieren bezüglich geografischer Lage und Lieferzeiten auf Realdaten unseres Partnerunternehmens aus der Nahrungsmittellindustrie, wobei 3 Profitcenter mit je ca. 100 Kunden für die Auswertung zu Grunde gelegt wurden. Das CAP wurde mittels der *ComEx*-Engine basierend auf LP\_SOLVE exakt gelöst. Der *DynaRoute*-Server lieferte die Routen und Kostenschätzungen basierend auf der oben erwähnten *COSA*-Heuristik<sup>9</sup>.

Für die Simulation wurden die relevanten Parameter innerhalb folgender Schranken variiert:

- Maximalabstand  $r$  zwischen den Kunden eines Clusters: 2–20 km (2 km Schritte)
- Anteil  $a$  der Kunden im Outsourcingbereich: 20% - 100% (20% Schritte)

Die Berechnung wurde mehrfach wiederholt, um die stochastischen Effekte zu reduzieren, die durch den Einsatz des heuristischen Verfahrens beim *DynaRoute*-Server entstanden.

### 4.2 Ergebnisse

Wie Abb. 8 zeigt, lässt sich bei einem Maximalabstand von 10 km zwischen den Kunden eines Clusters und bei einem Anteil der Kunden im Outsourcingbereich von 40% die Gesamtlieferstrecke am stärksten verkürzen<sup>10</sup>. Ein zu gering angesetzter Maximalabstand bei der Gebotsbil-

---

<sup>9</sup> Es wurden folgende Einstellungen für das Cooperative Simulated Annealing Verfahren verwendet: Starttemperatur 1.000.000, 1% Abkühlrate und eine Populationsgröße von 20 Elementen.

<sup>10</sup> Hier wird zur Vereinfachung die Lieferstrecke als Schätzer für die Lieferkosten verwendet.

ung führt zur Erstellung von Clustern, die aus nur wenigen Kunden bestehen. Dies bedeutet, dass die Abgabe bzw. Übernahme von solchen Clustern keine Synergieeffekte bewirken kann.

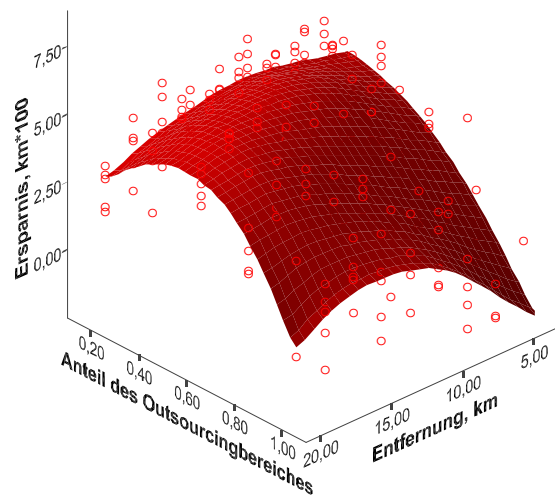


Abb. 8: Lieferkosteneinsparung durch den Einsatz von *ComEx*

Wird andererseits ein zu hoch angesetzter Maximalabstand  $r$  bei der Clustererstellung erlaubt, werden sehr komplexe Teilrouten für das Outsourcing erstellt. Solche größeren Cluster lassen sich schwer in die Touren anderer Profitcenter integrieren.

Ein zu großer Anteil von Kunden im Outsourcingbereich bei der Gebotsbildung führt zur Auslagerung vieler Kunden, die nahe zum eigenen Profitcenter liegen und eigentlich zu günstigen Konditionen von diesem beliefert werden können. Ein zu kleiner Anteil von Kunden eines Profitcenters im Outsourcingbereich verhindert die Freigabe zur Auslagerung geeigneter Kunden. In einer weiteren Simulation wurde beispielhaft untersucht, ob sich die zuvor identifizierten minimalen Lieferkosten (bei  $r=10$  km,  $a=40\%$ ) durch eine Änderung der maximal erlaubten Anzahl von Geboten weiter reduzieren lassen. Hierfür zeigt Abb. 9 die Gesamtlieferstrecke in Abhängigkeit zur maximal erlaubten Anzahl von Geboten pro Profitcenter:

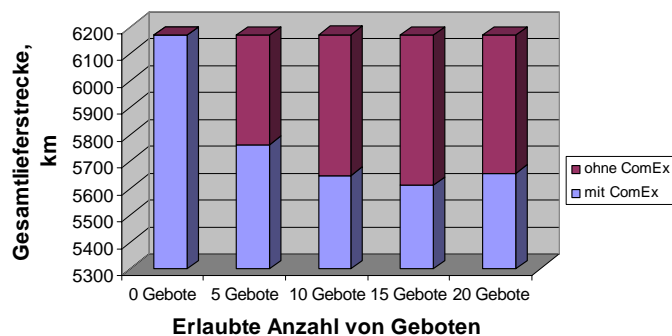


Abb. 9: Gesamtlieferstrecke in Abhängigkeit zu erlaubter Anzahl von Geboten

Die Erstellung einer höheren Anzahl von Geboten pro Profitcenter und somit die Erhöhung des Rechenaufwandes, der bei der *ComEx*-Engine anfällt, hebt das Einsparpotential im Unterneh-

men bis zur maximal zulässigen Anzahl von fünfzehn Geboten pro Profitcenter. Eine weitere Erhöhung hat jedoch einen negativen Effekt auf die Einsparungen.

## 5 Fazit

Das vorgestellte Softwaresystem *ComEx* wurde zum auktionsbasierten innerbetrieblichen Austausch von Transportdienstleistungen in Verbindung mit der Tourenoptimierungssoftware *DynaRoute* eingesetzt. Der Fokus der vorgestellten Untersuchungen lag auf der Ermittlung einer optimalen Strategie zur Erstellung von Geboten für die Übernahme bzw. Abgabe von Streckenabschnitten zwischen benachbarten Profitcentern, so dass für das gesamte Unternehmen Kostenreduktion entsteht. Anhand realer Lieferdaten eines Unternehmens aus der Nahrungsmittelindustrie wurden ein optimaler Maximalabstand von 10 km zwischen den Kunden und ein optimaler Anteil der Kunden im Fixbereich von 40% bei der Bildung optimaler In- bzw. Outsourcing-Gebote für die Berechnung der optimalen Allokation mit Hilfe der KA ermittelt. Eine höhere Bedeutung als im innerbetrieblichen Einsatz ist der Verwendung des *ComEx*-Verfahrens im zwischenbetrieblichen Bereich beizumessen, z.B. als allgemeine kombinatorische Transportbörse. Eine solche Realisierung eines Logistikmarktplatzes zwischen eigenständigen Unternehmen wirft jedoch in erhöhtem Maße die Frage nach anreizkompatiblen Gebotsbewertungsmechanismen, wie bspw. dem *Vickrey-Clarke-Groves*-Mechanismus, auf. Diese Problematik wurde im Zusammenhang mit dem hier diskutierten Anwendungsfall durch den Einsatz gleichartiger automatisierter Gebotsmechanismen bei allen Teilnehmern umgangen. Offen bleibt jedoch auch hier die Frage nach der gerechten und anreizkompatiblen Ersparnisverteilung zwischen Profitcentern. Diese wird zusammen mit dem Einsatz des *ComEx*-Systems als Transportbörse bei einem größeren Logistikdienstleister den nächsten Forschungsgegenstand darstellen.

## Literaturverzeichnis

- [BuHS99] *Bullnheimer, B.; Hartl, R. F.; Strauss, C.:* An improved Ant System Algorithm for the Vehicle Routing Problem. In: *Annals of Operations Research* 89 (1999), S. 319-328.



- [CaPe05] *Cantillon, Estelle; Pesendorfer, Martin: Auctioning Bus Routes: The London Experience.* In: *Steinberg, R.; Shoham, Y.; Cramton, P. (Hrsg): Combinatorial Auctions.* MIT-Press: Cambridge, Massachusetts 2005. S. 573-592.
- [Capl96] *Caplice, Christopher: An Optimization Based Bidding Process: A New Framework for Shipper-Carrier Relationships.* Dissertation, Massachusetts Institute of Technology 1996.
- [CaSh03] *Caplice, Christopher; Sheffi, Yossi: Optimization-Based Procurement for Transportation Services.* In: *Journal of Business Logistics* 24 (2003) 2, S. 109-128.
- [dVVo01] *de Vries, Sven; Vohra, Rakesh: Combinatorial Auctions: A Survey.* In: *INFORMS Journal on Computing* 15 (2001) 3, S. 284-309.
- [ElKe05] *Elmaghraby, Wedad; Keskinocak, Pinar: Combinatorial Auctions in Procurement.* In: *Harrison, T. P.; Lee, H. L.; Neale, J. J. (Hrsg): The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge.* Springer, Berlin 2003, S. 245-258.
- [Glov86] *Glover, Fred: Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence.* In: *Computers and Operations Research* 13 (1986) 5, S. 533-549.
- [KaNa01] *Kameshwaran, S; Narahari, Y.: Auction Algorithms for Achieving Efficiencies in Logistics Marketplaces.* In: *Proceedings of the International Conference on Energy, Automation and Information Technology, 2001.*
- [LiLi02] *Li, Haibing; Lim, Andrew: Local search with annealing-like restarts to solve the vehicle routing problem with time windows.* ACM Press: Madrid, Spain, S. 560-565, 2002.
- [McMi95] *McMillan, John: Why Auction the Spectrum?* In: *Telecommunications Policy* 19 (1995), S. 191-199.
- [Nisa99] *Nisan, Noam: Bidding and Allocation in Combinatorial Auctions.* In: *Proceedings of the 2nd ACM Conference on Electronic Commerce (ACM-EC99), 1999.*

- [Pank03] *Pankratz, Giselher*: Zweiseitige kombinatorische Auktionen in elektronischen Transportmärkten – Potenziale und Probleme. Working Paper: FernUniversität Hagen, Fachbereich Wirtschaftswissenschaft: [ftp://ftp.fernuni-hagen.de/pub/fachb/wiwi/winf/forschung/publi/gp\\_p6.pdf](ftp://ftp.fernuni-hagen.de/pub/fachb/wiwi/winf/forschung/publi/gp_p6.pdf), 2003, Abruf am: 30.6.2006.
- [ReSo03] *Regan, Amelia; Song, Jiongjiong*: An Auction Based Collaborative Carrier Network. Unter Begutachtung in: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 2003.
- [Schw05] *Schwind, Michael*: Design of Combinatorial Auctions for Allocation and Procurement Processes. In: Proceedings of the 7th International IEEE Conference on E-Commerce Technology 2005, München 2005, S. 391-395.
- [ScGu05] *Schwind, Michael; Gujo, Oleg*: An Agent-based Simulation Environment for a Combinatorial Grid Scheduler. Working Paper: Institute of Information Systems, Johann Wolfgang Goethe University: Frankfurt, Germany, <http://www.wiwi.de/publikationen/AnAgentBasedSimulationEnviron1531.pdf>, 2005, Abruf am: 30.6.2006.
- [ScSR03] *Schwind, Michael; Stockheim, Tim; Rothlauf, Franz*: Optimization Heuristics for the Combinatorial Auction Problem. In: Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation CEC 2003, Canberra 2003, S. 1588-1595.
- [ScWS04] *Schwind, Michael; Weiss, Kilian; Stockheim, Tim*: CAMEL - Eine Meta-Sprache für Kombinatorische Auktionen. Working Paper: Institut für Wirtschaftsinformatik, Johann Wolfgang Goethe Universität: Frankfurt, <http://www.wiwi.de/publikationen/CAMELEineMetaSprachefuerKombin1068.pdf>, 2004, Abruf am: 30.6.2006.
- [Wend95] *Wendt, Oliver*: Tourenplanung durch Einsatz naturanaloger Verfahren. Gabler Verlag, Wiesbaden 1995.
- [WeSW05] *Wendt, Oliver; Stockheim, Tim; Weiss, Kilian*: Intelligente Tourenplanung mit DynaRoute. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 47 (2005) 2, S. 135-140.

# **Prozessverantwortung und Dokumentation als Determinanten der Effizienz und Qualität der Transportplanung**

## **Ein Modell auf Basis einer empirischen Untersuchung unter 1000 deutschen Unternehmen**

Volker Lanninger, Tim Stockheim, Oliver Wendt

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Operations Research  
Chair of Business Information Systems and Operations Research  
Technische Universität Kaiserslautern  
67663 Kaiserslautern  
{lanninger, stockheim, wendt}@bisor.de

### **Zusammenfassung**

Stetig steigende Transportkostenanteile an den Gesamtausgaben kleiner und mittlerer Unternehmen motivieren eine Untersuchung möglicher Optimierungspotenziale im Prozess der Transportplanung. Generell stellt die Schaffung geeigneter organisatorischer Rahmenbedingungen den Ausgangspunkt zur weiteren Kostensenkung und Qualitätsverbesserung dar. Der vorliegende Beitrag begründet, dass nur darauf aufbauend ein erfolgreicher Einsatz von Optimierungssoftware möglich ist.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts zur Weiterentwicklung von Tourenplanungssoftware wird anhand zweier Regressionsmodelle untersucht, wie die Vergabe eindeutiger Prozessverantwortung sowie eine professionelle Dokumentation des Planungsprozesses auf die wahrgenommene Kosteneffizienz und Prozessqualität wirken. Zum Abschluss wird gezeigt, wie auf dieser organisatorischen Basis weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Transportplanung ergriffen werden können.

## **1 Einleitung**

Transportleistungen entwickeln sich für viele Unternehmen zu einem immer wichtiger werdenden Erfolgsfaktor, was beispielsweise an der Beförderungsleistung deutscher Unternehmen im

Inland von ca. 271,8 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2005 auf der Straße<sup>1</sup> [Bund06] abzulesen ist. In vielen Branchen, wie z.B. Entsorgung, Großhandel oder Nahrungsmittelproduktion, haben die Transportkosten einen Anteil von weit über zehn Prozent an den Gesamtkosten [Stra05] und entwickeln sich zu einem wesentlichen Kostentreiber. Steigende Kraftstoffpreise und die Einführung der Autobahn-Maut<sup>2</sup> deuten zudem auf eine weitere Erhöhung der Transportkosten hin [Stat04].

Vor diesem Hintergrund hat das in diesem Beitrag beschriebene Modell das Ziel, die Wirkung von klarer Prozessverantwortung und Dokumentation auf die Kosteneffizienz und Qualität der Transportplanung aufzuzeigen. Die zur Evaluation verwendeten Daten wurden im Rahmen der Studie „Transportplanung der Zukunft“ [WKSL06] erhoben. Diese analysiert die derzeit vorliegenden Prozess- und Kostenstrukturen in der Transportplanung, identifiziert die daraus ableitbaren Optimierungspotenziale und veranschaulicht den Erfolgsbeitrag von moderner Tourenplanungssoftware.

Das Forschungsprojekt, in dessen Rahmen die Studie entstand, zielt auf die Weiterentwicklung von Tourenplanungssoftware unter Berücksichtigung stochastischer Fahrzeiten [WeSW05]. Gerade im Hinblick auf den Einsatz von Softwaresystemen werden eine gute Dokumentation der Prozesse sowie klare Prozessverantwortung als essentiell angesehen [WeSW05; Tosc03]. Das vorgestellte Modell untersucht den Einfluss von Dokumentation und Prozessverantwortung auf die Kosteneffizienz und Qualität des Planungsprozesses in der Anwendungsdomäne Transportplanung. Es wurde analog zu bestehenden Modellen anderer Domänen entwickelt (siehe dazu Abschnitt 2), auf Basis mehrerer Experteninterviews an die Transportplanung angepasst, und wird in diesem Beitrag anhand empirischer Daten evaluiert.

In vergleichbaren Studien, wie z.B. der von der Bundesvereinigung für Logistik durchgeführten Untersuchung „Trends und Strategien in der Logistik“ [Stra05], finden sich zur oben erwähnten allgemeinen Forderung nach Prozessdokumentation und eindeutiger Prozessverantwortung keine Aussagen. Diese Lücke adressiert der vorliegende Beitrag speziell für kleine und mittlere Unternehmen und leitet daraus allgemeine Empfehlungen zur Prozessoptimierung durch Tourenplanungssoftware ab.

---

<sup>1</sup> Gegenüber dem Jahr 2004 mit ca. 266,9 Mrd. Tonnenkilometer (Inland) auf der Straße bedeutet dies eine Steigerung von etwa 2 % [Bund05].

<sup>2</sup> Nach Einführung der LKW-Maut werden die Unternehmen rund neunmal höher belastet als durch die Euro-Vignette [Bund05b].

## 1.1 Kurzbeschreibung der zugrunde liegenden Studie

Der Fragebogen wurde an die für den Transportplanungsprozess Verantwortlichen in je 250 deutschen Unternehmen (mit Transportbedarf) der Branchen Bauwesen, Entsorgung, Nahrungsmittelindustrie und Speditionen gesendet. Kriterium bei der Auswahl der Teilnehmer war, ein ausgewogenes Bild der Transportplanung deutscher Unternehmen zu erhalten. Darüber hinaus sollte anhand der Stichproben ein Vergleich der ausgewählten Branchen untereinander durchgeführt werden.

Von den 1.000 angeschriebenen Unternehmen sandten 105 einen ausgefüllten Fragebogen zurück. Den größten Anteil bilden mit rund 80% kleine und mittlere Unternehmen mit bis zu 250 Mitarbeitern und einem durchschnittlichen Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro.

Die Analyse der empirischen Daten wurde in mehreren Stufen mit unterschiedlichen statistischen Instrumenten vorgenommen. Nach einfachen Häufigkeitsverteilungen wurden zunächst anhand von Korrelationsanalysen<sup>3</sup> Zusammenhänge zwischen verschiedenen Einzelgrößen untersucht. Im Anschluss an die Analyse der Einzelfaktoren und ihrer bilateralen Zusammenhänge wurde ein umfassendes Modell zur Identifikation der zentralen Erfolgsfaktoren formuliert. Abschließend werden in der Studie zwei Fallstudien zum erfolgreichen Einsatz von Software in der Transportplanung vorgestellt.

## 1.2 Das verwendete Prozessmodell

Der Gesamtprozess der Transportplanung wurde für die Studie mittels eines fünfstufigen Modells strukturiert, welches in Abb. 1 dargestellt ist. Im Gegensatz zur Beschaffungslogistik [Kani02] und Produktionslogistik [Kern02] lässt sich für die Distributionslogistik in der Literatur kein hinreichend detailliertes und anerkanntes Referenzmodell identifizieren, was die Entwicklung eines Prozessmodells in Experteninterviews auf Basis von Standardliteratur zur Tourenplanung im Vorfeld der Studie notwendig machte. Eine anschauliche Übersicht zu den dabei berücksichtigten Aufgaben der Transportplanung liefern beispielsweise [ScDK98].

---

<sup>3</sup> Zur Untersuchung der Zusammenhänge wurde zunächst der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman verwendet, da dieser ein parameterfreies Maß für Zusammenhänge ohne Annahmen über die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Variablen darstellt.



Abb. 1: Allgemeines Prozessmodell der Tourenplanung [WKSL06]

Innerhalb der Abfolge der Teilprozesse mit ihren genannten Merkmalen stellen die grau markierten Elemente den Kernprozess der Neuplanung dar. Dieser sich regelmäßig wiederholende Prozess besteht aus Datenübernahme und -validierung, Berechnung sowie Übermittlung der Pläne an die Fahrer. Dieser Kernablauf wird durch die Festlegung der Planungskriterien und die Überwachung der tatsächlich gefahrenen Touren ergänzt.

Vor einer Transportplanung müssen zunächst Planungskriterien festgelegt werden. Wichtig ist vor allem die Gewichtung verschiedener Zielkriterien, beispielsweise Pünktlichkeit versus Fahrtstrecke bzw. -dauer. Auch die Entscheidung über Kundenprioritäten muss in dieser Phase einmalig oder in Abhängigkeit von der konkreten Planungssituation getroffen werden. Neben der Erhebung, wie genau diese Zielkriterien erfasst werden, ist ein weiterer Gegenstand der Befragung, inwieweit Planungsziele dokumentiert und ob individuelle Kriterien der Planung von einzelnen Unternehmen und Softwarelösungen berücksichtigt werden.

Der Kernprozess beginnt mit der Datenübernahme der planungsrelevanten Informationen. Basierend auf diesen Planungsdaten erfolgt die Berechnung der Tourenpläne. Es wurde unter anderem erfasst, ob bestimmte Branchen unterschiedliche Rangfolgen bezüglich der Zielverfolgung aufweisen. Als weiteres Gütekriterium der Tourenplanung wird erfragt, ob eine manuelle Nachbearbeitung (oder Erstellung) der Touren notwendig ist.

Den Abschluss des Kernprozesses bildet die Übermittlung der Tourenpläne. Die Pläne können sowohl in verschiedenen Detaillierungsgraden als auch auf verschiedenen Medien übermittelt werden. Die modernste Lösung stellt ein mobiles Endgerät dar, z.B. ein PDA, auf das alle Daten der Tour inklusive einer Wegbeschreibung übertragen werden.

Die beste Planung hilft wenig, wenn die Qualität der Ausführung nicht angemessen ist. Letzter untersuchter Teilprozess der Transportplanung ist daher die Überwachung gefahrener Touren. Erhoben werden hier sowohl Informationen zur Überwachungsintensität als auch die verwendete

ten Hilfsmittel. Zum Beispiel kann der Einsatz der oben erwähnten mobilen Endgeräte zusätzlich zur Überwachung der Touren genutzt werden.

Darüber hinaus werden drei weitere Bereiche untersucht, die den Planungsprozess maßgeblich beeinflussen, ihm aber nicht direkt zuzurechnen sind. Dazu gehören das vorliegende Transport-szenario, durch das unter anderem die Anzahl der LKWs und der täglich zu beliefernden Kunden erfasst werden, allgemeine Unternehmensdaten wie Branche, Umsatz und Zahl der Mitarbeiter sowie ein Fragenblock über den Umfang von Transportleistung und -kosten.

Die Dokumentation des Planungsprozesses und die klare Benennung von Verantwortlichkeit werden in diesem Modell als grundsätzliche, prozessbegleitende Maßnahme zur Verbesserung der Transportplanung und einer damit einhergehenden Erhöhung der Zufriedenheit herausgestellt.

## 2 Prozessverantwortung und Dokumentation im Prozess der Tourenplanung

Abb. 2 veranschaulicht, wie die befragten Unternehmen die Aussagen „Es existiert ein Verantwortlicher für den gesamten Tourenplanungsprozess“ und „Unser Tourenplanungsprozess ist genau dokumentiert“ bewertet haben. In über 84% der befragten Unternehmen gibt es einen Verantwortlichen für den gesamten Tourenplanungsprozess (Antworten „trifft voll zu“ und „trifft eher zu“), aber nur gut die Hälfte der Unternehmen (58,8%) betrachtet ihren Planungsprozess als genau dokumentiert<sup>4</sup>.

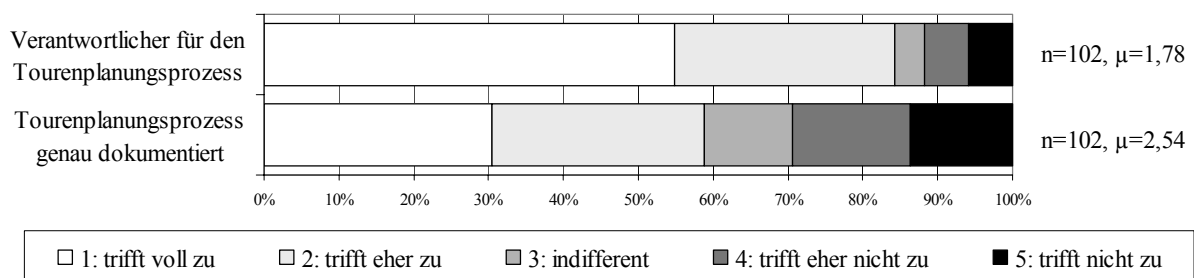


Abb. 2 Ausprägung der Dokumentation und der eindeutigen Prozessverantwortlichkeit in den befragten Unternehmen [in Anl. an WKSL06]

<sup>4</sup> Die Unternehmen konnten dabei die Dokumentation des Tourenplanungsprozesses und die Existenz eines Gesamtverantwortlichen für den Tourenplanungsprozess im Fragebogen mittels fünfstufiger Likert-Skalen (trifft voll zu ... trifft nicht zu) bewerten.

Zwischen den untersuchten Branchen konnten dabei Unterschiede festgestellt werden: Speditionen und Entsorgungsunternehmen sind sowohl bei der Dokumentation als auch bei der Verantwortung im Mittel gut bis sehr gut aufgestellt. In der Nahrungsmittelindustrie und insbesondere im Baugewerbe ist die Prozessdokumentation bei in etwa gleich häufiger Benennung eines Verantwortlichen für den Planungsprozess jedoch wesentlich schwächer ausgeprägt.

## 2.1 Dokumentation des Tourenplanungsprozesses

Die Dokumentation von Prozessen zur Erhöhung der Logistikqualität<sup>5</sup> im Allgemeinen wurde bereits in anderen Arbeiten untersucht und als integraler Bestandteil von logistischen Qualitätsmanagementansätzen identifiziert [Maue01]. In Bezug auf die Distributionslogistik konnte in einer empirischen Studie nachgewiesen werden, dass neben anderen die Prozessdokumentation einen starken Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Supply Chain hat [LoMc03].

Wie oben bereits dargelegt (Abb. 2), beträgt der Anteil der Unternehmen, die ihren Tourenplanungsprozess gut dokumentiert haben, trotz der in der Theorie dargestellten Notwendigkeit lediglich etwa 60%. Allerdings ist insbesondere bei Unternehmen mit hohem Transportaufkommen der Planungsprozess genau dokumentiert<sup>6</sup>. Für diese Unternehmen spielt die Transportplanung offensichtlich eine zentrale Rolle, worauf sie mit professionellem Prozessmanagement reagieren.

Die bereits in Abschnitt 1 erwähnte Notwendigkeit von umfassender Prozessdokumentation bei der Einführung und beim Einsatz von Softwaresystemen im Allgemeinen konnte auch für die Nutzung von Tourenplanungssoftware gezeigt werden. Unternehmen, die Tourenplanungssoftware einsetzen, haben ihren Planungsprozess genauer dokumentiert<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Wobei bei [Maue01] der Begriff der Logistikqualität als das Maß für die Übereinstimmung zwischen Merkmalen und Merkmalsausprägungen des Logistikprozesses und den Kundenanforderungen an diesen definiert wird, und damit umfassender gewählt ist als der hier in Abgrenzung zur Kosteneffizienz verwendete Qualitätsbegriff.

<sup>6</sup> Signifikante Korrelation: 0,237.

<sup>7</sup> Hoch signifikante Korrelation: 0,425. Zur Nutzung von Tourenplanungssoftware in den vier untersuchten Branchen siehe auch Abb. 3.



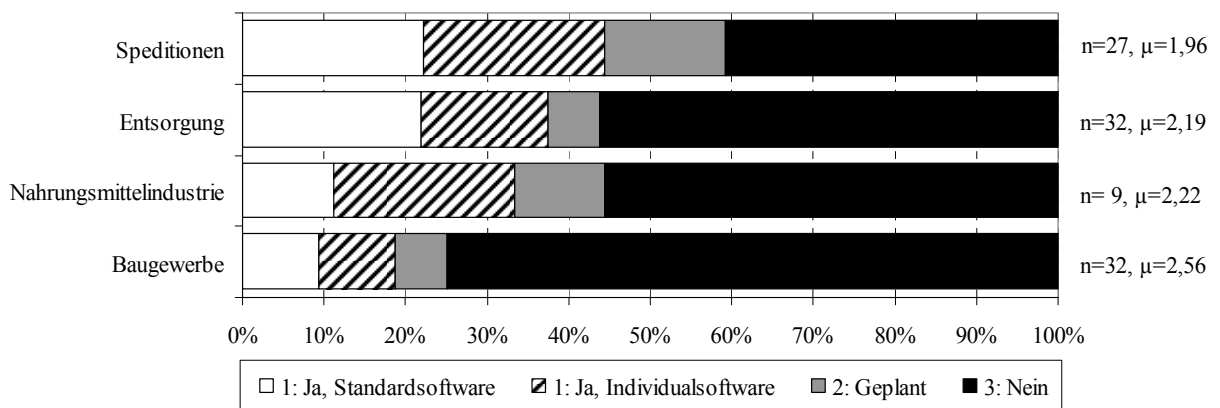


Abb. 3 Einsatz von Planungssoftware in den untersuchten Branchen [WKSL06]

Gute Dokumentation wird durch einen für den Prozess verantwortlichen Mitarbeiter begünstigt<sup>8</sup>, so dass auch die Übernahme eindeutiger Prozessverantwortung im Modell berücksichtigt wird.

## 2.2 Prozessverantwortung

Im hier vorgestellten Modell zeigt sich die positive Wirkung eines Verantwortlichen für die Tourenplanung im Unternehmen auf die Gesamtzufriedenheit bezüglich der Prozessqualität. Insbesondere im Teilprozess „Überwachung der Touren“ führt eine klare Verantwortung für die Planung zu einer als hoch wahrgenommenen Zufriedenheit mit Kosteneffizienz und Qualität<sup>9</sup>. Die positive Wirkung eindeutig festgelegter Prozessverantwortung und der damit zusammenhängenden Kontrollmöglichkeiten und Weisungsbefugnissen zeigt sich auch daran, dass bei diesen Unternehmen größere Übereinstimmung zwischen geplanten und gefahrenen Routen erkennbar ist.<sup>10</sup>

Ein weiterer positiver Effekt klar zugeordneter Prozessverantwortung liegt in der höheren Kostentransparenz, die anhand der Differenz zwischen oberer und unterer Schranke der von den Unternehmen angegebenen Transportkosten gemessen wurde.<sup>11</sup>

<sup>8</sup> Dies lässt sich an der hoch signifikanten Korrelation von 0,372 zur Dokumentation des Tourenplanungsprozesses zeigen.

<sup>9</sup> Hoch signifikante Korrelationen zwischen der Benennung eines Projektverantwortlichen und Kosteneffizienz bzw. Qualität bei der Überwachung der Touren: 0,287 bzw. 0,356.

<sup>10</sup> Hoch signifikante Korrelation mit der Frage „Die Fahrer folgen den vorgegeben Routen“: 0,329.

<sup>11</sup> Die Transportkosten wurden über den Anteil der Transportkosten an den Gesamtkosten geschätzt. Die Differenz zwischen oberer und unterer Schranke weist eine signifikante Korrelation zu einer klaren Prozessverantwortung von 0,286 auf.

Diese Ergebnisse sind insbesondere vor dem Hintergrund einer Studie des Kompetenzzentrums für Geschäftsprozessmanagement [KoAc06] interessant. In dieser wurde erhoben, dass die Budgetverantwortung in Unternehmen<sup>12</sup>, die Prozessverantwortliche haben, in über 95% der Fälle trotzdem beim Funktionsverantwortlichen verbleibt. Obwohl auch dort der Einsatz eines Prozessverantwortlichen als wichtigste Maßnahme zur Effizienzsteigerung der Prozessleistung eingeschätzt wurde, lässt die Verteilung der Budgetverantwortung vermuten, dass die Definition klarer Prozessverantwortung nur ein erster Schritt ist. Diesem muss noch die Umverteilung von Kompetenzen folgen.

### 3 Modellformulierung

Aus den in Abschnitt 1 und 2 zitierten Quellen<sup>13</sup> lässt sich die Relevanz von Prozessverantwortung und Dokumentation für Qualität und Effizienz von Prozessen verschiedener Anwendungsdomänen entnehmen.

Aufbauend darauf soll das im Folgenden dargestellte Modell veranschaulichen, wie Prozessverantwortung und Dokumentation im Prozess der Transportplanung die Prozessqualität und -effizienz beeinflussen.

#### 3.1 Ausgangspunkt der Modellbildung

Zur ersten Untersuchung dieser Zusammenhänge wurde ein einfaches Korrelationsmodell entwickelt, das in Abb. 4 dargestellt ist.

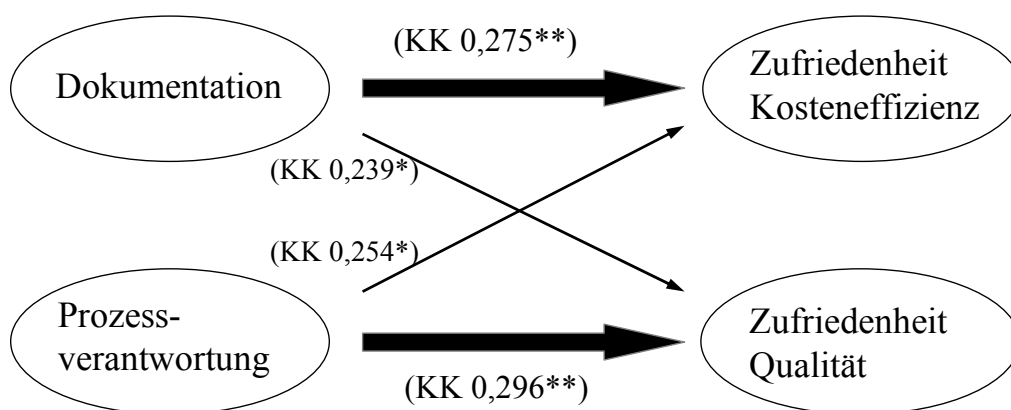


Abb. 4 Ausgangspunkt der Modellierung, Korrelationen der untersuchten Konstrukte (KK: Korrelationskoeffizient, \*: signifikant auf dem 0,05-Niveau, \*\*: signifikant auf dem 0,01-Niveau) [WKS06]

<sup>12</sup> In der zitierten Studie wurden Finanzdienstleister befragt.

<sup>13</sup> [WeSW05; Tosc03; Maue01; LoMc03; KoAc06], darüber hinaus z.B. auch [SKGW04; Weit06].

Trotz der bereits in Abschnitt 2.1 erwähnten engen Verzahnung beider Faktoren konnten unterschiedlich starke Einflüsse dieser beiden Größen auf die Zufriedenheit bzgl. Qualität und Kosteneffizienz ausgemacht werden, die im folgenden Abschnitt anhand empirischer Daten in einem Regressionsmodell überprüft werden sollen.

Als Indikatoren für die Zufriedenheit wurden – wiederum auf Basis von Likert-Skalen – die Aussagen zur Zufriedenheit der Unternehmen mit Qualität und Kosteneffizienz innerhalb der fünf in Abschnitt 1.2 eingeführten Teilprozesse erfragt und sodann für das hier gezeigte Modell zur Gesamtzufriedenheit bezüglich Qualität bzw. Kosteneffizienz gemittelt.

### **3.2 Modellstruktur und Modellierungsergebnisse**

Ziel des in diesem Beitrag vorgestellten Modells ist es, die in Abb. 4 vermuteten und lediglich durch Korrelationen gestützten Zusammenhänge zu belegen. Die aus Abb. 4 abgeleitete übergeordnete Hypothese „Prozessverantwortung und Dokumentation beeinflussen die Zufriedenheit mit Qualität und Kosteneffizienz in der Tourenplanung“ wurde gemäß der ersten Erkenntnisse aus dem Korrelationsmodell weiter spezifiziert:

- Die Dokumentation wirkt stärker auf die Zufriedenheit in Bezug auf Kosteneffizienz und
- die eindeutige Festlegung von Prozessverantwortung wirkt stärker auf die Zufriedenheit in Bezug auf Qualität.

Diese beiden Hypothesen wurden mittels Regressionsanalysen untersucht, die im Folgenden vorgestellt werden.

#### *3.2.1 Regressionsanalyse zur Kosteneffizienz*

Mit der ersten Regressionsanalyse soll die Hypothese untersucht werden, dass eine gute Dokumentation der Transportplanung stärker auf die Kosteneffizienz wirkt als die Benennung eines Prozessverantwortlichen.

Da der Einfluss der Variablen „Es existiert ein Verantwortlicher für den gesamten Tourenplanungsprozess.“ (*Verantwortung*) und „Unser Tourenplanungsprozess ist genau dokumentiert.“ (*Dokumentation*) auf die Variable „Bewertung der Kosteneffizienz“ (*Kosteneffizienz*) überprüft werden soll, werden *Verantwortung* und *Dokumentation* als unabhängige Variablen (Regressoren) und *Kosteneffizienz* als abhängige Variable (Regressand) definiert. Damit wird versucht,

den Regressanden  $y_{\text{Kosteneffizienz}}$  als Linearkombination der Regressoren  $x_{\text{Dokumentation}}$  und  $x_{\text{Verantwortung}}$  auszudrücken:  $y_{\text{Kosteneffizienz}} = \alpha + \beta_1 x_{\text{Dokumentation}} + \beta_2 x_{\text{Verantwortung}}$ .

In einem ersten Schritt wird überprüft, ob die ausgewählten Regressoren überhaupt einen Beitrag zur Erklärung des Regressanden leisten. Als Maß für die Anpassungsgüte des durch die Regressionsgleichung formulierten Zusammenhangs zwischen den unabhängigen Variablen und der abhängigen Variable an die tatsächlichen Gegebenheiten wird das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  verwendet [ChPr77].

Es kennzeichnet den Varianzanteil des abhängigen Merkmals, der durch das lineare Modell erklärt wird, und lässt sich mit Hilfe folgender Definitionen berechnen [FKPT03]:

$$SQE = \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad \text{erklärte Streuung}$$

$$SQR = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad \text{Reststreuung}$$

$$SQT = SQE + SQR \quad \text{Gesamtstreuung}$$

Dabei ist  $N$  der Umfang der Stichprobe,  $y_i$  der tatsächliche Wert,  $\hat{y}_i$  der geschätzte Wert und  $\bar{y}$  der Mittelwert von  $y_i$ .

Für das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  wurde im untersuchten Modell  $R^2 = SQE/SQT = 3,728/35,334 = 0,1055$  ermittelt.

Das Bestimmtheitsmaß kann per Definition nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei im Extremfall  $R^2=1$  die komplette Streuung durch die Regressionsfunktion erklärt würde. Da im betrachteten Modell der Wert von  $R^2$  bei nur 0,1055 liegt, würde dies bedeuten, dass dem vermeintlich gefundenen Zusammenhang zwischen den Regressoren und dem Regressanden keine Bedeutung geschenkt werden dürfte. [FKPT03]

Zur Verifikation dieser Bewertung wird ein „Goodness-of-fit-Test“ durchgeführt, der die Regressionsfunktion unter Berücksichtigung des Stichprobenumfangs sowie der Zahl der Regressoren nochmals überprüft. Dabei wird die Hypothese  $H_0$  „Es besteht kein Zusammenhang zwischen den Regressoren und dem Regressanden“ (d.h.  $\beta_i = 0 \forall i$ ) getestet. Dazu wird ein empirischer F-Wert  $F_{\text{emp}}$  ermittelt, der mit einem theoretischen F-Wert  $F_{\text{tab}}$  verglichen wird, der bei einem zufällig vorliegenden Zusammenhang angenommen würde. Ist nun  $F_{\text{emp}} > F_{\text{tab}}$ , so wird die Hypothese  $H_0$  abgelehnt und die über  $R^2$  ermittelte Abhängigkeit des Regressanden von den Regressoren bestätigt. [ChPr77]

Das Signifikanzniveau, auf dem die Hypothese  $H_0$  verworfen werden kann, beträgt im betrachteten Modell 0,7%. Somit ist der Zusammenhang, den  $R^2$  in der Stichprobe ausdrückt, nicht zufällig. Vielmehr ist der Zusammenhang der Variablen auf einem sehr hohen Signifikanzniveau abgesichert.

Nach der Prüfung der Regressionsfunktion durch den F-Test werden im nächsten Schritt die einzelnen Regressoren auf ihre Signifikanz überprüft. Für jeden Regressor wird die Hypothese  $H_0$  „Der Regressor hat keinen Einfluss auf die abhängige Variable“ (d.h.  $\beta_i = 0$  für  $i=1, 2$ ) getestet. Im untersuchten Modell wird die Hypothese für beide Regressoren verworfen, für die Variable *Dokumentation* mit einer sehr guten Signifikanz von 0,027, für die Variable *Verantwortung* allerdings nur mit einer Signifikanz von 0,125, was in vorliegendem Fall aber noch als vertretbar angesehen werden kann.<sup>14</sup> [DrSm66]

Zuletzt wird in einer Kollinearitätsdiagnose untersucht, ob zwischen den unabhängigen Variablen eine stark ausgeprägte lineare Abhängigkeit besteht. Für das untersuchte Modell konnte keine Kollinearität zwischen den Regressoren ermittelt werden. Es konnten auch die Forderungen [DrSm66] bestätigt werden, dass bei der Verteilung der Residuen (der Fehler der Schätzung) keine Heteroskedastizität vorliegen darf<sup>15</sup> und dass die Residuen der Normalverteilung folgen.

Daher kann die Gleichung

$$y_{\text{Kosteneffizienz}} = 1,991 + 0,104 x_{\text{Dokumentation}} + 0,087 x_{\text{Verantwortung}}$$

mit vertretbarer Signifikanz (0,027 bzw. 0,125) zur Stützung der Annahme herangezogen werden, dass sich eine gute Prozessdokumentation stärker auf die Kosteneffizienz auswirkt als die Benennung eines Prozessverantwortlichen.

### 3.2.2 Regressionsanalyse zur Qualität

Mit der in Abschnitt 3.2.1 eingeführten Methodik wird eine zweite Regressionsanalyse durchgeführt, die zeigen soll, dass die Benennung eines Prozessverantwortlichen größeren Einfluss auf die wahrgenommene Qualität der Transportplanung hat als die Prozessdokumentation.

Wie bereits im Modell zur Kosteneffizienz werden die Variablen „Es existiert ein Verantwortlicher für den gesamten Tourenplanungsprozess.“ (*Verantwortung*) und „Unser Tourenplanungsprozess ist genau dokumentiert.“ (*Dokumentation*) als unabhängige Variablen (Regressoren) gewählt, als abhängige Variable (Regressand) wird jetzt *Qualität* gewählt. Somit soll eine lineare

<sup>14</sup> Eine umfangreichere Stichprobe würde die Signifikanz wahrscheinlich erhöhen.

<sup>15</sup> Das heißt, die Varianz der Residuen für den gesamten Wertebereich muss homogen sein.

re Funktion zwischen dem Regressanden  $y_{\text{Qualität}}$  und den beiden Regressoren  $x_{\text{Dokumentation}}$  und  $x_{\text{Verantwortung}}$  bestimmt werden:  $y_{\text{Qualität}} = \alpha + \beta_1 x_{\text{Dokumentation}} + \beta_2 x_{\text{Verantwortung}}$ .

Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  ist – wie schon in der Regressionsanalyse der Kosteneffizienz – auch in diesem Modell mit 0,102 recht klein, jedoch kann die mittels eines F-Tests überprüfte Hypothese „Es besteht kein Zusammenhang zwischen den Regressoren und dem Regressanden“ mit der sehr hohen Signifikanz von 0,01 verworfen werden.

Die sich anschließende Überprüfung der Signifikanz der einzelnen Regressoren liefert auch hier zufrieden stellende Ergebnisse. Mit einer Signifikanz von 0,077 (*Dokumentation*) bzw. 0,071 (*Verantwortung*) haben beide Variablen einen bedeutenden Einfluss auf die Wahrnehmung der Qualität des Tourenplanungsprozesses (*Qualität*).

Die abschließend durchgeführten Untersuchungen zu Kollinearität, Homoskedastizität und der Normalverteilung der Residuen rechtfertigen es, auf Basis der Gleichung

$$y_{\text{Qualität}} = 1,89 + 0,099 x_{\text{Dokumentation}} + 0,12 x_{\text{Verantwortung}}$$

mit vertretbarer Signifikanz (0,077 bzw. 0,071) zu behaupten, dass eine eindeutige Prozessverantwortung stärkeren Einfluss auf die wahrgenommene Qualität hat als eine gute Prozessdokumentation.

#### **4 Diskussion der Ergebnisse und weitere Gestaltungsempfehlungen**

Ausgangspunkt der Untersuchung war die Analyse der Wirkung von Prozessverantwortung und -dokumentation auf die Effizienz und Qualität der Transportplanung im Vorfeld einer Optimierung der Tourenplanung durch Planungssoftware.

Die Ergebnisse der beiden in diesem Beitrag vorgestellten Regressionsanalysen bestätigen zum einen, dass sowohl die Prozessdokumentation als auch die eindeutige Festlegung der Prozessverantwortung positiven Einfluss auf Prozesseffizienz und -qualität haben. Zum anderen konnte gezeigt werden, dass die Dokumentation stärker auf die Zufriedenheit im Hinblick auf Kosteneffizienz und die Prozessverantwortung stärker auf die Zufriedenheit im Hinblick auf Qualität wirkt.

Im nächsten Abschnitt soll folglich zunächst die Verbesserung der organisatorischen Rahmenbedingungen für die Tourenplanung als erster Schritt bei der Optimierung der gesamten Tourenplanung vorgeschlagen werden. Darauf aufbauend wird im Ausblick das Optimierungspotenzial durch den Einsatz von Tourenplanungssoftware diskutiert.

#### 4.1 Optimierung der organisatorischen Rahmenbedingungen

Prozessverantwortung beinhaltet insbesondere die Verantwortung für die operative Durchführung des Planungsprozesses. Der direkte Zusammenhang zwischen Prozessqualität und Verantwortung konnte in Abschnitt 3.2.2 gezeigt werden. Weitere mögliche Faktoren, durch die ein Prozessverantwortlicher die Zufriedenheit mit der Transportplanung steigern kann, sind insbesondere technologische Effizienzsteigerungen und bessere Kontrollmechanismen der Planungsergebnisse.

Unternehmen sollten bei der Benennung eines Verantwortlichen für den Transportprozess darauf achten, dass der entsprechende Mitarbeiter sowohl über effiziente Kontrollinstrumente (z.B. GPS-Tracking) als auch über den organisatorischen Rahmen zur effizienten Steuerung des Prozesses verfügt. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die bereits in Abschnitt 2.2 zitierte Studie verwiesen [KoAc06], in der gezeigt wurde, dass die Benennung von Prozessverantwortlichen allein nicht ausreicht. Erst wenn auch die Verantwortung stärker von den Funktions- auf die Prozessverantwortlichen übertragen wird, kommt die Prozessorientierung wirklich zum Tragen.

Eine gute Dokumentation des Transportplanungsprozesses zahlt sich für Unternehmen aus. Neben der bereits dargestellten Wirkung auf die Kosteneffizienz führt sie im Detail zu einer vollständigeren Erfassung der Ausgangsdaten.<sup>16</sup> Diese ist bei gut dokumentierten Planungsprozessen wesentlich stärker ausgeprägt, da viel besser aufgezeichnet wurde, welche Planungskriterien erforderlich sind.<sup>17</sup>

Obwohl die eindeutige Vergabe der Prozessverantwortung und die Dokumentation des Planungsprozesses eng miteinander verknüpft sind und im Idealfall verzahnt angegangen werden sollten, können Unternehmen die Intensität und Reihenfolge der beiden Maßnahmen danach bewerten, ob sie größere Defizite in ihrer Kosteneffizienz oder ihrer Prozessqualität sehen.

Im vorgestellten Modell wurden zwei Merkmale im Kontext der Zufriedenheit von Unternehmen mit Effizienz und Qualität der Tourenplanung untersucht. Im Falle des Einsatzes von Software sind dies jedoch nicht die einzigen Faktoren, welche auf den Erfolg der Transportplanung wirken. Ergänzend zu dieser Analyse wird daher im Folgenden kurz ein weiteres Modell vorgestellt, welches vier zentrale Einflussfaktoren für den erfolgreichen Einsatz von Software zur Tourenplanung untersucht.

---

<sup>16</sup> Hoch signifikante Korrelation: 0,528.

<sup>17</sup> Hoch signifikante Korrelation: 0,293.

## 4.2 Prozessoptimierung durch Tourenplanungssoftware

In der bereits erwähnten Studie „Transportplanung der Zukunft“ wurden in einem logistischen Regressionsmodell vier Maßnahmenpakete zur Optimierung der Transportplanung ermittelt [WKSL06]:

- Prozessverantwortung und -dokumentation,
- Berücksichtigung individueller Planungskriterien,
- zentrale Planung und kooperativer Planungsansatz und
- Prozessoptimierung durch Tourenplanungssoftware.

Insofern ist das hier gezeigte Modell nicht losgelöst von einer Softwareimplementierung zu sehen, sondern im Gegenteil als Plädoyer für eine gründliche Beschäftigung mit der Dokumentation von Prozessen und der Vergabe von eindeutiger Prozessverantwortung vor oder während der Veränderung des Planungsprozesses und der Einführung von Tourenplanungssoftware. Neben der Qualität der verwendeten Planungsdaten ist besonders bei der Softwareeinführung die detaillierte Dokumentation des Tourenplanungsprozesses von hoher Relevanz. Sie sollte von den im Unternehmen verantwortlichen Mitarbeitern gemeinsam mit Softwareexperten, die die Auswirkungen spezifischer Restriktionen auf den Optimierungsprozess analysieren, geplant und durchgeführt werden.

Weiterhin setzt der erfolgreiche Einsatz von Software eine genaue Anpassung an die individuellen Voraussetzungen des jeweiligen Unternehmens und die Integration von effizienten Kontrollinstrumenten voraus. Und auch wenn eine solche Berücksichtigung individueller Planungsziele und -kriterien geplant ist, setzen sich Unternehmen verstärkt mit der Dokumentation ihres Planungsprozesses auseinander, um den Bedarf an zu erfassenden Kriterien bestmöglich zu identifizieren.<sup>18</sup>

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass der erste Schritt zur Verbesserung der Transportplanung in den meisten Unternehmen eine Aktualisierung oder Neuerstellung der Dokumentation des Transportplanungsprozesses sein sollte. Auf dieser aufbauend können organisatorische Verbesserungspotenziale identifiziert werden und – falls die Effizienz einer software-basierten Planung den Verlust an Flexibilität aufwiegt – kann der Planungsprozess auf die Einführung einer Softwarelösung vorbereitet werden.

---

<sup>18</sup> Signifikante Korrelation: 0,214.



## Literaturverzeichnis

- [Bund05] Bundesamt für Güterverkehr (Hrsg.): Jahresbericht 2004. Köln 2005.
- [Bund05b] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Weitere Informationen zur Lkw-Maut. <http://www.bmvbs.de/artikel,-22466/Weitere-Informationen-zur-Lkw-.htm#3>, Abruf am 2006-07-20.
- [Bund06] Bundesamt für Güterverkehr (Hrsg.): Jahresbericht 2005. Köln 2006.
- [ChPr77] Chatterjee, Samprit; Price, Bertram: Regression Analysis by Example. Wiley, New York 1977.
- [DrSm66] Draper, Norman R.; Smith Harry: Applied Regression Analysis. Wiley, New York 1966.
- [FKPT03] Fahrmeir, Ludwig; Künstler, Rita; Pigeot, Iris; Tutz, Gerhard: Statistik - Der Weg zur Datenanalyse. 4. Aufl., Springer, Berlin Heidelberg 2003.
- [Kani02] Kanitz, Frieder: Kennzahlenbasierte Fehleridentifizierung in der Beschaffungslogistik, Dissertation. Universität Hannover 2002.
- [Kern02] Kerner, Axel: Modellbasierte Beurteilung der Logistikleistung von Prozessketten, Dissertation. Universität Hannover 2002.
- [KoAc06] Kompetenzzentrum für Geschäftsprozessmanagement GbR & Acrys Consult GmbH & Co. KG (Hrsg.): Ergebnisse der Studienumfrage Status Quo Geschäftsprozessmanagement 2005. [http://www.acrys.com/en/PDF/GPM\\_Umfrageergebnisse\\_2005.pdf](http://www.acrys.com/en/PDF/GPM_Umfrageergebnisse_2005.pdf), Abruf am 2006-07-10.
- [Like32] Likert, Rensis: A Technique for the Measurement of Attitudes. Archives of Psychology, New York 1932.
- [LoMc03] Lockamy III, Archie; McCormack, Kevin: The Effect of Process Maturity on Supply Chain Performance: An Empirical Study, in: Metters, Rich (Hrsg.): Proceedings of the POMS-2003 Production and Operations Management Society, 4-7 April 2003, Savannah, Georgia 2003.

- [Maue01] Mauermann, Helmut: Leitfaden zur Erhöhung der Logistikqualität durch Analyse und Neugestaltung von Versorgungsketten, Dissertation. Universität-GH Paderborn 2001.
- [ScDK98] Scholl, Armin; Domschke, Wolfgang; Klein, Robert: Logistik: Aufgaben der Tourenplanung, in: WISU 27 (1998) 1, S. 62-67.
- [SKGW04] Skiera, Bernd; König, Wolfgang; Gensler, Sonja; Weitzel, Tim; Beimborn, Daniel; Blumenberg, Stefan; Franke, Jochen; Pfaff, Donovan: Financial Chain Management- Prozessanalyse, Effizienzpotenziale und Outsourcing. BoD 2004.
- [Stat04] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistischer Wochenbericht, 51. KW. Wiesbaden 2004.
- [Stra05] Straube, Frank (Hrsg.): Trends und Strategien in der Logistik - Ein Blick auf die Agenda des Logistik-Managements 2010. Deutscher Verkehrs-Verlag 2005.
- [Tosc03] Toschläger, Markus: Situativer Methoden- und Werkzeugeinsatz für das Management von IT-Projekten in kleinen und mittleren Unternehmen: Konzeption einer Methodik und Entwurf eines webbasierten Entscheidungsunterstützungssystems, Dissertation. Universität Paderborn 2003.
- [Weit06] Weitzel, Tim: Process governance and optimization for IT Reliant Business Processes: an empirical analysis of financial processes in Germany's Fortune 1000 non-banks, in: In: Sprague, Ralph H. (Hrsg.): Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences 4-7 January 2006, Kauai, Hawaii. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA 2006.
- [WeSW05] Wendt, Oliver; Stockheim, Tim; Weiß, Kilian; Intelligente Tourenplanung mit DynaRoute, in: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 47 (2005) 2, S. 135-140.
- [WKSL06] Wendt, Oliver; König, Wolfgang; Stockheim, Tim; Lanninger, Volker; Weiß, Kilian: Transportplanung der Zukunft - Prozess- und Kostenanalyse, Optimierungspotenziale und Outsourcing. BoD 2006.

# **Einführung in den Track**

## **Mobile Business and Communications**

**Prof. Dr. J. Felix Hampe**

Universität Koblenz-Landau

**Prof. Dr. Kai Rannenber**

Universität Frankfurt a.M.

**Prof. Dr. Klaus Turowski**

Universität Augsburg

Nach wie vor erschließen sich durch die hochdynamischen Entwicklungen im Bereich mobiler und allgegenwärtiger Technologien neue Forschungs- und Anwendungsfelder für mobile Geschäftsszenarien und mobile Informations- und Kommunikationssysteme. Die breite Verfügbarkeit von Standards, von Infrastrukturen für drahtlose Dienste und nicht zuletzt die hohe Verbreitung von mobilen Endgeräten sorgen zudem für ein großes Marktpotenzial.

Ziel dieses Tracks ist die Auseinandersetzung mit allen Aspekten des Mobile Business von Enabling Technologies und Infrastrukturen bis hin zu Geschäftsmodellen, Anwendungen, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und methodischen Ansätzen.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Michael Amberg, Universität Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. Martin Breunig, Universität Osnabrück

Prof. Dr. Rony G. Flatscher, Wirtschaftsuniversität Wien

Prof. Dr. Birgitta König-Ries, Universität Jena

Prof. Dr. Franz Lehner, Universität Passau

Prof. Dr. Florian Matthes, TU München

Dr. Key Pousttchi, Universität Augsburg

Prof. Dr. Claus Rautenstrauch, Universität Magdeburg

Dr. Ingo Schneider, T-Mobile International

Prof. Dr. Detlef Schoder, Universität zu Köln

# **Privatsphärenfreundliche topozentrische Dienste unter Berücksichtigung rechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Restriktionen**

Mike Radmacher, Jan Zibuschka, Tobias Scherner, Lothar Fritsch, Kai Rannenberg

Lehrstuhl für Mobile Commerce und Mehrseitige Sicherheit

University of Frankfurt

60054 Frankfurt am Main

{mike.radmacher, jan.zibuschka, tobias.scherner, lothar.fritsch, kai.rannenberg}

@m-lehrstuhl.de

## **Abstract**

Die Entwicklung neuer Produkte im dynamischen Markt mobiler Datendienste stellt Anbieter und Netzbetreiber vor besonderen Herausforderungen. Kurzlebige Produkte, unbekannte Akzeptanz potentieller Nutzer und der Zwang neue Dienste auf vorhandene Infrastrukturen aufzusetzen, führt zu Schwierigkeiten bei der Umsetzung. Gerade die Datenschutz-Regulierung der Telekommunikation und die Durchdringung des Alltags mit allgegenwärtigen Kommunikations- und Ortungsmitteln stellt die Produktentwickler vor die Herausforderung geschäftliche Interessen, Datenschutzvorgaben und Nutzerpräferenzen zu modellieren, auszugleichen und in den Basisinfrastrukturen neuer mobilen Datenprodukte zu implementieren. Der vorliegende Artikel präsentiert einen Entwurf und die Implementierung eines Prototyps, der im Rahmen eines Forschungsprojektes mit Industriebeteiligung entwickelt wurde.

## **1 Einleitung**

Die große Verbreitung, die Mobiltelefone auf Basis der GSM- oder UMTS-Standards heute erreicht haben, macht die Verwendung dieser Infrastruktur für die Ortung des Benutzers im Rahmen der Erbringung topozentrischer Dienste außerordentlich attraktiv, da so eine große Benutzerbasis angesprochen werden kann [Bund05]. Endgeräte mit integrierter Ortungsfunktion - wie GPS oder Galileo - sind nach wie vor selten [BuHE00]. Dabei kann der Netzbetreiber sel-

ber als Anbieter topozentrischer Dienste auftreten oder nur die Ortsdaten für die eigentlichen Dienstanbieter liefern.

## **1.1 Problemstellung**

Die Verwendung sensibler Kundendaten wie die Position des Benutzers ist mit rechtlichen Anforderungen verbunden, die den Schutz der Privatsphäre des Kunden betreffen. Obwohl Netzbetreiber sehr gute Voraussetzungen haben, die Ortungstechnik für die Erbringung topozentrischer Dienste zu stellen, verbleiben in diesem Geschäftsfeld hinsichtlich der Umsetzung der rechtlichen Vorgaben noch offene Fragen, etwa nach der Verantwortlichkeit bei einem möglichen Missbrauch der benutzerbezogenen Daten. Um nicht für Verfehlungen eines Dienstanbieters verantwortlich gemacht zu werden, ergibt sich die Motivation, die tatsächliche Erbringung der Dienste auszulagern und eine Schnittstelle zu schaffen, die eine saubere Trennung von Netzbetreiber und Dienstanbieter erleichtert. Um die Weitergabe der Position eines Benutzers unabhängig vom konkret erbrachten topozentrischen Dienst zu erlauben, muss die Schnittstelle weiterhin zu einem erheblichen Umfang vom Nutzer konfigurierbar sein, um mit grundsätzlichen Datenschutzanforderungen in Einklang zu stehen. Daher ist eine Lösung erforderlich, die neben den wirtschaftlichen und rechtlichen Restriktionen die Privatsphäre des Nutzers respektiert und es ihm ermöglicht, die Herausgabe und Verwendung seiner persönlichen Daten zu kontrollieren. Ein System zum Identitätsmanagement, wie es ein aktuelles Forschungsprojekt implementiert, wird unerlässlich.

## **1.2 Szenario**

Zur genaueren Analyse des Problems wurde ein spezielles Szenario gewählt. Dabei findet ein typischer topozentrischer Suchdienst Betrachtung, der prototypisch implementiert ist, um unter möglichst realitätsnahen Bedingungen die Eigenschaften der hier vorgestellten Lösung zu evaluieren:

Ein Handelsreisender (John) ist in einer neuen Stadt angekommen. Er stellt fest, dass er eine neue Dosis eines wichtigen Medikaments benötigt. Daher entscheidet er sich einen topozentrischen Dienst zu nutzen, der es ihm erlaubt, die nächste Apotheke zu lokalisieren. Sein Endgerät nimmt Verbindung mit dem Dienstanbieter auf, während der Netzbetreiber die eigentliche Ortung vornimmt. Die festgestellte Position wird an den Dienstanbieter übermittelt, der sie mit

seiner Datenbank vergleicht. Die Resultate - in diesem Fall die k nächsten Apotheken – werden an Johns Endgerät zurückgeliefert,.

### 1.3 State-of-The-Art

Es existiert heute eine große Anzahl von Techniken, mit deren Hilfe die Privatsphäre des Anwenders geschützt werden kann, zusammenfassend Privacy Enhancing Technologies (PETs) genannt [BIBO03]. Für die privatsphären-respektierende Behandlung von Ortsdaten finden sich in der Literatur verschiedene Ansätze bzw. Architekturen. Es folgt eine kurze Betrachtung ausgewählter Ansätze und Architekturen, um eine Gegenüberstellung der mit in diesem Papier dargestellten Architektur einzuleiten und die Vorteile hervorzuheben.

Die Alipes-Plattform [SNP02] bietet dem Benutzer die Möglichkeit den Zugriff auf seine Ortsdaten mittels von ihm konfigurierter Richtlinien zu kontrollieren. Weiterhin können Ortsinformationen aus unterschiedlichen Quellen aggregiert werden. Alipes bietet keinen weitergehenden Schutz der Identität des Nutzers und keine Pseudonymisierung.

Ein weiteres Beispiel stellt der von T-Systems entwickelte T-Identity Protector dar, der den Identitätsschutz unterstützen soll [Wage06]. Diese Lösung konzentriert sich auf die Pseudonymisierung von personenbezogenen Daten, bevor diese an eine weitere Instanz zur Verarbeitung weitergegeben werden. Die De-Pseudonymisierung von Nutzern ist für strittige Fälle vorgesehen. Der T-Identity Protector setzt ausschließlich auf Pseudonymisierung und umgeht die notwendige Einholung der Zustimmung des Nutzers vor der Weitergabe seiner Daten.

Durch das in [BöLR04] dargestellte Konzept wird einem Nutzer die Möglichkeit gegeben, für jeden Dienst explizit festzulegen, ob dieser eine Lokalisierung vornehmen darf oder nicht. Das Konzept liefert allerdings keinen Architekturvorschlag oder geht auf technische Details ein, wie beispielsweise die Verwendung von Pseudonymen.

In [RePr04] stellen die Autoren eine Architektur vor, die zur Reduktion der Ortsauflösung verwendet wird, um Dienste für die weniger genaue Informationen ausreichend sind, nur mit dem Notwendigen zu versorgen. Weder auf eine Zugriffskontrolle der Ortsinformationen, die Verwendung von Pseudonymen, die Einbettung in anderen Systemen noch die Verwendung kryptografischer Verfahren wird eingegangen.

Die in [JoBe04] vorgestellte Architektur adressiert topozentrische Dienste in Mobilfunkumfeld. Eine einfache Zugriffskontrolle und die Verwendung von Pseudonymen zur Verschleierung der

MSISDN werden diskutiert. Darüber hinaus findet allerdings keine Betrachtung der Informationsflüsse zwischen den an der Kommunikation beteiligten Parteien und dessen Schutz statt.

In [Oino02] werden Prozeduren zur Sicherstellung des Datenschutzes bei der Erbringung topozentrischer Dienste vorgeschlagen. Der Beitrag fokussiert sich auf die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben im Rahmen des Mobilfunks. Darin wird eine zentrale Entscheidungsfunktion auf Regelbasis vorgeschlagen, welche zwischen Ortsquelle und die nutzende Anwendung geschaltet ist. Genauer wird nicht spezifiziert, insbesondere keine Sicherheitsarchitektur.

Im Gegensatz dazu wird in [MyAD03] eine regelbasierte Sicherung der Ortsdaten vorgeschlagen. Beim Versuch des Zugriffs auf die Daten durch einen Diensterbringer evaluieren Entitäten namens „Validators“ die Regeln und fällen die Zugriffsentscheidung. Über die Strukturierung der Architektur liefert das Papier keine Angaben, insbesondere über die Installation der Validatoren als 3. Partei oder als Teil einer der anderen Entitäten.

Weiterhin gibt es Ansätze, die Modellierung von Systemen, die Datenschutz-Anforderungen erfüllen müssen, zu formalisieren, um eine Berücksichtigung der Interessen der verschiedenen Parteien sicherzustellen, siehe [FrSR06]. Wissenschaftler und Industriepartner untersuchen die Architektur und Anwendung dieser Technologien in unterschiedlichen Forschungsprojekten im Rahmen des FP6/IST Programms der Europäischen Union. Neben den technischen und wirtschaftlichen Aspekten wird der Fall untersucht, dass Ortsdaten eines Benutzers von einem Netzbetreiber zur Verfügung gestellt und für die Verwendung in topozentrischen Diensten weitergeleitet werden [KFKK05] [Dumo05].

Darüber hinaus wurde zur Standardisierung von PETs im April 2005 von ISO/IEC JTC1/SC27 eine Study Period mit dem Thema Privacy eingeleitet. Ein entsprechender Identitätsmanagement-Standard wird ebenfalls seit April 2005 entwickelt.

## **2 Anforderungen**

Die Anforderungen an das Identitätsmanagement in topozentrischen Diensten in Mobilfunknetzen sind vielseitig. Im Rahmen dieses Beitrags werden vor allem die geschäftlichen Interessen des Mobilfunk-Netzbetreibers im Verhältnis zur gesetzlichen Regulierung des Datenschutzes und den Privatsphäreninteressen der Nutzer betrachtet. Die Anbieter topozentrischer Dienste spielen in ihrer starken Abhängigkeit von den Netzanbietern hier eine untergeordnete Rolle; im Basisszenario wird uneingeschränkt davon ausgegangen, dass die Datenkommunikation zwi-



schen Diensteanbieter und Nutzern ausschließlich über die Netzanbieter stattfindet. Des Weiteren ist von einer quasi Monopolstellung der Netzanbieter für die Ortung der Nutzer-Terminals auszugehen<sup>1</sup>. Im resultierenden Szenario erbringt der Diensteanbieter, vermittelt vom Netzanbieter, topozentrische Datendienstleistungen auf Basis eigener Datenbestände. Diese Leistungen werden ganz oder teilweise mit dem Netzanbieter abgerechnet. Den Zugang zu Nutzern, Ortung und das Identitätsmanagement berechnet der Netzbetreiber. Ausprägungen und Diskussion dieser Konstellation wurden in [LFPR04] and [KFKK05] beschrieben.

## 2.1 Geschäftsmodell

Die vertriebliche Struktur von Mobilfunk-Zusatzdiensten wie Klingelton-Downloads, Handy-Logos und weiterer Dienste baut auf Wiederverkäufer-Strukturen auf. Netzbetreiber bieten die Zugangsschnittstellen zu Infrastruktur, Identitätsmanagement und Abrechnungsdienstleistungen an. Die Anforderungen des Industriepartners wurden zwischen verschiedenen Abteilungen abgestimmt und als Anforderungsdokument in das Prototyp-Projekt eingebracht [PRIM04a]. Als Grundszenario sollte ein System geschaffen werden, an welches analog zum Rufnummern- oder Klingeltongeschäft kaskadierende Wiederverkäufer für topozentrische Dienste ermöglicht, um die Vertriebsleistungen zu externalisieren und die Dienste nicht im Hause des Mobilfunkunternehmens installieren zu müssen. Die Aufstellung dieser Geschäftsvorgaben ist in Abbildung 1 dargestellt.

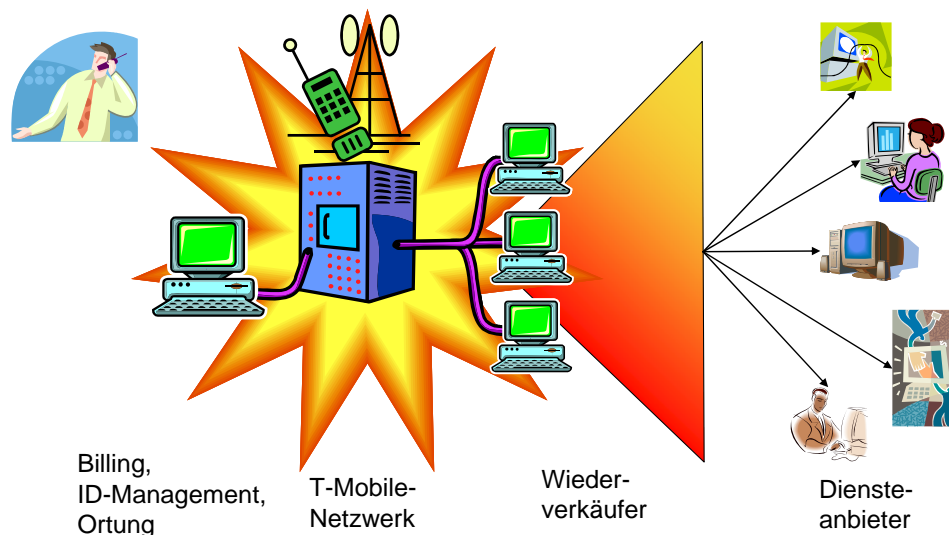


Abb. 1.: Struktur des Geschäftsmodells für topozentrische Dienste mit Wiederverkäufern.

<sup>1</sup> Es existieren zwar Terminals z.B. mit eingebauten Empfängern zur Satellitenpositionierung, diese sind aktuell jedoch nicht weit verbreitet. Diese Geräte stehen spezialisierten Nutzergruppen derzeit nur durch teure Neuan-schaffung zur Verfügung.

## 2.2 Intermediäre bei Informationsdiensten

Die pyramidenförmige Struktur der Dienstanbindung der Mobilfunkbetreiber legt einen Blick auf die Intermediärstheorie nahe. Neben der effizienten Organisation des Vertriebs über Dienstanbieter können Prozesse, Informationsprodukte und andere Leistungen an der zentralen Schnittstelle angeboten und gebündelt werden. Die Vorzüge von Intermediären bzgl. der Suchzeiten und Preisstrukturen von gehandelten Produkten sind wissenschaftlich erforscht. Einen guten Überblick für Intermediäre von Informationsprodukten findet man bei Rose in [Rose99] sowie in [ScLi02]. Zur Wertsteigerung durch Intermediation eignen sich im Kontext topozentrischer Netz-Mehrwertdienste besonders:

- Identitätsmanagement und Datenschutz nach Telekommunikationsrecht (siehe [KFKK05] oder in einem rudimentären Ansatz in [BöLR02])
- Bündelung von Abrechnungs- und Risikomanagementdienstleistungen
- Verkauf von Zusatzdiensten wie Geoinformationen, Profilierung (wie zum Beispiel in [Figg04])

Privatsphärenmanagement im Spannungsfeld von Regulierung und Kundenzufriedenheit ist ein kostenintensives Feld, wie in [Pone04] aufgezeigt wurde. Daher ist bei der Gestaltung der Wiederverkäufer-Szenarien die Berücksichtigung von Identitäts- und Privatsphärenmanagement als Posten in der Wertschöpfungskette besonders attraktiv.

## 2.3 Datenschutz

Neben den wirtschaftlich orientierten Anforderungen aus den Abschnitten 2.1 und 2.2 ergeben sich weitere Anforderungen aus der Regulierung. Telekommunikation in Europa wird durch Richtlinien reguliert, welche sich nach der Umsetzung in nationalen Gesetzen einzelner Ländern wieder finden. Relevant für die Implementierung ist die Richtlinie 2002/58/EC [Euro02], in welcher in Artikel 9 die unterschiedliche rechtliche Betrachtung der Verwendung personenbezogener Ortsdaten einerseits zum Zweck der Anruf-Durchstellung und andererseits zur weiteren Nutzung vorgeschrieben wird. Zur anderweitigen Nutzung, beispielsweise für topozentrische Dienste, muss die explizite Datenverarbeitung erklärt und eine juristisch wirksame Einwilligung der betroffenen Person eingeholt werden. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass der Nutzer seine Einwilligung kurzfristig widerrufen kann. Unklar ist hierbei allerdings die Homogenität der lokalen Umsetzung in nationales Recht. Zudem gibt es bislang wenige einheitliche Rege-

lungen zur Ausprägung der Einwilligungen – besonders für Ad-hoc-Nutzung von Diensten auf Mobiltelefonen. Hier gibt es bislang zwar Lösungsideen wie [Ross04], aber noch keine Standards. Aus Sicht von Nutzern und Netzbetreibern ist es erforderlich, die Einwilligungen beweissicher einzuholen und nachweisen zu können. Da der Netzanbieter zunächst bei der Herausgabe von Ortsdaten haftet, muss er eine Einwilligungsentscheidung treffen, bevor der Anbieter eines topozentrischen Dienstes persönliche Daten übermittelt bekommt. Dienstanbieter werden im Rahmen ihrer individuellen Angebote weitere Datenschutzvereinbarungen für ihre Nutzer vorrätig halten.

Eine Detailanalyse der rechtlichen Voraussetzungen netzbasierter topozentrischer Dienste findet sich in einem Forschungsprojekt des FP6/IST Programms der Europäischen Union in zwei Anforderungsanalysen für privatsphären-respektierende Anwendungen wieder [PRIM04a] [PRIM04b].

Wichtig neben der Erfüllung der formalen Datenschutzerfordernungen ist in diesem Kontext für Netzbetreiber besonders die Flexibilität der Detailausprägung der Infrastrukturkomponente für Privatsphärenmanagement. Sowohl die Geschäftsstrategie als auch die Nutzer mobiler Dienste verstehen diese Dienste als über nationale Grenzen hinausgehende Dienstleistungen. Für Sprachtelefonie und Daten existiert hierfür bereits das „International Roaming“. Bei der Implementierung internationaler Infrastrukturen für privatsphärenfreundliche topozentrische Dienste müssen lokal unterschiedlich ausgestaltete Gesetzgebungen zu Datenschutz, Daten-Vorratsspeicherung oder Überwachung durch Bedarfsträger berücksichtigt werden. Zur Vermeidung von Neuprojektierungen für jedes einzelne Land, in dem ein Netzbetreiber ein Geschäftsfeld eröffnet, lohnt es sich, konfigurierbare Intermediärsdienstleistungen für Privatsphärenmanagement einheitlich bereit zu halten und zu konfigurieren. Aus diesem Blickwinkel betrachtet stützt die inhomogene Rechtslage die Abwicklung von Identitäts- und Privatsphärenmanagement über einen Intermediär.

### **3 Lösungsansatz**

Basierend auf den Anforderungen aus Kapitel 2 ist im Rahmen eines europäischen Forschungsprojektes der folgende Lösungsansatz für die Umsetzung eines datenschutz- und privatsphärenfreundlichen topozentrischen Prototypen entwickelt worden.

Der Lösungsansatz beinhaltet die Integration eines Intermediärs als zusätzliche Partei neben dem Netzbetreiber, dem Anbieter topzentrischer Dienste und deren Nutzer in der bisherigen Wertschöpfungskette des Mobile Commerce [KFKK05].

Der Intermediär erfüllt in dem Szenario drei wesentliche Aufgaben. Die erste Aufgabe beinhaltet die Gewährleistung der Anonymität des Nutzers gegenüber den an der Kommunikation beteiligten Parteien. Damit ist gemeint, dass seine Identität gegenüber dem Dienstanbieter topzentrischer Dienste und der konkrete angefragte Dienst gegenüber dem Netzbetreiber verschleiert wird. Jede Kommunikation zwischen Netzbetreiber und Dienstanbieter erfolgt ausschließlich über den Intermediär. Die dritte Aufgabe des Intermediärs ist die Repräsentation des Nutzers und die damit verbundene Vertretung seiner Interessen während der gesamten Kommunikationsbeziehung, wie dargestellt in [PRIM06a]. Die Vertretung erfolgt durch die Definition feingranularer Regeln mit deren Hilfe die Dienstverwendung bestimmt und/oder eingeschränkt wird. Ziel ist die Transparenz der zu übertragenden persönlichen Daten zu gewährleisten.

Der im Rahmen der Projektarbeit entwickelte Prototyp basiert auf einer bereits existierenden Struktur eines Netzbetreibers und stellt einen ortsbasierten Dienst zum Finden von Apotheken zur Verfügung. Alle im Kommunikationsprozess involvierten Parteien, mit Ausnahme des Nutzers, integrierten Softwarekomponenten in ihre bestehenden internen Strukturen. Der Nutzer erhält über ein Webinterface direkten Zugriff auf den Intermediär, um mit der für ihn vorgesehenen Identitäts- und Zugriffskontrollinstanz zu interagieren [PRIM06a]. Im dargelegten Szenario ist der Intermediär physisch der Infrastruktur des Netzbetreibers zugeordnet. Die Architektur ist in Abbildung 2 dargestellt.

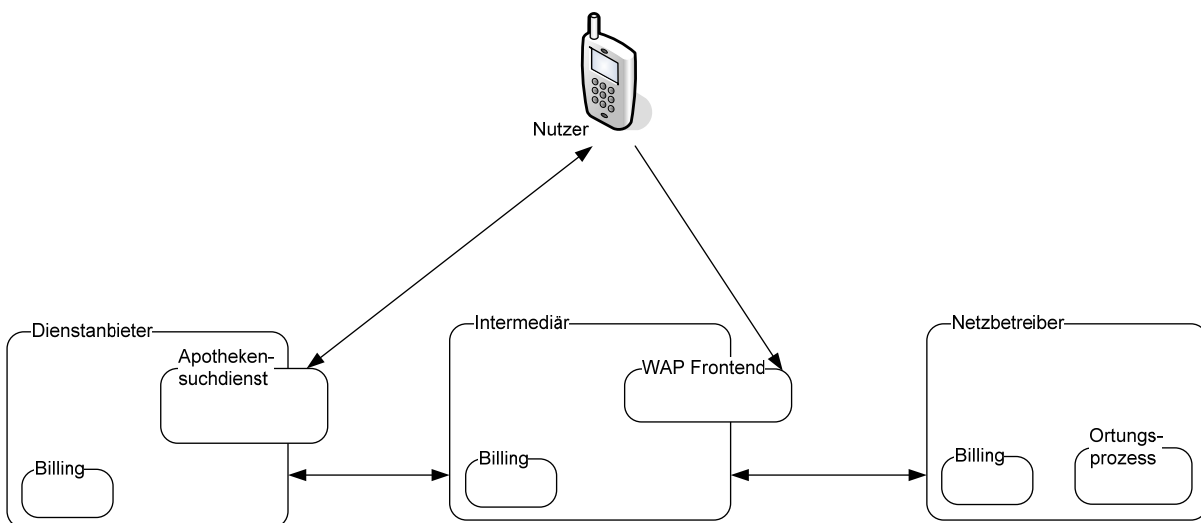


Abb. 2.: Architektur des Apothekensuchdienstes

Im Weiteren wird zunächst die Benutzerführung des Prototyps dargestellt.

### 3.1 Benutzerführung

Der Service begrüßt den Nutzer mit einem Bildschirm, von dem aus die Lokalisierung der nächstgelegenen Apotheke initiiert werden kann. Darüber hinaus ist es möglich, weitere Informationen über die Datenschutz-Funktionen des Prototyps abzurufen.



Abb. 3.: Hauptbildschirm

Wird der Dienst zum ersten Mal genutzt oder ist aus anderen Gründen keine gültige Richtlinie für die Handhabung der Ortsinformationen des Nutzers vorhanden, wird der Benutzer zu seiner Konsole beim Intermediär umgeleitet, wo er die Parameter der Datenschutzrichtlinie bearbeiten kann, bevor er sie bestätigt. Nach erfolgter Bestätigung wird der Benutzer – abhängig von seiner Eingabe – zurück zum Dienstanbieter oder aber zu einer Übersicht der eingestellten Datenschutzrichtlinien weitergeleitet. Sollte der Benutzer sich entscheiden, die neue Richtlinie nicht zu bestätigen, kann keine Nutzung des Dienstes erfolgen.



Abb. 4.: Einstellen einer Datenschutz-Richtlinie

Da nun ein durch die Benutzer-Richtlinie gesteuerter Datenaustausch zwischen Dienstanbieter und Intermediär erfolgen kann, ist eine Erbringung des Dienstes möglich - der Nutzer erhält das Ergebnis seiner Anfrage.



Abb. 5.: Ergebnis einer Ortung

## 3.2 Architektur

Die nachfolgenden Abschnitte betrachten den Nutzer, Dienstanbieter, Intermediär und Netzbetreiber im Detail. Neben der generellen Aufgabenbeschreibung wird auf die Beschreibung des Kommunikationsablaufs innerhalb des zugrunde liegenden Szenarios eingegangen. Abschließend wird in Abbildung 6 der gesamte Kommunikationsprozess zusammengefasst.

### 3.2.1 Nutzer

Bei einer Betrachtung aus der Perspektive des Nutzers ergeben sich besondere Anforderungen, die im Rahmen der Umsetzung berücksichtigt wurden. Der Nutzer des Apothekensuchdienstes ist im Besitz eines mobilen Endgerätes, das über ein kleines Display, eine beschränkte Eingabefunktionalität, geringe Rechenleistung und eine geringe Datenübertragungsrate verfügt. Diese Merkmale spiegeln die in der Masse der Bevölkerung vorzufindenden Endgeräte wieder [PRIM04a], die der Netzbetreiber als Zielgruppe adressiert. Des Weiteren ist vorgesehen, dass keine zusätzliche Software auf dem mobilen Endgerät des Nutzers zu installieren ist. Ein WAP Browser muss vorhanden sein, der zur Standardausstattung nahezu aller mobilen Endgeräte gehört [PRIM04a] [PRIM06a] [PRIM06b]. Der Zugriff auf die Identitäts- und Zugriffskontrolleinstanz des Nutzers ist durch ein WAP-Interface über den Intermediär möglich, dessen Verwendung dem Nutzer eine intuitive Handhabung erlaubt. Dadurch wird der Nutzer in die

Lage versetzt, Zugriffsregeln für Dienste, die er über einen Dienstanbieter in Anspruch nehmen möchte, zu setzen.

Verwendet ein Nutzer einen Dienst zum ersten Mal, ist keine Zugriffsregel beim Intermediär definiert, die den Zugriff auf Ortinformationen oder Nutzerpräferenzen regelt. In diesem Fall wird eine Standardregel vorgeschlagen. Der Regelvorschlag wird beim Intermediär hinterlegt. Der Nutzer wird zum Intermediär weitergeleitet und erhält die Optionen den Regelvorschlag zu akzeptieren, zu überarbeiten oder abzulehnen [PRIM06a]. Dieser Mechanismus verhindert, dass personenbezogene Informationen über einen Nutzer ohne dessen explizite Einwilligung verarbeitet werden. Das Entgelt für die Dienstleistung wird durch den Netzbetreiber in einem monatlichen Intervall abgerechnet. Durch den Intermediär ist ein weiterer Schutzmechanismus geschaffen, der keinem Anbieter die Möglichkeit offeriert, einen Geldwert für die Inanspruchnahme in Rechnung zu stellen, ohne dass der Nutzer explizit, beispielsweise durch eine Zugriffsregeln dieser Dienstonutzung zugestimmt hat.

### 3.2.2 *Dienstanbieter*

Im vorliegenden Abschnitt wird der Blickwinkel des Dienstanbieters (Apothekensuchdienst) detailliert betrachtet. Dafür ist es notwendig Annahmen zu treffen. Der Dienstanbieter ist eine Partei innerhalb des gesamten Kommunikationsablaufs, die einer Nutzergruppe durch das Betreiben eines Webservers gegen Entgelt einen oder mehrere Dienste zur Verfügung stellt. Die Preise für die Nutzung eines Dienstes entsprechen definierten Preiskategorien des Netzbetreibers. Nach jeder autorisierten Transaktion (Dienstonutzung) belastet der Intermediär ein virtuelles Konto des Nutzers. Die dort auflaufenden Beträge werden einmal im Monat durch den Netzbetreiber abgerechnet [PRIM06a]. Damit der Intermediär die entstandenen Kosten des Dienstanbieters gegenüber dem Netzanbieter vertreten darf, sind an dieser Stelle weitere Verträge zwischen beiden Parteien notwendig. Als Identifikationsmerkmal des Nutzers wird die IP-Adresse verwendet. Um die Dienstonutzung aus Sicht des Dienstanbieters vollständig nachzuvollziehen, wird diese am Beispiel der Erstonutzung des Apothekensuchdienstes betrachtet.

Der Apothekensuchdienst ist durch einen beim Dienstanbieter betriebenen Webserver im Internet erreichbar. Der Nutzer meldet sich beim Dienstanbieter an, um einen Dienst zu verwenden. Dabei wird eine Instanz der sich beim Dienstanbieter befindlichen Softwarekomponente initialisiert. Diese sorgt für den datenschutz- und privatsphärenfreundlichen Austausch personenbezogener Daten. Nachdem sich der Nutzer beim Dienstanbieter für die Nutzung eines Dienstes angemeldet hat, benötigt dieser zusätzliche Informationen zur Dienstleistung, wie beispielswei-

se den Aufenthaltsort des Nutzers. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass der Anbieter des Dienstes den Geldwert für die Dienstnutzung abrechnen kann [PRIM06a].

Um Zugriff auf die Ortsinformation des Nutzers zu erlangen und den Geldwert für die Dienstnutzung einzufordern, hat der Dienstanbieter dem Intermediär den Dienstnamen und die Kosten für die Dienstnutzung mitzuteilen. Vorausgehend ist eine Authentifizierung des Dienstanbieters beim Intermediär erforderlich. Nach dem Abgleich der Dienstinformationen mit den durch den Nutzer hinterlegten Regeln (Intermediär) ist der Zugriff auf die Ortsinformationen gestattet oder versperrt. Für den Fall, dass der Zugriff auf die Ortsinformation und die Reservierung des Geldwertes, aufgrund fehlender oder sperrender Regeln, verwehrt ist, meldet die Softwarekomponente einen Fehler [PRIM06a]. Nach Erhalt der Fehlermeldung wird die Dienstanbieterseite einen Regelentwurf für die Nutzung des Dienstes generieren und an den Intermediär übertragen. Der Nutzer wird über den Regelvorschlag informiert und wahlweise direkt zum Intermediär weitergeleitet. Dort nimmt der Nutzer Zugriff auf seine Identitäts- und Zugriffskontrollinstanz. Die Regelvorlage des Dienstanbieters wird angezeigt. Der Nutzer hat die Möglichkeit diese Regel zu überprüfen, anzunehmen oder abzulehnen. Im Fall der Annahme erfolgt erneut eine Weiterleitung zum Dienstanbieter, der aufgrund der akzeptierten Regeln alle notwendigen Informationen für die Dienstleistung erhält [PRIM06a]. Ein virtuelles Konto des Nutzers, hinterlegt beim Intermediär, wird mit dem Geldwert der Dienstnutzung belastet, ein weiteres virtuelles Konto für Dienstanbieter mit den Kosten für die Ortung. Auf Basis der übermittelten Daten ist der Dienstanbieter in der Lage, seine Datenbank zu durchsuchen und dem Nutzer die nächstliegende Apotheke mitzuteilen. Alle benutzerrelevanten Daten werden nach Beendigung der Dienstleistung mit der Zerstörung der Session verworfen.

### 3.2.3 *Intermediär*

Der Intermediär ist eine zentrale Komponente der Architektur und befindet sich zwischen Dienstanbieter, Netzbetreiber und Nutzer [KFKK05]. Zu den ihm zugeteilten Aufgaben (siehe Kapitel 3 Einleitung) gehört die Repräsentation des Nutzers. Der Intermediär erhält Anfragen eines Dienstanbieters, dessen Dienst der Nutzer verwenden möchte. Eine Überprüfung der Nutzung hinsichtlich der vom Nutzer hinterlegten Regeln und der möglichen Zahlungsfähigkeit wird durchgeführt. Der detaillierte Ablauf der Kommunikation wird im Folgenden dargestellt.

Der Dienstanbieter, der mit dem Nutzer verbunden ist und diesen über eine IP-Adresse identifiziert, erfragt beim Intermediär die Ortsinformation der zugeordneten IP-Adresse an. Darüber hinaus teilt der Dienstanbieter dem Intermediär den festgesetzten Preis für die Inanspruchnahme



des Dienstes mit. Der Intermediär löst mit Hilfe des Netzbetreibers die IP-Adresse auf und überprüft die vom Nutzer beim Intermediär hinterlegten Regeln für die Dienstnutzung. Die aktuelle IP-Adresse stellt ein temporäres Identifikationsmerkmal dar, das sich nach erneutem Verbindungsaufbau verändert. Aus diesem Grund wird die IP-Adresse in ein Transaktionspseudonym überführt, das zwischen Intermediär und Dienstanbieter kommuniziert wird. Falls keine für die Dienstnutzung adäquate Regel existiert, ist die Nutzung ausgeschlossen und dem Dienstanbieter wird eine Fehlermeldung gemeldet. Die Übermittlung eines Regelentwurfs für die Nutzung des Dienstes erfolgt. Nach Zustimmung wird die Regel angewendet. Die Ortsinformation des Nutzers wird über den Intermediär beim Netzbetreiber angefragt, ohne Informationen über den zu verwendenden Dienst mitzuteilen. Ferner wird überprüft, ob die Zahlungsfähigkeit des Nutzers gegeben ist. Ist dies der Fall, wird die Ortsinformation über den Intermediär an den Dienstanbieter übermittelt. Die Kosten für die Ortung werden dem Dienstanbieter in einem virtuellen Konto beim Intermediär in Rechnung gestellt. Auf Basis der übertragenden Ortsinformation wird der Dienst durch den Dienstanbieter erbracht. Dem Nutzer werden die Kosten für den Dienst in Rechnung gestellt. Das virtuelle Konto des Nutzers wird mit den Kosten der Dienstnutzung belastet [PRIM06a]. Am Ende des Monats stellt der Intermediär zwei Rechnungen. Eine Rechnung, die dem Netzbetreiber zugestellt wird, beinhaltet die Kosten der Dienstnutzung ohne Bekanntgabe des Dienstes. Die zweite Rechnung über die Anzahl der Ortungen in Verbindung mit dem jeweiligen Transaktionspseudonym erhält der Dienstanbieter.

#### *3.2.4 Netzbetreiber*

Der Netzbetreiber ist die Partei, die eine traditionelle Geschäftsbeziehung mit dem Nutzer unterhält. Diese ermöglicht die Kommunikation, die Ortung und die Abrechnung zwischen Nutzer und Dienstanbieter. Die Softwarekomponente, die beim Netzbetreiber integriert ist, dient einerseits zur Übertragung der personenbezogenen Daten und andererseits als Kontrollinstanz zum Nachweis autorisierter Transaktionen [PRIM06a] [PRIM06c].

Der Netzbereiter wird im Szenario des Apothekensuchdiensts mehrfach involviert. Zu Beginn erfragt der Intermediär die Ortsinformation der ihm bekannten IP-Adresse. Im Anschluss wird erfragt, ob der Nutzer in der Lage ist, den zu verwendenden Dienst zu bezahlen. Die Antwort auf beide Fragen wird an den Intermediär übertragen. Da der Netzbetreiber den Dienstanbieter nicht kennt, werden die Kosten der Ortung dem Intermediär in Rechnung gestellt. Nach erfolgreicher Dienstnutzung informiert der Intermediär den Netzbetreiber, so dass dieser dem Nutzer

die Kosten der Dienstnutzung in Rechnung stellen kann [PRIM06a]. Die Abrechnung erfolgt einmal im Monat.

Zusammenfassend veranschaulicht das UML-Sequenzdiagramm in Abbildung. 6 nochmals den Kommunikationsablauf.

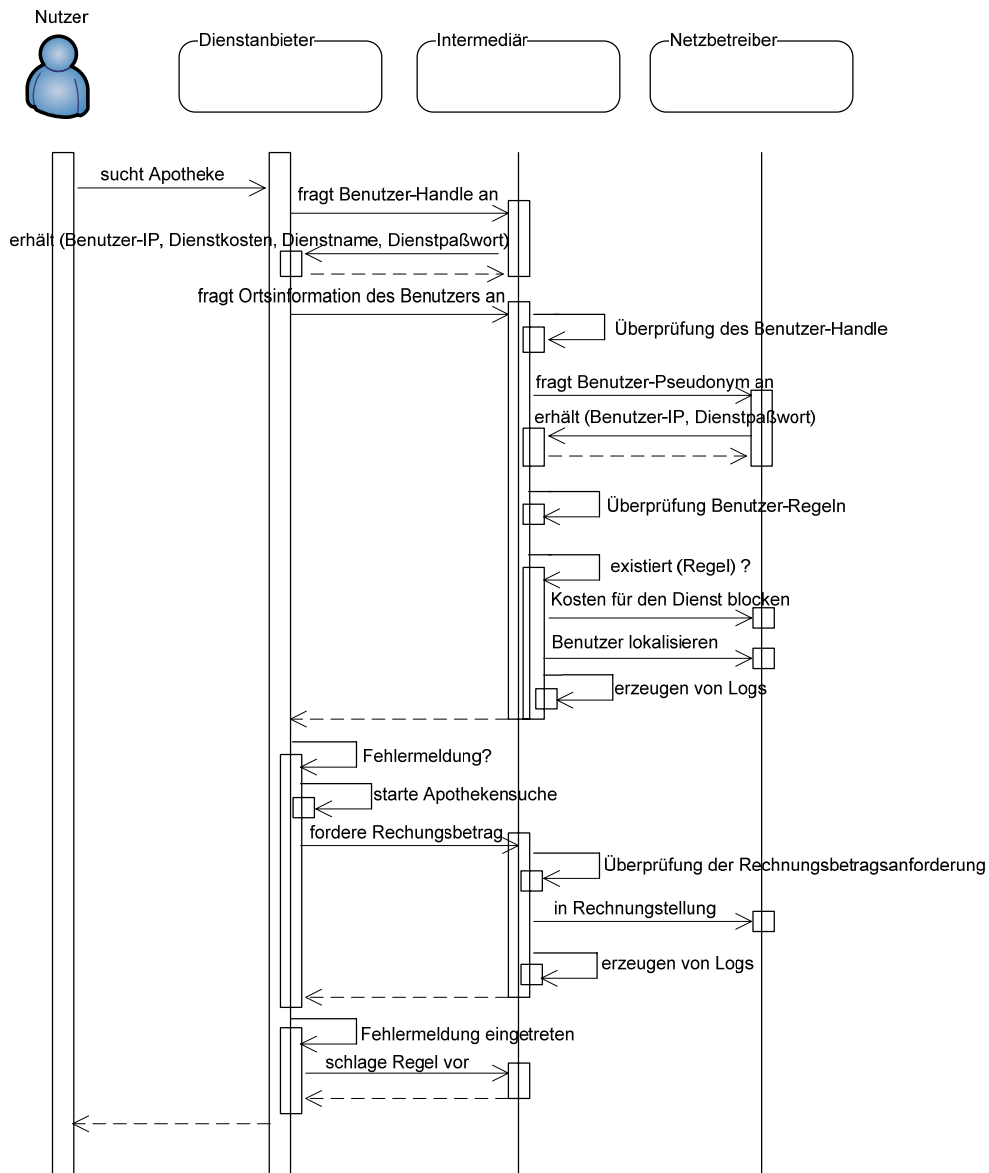


Abb. 6.: Sequenzdiagramm

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Wie gezeigt wurde, lässt sich unter den besonderen Rahmenbedingungen mobiler Datenprodukte auf bestehenden Infrastrukturen ein Ausgleich der Interessen der Beteiligten erreichen. Im Rahmen des bestehenden Prototyps für privatsphären-respektierende topozentrische Dienste

wurde eine Architektur erprobt, welche die Geschäfts- und Privatsphäreninteressen der Beteiligten umsetzt. Die wurde aus der Sicht verschiedener Disziplinen evaluiert [PRIM06d]. Die Spezialisten aus den Bereichen Recht, Assurance, HCI, und Sozioökonomie hatten die Aufgabe, in ihrem Spezialbereich die Prototypen auf Anwendbarkeit für Nutzer und beteiligte Businesspartner zu untersuchen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden in einem Evaluationsbericht [PRIM05] zusammengefasst.

Die beteiligten Disziplinen sind in ihrem Resümee zu dem Urteil gekommen, dass der Prototyp für topozenrische Dienstleistung eine sehr gute Balance zwischen den Interessen der einzelnen Beteiligten darstellt. Insbesondere konnte gezeigt werden, dass die Berücksichtigung der Privatsphäre eine positive Voraussetzung für Anwendungsfälle sein kann, ohne dass die zugehörigen Prozesse für Nutzer und Dienstleister hochkomplex in Betrieb und Nutzung und somit unattraktiv für Anbieter und Nutzer werden.

Eine Standardisierung der Intermediärsschnittstelle würde eine vom Netzbetreiber unabhängige Verwendung topozenrischer Dienste, etwa im Falle von International Roaming, erlauben. Zusätzlich könnte eine solche Identitätsmanagement-Funktionalität dem Benutzer eine konsistente Kontrolle seiner persönlichen Informationen ermöglichen, was - gerade bei kritischen Nutzern - eine höhere Akzeptanz nach sich ziehen könnte. Daher regen die Autoren an, die Vereinheitlichung von Intermediationsschnittstellen für Identitäts- und Privatsphärenmanagement im internationalen Rahmen anzustreben und diese im industriellen Rahmen umzusetzen. So könnte ein internationaler Durchbruch für topozenrische Dienstleistungen erreicht - und beispielsweise von aktuellen europäischen Bestrebungen bei der Ortung von Notrufen bereits eingesetzt werden oder der Verbreiterung des Szenarios im Sinne von [FrSc05] dienen.

## **Danksagung**

Die Inhalte dieses Papiers wurden im Rahmen der Projektarbeit im PRIME Projekt erarbeitet, repräsentieren allerdings nur die Ansicht der Autoren.

## Literaturverzeichnis

- [BIBO03] Blarkom, G.W.; Borking, J.; Olk, J.G.: Handbook of Privacy and Privacy-Enhancing Technologies. College bescherming persoonsgegevens, The Hague. 2003.
- [BöLR02] Böhm, A.; Leiber, T.; Reufenheuser, B.: Trust and Transparency in Location-Based Services: Making Users lose their Fear of Big Brother In: Workshop on Location Systems Privacy and Control, 2004.
- [BuHE00] Bulusu, N.; Heidemann, H.; Estrin, D.: GPS-less low cost outdoor localization for very small devices. In: Technical report 00-729, Computer science department, University of Southern California. 2000.
- [Bund05] Bundesnetzagentur: Jahresbericht. 2005.
- [Comm05] Common Criteria Project: The Common Criteria Part 1 - Introduction and general model, Version 2.3, similar to IS 18045. 2005.
- [Dumo05] Dumortier, J.: Combining Personalised Communications Services with Privacy-Friendly Identity Management. In: Proceedings of the 44th FITCE Congress, 2005, 142-146.
- [Euro02] European Parliament: Directive 2002/58/EC of the European Parliament and of the council of 12 July 2002 concerning the processing of personal data and the protection of privacy in the electronic communications sector (Directive on privacy and electronic communications). Brussels: 2002.
- [Euro95] European Parliament: Directive 95/46/EC of the European Parliament and of the Council of 24 October 1995 on the protection of individuals with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data. Luxembourg. 1995.
- [Figg04] Figgie, S.: Situation-dependent services - a challenge for mobile network operators. In: Journal of Business Research, 57, 2004, 1416-1422.

- [FrSc05] Fritsch, L. und Scherner, T.: A Multilaterally Secure, Privacy-Friendly Location-based Service for Disaster Management and Civil Protection. In Proceedings of the AICED/ICN 2005, (Springer Lecture Notes on Computer Science LNCS 3421), Berlin, Heidelberg, New York 2005 S. 1130-1137.2005, 1130-1137.
- [FrSR06] Fritsch, L.; Scherner, T.; Rannenber, K.: Von Anforderungen zur verteilten, Privatsphären-respektierenden Infrastruktur. In: Praxis in der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK), 29, 2006, 37-42.
- [Inter05a] International Organization for Standardization (ISO): The Common Criteria Part 2 - Security functional requirements, Version 2.3, similar to IS 18045:2004. 2005.
- [Inter05b] International Organization for Standardization (ISO): The Common Criteria Part 3: Security assurance requirements - Version 2.3, similar to IS 18405. 2005.
- [JoBe04] Jorns, O., -Bessler, S.: PRIVES: A privacy enhanced location based scheme. In: Workshop on Location Systems, Privacy and Control, 2004.
- [KFKK05] Koelsch, T.; Fritsch, L.; Kohlweiss, M.; Kesdogan, D.: Privacy for Profitable Location Based Services. In: Proceedings of the Security in Pervasive Computing Workshop (SPC), 2005, 164-179.
- [LFPR04] Lindner, T.; Fritsch, L.; Plank, K.; Rannenber, K.: Exploitation of Public and Private WiFi Coverage for New Business Models. In: Proceedings of the 4th IFIP Conference on E-Commerce, E-Business, and E-Government (I3E),2004.
- [MyAD03] Myles, G., Friday, A. and Davies, N.: Preserving Privacy in Environments with Location Based Applications. In: IEEE Pervasive Computing 2, (2003) 1, S. 56-64.
- [Oino02] Oinonen K. TR101 - LIF Privacy Guidelines. 2002.
- [PRIM04a] PRIME Project: Application Requirements. In deliverable 1.1.a part 3, 2004.
- [PRIM04b] PRIME Project: Legal Requirements. In part 1 of deliverable 1.1a of IST PRIME EU. Arizona, 2004

- [PRIM05] PRIME Project: Framework V.1. In deliverable 14.1.a. 2005
- [PRIM06a] PRIME Project: Pharmacy Search - High Level Design. In deliverable 4.1.a.3.8, 2006.
- [PRIM06b] PRIME Project: LBS Installation Guide. In deliverable 4.1.a.3.10, 2006
- [PRIM06c] PRIME Project: User documentation on the LBS application prototype – pharmacy search. In Deliverable 4.1.a.3.10, 2006
- [PRIM06d] PRIME Project: Evaluation of initial Application Prototypes. 2006.
- [Pone04] Ponemon Institute: The Cost of Privacy - Study, Tucson, Arizona, 2004.
- [RePr04] Cheng, Reynold; Prabhakar, Sunil: Using Uncertainty to Provide-Preserving and High-Quality Location-Based Services, in: Workshop on Location Systems, Privacy and Control, 2004.
- [Rose99] Rose, F.: The economics, concept and design of information intermediaries. Physica-Verlag, Heidelberg, 1999
- [Ross04] Rossmagel, H.: Mobile Qualified Electronic Signatures and Certification on Demand, in: Proceedings of the 1st European PKI Workshop - Research and Applications. 2004.
- [ScLi02] Schackmann, J.; Link, H.: Intermediaries for the Provision of Mass Customized Digital Goods in Electronic Commerce, in: Moving into Mass Customization, 2002.
- [SNP02] Synnes, K.; North, J.; Parnes, P.: Location Privacy in the Alipes Platform. Institutionen för Systemteknik; Lulea University of Technology; 2002
- [Wage06] Wagner, F.: T-Identity Protector – Functional operation. In W3C Workshop on Languages for Privacy Policy Negotiation and Semantics-Driven Enforcement, Ispra. 2006

# **Allokation und Bepreisung kontextbezogener Kundenkontakte im Mobile Marketing**

## **Rahmenbedingungen für Einsatz und Gestaltung von multi-attributiven Auktionen**

Andreas Albers

Professur für M-Commerce und Mehrseitige Sicherheit  
Goethe Universität Frankfurt a. M.  
60054 Frankfurt a. M.  
andreas.albers@m-lehrstuhl.de

### **Abstract**

Die Einbindung von Identitäts- und Kontextinformationen in Mobile Marketing Aktivitäten eignet sich besonders für Kundenkontakte, die durch Zugriff auf mobile Portale generiert wurden. Allerdings erfordert es die Etablierung von Informationsintermediären, um diese *kontextbezogenen Kundenkontakte* effizient an Werbetreibende zu vermitteln. Aus dem individuellen Wert von mobilen Kundenkontakten für Werbetreibende sowie der Gewährleistung relevanter werblicher Kommunikation, ergeben sich deshalb besondere Anforderungen für die Allokation und Bepreisung dieser Kundenkontakte. Der vorliegende Beitrag adressiert diese Problemstellung mit einer Diskussion der Rahmenbedingungen für den Einsatz und die Gestaltung eines interaktiven Preismodells in Form von multi-attributiven Auktionen.

## **1 Einleitung**

### **1.1 Die mobile Datenkommunikation zur Umsetzung von Marketing Aktivitäten**

Die Nutzung mobiler Datenkommunikation zur Umsetzung und Unterstützung von Marketingaktivitäten im Business-To-Consumer (B2C) Bereich, insbesondere zur *personalisierten* werblichen Kommunikation, wird meist unter *Mobile Marketing* bzw. *Mobile Advertising* subsumiert. Wenn auch in der Literatur bzgl. dieser Begrifflichkeiten keine Einigkeit besteht

[LeSK06], so herrscht hinsichtlich der besonderen Eignung des mobilen Kanals zur Ausbringung absatzfördernder Maßnahmen ein allgemeiner Konsens [BaSt02, SaTä05, Wohl01]. Der Personenbezug fast ständig mitgeführter [Rösc06] mobiler Endgeräte in Kombination mit der Interaktivität des mobilen Kanals, erlaubt Werbetreibenden eine orts- und zeitunabhängige, bidirektionale Kommunikation mit ihren Rezipienten. Die Möglichkeit zur Identifikation bzw. Wiedererkennung mobiler Endgeräte schafft zudem die Voraussetzungen für eine Zuordnung von ggf. hinterlegten Personenprofilen sowie der Bestimmung des Aufenthaltsorts und Nutzungszeitpunkts mobiler Nutzer [DBHS06]. Diese Informationen, dynamisch zusammengeführt zu einem kontextbezogenen Kundenprofil, ermöglichen eine gezielte Auswahl und personalisierte Ansprache von Rezipienten und damit die Grundlage zur Umsetzung des als idealtypisch angesehenen One-to-One Marketing Paradigmas [PeRo97]. Zudem verschafft die allein in Deutschland Ende 2005 vorhandene Mobilfunkpenetration von 96% [BUNA06] dem mobilen Medium eine potentiell große Reichweite in der Bevölkerung.

Der Blick auf die aktuelle Marktsituation in Deutschland zeigt jedoch, dass nur vergleichsweise einfache Implementierungen von Mobile Marketing Anwendungen existieren, welche nur einen Teil des Potentials der mobilen Datenkommunikation ausnutzen [DBHS06]. Umsetzungen auf Basis des *Push-Ansatzes*, bei denen Nachrichten ohne vorherige Aufforderung übermittelt werden, nutzen überwiegend die Möglichkeit Rezipienten personenbezogenen sowie orts- und zeitunabhängig anzusprechen. Über andere Marketing Aktivitäten bzw. Medien werden dazu Kundenkontakte generiert und profiliert in einer Datenbank gespeichert. Im Rahmen einer Direktmarketing Kampagne können dann Rezipienten durch diese Personenprofile ausgewählt und Werbebotschaften per SMS-Nachricht an sie versandt werden [Lipp04].

Bei Nachrichten, die erst nach vorausgegangener Aufforderung durch einen Rezipienten versendet werden, wird vom *Pull-Ansatz* gesprochen. Diese Form der Kommunikation wird hauptsächlich durch andere Medien initiiert. Beispielsweise werden spezielle Codes auf Produktverpackungen gedruckt, die der mobile Nutzer gegen den Erhalt von Sachleistungen per SMS-Nachricht an Werbetreibende einsendet und damit den werblichen Dialog anstößt [Rösc06].

Die Differenz zwischen theoretischem Potential und der dargestellten Marktsituation im Kontext des Mobile Marketings zeigt vor allem, dass kaum von der Möglichkeit zur Identitäts- und Kontextdeterminierung mobiler Nutzer Gebrauch gemacht wird. Als Gründe dafür werden hauptsächlich die derzeit damit verbundenen Kosten und die komplexe Technologie genannt [Rösc06]. Lediglich beim Push-Ansatz findet der ortsunabhängige Versand von Nachrichten zu



präferierten Tageszeiten statt, benötigt aber komplexe Entscheidungsmodelle zur Einbeziehung weiterer Kontextinformationen [Trip03]. Zu dem steht der Push-Ansatz der bedürfnisgesteuerten Initiierung einer werblichen Kommunikation durch Rezipienten entgegen und generiert geringere Reaktionsraten. Dennoch hat er in der Praxis insbesondere für zeitkritische Nachrichten (z.B. Promotions) seine Berechtigung gefunden [Berl03].

Die in beiden Ansätzen letztlich durch SMS-Nachrichten gestaltete Interaktion stellt sich als meist umständlich dar und verhindert den Transport von multimedialen Inhalten [Lipp04].

## **1.2 Zukünftige Ansätze für Mobile Marketing Aktivitäten**

Für die Zukunft von Mobile Marketing Aktivitäten sehen Anbieter die Nutzung von mobilen Portalen (Pull-Ansatz) als besonders geeignet und viel versprechend an [Rösc06]. Vor dem Hintergrund, dass die Mobilität eine der dominierenden Motivationen zur Befriedigung von Konsumbedürfnissen ist [Zäng00], erhöht sich damit die Wahrscheinlichkeit, eine nutzerseitig initiierte werbliche Kommunikation in eine geschäftliche Transaktion zu überführen. Die Einbeziehung von Identitäts- und Kontextinformationen ist dazu im Vergleich zum Push-Ansatz mit deutlich weniger konzeptioneller Komplexität verbunden [Trip03] und ermöglicht es, die Rezipienten gezielter auszuwählen und personalisiert anzusprechen. Zu dem kann die eingeschränkte, textbasierte Kommunikation auf Basis von SMS-Nachrichten durch eine intuitive, multimediale und webbasierte Benutzeroberfläche ersetzt und gleichzeitig der Medienbruch im Dialog zwischen Werbetreibenden und Rezipienten beseitigt werden.

Zur Integration von Identitäts- und Kontextinformationen in pull-basierte Mobile Marketing Aktivitäten, schlägt Figge in seiner Arbeit *Konzept eines Entwurfsmusters für werbefinanzierte Geschäftsmodelle im M-Commerce* [Figg06] vor, Mobilfunkbetreiber als Informationsintermediäre zu etablieren, um dadurch Werbetreibende und Rezipienten auf Basis ihrer gegenseitigen Anforderungen (Zielgruppe und Kundenbedürfnisse) individuell zusammenzuführen. Mobilfunkbetreiber sind nach Figge deshalb besonders geeignet, da sie bereits eine große Anzahl von bestehenden Kundenbeziehungen besitzen, die benötigte technische Infrastruktur vorhanden ist, Identitäts- und Kontextinformationen ihnen zu großen Teilen kostenfrei zur Verfügung stehen und sie ihre vorhandenen mobilen Portale als Kontaktfläche positionieren können.

Den stark vereinfachten Ablauf der Vermittlung mobiler Kundenkontakte im Intermediär- bzw. Mobilfunkbetreiber Szenario zeigt Abbildung 1.

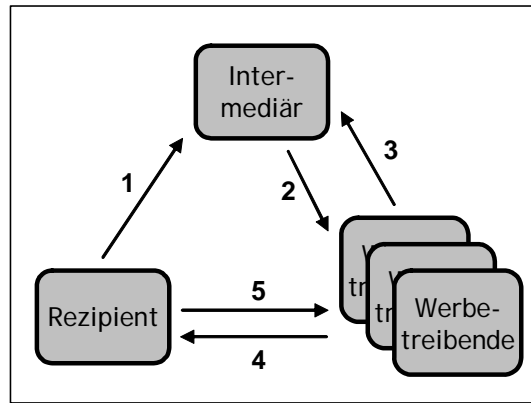


Abb. 1: Vermittlung kontextbezogener mobiler Kundenkontakte an Werbetreibende

Nach der Generierung und Erfassung des mobilen Kundenkontakts und der evt. Anreicherung mit Kontextinformationen (1), bietet der Intermediär diesen Kundenkontakt Werbetreibenden an (2). Sie prüfen die Relevanz des Rezipienten, bekunden ggf. Interesse und bekommen den Kundenkontakt gegen die Zahlung eines Entgelts zugeteilt. Im Anschluss beginnen sie ihre werbliche Kommunikation mit dem Rezipienten (4). Bei erwidertem Interesse des Rezipienten kommt es schließlich zu einem werblichen Dialog oder im weiteren zu einer geschäftlichen Transaktion (5).

### 1.3 Allokation und Bepreisung von mobilen Kundenkontakten

Der durch mobile Portale generierte und ggf. mit Identitäts- und Kontextinformationen angereicherte *kontextbezogene mobile Kundenkontakt* stellt für einen Intermediär eine Herausforderung hinsichtlich der Bepreisung und Allokation dar. So besitzt der Kundenkontakt für Werbetreibende in Bezug auf ihre definierte Zielgruppe einen individuellen Wert, der für Intermediäre nur schwer zu bestimmen ist. Im Weiteren besteht dieser Wert nur für die Dauer der Ansprache des Rezipienten und verfällt danach. Die starke Verankerung der mobilen Kommunikation in der Privatsphäre von mobilen Nutzern birgt dazu ein hohes Störungspotential [Meie02] durch unrelevante werbliche Nachrichten.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist deshalb ein Preis- bzw. Allokationsmodell zu identifizieren, mit dem die genannten Herausforderungen adressiert werden können. Dazu diskutiert Kapitel 2 die Charakteristika kontextbezogener mobiler Kundenkontakte sowie relevante Identitäts- und Kontextinformationen zur personalisierten Kundenansprache und stellt den Einfluss von wirtschaftlichen, technologischen und datenschutzrechtlichen Aspekten auf die Erhebung dieser Informationen dar. In Kapitel 3 wird für die Allokation ein interaktives Preismodell in Form

einer multi-attributiven Auktion vorgeschlagen während in Kapitel 4 die Designaspekte für dessen Einsatz und Gestaltung diskutiert werden. Mit einer Zusammenfassung sowie einem Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen schließt Kapitel 5.

## **2 Charakteristika kontextbezogener mobiler Kundenkontakte**

Kontextbezogene mobile Kundenkontakte lassen sich gegenüber Kontakten aus den klassischen Massenmedien durch die folgenden Charakteristika abgrenzen:

- Mobile Kundenkontakte haben durch ihren möglichen Identitäts- und Kontextbezug für Werbetreibende jeweils einen privaten, individuellen Wert.
- Mobile Kundenkontakte besitzen aufgrund des möglichen Identitäts- und Kontextbezugs nur für die Dauer der Rezipientenansprache einen Nutzen für Werbetreibende.
- Mobile Kundenkontakte können nicht an beliebige Werbetreibende veräußert werden, da unrelevante werbliche Nachrichten ein hohes Störungspotential besitzen [Meie02].
- Der Umfang und die Qualität von Identitäts- und Kontextinformationen sind für jeden mobilen Kundenkontakt unterschiedlich.

Im Vergleich zu den klassischen Massenmedien, wo ein Kundenkontakt eine durch Qualitätsmerkmale beschriebene Gruppe von Rezipienten darstellt [Bogs01], adressiert der mobile Kundenkontakt nur einen Rezipienten, der aufgrund seines einzigartigen Kontexts (z.B. hinsichtlich des Aufenthaltsorts) für Werbetreibende einen individuellen Wert darstellt. Da nach Beendigung eines werblichen Dialogs mit einem Rezipienten sich dessen Kontext ändert (z.B. durch Verlassen des mobilen Portals), verliert der Kundenkontakt durch den veralteten Kontext seinen Wert. Durch den Stellenwert von mobilen Endgeräten als persönliche Accessoires ist die mobile Kommunikation stark in der Privatsphäre eines mobilen Rezipienten verankert. Je stärker also der Eingriff mobiler Kommunikation in die Privatsphäre von Nutzern, desto größer die Aufmerksamkeit für werbliche Nachrichten aber auch die Gefahr von deren Belästigung [Meie02]. In diesem Spannungsfeld nimmt die Nutzung von Identitäts- und Kontextinformationen mobiler Rezipienten zur Gewährleistung einer hohen Relevanz werblicher Kommunikation eine zentrale

Rolle ein [Meie02]. Der Umfang dieser Informationen variiert jedoch aufgrund verschiedener Einflüsse für jeden Kundenkontakt und wird deshalb für die, in einer Expertenumfrage [FiTh06] als relevant identifizierten Informationen *Identität, Personenprofil, Aufenthaltsort* und *Aktionskontext*, diskutiert. Der *Nutzungszeitpunkt* ist an dieser Stelle ebenfalls wichtig, kann aber jederzeit ohne besondere Voraussetzungen erhoben werden.

Die Ermittlung der Identität eines mobilen Nutzers durch das Mobilfunknetz ermöglicht die Zuordnung eines ggf. hinterlegten Personenprofils. Diese Profile enthalten derzeit meist soziodemographische Daten sowie Interessen eines Nutzers [Mind06]. Die Kenntnis des Aufenthaltsorts ermöglicht Werbepreibenden die Relevanz von mobilen Nutzern hinsichtlich eines ortsgebundenen Leistungsangebots zu ermitteln (z.B. Entfernung zu einem Point-of-Sales (POS)) während der Aktionskontext das Bedürfnis eines mobilen Nutzers in seiner aktuellen Situation (z.B. ableitbar aus der Eingabe eines Suchbegriffs) beschreibt. Bei der Erhebung dieser Identitäts- und Kontextinformationen beeinflussen *datenschutzrechtliche Aspekte*, die *verfügbare Infrastruktur* sowie entstehende *Kosten* deren Umfang und Genauigkeit und letztlich den Wert des Kundenkontakts für Werbepreibende (vgl. Abb. 2).

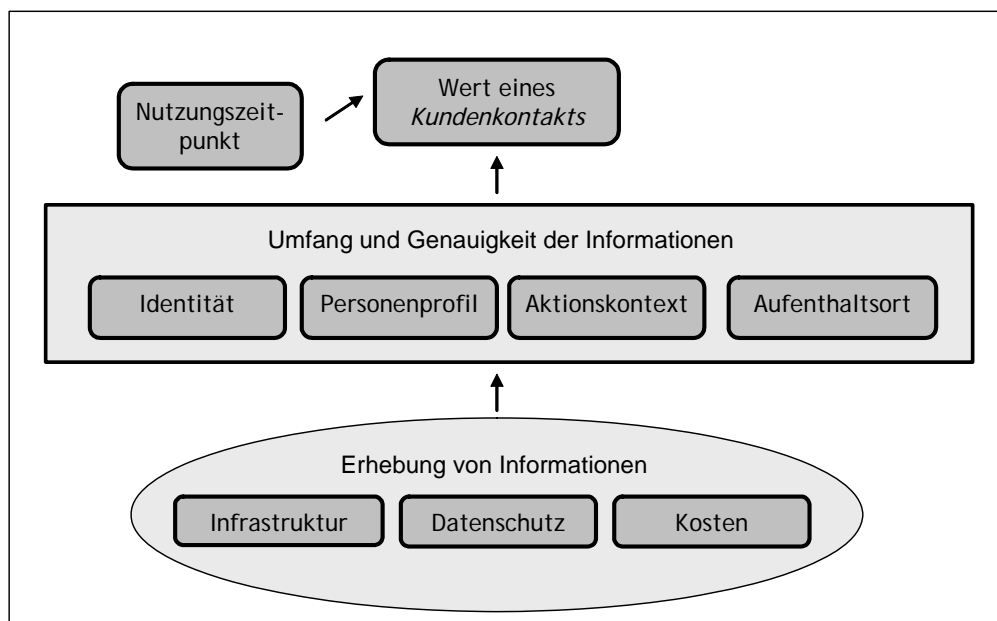


Abb. 2: Einflussfaktoren auf den Wert kontextbezogener mobiler Kundenkontakte

Aus Gründen des *Datenschutzes* müssen mobile Nutzer für die Erhebung von personenbezogenen Daten ihre Einwilligung erteilen und diese ggf. auch wieder zurücknehmen können [Figg06]. Daraus resultiert, dass der Umfang der zur Verfügung gestellten Daten (mit Ausnah-

me des Nutzungszeitpunkts) vom Bedürfnis nach Privatsphäre oder dem Nutzen, der aus der Preisgabe von persönlichen Daten resultiert, abhängt [NSRH02].

Die *verfügbare Infrastruktur* hingegen determiniert, welche Arten von Kontextinformationen zu welcher Qualität erhoben werden können. Für die Zuordnung eines Personenprofils muss das Mobilfunknetz die Identifikation eines mobilen Nutzers erlauben. Gleiches gilt für die Lokalisierung des Aufenthaltsortes, welche das Mobilfunknetz zwar immer zur Verfügung stellen kann, jedoch das klassische Cell-of-Origin (COO) Verfahren nur sehr ungenau arbeitet. Das Global Position System (GPS) liefert hingegen sehr präzise Daten, ist aber nur derzeit in wenigen mobilen Endgeräten vorhanden [AIFR05].

Letztlich können auch *Kosten* über den Umfang von Identitäts- und Kontextinformationen entscheiden. So steht beispielsweise die Abfrage von Identitäts- und Lokalisierungsdaten nur Mobilfunkbetreibern kostenlos zur Verfügung [Figg06].

### **3 Preismodelle für kontextbezogene mobile Kundenkontakte**

#### **3.1 Identifikation eines Preismodells für kontextbezogene mobile Kundenkontakte**

Für die im vorausgegangenen Kapitel diskutierten Charakteristika kontextbezogener mobiler Kundenkontakte soll im Folgenden ein adäquates Preismodell identifiziert werden. Dazu ist zunächst zwischen zwei Ansätzen zu unterscheiden. Bei statischen Modellen wird der zu entrichtende Preis für ein Gut einseitig durch den Verkäufer festgelegt, während die interaktive Bepreisung Käufer, Verkäufer oder beide Parteien in die Preisfindung einbezieht [SkSW05].

In den klassischen Massenmedien wird der Wert einer Medienleistung durch die generelle Verbreitung des Mediums, die Menge der Rezipienten des Mediums sowie die Kontaktqualität (Merkmale der Rezipienten) definiert und *statisch* durch den Tausend-Kontakt-Preis (TKP)<sup>1</sup> bepreist [Bogs01]. Diese konstant verfügbaren Qualitätsmerkmale sind bei mobilen Kundenkontakten aufgrund der dynamischen Einflüsse von Datenschutz-, Infrastruktur- und Kostenaspekten auf die Qualität von Identitäts- und Kontextinformationen nicht vorhanden. Eine statische Bepreisung seitens des Verkäufers würde deshalb erfordern, dass für jede Qualität eines Kundenkontakts ein Preis ermittelt wird. Dies ist aber vor dem Hintergrund des entstehenden Planungsproblems völlig ineffizient. Zu dem schafft die individuelle Wertschätzung von kon-

---

<sup>1</sup> Preis um 1000 Rezipienten über ein Medium mit den beschriebenen Qualitätsmerkmalen zu erreichen

textbezogenen mobilen Kundenkontakten die Voraussetzung für eine Bepreisung analog zur statischen Preisdifferenzierung, d.h. entsprechend der individuellen Zahlungsbereitschaft von Werbetreibenden [SkSp05].

Aufgrund des durch Werbetreibende (Käufer) determinierten Nutzens mobiler Kundenkontakte wird auf die Betrachtung von Preismodellen mit Beteiligung des Verkäufers verzichtet und es verbleiben das *Reverse Pricing* und *Auktionen* [SkSW05]. Beim Reverse Pricing gibt ein Käufer Gebote für ein Produkt an den Verkäufer ab. Liegt dieses Gebot über der Preisschwelle des Verkäufers, so erhält der Käufer das Produkt. Im anderen Fall beginnt eine neue Gebotsrunde oder der Käufer muss vom Erwerb des Produkts absehen [BeSS05]. Da aufgrund der beschriebenen dynamischen Qualitätsausprägungen mobiler Kundenkontakte die Preisschwelle für jeden mobilen Kundenkontakt jeweils neu festgelegt werden muss, entsteht dadurch ein der statischen Preisdifferenzierung vergleichbares Planungsproblem.

Gegen die verbleibende Einsatzmöglichkeit von Auktionen können auf dieser Abstraktionsebene keine Einwände gefunden werden. Jedoch ergibt sich dadurch die Herausforderung, eine optimale Gestaltung für Auktionen zu finden, die neben dem Preis auch den Nutzen der werblichen Kommunikation für Rezipienten im Rahmen der Allokation berücksichtigt.

### **3.2 Einsatz eines interaktiven Preismodells in Form einer Auktion**

Die zentrale Rolle für die Akzeptanz von Mobile Marketing Aktivitäten spielt der Nutzen eines werblichen Angebots für den Rezipienten [Meie02]. Dieser Nutzen setzt sich aus der Übereinstimmung der gegenseitigen Anforderungen von Werbetreibenden und Rezipienten (*Relevanz*), sowie der *Qualität der Rezipientenansprache* hinsichtlich der personalisierten Gestaltung und dem Inhalt der werblichen Nachrichten zusammen [EFGK00]. Die Relevanz ergibt sich dabei aus der Eignung von Werbetreibenden zur Befriedigung des aktuellen Bedürfnisses von mobilen Rezipienten. So hat beispielsweise ein Restaurant, das sich in der direkten Umgebung eines mobilen Rezipienten befindet, eine höhere Eignung als ein solches in weiterer Entfernung. Dieser Wert kann über den Abgleich der Identitäts- und Kontextinformationen mobiler Rezipienten und dem Zielgruppenprofil eines Werbetreibenden ermittelt werden. Die Qualität der Rezipientenansprache hingegen lässt sich nicht direkt bewerten, denn Inhalt und Gestaltung einer werblichen Nachricht lassen sich nicht quantitativ erfassen und objektiv bewerten [EFGK00]. Ein Beispiel für einen indirekten Ansatz liefert jedoch das im stationären Internet agierende Unter-

nehmen *Google*. Dieses nutzt die Click-Rate<sup>2</sup> für Werbeanzeigen zur Bewertung der Qualität einer werblichen Nachricht [Goog06]. Die Annahme dabei ist, dass aus einer erfolgreich gestalteten, relevanten werblichen Kommunikation auch eine höhere Click-Rate folgt.

Aus der Zusammenführung der zwei dargestellten Faktoren *Nutzen für Rezipienten* und *Zahlungsbereitschaft Werbetreibender* resultiert ein virtuelles Gebot, dessen Höhe über den Zuschlag für einen kontextbezogenen mobilen Kundenkontakt entscheidet (vgl. Abb. 3).

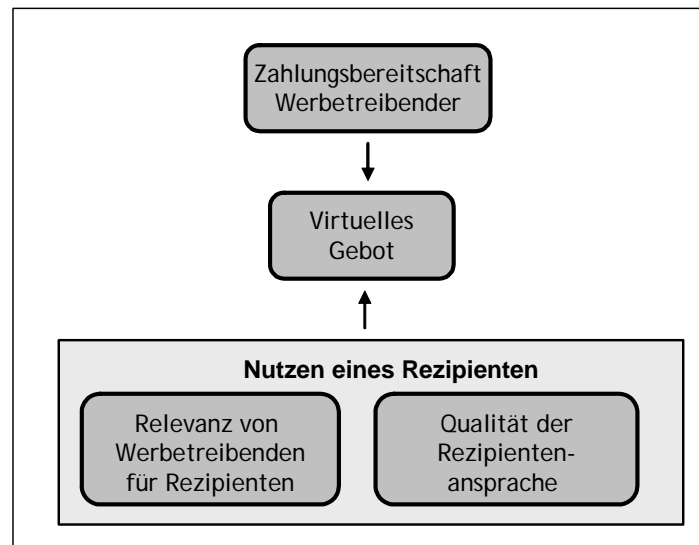


Abb. 3: Einflussfaktoren auf die Allokation kontextbezogener mobiler Kundenkontakte

Fasst man den Nutzen bzw. die Relevanz eines Werbetreibenden für einen Rezipienten als Qualitätsmerkmal auf und beschreibt sie durch eine Nutzenfunktion, so kann das dargestellte Allokationsproblem durch den Einsatz multi-attributiver Auktionen [Bich00] adressiert werden. Da eine konkrete Implementierung dieser Auktionsform von den jeweiligen Zielen des Intermediäres (Verkäufers) abhängig ist, werden in Kapitel 4 ausschließlich Designaspekte dieser Auktionsform erarbeitet. Anhand eines Anwendungsbeispiels soll jedoch der Ablauf der Allokation eines mobilen kontextbezogenen Kundenkontakts kurz illustriert werden:

Ein mobiler Nutzer sucht nach einer Apotheke in seiner näheren Umgebung. Dazu ruft er über seinen PDA einen mobilen Informationsdienst auf und gibt das Suchwort *Apotheke* ein. Daraufhin wird sein aktueller Aufenthaltsort ermittelt und alle in der Datenbank des Informationsdienstes gespeicherten relevanten Apotheken abgerufen. Durch von den Apotheken hinterlegten Zielgruppenprofilen und Werbebudgets, wird automatisch ihr monetäres Gebot für den Kun-

<sup>2</sup> Das Verhältnis von präsentierten und rezipientenseitig-aktivierten Werbeanzeigen [SkSp00]

denkontakt ermittelt (vgl. Kapitel 4.4). Der Informationsdienst berücksichtigt dann für die Ermittlung des Gewinners der Auktion, neben diesem monetären Gebot, auch die Distanz zwischen Apotheke und mobilen Nutzer. Die höchsten drei monetären Gebote, bewertet mit der jeweiligen Distanz, erhalten dann den Zuschlag und werden auf dem PDA des mobilen Nutzers angezeigt.

## **4 Designaspekte für multi-attributive Auktionen zur Allokation kontextbezogener mobiler Kundenkontakte**

### **4.1 Multi-attributive Auktionen zur Allokation kontextbezogener mobiler Kundenkontakte**

Auktionen werden in [McMc87] als “... market institution with an explicit set of rules determining resource allocation and prices on the basis of bids from the market participants” definiert. *Multi-attributive Auktionen* sind dabei eine spezielle Form von Auktionen, die es ermöglichen, neben dem Preis noch zusätzliche Attribute eines Gutes (z.B. Qualität) in Auktionsgebote einzubeziehen [Che93, Bich00]<sup>3</sup>. Interpretiert man die Relevanz zwischen mobilen Nutzern und Werbetreibenden als ein solches Attribut, so lässt sich dieses mittels einer multi-attributiven Auktion berücksichtigen. Nachfolgend werden dazu die, für die Allokation von kontextbezogenen mobilen Kundenkontakten, notwendigen Designaspekte vorgestellt. Dabei gilt es allgemeine Anforderungen für diese Auktionen zu diskutieren, Rahmenbedingungen für Nutzenfunktionen zur aggregierten Bewertung der Attribute (Relevanz und Preis) durch den Intermediär darzustellen und einen Ansatz zur automatischen Gebotsbildung für Bieter zu erarbeiten.

### **4.2 Allgemeine Anforderungen für die Auktion von kontextbezogenen mobilen Kundenkontakten**

Die allgemeinen Anforderungen an die Gestaltung einer Auktion für kontextbezogene mobile Kundenkontakte werden anhand der von *Skiera / Spann* identifizierten und in Tabelle 1 dargestellten Designaspekte [SkSp04] diskutiert.

---

<sup>3</sup> Einen weiterführenden Überblick zu Gestaltungsoptionen von Auktionen liefert Klempere [Klemp99]



Designaspekt	Entscheidungen
Auktionsgegenstand	Beschreibung des Auktionsgegenstands, Festlegung der Gebotsvariablen, Versteigerung von Optionen
Auktionsteilnahme	Beschränkte oder offene Auktionsteilnahme, Teilnahmegebühr
Dauer der Auktion	Gesamtdauer der Auktion, Fixes oder variables Auktionsende
Rahmenbedingungen	Mindestpreise, Flexibilität der Auktionsregeln, Verbindlichkeit der Gebote
Verkauf mehrerer Einheiten eines Produkts	Simultane oder sequentielle Versteigerung, einheitliche oder individueller Zuschlagspreis bei mehreren Einheiten identischer Produkte

Tab. 1: Designaspekte für Auktionen auf Basis von [SkSp04]

#### 4.2.1 Auktionsformen

Die Formen von Auktionen lassen sich in englische, holländische, Vickrey- und Höchstpreisauktion aufteilen. Unterschiede bestehen in der Form der Gebotsabgabe und der Bestimmung des Transaktionspreises [SkSp04]. Die Allokation eines mobilen Kundenkontakts muss unmittelbar beim Zugriff auf ein mobiles Nutzenangebot (z.B. mobiles Portal) ohne Verzögerung erfolgen. Auktionsbedingte Wartezeiten, die die Präsentation des Werbemittels verzögern, würden zu einer sinkenden Akzeptanz oder Ablehnung seitens der Rezipienten führen. Als Auktionsformen sind daher nur die Höchstpreis- und Vickrey Auktion zulässig, da sie keine iterativen Gebotsrunden vorsehen [SkSp04].

#### 4.2.2 Auktionsgegenstand

Auktionsgegenstand ist das digitale Informationsgut *kontextbezogener mobiler Kundenkontakt*, für dessen Vervielfältigung zwar keine weiteren Kosten entstehen würden, das aber nur an den *relevantesten* Werbetreibenden veräußert wird und dessen Wert danach verfällt. Die Beschreibung des Auktionsgegenstandes ändert sich dynamisch, hinsichtlich der in Kapitel 2 diskutierten datenschutzrechtlichen, technischen und kostenbezogenen Aspekte bei der Erhebung der Identitäts- und Kontextinformationen. Für jeden mobilen Kundenkontakt wird ein einmaliger Preis erhoben. Eine Versteigerung von Optionen für diesen findet nicht statt, da er nur zum aktuellen Zeitpunkt einen Wert besitzt und nutzbar ist.

#### 4.2.3 *Auktionsteilnahme*

Zur Gewährleistung eines hohen Nutzens der werblichen Kommunikation werden die Zielgruppenprofile von Werbetreibenden mit den Identitäts- und Kontextinformationen von mobilen Rezipienten im Rahmen der Auktion verglichen. Mit einer redaktionellen Prüfung von grundlegenden Angaben Werbetreibender (z.B. Standort eines Point-of-Sale) können falschen Daten reduziert und nur geprüfte Unternehmen zugelassen werden. Da nicht relevante Angebote (z.B. die Empfehlung eines Restaurants an dessen Ruhetag) im mobilen Internet zu einer größeren Belästigung für Rezipienten führen [Meie02], hat eine solche Prüfung einen größeren Stellenwert als im stationären Internet.

#### 4.2.4 *Dauer der Auktion*

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 beschrieben, darf die Dauer einer Auktion nur unmerklich die Präsentation eines werblichen Nutzenangebots nach der Anforderung durch Rezipienten verzögern. Ein fixes Ende der Auktion ist daher erforderlich.

#### 4.2.5 *Rahmenbedingungen der Auktion*

Die Generierung eines kontextbezogenen mobilen Kundenkontaktes verursacht je nach erhobenen Identitäts- und Kontextinformationen variable Kosten. Mit der Erhebung von Mindestpreisen besteht die Möglichkeit, die Deckung dieser Kosten im Rahmen der Auktion abzusichern, schafft aber auch die Gefahr, weniger oder keine Käufer zu finden [SkSp04]. Die verursachten Kosten wären in letzterem Fall verloren, da ein mobiler Kundenkontakt nur zum Zeitpunkt der Auktion einen Wert besitzt. Aus diesem Grund erlaubt die Auktion keine Flexibilität hinsichtlich der Auktionsregeln sowie der Verbindlichkeit von Geboten.

#### 4.2.6 *Verkauf von mehreren Einheiten eines Produkts*

Jeder kontextbezogene mobile Kundenkontakt stellt ein Unikat dar, so dass nur die Reihenfolge für den Verkauf von mehreren *unterschiedlichen* Kundenkontakten relevant ist. Da aber für mobile Kundenkontakte von einem nicht-komplementären Verhältnis ausgegangen wird, können sie in diesem Kontext sequentiell versteigert werden.

### 4.3 Nutzenfunktion zur Abbildung der Relevanz von Werbetreibenden für mobile Rezipienten

Die Ergebnisse des Abgleichs der Identitäts- und Kontextinformationen von mobilen Rezipienten mit dem Zielgruppenprofil von Werbetreibenden determiniert die Nutzenfunktion im Rahmen der Auktion. Dazu kann die Güte des Abgleichs von einzelnen Informationen (z.B. des Personenprofils) zusätzlich jeweils einzeln gewichtet werden. Zu dem ist die Präzision der gesamten Angaben von Werbetreibenden zu ihrem Zielgruppenprofil zu gewichten. Dadurch wird vermieden, dass Werbetreibende durch ein breites, ungenaues Zielgruppenprofil ihre Wahrscheinlichkeit für einen besseren Abgleich erhöhen (vgl. Abb. 4).

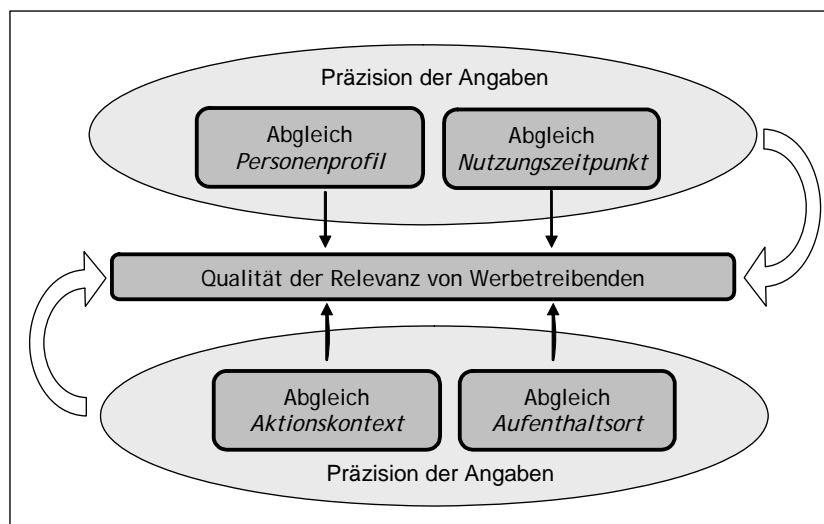


Abb. 4: Qualität der Relevanz von Werbetreibenden für mobile Rezipienten

Für den *Aktionskontext* können sich Werbetreibende beispielsweise einer oder mehreren Portal-kategorien oder Suchbegriffen zuordnen, die mit der Anfrage des mobilen Nutzers verglichen werden. Das *Personenprofil* enthält Informationen, die bei der klassischen Marktsegmentierung und -bearbeitung Anwendung finden und dementsprechend abgeglichen werden [Kotl01]. Der *Nutzungszeitpunkt* und der *Aufenthaltort* eines Rezipienten sind insbesondere bei einem physischen Leistungsangebot (z.B. Restaurant in der näheren Umgebung eines mobilen Nutzers) relevant.

Eine besondere Stellung nimmt jedoch der Abgleich des *Aufenthaltorts* eines mobilen Nutzers mit der Präferenz von Werbetreibenden ein. Nach Huff [Huff64] leitet sich die Bereitschaft eines Konsumenten, den Weg zu einem Point-of-Sale (POS) überwinden, aus der Attraktivität des

POS (z.B. aufgrund der Anzahl angebotener Produkte) und der Distanz zu diesem ab. Dabei nimmt diese Bereitschaft exponentiell mit steigender Distanz zum POS ab. Huff berücksichtigt zu dem in seinem Modell, dass diese Bereitschaft für unterschiedliche Leistungsangebote variieren kann und damit beispielsweise für teure Produkte größer ist als für Billige. Interpretiert man nun das Ergebnis des Abgleichs von *Aktionskontext*, *Personenprofil* und *Nutzungszeitpunkt* als *Attraktivität* eines Werbetreibenden nach Huff und ist der *Aufenthaltort* für die werbliche Ansprache relevant, so kann auch das Huff-Modell zur Bestimmung der gesamten Nutzenfunktion im Rahmen der Auktion genutzt werden (vgl. Abb. 5).

$\frac{\text{Abgleich (Aktionskontext, Personenprofil, Nutzungszeitpunkt)}}{\text{Distanz (Point-of-Sale)}} = \text{Relevanz eines Werbetreibenden}$
--

Abb. 5: Bewertung der Relevanz von Werbetreibenden für Rezipienten auf Basis des Huff-Modells

#### 4.4 Automatische Gebotsbildung für Werbetreibende

Aufgrund der zu erwartenden hohen Anzahl von Transaktionen, der zeitkritischen Dauer sowie der Komplexität, kann die Auktion nur vollautomatisiert durchgeführt werden. Dazu müssen Werbetreibende in der Lage sein, für die Ermittlung eines Gebotes ihre eigene individuelle Nutzenfunktion für mobile Kundenkontakte zu definieren. Beispielsweise könnte der Nutzungszeitpunkt für ein Restaurant mit langen Öffnungszeiten weniger relevant sein, als für eine Bar, deren Öffnungszeiten sich oft auf den Abend konzentrieren. Hierfür kann die gleiche Funktionalität zum Vergleich von Identitäts- und Kontextinformationen und dem Zielgruppenprofil, wie in Kapitel 4.3 beschrieben, genutzt werden. Die automatische Ermittlung der Zahlungsbereitschaft bzw. des Gebots erfolgt dann in drei Schritten. Zunächst werden die Merkmale eines *idealen* Kundenkontakts in die Nutzenfunktion eingesetzt und deren Wert ermittelt, dann wird die Nutzenfunktion für die *tatsächlichen* Merkmale der vorliegenden Kundenkontakte berechnet. Fehlende, aber relevante Merkmale eines Rezipienten wirken sich dabei negativ auf den Nutzen für Werbetreibende und damit auf die Zahlungsbereitschaft aus. Das Verhältnis von *tatsächlichem* zu *idealem* Kundenkontakt multipliziert mit dem für einen Kundenkontakt jeweils zur Verfügung stehenden Werbebudget ergibt das Gebot des Werbetreibenden für den Kundenkontakt (vgl. Abb. 6).

$$\frac{\text{tatsächlicher Kundenkontakt}}{\text{idealer Kundenkontakt}} \times \text{Werbepudget pro Kundenkontakt} = \text{Gebot für Kundenkontakt}$$

Abb. 6: Ermittlung des Gebots für einen Kundenkontakt

## 5 Zusammenfassung und weitere Forschung

Im vorliegenden Beitrag wurde ein möglicher Ansatz zur Gestaltung der Allokation und Bepreisung von *kontextbezogenen mobilen Kundenkontakten* mittels multi-attributiver Auktionen vorgestellt. Aufgrund der Dynamik und Komplexität sowie die u.a. daraus resultierenden individuellen Wertschätzung dieses Informationsgutes durch Werbetreibende, wurden interaktive Preismodelle vorgeschlagen, um diese Anforderungen adäquat zu adressieren. Dadurch verlagert sich der verkäuferseitige Planungsaufwand im Rahmen der Preisfindung hin zu einem Problem der optimalen Gestaltung des Preismodells. Aufgrund der zentralen Rolle des Nutzens bzw. der Relevanz werblicher Kommunikation und der direkten Implikationen auf die Akzeptanz für mobile Rezipienten, sind multi-attributive Auktionen zur Adressierung dieser Anforderungen ausgewählt worden. Anstatt ein konkretes Auktionsdesign vorzustellen, wurden Rahmenbedingungen für Einsatz und Gestaltung dieser Auktionsform erarbeitet.

Ausgehend von dieser Grundlage, ist für die weitere Forschung geplant, die dargestellten Designaspekte für multi-attributive Auktionen aufzugreifen und gestützt durch Case Studies in ein konkretes Auktionsdesign zu gießen und prototypisch zu implementieren. Daneben soll der Nutzen, der von Sachleistungen (z.B. in Form von Coupons) für Rezipienten ausgeht, in die Nutzenfunktion der Auktion eingebunden werden.

### Literaturverzeichnis

- [AIFR05] Albers, Andreas; Figge, Stefan; Radmacher, Mike: LOC<sup>3</sup> - Architecture Proposal for Efficient Subscriber Localisation in Mobile Commerce Infrastructures. In: Proceedings of 2nd IEEE International Workshop on Mobile Commerce and Services (WMCS'05), München 2005.

- [BaSt02] Barwise, Patrick; Strong, Colin: Permission-based mobile Advertising. *Journal of Interactive Marketing* 16 (2002) 1, S. 14-24.
- [Berl03] Berlecon: Basisreport Mobile Marketing. [http://www.berlecon.de/output/studien.php?we\\_objectID=115](http://www.berlecon.de/output/studien.php?we_objectID=115), 2003, Abruf am 2006-07-01.
- [BeSS05] Bernhardt, Martin; Spann, Martin; Skiera, Bernd: Reverse Pricing. In: *Die Betriebswirtschaft (DBW)* 65 (2005), S. 104-107.
- [Bich00] Bichler, Martin: An experimental analysis of multi-attribute auctions. In: *Decision Support Systems* 29 (2000), S. 249-268.
- [Bogs01] Bogs, Nicolas: Werbeagenturen im Mediamarkt und allokativer Effizienz. Peter Lang, Frankfurt a. M. 2001.
- [BUNA06] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: Jahresbericht 2005. <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/5278.pdf>, 2006, Abruf am 2006-07-01.
- [Che93] Che, Yeon-Koo: Design competition through multidimensional auctions. In: *Journal of Economics* 24 (1993) 4, S. 668-680.
- [DBHS06] Decker, Michael; Bulander, Rebecca; Högler, Tamara; Schiefer, Gunther: m-Advertising: Werbung mit mobilen Endgeräten – Ein Überblick. In: *Proceedings der 1. Fachtagung "Mobilität und Mobile Informationssysteme"*, Passau 2006.
- [EFGK00] Engelhardt, Bernhard; Frick, Hans-Adolf; Gemeinhardt, Roland; Kreuzer Christine: *Werbung in Theorie und Praxis*. M&S Verlag, Waiblingen 2000.
- [Figg06] Figge, Stefan: Entwurfsmuster eines werbefinanzierten Geschäftsmodells für dem Mobile Commerce auf Basis eines semantischen Identitätskonzepts. Dissertation, Universität Frankfurt a. M., Frankfurt a. M. 2006.
- [FiTh06] Figge, Stefan; Theysohn, Sven: Quantifizierung IKS-basierter Marktleistungen. In: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 48 (2006) 2, S. 96-106.

- [Goog06] Google Inc.: Adwords. <https://adwords.google.de/select/comparison.html>, 2006, Abruf am 2006-07-20.
- [Huff64] Huff, David: Definition and Estimating a Trading Area. In: Journal of Marketing. 29 (1964) 3, S. 34-38.
- [Klem99] Klemperer, Paul: Auction Theory: A Guide to the Literature. In: Journal of Economic Surveys 13 (1999) 3, S. 227-286.
- [Kotl01] Kotler, Philip: Marketing Management: Analyse, Planung und Verwirklichung. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2001.
- [LeSK06] Leppäniemi, Matti; Sinisalo, Jaakko; Karjaluoto, Heikki: Mobile Marketing Research 2000 -2005: Emergence, Current Status, Future Directions. In: Proceedings of the CMC 2006 11th Conference on Corporate and Marketing Communications, Ljubljana, Slowenien 2006.
- [Lipp04] Lippert, Ingo: Mobile Marketing. In: Gerstner, R.; Hunke, G.; Sabel, H. (Hrsg.): Innovatives Marketing. Fritz Knapp, Frankfurt am Main 2004, S. 109-123.
- [McMc87] McAfee, Preston; McMillan John: Auctions and Bidding. In: Journal of Economic Literature 25 (1987), S. 699-738
- [Meie02] Meier, Roland: Generierung von Kundenwert durch mobile Dienste. Dissertation, Technische Universität München 2002.
- [Mind06] Mindmatics AG: Mr. AdGood. <http://www.misteradgood.com/de/public/registry.form.go?to=2&level=0>, 2006, Abruf am 2006-07-01.
- [NSRH02] Ng-Kruelle, Grace; Swatman, Paul; Rebne, Douglas; Hampe, Felix: The Price of Convenience: Privacy and Mobile Commerce. In: 3rd World Congress on the Management of Electronic Commerce. Hamilton, Ontario, Canada 2002.
- [PeRo97] Peppers, Don; Rogers, Martha: The one to one future. Doubleday, New York, USA 1997.

- [Rösc06] Rösch, Bert: Auf dem Weg zum Mobile Marketing 2.0. In: ONEtoONE (2006) 7, S. 8-13.
- [SaTä05] Salo, Jari; Tähtinen, Jaana: Retailer Use of Permission-Based Mobile Advertising. In: Advances in Electronic Marketing. Idea Publishing, USA, U.K 2005, S. 139-155.
- [SkSW05] Skiera, Bernd; Spann, Martin; Walz Uwe: Erlösquellen und Preismodelle für den Business-to-Consumer-Bereich im Internet. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 47 (2005) 4, S. 285-293.
- [SkSp00] Skiera, Bernd; Spann, Martin: Preisdifferenzierung im Internet. In: Controlling 12 (2000), S. 417-423.
- [SkSp04] Skiera, Bernd; Spann, Martin: Gestaltung von Auktionen. In: Backhaus, K.; Voeth, M. (Hrsg.): Handbuch Industriegütermarketing, Gabler, Wiesbaden 2004, S. 1039-1056.
- [SkSp05] Skiera, Bernd; Spann, Martin: Preisdifferenzierung im Internet. In: Schögel, Tomczak, Belz (Hrsg.): Ro@dmapp to E-Business. Thexis, St. Gallen 2002, S. 270-284.
- [Trip03] Tripathi, Arvind: Decision Models in Wireless Advertising. Dissertation, Universität von Connecticut, Connecticut 2003.
- [Wohl01] Wohlfahrt, Jens: Wireless Advertising. In: Silberer, G.; Wohlfahrt, J.; Wilhelm, T. (Hrsg.): Mobile Commerce. Gabler, Wiesbaden, 2001.
- [ZAW05] Zentralverband der deutschen Werbewirtschaft: Werbung in Deutschland 2005. edition ZAW, Berlin 2005.
- [Zäng00] Zängler, Thomas: Mikroanalyse des Mobilitätsverhaltens in Alltag und Freizeit. Springer, Berlin 2000.



# **Adoption and Impact of Mobile-Integrated Business Processes – Comparison of Existing Frameworks and Analysis of their Generalization Potential**

Key Pousttchi, Bettina Thurnher

Mobile Commerce Working Group  
Chair of Business Informatics and Systems Engineering (WI-SE)  
University of Augsburg  
Universitaetsstrasse 16, 86135 Augsburg, Germany  
{key.pousttchi, bettina.thurnher}@wi-mobile.de

## **Abstract**

The integration of mobile workplaces in the (electronically mapped) intra-enterprise value chain is a major and still increasing corporate IT issue. Although the usage of mobile technologies for this purpose is far behind expectations and numerous failures can be observed, still little work has been done on theory building in this area.

In this contribution we identify and compare existing frameworks for adoption and impact of mobile technology to support mobile business processes. The hypotheses underlying these frameworks are challenged with experiences from three long-term case studies which are diverse in industry, company size and other factors in order to scrutinize their potential for generalization. The outcome is a set of hypotheses that show robustness against variation of major parameters and thus may be suitable to serve as a basis for a generalized and unified framework on mobile-integrated business processes.

## **1 Introduction**

Usage and relevance of information technology (IT) in enterprises have changed fundamentally in recent decades. Instead of isolated IT usage limited to an operational level (e.g. production planning or machine-tool steering), vast electronification and networking in many enterprises have led to a strategic and area-wide IT usage through the electronic mapping of the intra-enterprise value chain [TuPo04]. In larger companies this was typically achieved through

the introduction of complex ERP systems while in smaller companies rather through the use of smaller industry-specific software packages. Resulting potentials include for instance common data management, integrated workflow management or contemporary availability of aggregated, edited corporate data (business intelligence). However, a major problem occurs as soon as single business processes (or even only parts of these) are executed mobile and thus can no longer be fully supported by the use of stationary IT. As a result, the integration of mobile workplaces is a major and still increasing corporate IT issue. While mobile information and communication technologies are available to fill in the gap, their actual usage for this purpose is far behind expectations. What is more, among the actually activated projects numerous failures can be observed (e.g. [Cogn05; Aber04]). Despite the high relevance of the topic theory building is not advanced at all. Our extensive research in high-ranked relevant literature<sup>1</sup> showed only little results (see section 2). Two frameworks were proposed: (a) [WaCh04] is deductively suggesting an *adoption framework* and examining it with an industry-specific survey (for a detailed description see section 2.1) and (b) [GeSh04] is deductively suggesting an *impact assessment framework* and examining it with one specific case study (for a detailed description see section 2.2).

The research objective of this paper is to investigate these two frameworks and scrutinize their potential for generalization. In order to do this, the underlying hypotheses are one by one challenged with the experiences from three in-depth case studies on mobile-integrated business processes which are diverse in industry, company size and other factors. The outcome is a set of hypotheses that show robustness against variation of major parameters and thus may be suitable to serve as a basis for a generalized and unified framework on mobile-integrated business processes. In the context of this paper, the term *mobile business processes* (MBP) refers to any business process which is (partly or completely) executed mobile and thus can not be fully supported by the use of stationary IT [GuPo05]. The term *mobile-integrated business processes* (MIBP) refers to any MBP that is fully supported by mobile IT [PoTh05].

The contribution is organized as follows: In section 2 the *adoption framework* from [WaCh04] and the *impact assessment framework* from [GeSh04] are introduced. In section 3.1 the

---

<sup>1</sup> Literature research comprised the following resources: MIS Quarterly (MISQ), Journal of the AIS (JAIS), International Journal of Electronic Commerce (IJEC), Communications of the ACM (CACM), Information Systems and e-Business Management (ISeB), International Journal of Mobile Communication (IJMC), Wirtschaftsinformatik (WI), Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB), Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf), Schmalenbach Business Review (sbr), Die Betriebswirtschaft (DBW), and the proceedings of "Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik".

method and the used case studies are explained. In section 3.2, the two frameworks are compared and in sections 3.3 and 3.4 the respective hypotheses of the two frameworks are examined. In section 4 the conclusion is drawn.

## **2 Existing Research**

### **2.1 The Adoption Framework**

The adoption framework of [WaCh04] is derived from previous research in the field of strategic choice theory and upper-echelon theory. Upper-echelon theory emphasizes the role of the firm's management in actively shaping organizational strategies [Chil72]. These research lines provide a theoretical foundation for understanding organizational decisions about innovation adoption. [WaCh04] identified critical factors that influence e- and mobile (m) business adoption by travel agencies and suggested a three level framework that states that differences between the technology adoption behaviours of firms can be fully captured only if the influential factors at multiple levels (environmental, organizational, and managerial) are taken into consideration [ToK182; Roge95]. Moreover a firm's strategic orientation and the personal characteristics of its top managers influence its approach to innovation adoption. The framework was tested according to 7 hypotheses in a case study. In the study 137 completed questionnaires of the Taipei Association of Travel Agents were returned. Additionally a second study was depicted in this paper where they investigated to what extent the idea of mobile e-business is understood and accepted by travel agency CEO in Taiwan.

The findings show that no firm had a clear plan for mobile e-business. However, the CEO did point out that mobile advertising through the Short Messaging Service (SMS) would be the first mobile application despite the technological limitations of currently available mobile devices. Although the CEO agreed that the expansion to mobile e-business is only "a matter of time," [WaCh04, p. 56].

The suggested framework of [WaCh04] consists of the following elements:

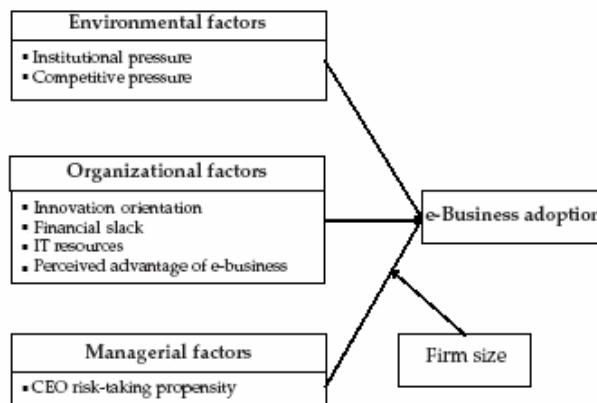


Fig. 1 Framework of e- and m-Business Adoption for Service Firms

The analysis of the data has been executed via hypothesis testing with statistical methods e.g. R-square and mean centering method proposed by Cronbach. Seven independent and two dependent variables (DV) have been defined: DV1 measures the firm's intention to develop e- and m-business applications and DV2 measures the degree of e- and m-business implementation.

## 2.2 The Impact-Assessment Framework

The impact-assessment framework of [GeSh04] is derived from the task/technology fit model [GoTh95] and the technology acceptance model [Davi89]. Moreover research on technology innovation [ToKl82] has been used by [GeSh04] to point out the importance of matching information systems with the organizational tasks to be supported or automated, as a precursor to system use and subsequent benefits. Recent research of Goodhue and Thompson's work has been extended and integrated with the technology acceptance model [DiSt98; DiSt99; MaKe98]. Other researchers have applied Zigurs and Buckland's framework to gain further insights on the success factors of group work [HoMO93]. The research framework combines the idea of task/technology fit with the general notion of impacts of information technology on organizations. The framework consists of four factors: technology, task, usage and impact to which a mobile business application is investigated. The parameters of each factor are depicted in **Fig. 2**. [GeSh04] validated the framework according to 9 propositions in a case study on a mobile e-procurement platform at a Fortune 100 company. The authors interacted with members of the project management group on a regular basis during the period from August 2001 to March 2002 to obtain information about the project, including objectives, progress, and organizational and technical details. Responses were collected from a total of 17 end-users and

used WAP-enabled cell phones. The study was conducted in Asia, USA and Europe. The suggested framework of [GeSh04] consists of the following elements:

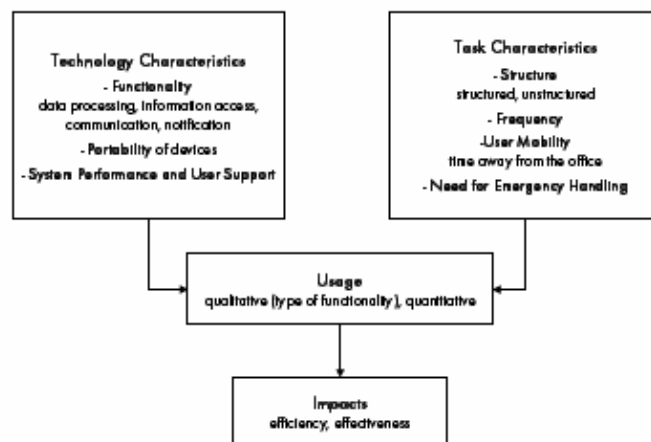


Fig. 2 The Impact-Assessment Framework [GeSh04]

The analysis of the data has been executed mainly via qualitative results from the interviews and quantitative measures like the amount of mobile tool usage for specific tasks. Moreover [GeSh04] analysed the correlations of the variables of their propositions.

### 2.3 Other Related Work

More recent research shows that mobile technologies and research in mobile applications are of increasing importance in various fields of applications e.g. [ScPL06; FoGK05]. [ChNa04] investigated the value of mobile business applications in domains like fast food restaurants, facility management, maintenance and housekeeping, insurance companies, support of sales force, logistics, mobile-marketing campaigns, real time weather information for the army and even the application of mobile technology for the efficient handling of formula one races. Obviously there are differences in the judgment about the impact of mobile-business applications in different branches. Whereas [WaCh04] found out that there was no need for mobile applications in 2004 for Taiwanese travel agencies [ChNa04] found out that mobile applications are widely applied in various branches. The amount of increasing research [ScPL06; WaCh04; ChNa04; GeSh04] and the improved mobile technology (device, connectivity, performance) indicate that mobile business applications are gaining importance. Therefore we want to verify in this paper if the hypothesis and the framework suggested by [WaCh04] are applicable to mobile business applications.

## 3 Comparison and Validation of existing frameworks

### 3.1 Method

Our research approach is based upon theory building from case studies [Eise89]. This approach is especially appropriate for obtaining complex details and novel understandings about a specific phenomenon under investigation. Case study research is appropriate for examining practice-based problems, since it allows a researcher to capture the knowledge of practitioners and use it to generate theory [BeGM87; Cres03; Eise89].

The overall aim of our research is to contribute to theory building in the area of MIBP. We consider case study research as a suitable approach for the investigation of MIBP impact and adoption factors as it provides the opportunity for longitudinal research and in-depth investigation especially of socio-technical interdependencies. Both [WaCh04] and [GeSh04] suggest further research should test the framework applicability in different industry domains and different organizations. Thus, we selected case studies to be most diverse in order to validate the limits of the frameworks. As a comparison of the case studies themselves is not intended negative effects of this diversity do not occur. As a common characteristic, the examined MBP in all three case studies is technical customer service provision. Most important differences are industry and organization size. All three case studies have been longitudinal studies and lasted from 6 to 15 months. Within the studies, methods like expert and user interviews as well as questionnaires have been applied to collect data. Interviews have been transcribed and fed back to the interviewees in order to reduce possible errors. For data gathering CEO, CTO, project managers and end users of the mobile application have been questioned with semi-structured questionnaires in personal or via-phone interviews. In the large company four persons have been interviewed, in the medium-sized company two and in the small one again four. Moreover, in the small IT service company we conducted an in-depth usability and tool acceptance study with 30 users [PoTh06]. Table 1 provides an overview of the examined case studies.

#### *Case Study 1: Telecommunication Service Provider*

For the first case study we investigated a mobile dispatching and order handling system of a major European Telecommunication Service Provider. 12,000 technicians have been equipped with standard commercial PDA. The introduction of MIBP was conducted in iterative steps from the year 2000 until now. Legacy systems have been substituted by mobile client-server architecture (although service order generation and handling are still conducted on separate information systems for private and business customers). Main tasks of the field technicians

include installation, maintenance and repair of telecommunication products. Service orders are dispatched automatically considering skill level, location, optimal routing, urgency and the respective Service Level Agreements (SLA). Order information is then transmitted via GPRS on the PDA. 50% of the orders are dispatched prior to the working day, the rest during the day.

*Case Study 2: Municipal Utility Company*

For the second case study we investigated a major German Municipal Utility Company and its mobile service, maintenance and invoicing process. About 1,000 technicians have been equipped with standard industry PDA. MIBP were introduced a one year project with the support of a specialized consulting company. Typical tasks of the utility technicians are e.g. installation and maintenance of meters for gas or electricity in private, public or industry buildings. Due to special restrictions and the need of managerial control, dispatching stayed manually: Technicians come to the office, receive their schedule and then head off to customers. During the day they are now able to receive new jobs, accept or deny them and send status reports.

*Case Study 3: IT Service Provider*

For the third case study we investigated an Austrian IT Service Provider for hard- and software installation and maintenance. 40 IT service technicians have been equipped with mobile devices. The system was implemented with an Application Service Provider (ASP), implementation took 6 month. Field technicians use a browser-based solution on the mobile device in order to receive their jobs for the day which can be rescheduled via an implemented push-mail function. Main tasks of an IT service technician include repair, maintenance and installation of different hard- and software. A major driver for MIBP introduction was to shorten issuing the invoice, for which especially the record of working/driving time and used spare parts is essential.

Company	Service	Business	Company Size	Architecture	Implementation process	Dispatching
Telecommunication Service Provider	Technical customer service	B2B and B2C	Large	Client/server system; separate IS B2B/B2C	Backend and client	Automatically
Municipal Utility Company	Technical customer service	B2B and B2C	Medium	Client/Server	Backend and Client	Manually
IT-Service Provider	Technical customer service	B2B	Small	ASP solution, browser-enabled client	Server	Manually

**Tab. 1 Case Study Overview**

### 3.2 Comparison

This section will provide a comparison of the two frameworks introduced in section 2. The following table opposites the most relevant characteristics:

<b>E-Business Adoption Framework</b>	<b>Impact-Assessment Framework</b>
Measures the adoption behaviour of new technologies according to the three factors: environment, organization and managerial	Suggest Propositions which are tested according to validate the framework
Aims at identifying critical factors that influence e-business adoption in travel agencies	Aims at identifying factors that influence successful m-business application usage
Approach: Case Study Research	Approach: Case Study Research
Hypothesis testing	Qualitative Research which quantitative implications
<b>Limitations</b>	<b>Limitations</b>
Further empirical studies in other application domains should be executed to validate the generalizability of the framework	Further empirical studies in other application domains should be executed to validate the generalizability of the framework
No evolution of the framework has been done considering mobile applications	Respondents have been partially self selected

**Tab. 2 Comparison of the e-business adoption- and impact-assessment framework**

[WaCh04] applied quantitative validation of hypothesis with 137 completed questionnaires from different companies whereas [GeSh04] applied a more qualitative approach using interviews among 17 partially self-selected respondents within one case study.

### 3.3 Validation of the adoption framework

In this section we will first introduce the hypotheses and the findings of [WaCh04] and then state differences and common findings in comparison with the three case studies.

The 7 hypothesis of [WaCh04] are:

*Hypothesis 1: Institutional pressure is positively related to a firm's adoption of e-business.*

Institutional pressure can come from governmental bodies, trade associations, consulting companies, business media and other stakeholders. [WaCh04] found no significant relationship between institutional pressure and either intention to develop e-business or degree of e-business implementation. Consequently, H1 is not supported.

*Case Study findings:* In our three case studies we could not find any concrete evidence for institutional pressure. As the technical service market is not regulated by governmental bodies but under private company management institutional impacts play a minor role. However for practical implications we found some anecdotal evidence that increased institutional pressure would increase DV1 and DV2 especially if pressure comes from financial stakeholders.

*Hypothesis 2: Competitive pressure is positively related to a firm's adoption of e-business.*



Competitive pressure has a significant positive relationship with e-business implementation. It has only a marginally significant relationship ( $p < 0.10$ ) with the intention to develop e-business. Arguably, H2 is supported.

*Case Study findings:* In our case studies DV1 and DV2 have been supported. Due to very short Service Level Agreement (SLA)-fulfilment times in the technical service branch in general efficient and effective process organisation for the dispatching of technicians, spare parts and invoicing are essential for longitudinal market viability. We could further investigate that over the period of investigation (in the longest case 15 months) more and more technical service companies adopted mobile technology and in the same time the amount of mobile solution providers increased. Mobile technology is a critical success factor for long-term market viability; especially for small companies technology leadership is vital.

This applies to all three case studies and company size did not have an influence on these findings.

*Hypothesis 3: A firm with a high level of innovation orientation is more likely to adopt e-business than a firm with a low level of innovation orientation.*

Innovation orientation is positively associated with intention (as proposed in H3), but not with degree of implementation. Consequently one can conclude that innovation orientation has little to do with a firm's "real" involvement in e-business.

*Case Study findings:* The case studies revealed that the DV1 can be supported and DV2 can only be supported partially in small and medium-sized (SME) companies. This is due to the fact that smaller companies often lack the resources for innovation (e.g. no specific R&D department) and the investment power is reduced. In large organizations we could investigate the same phenomena as [WaCh04]. Due to the relatively slow decision processes in large companies it is difficult to implement innovative approaches like e- and mobile business even though the intention to adopt e-business might be very high. Especially in large organizations the role of the management and the amount of management commitment and sometimes pressure to implement mobile and e-business technology plays an important role. If management commitment or pressure is given DV1 and DV2 can be supported.

*Hypothesis 4: The perceived advantage of e-business is positively related to a firm's adoption of e-business.*

This hypothesis is partially supported, a significant positive relationship was found between perceived advantage of e-business and intention to adopt e-business.

*Case Study findings:* In our case study we could observe that in the SME companies the degree of e-business implementation is higher than in large organizations. The small and medium sized companies implemented e- and mobile business applications once the intention to adopt e-business was given. In the large technical service providing company more hesitation to implement e- and mobile business applications could be observed.

*Hypothesis 5: Financial slack is positively related to a firm's adoption of e-business.*

In the present study DV1 was supported while DV2 was not. A significant positive relationship was found between perceived advantage of e-business and intention to adopt e-business. Financial slack is positively associated with the degree of e-business implementation. However, the proposed positive relationship between financial slack and intention to adopt e-business is not supported. Instead, there is a negative correlation between the two variables. The more financial slack, the more implementation can be done.

*Case Study findings:* In our case study mobile application projects have been tackled when sufficient financial resources have been available. Once the resources could be provided DV1 and DV 2 had a positive correlation and the intention to develop e- and mobile applications lead to higher degree of application implementation.

*Hypothesis 6: IT resources have a positive effect on a firm's adoption of e-business.*

The last organizational factor, IT resources, has positive relationships with both DVs and H6 is supported.

*Case Study findings:* This could also be observed in the case studies and is mainly due to the presence of IT knowledge and already (partially) existing infrastructures (e.g. Servers). Once IT knowledge about the implementation of an e- or mobile business application was present the reluctance towards mobile tool implementation decreased as the CEO and CTO have been more confident that the investment will pay off rather quickly.

*Hypothesis 7: CEO risk-taking propensity has a positive effect on a firm's e-business adoption. The effect is moderated by firm size; it is stronger in smaller firms than in larger firms.*

The firm size moderates the relationship between CEO risk-taking propensity and each DV. The relationship is positive when firm size is small and negative when firm size is large.

*Case Study findings:* These findings are align with the results of our case studies. We identified that the more direct a CEO can decide upon an e- or mobile commerce strategy the more likely it was that those strategies have been adopted. Moreover for SME the competitive advantage gained through faster service processes is vital to keep up with competitors and large organizations.

### **3.4 Validation of the impact-assessment framework**

In this section we will first introduce the propositions and the findings of [GeSh04] and than state differences and common findings in comparison with the three case studies.

The nine propositions of [GeSh04] are:

*Proposition 1: Users will first use mobile business applications for notification and communication purposes rather than for data processing and information access.*

For this proposition limited support could be found in the Case Study. The users showed willingness to use mobile devices (cell phones) for innovative purposes which means the users

applied the mobile device for tasks they never did before e.g. the notification about waiting approval requests.

*Case Study findings:* In the case studies we could support this findings and identified that typically mobile devices like mobile phones or PDA are first used for communication purposes and then for e.g. to access the company ERP systems or CRM systems, but this depends on the management directives within a company. If the managerial pressure is rather high and mobile tool usage is fostered strongly we observed that in SME a former paper-based process can be replaced through mobile tool usage in a short period of time. From a business process reengineering perspective this is a bomb-dropping strategy [HaCh93] and can cause employee reluctance as the process change might be too fast for stepwise adoption.

*Proposition 2: There is a trade-off between portability and usability of mobile devices, effectively limiting the usage of mobile business applications to simple activities.*

This proposition could be supported by the Case Study findings. While users acknowledged the portability of the device, its usability drew criticism. Over two-thirds of the respondents indicated that the small screens and limited keyboards were significant or very significant limiting factors. [GeSh04] investigated that the usability judgement depends highly on the used device. “While a number of users commented that screens and keyboards were too small, one of them experienced a different situation. This participant, who had access to a phone with a larger colour screen and full keyboard, was in fact positive about the usability of the application” [GeSh04 p. 30]. Users preferred to use the tool for simple tasks, such as notification and approval requests.

*Case Study findings:* The findings in the three case studies support proposition 2. Tool usability is an enabler for innovative applications and especially for mobile applications as they are used while the user is in a mobile condition (walking, standing, and driving). Therefore usability requirements are even more sophisticated than for standard desktop applications [PoTh06].

*Proposition 3: System performance and user support have a positive impact on the usage of mobile business applications.*

This proposition could be supported. System performance and user support had a positive impact on the usage of the mobile business application, but in the present case poor performance was found to have a negative impact on usage. Some user reported that the downloading time is longer on the mobile device than on the desktop-based application which made it hard to justify the effort.

*Case Study findings:* System performance factors are highly connected to usability perceptions of a system [PoTh06]. When new mobile applications are introduced to the end users in a prototype state, where performance is usually slower due to the test setting, tool reluctance can increase. Therefore it is important to state clearly that

the system is in a preliminary status and performance rates are not the same as in the real-life running system. In our case studies usability and performance have been identified as a major facilitator for mobile tool acceptance.

*Proposition 4a: Employees performing highly structured tasks tend to use mobile business applications for data processing.*

The approval tasks of the finance and accounting approvers were much more structured than the tasks of the approving managers. Compared to approving managers, finance and accounting approvers indicated a higher percentage of approvals that could be submitted via the mobile application, providing evidence for proposition 4a.

*Case Study findings:* In the application domain of technical service support proposition 4a holds as well. The tasks of service technicians are highly structured and therefore mobile tool support can easily be implemented. The typical task set of a service technician consist of order acceptance/denial, documenting the repair,- driving time as well as the used spare parts and transmit the data to the head office. In case of requests (e.g. further details to the order or unclear information) the technician calls the dispatcher or back office. Well structured tasks are easy to be executed via a mobile tool. As the modality functions are limited on a mobile device the workflow should be supported efficiently with a mobile tool.

*Proposition 4b: Employees performing unstructured tasks tend to use mobile business applications to access information and for communication purposes.*

In the study of [GeSh04] approving managers indicated a higher percentage of approvals where the mobile application could support communication and access to information this provides evidence for proposition 4b.

*Case Study findings:* The case study findings support this proposition as well. In our study sells representatives especially in the small company used the mobile applications to access current prices and information about the customer e.g. prior communication. The tasks of sells personnel are far less structured than the tasks of technical support staff. The necessary information depends on the actual information and can hardly be planned in advance. Consequently the case study findings support the findings of [GeSh04] in proposition 4.

*Proposition 5: The frequency with which a task is performed has a positive impact on the usage of mobile business applications.*

In the study of [GeSh04] finance and accounting approvers generally indicated a higher number and dollar volume of approvals than managing approvers. This difference in volume reflected the fact that finance and accounting approvers basically performed approvals on a full-time basis, whereas managers had a broader set of responsibilities. In line with Proposition 5, one would expect finance and accounting approvers to be more optimistic about the mobile e-procurement application than approving managers. For the data set, however, the correlation between repetitiveness and possible usage was negative ( $-0.4$ ), indicating that higher volume

approvers found the mobile application less useful than approvers who had lower levels of repetitiveness. Evidence gained from user comments indicated that a combination of frequency of task performance and mobility can have greater explanatory power of usage than each factor alone. However it is unclear if this proposition can be dismissed but it is likely that the judgment of the users has been influenced by factors like general enthusiasm for the new technology and difficulties in establishing system access.

*Case Study findings:* In our case studies we found clear evidence for proposition 5 in the SME companies in the large organisation tool usage was hindered in the beginning due to a high mobile tool reluctance of the technicians. In the large organization tool acceptance and workflow change needed far more time than in the SME. One might argue that this is only due to the size of an organization but we could also investigate that the degree of employee involvement in the design and implementation of a mobile application, especially the workflow design have highly positive influence of tool acceptance and the frequency of tool usage. Another factor that could be observed as relevant was that the system was fully implemented and not in a prototype state when the end user started to use it for operative tasks. Therefore performance and access issues to the system did not arise.

*Proposition 6: Employees who are more mobile tend to use mobile business applications more often to perform their tasks than employees who are less mobile.*

As mentioned above some of the 17 users stated that a combination of frequency and mobility can have greater explanatory power of usage than each factor alone. Unfortunately [GeSh04] do not indicate how many users made such statements. However there was a positive correlation (0.3) between mobility (time out of the office) and intended usage of the mobile e-procurement application for approval processes.

*Case Study findings:* In our case studies this could be verified and especially the CEO and CTO of all three case study companies used their PDA or mobile phones extensively when on business trips.

*Proposition 7: The use of mobile business applications is positively related to the perceived need to handle emergency situations.*

For this proposition a variation among users regarding the question of what constituted an emergency situation could be revealed. However only some anecdotal evidence could be found to support this proposition.

*Case Study findings:* In our case studies we could find clear evidence for this proposition in every company. The domain of service technicians is highly structured according to SLA priorities and sometimes urgent incident handling e.g. a virus attack. For efficient reaction and fast incident handling mobile tools offer the necessary flexibility to increase the SLA fulfilment rate and consequently increase customer satisfaction and the positive perception of the technology leading companies in the market.

*Proposition 8: The use of mobile business applications increases employee productivity and operational efficiency.*

This proposition could be supported but [GeSh04] suggest that future research should consider both direct effects on the user and indirect effects on employees interacting with the user.

*Case Study findings:* From a process management view we followed a holistic approach and investigated the whole process from the order generation to the invoice delivery to the customer [TuPo04]. Within this process the service technician is not integrated into the process chain while doing repair and maintenance jobs at the customer's site. Mobile technology provides the possibility that a service technician stays integrated in the business process e.g. company order generating system, ERP-Systems while being physically mobile for task execution. Consequently we could investigate that large gains in efficiency and effectiveness could be gained in the invoicing and dispatching processes. Invoicing used to be cumbersome as the necessary data (working-, driving time and amount of used spare parts) used to take one working week (5 days) to be transferred from the paper-based forms to the desktop application and to be available for further processing. Due to reduced redundant data entry the error prone process of work protocol transcription could be optimized e.g. about 10 min per day per technician in the small company. Additionally the dispatching (allocation of jobs to a specific service technician) was inefficient as the dispatcher had to make three calls on average to reach a free technician as the status e.g. repair progress and location was only traceable via phone calls. After the mobile tool integration dispatching could be done far more efficient in 85% of all calls via the mobile tool without phone calls and the whole invoicing cycle could be reduced from 10 days down to 4 working days on average.

*Proposition 9: The use of mobile business applications improves organizational flexibility and the ability to handle emergency situations.*

[GeSh04] found out that no clear understanding of the value of increased flexibility and the ability to handle emergency situations existed among the users. Some anecdotal evidence could be found that users appreciated the fact that the application allowed to keep in touch with co-workers while out of the office.

*Case Study findings:* The case studies revealed the same as for proposition 7 and proposition 9 can therefore be supported.

Proposition	Evidence form case study
Proposition 1: use for notification and communication purposes	Limited
Proposition 2: trade-off between portability and usability	Yes
Proposition 3: impact of performance and user support on device usage	Yes (strong evidence)
Proposition 4a: highly structured task increase foster mobile tool usage for data processing	Yes
Proposition 4b: unstructured tasks foster mobile tool usage for information and communication purposes	Yes
Proposition 5: task frequency has an impact on mobile tool usage	Unclear
Proposition 6: mobile employees tend to use mobile tools more often	Yes
Proposition 7: mobile tool usage is positively related to the need of handling emergency situations	Sometimes (anecdotal evidence)
Proposition 8: mobile tool usage increases employee productivity and efficiency	Yes
Proposition 9: mobile tool usage increases organizational flexibility and the ability to handle emergency situations	Sometimes (anecdotal evidence)

**Tab. 3 Summary of the findings for [GeSh04]**

### 3.5 Suitability for generalization

In general, generalization potential for both frameworks is extremely good. Not only has to be stated that a vast majority of the hypotheses could be validated with the three diverse case studies, but even case study research revealed that some propositions (like e.g. [GeSh04] proposition 7 and 9) could be supported whereas the original study with its limited validation effort only showed anecdotal evidence.

Case Study research is less rigour than an experiment design with hypothesis testing and statistical analysis. However, correctly applied it is able to provide convincing evidence and valid implications with regard to practice, especially if long-term in-depth studies are possible. The detailed results of the validation are shown in Tab. 4.

Moreover the frameworks can be used in industry context for the analysis of business processes to evaluate their mobilization potential and therefore serve as decision support for management.

Frame- work/Findings [WaCh04]	Case Study Findings [WaCh04]	Framework/Findings [GeSh04]	Case Study Find- ings [GeSh04]
H1: no evidence	anecdotal evi- dence	P1: limited evidence	Support
H2: DV2	DV1 + DV2	P2: support	Support
H3: DV1	DV1	P3: strong evidence	Strong evidence
H4: DV1	DV1 + DV2	P4a: support	Support
H5: no evidence	DV1	P4b: support	Support
H6: DV1 + DV2	DV1 + DV2	P5: unclear	Clear evidence in SME; partially in large organization
H7: DV1 + DV2	DV1 + DV2	P6: support	Support
		P7: anecdotal evidence	Support
		P8: support	Support (strong evidence)
		P9: anecdotal evidence	Support

**Tab. 4 Comparison of [WaCh04], [GeSh04] with the Case Study Findings**

Beyond the validation of the hypotheses 1 to 7 and the propositions 1 to 9 the difficult and critical issues within the field of mobile technology are to measure the degree and speed of technology adoption within the mobile arena. Again in depth, long-term case study research can provide further insights and deeper understanding of the socio-technological interdependencies. Additional research in this area is necessary and we would like to encourage researchers in the field of mobile-integrated business processes to conduct further joint studies.

## 4 Conclusion

The research objective of this paper was to investigate the *adoption framework* from [WaCh04] and the *impact assessment framework* from [GeSh04] and scrutinize their potential for generalization. In order to do this, we challenged the underlying hypotheses one by one with the experiences from three in-depth case studies which are diverse in industry, company size and other factors.

The outcome is a set of hypotheses (shown in table 4) that shows robustness against variation of major parameters.

Above the level of single hypotheses, both frameworks showed an unexpected high potential for generalization in the area of technical customer support over diverse industries and company sizes. While on a tactical level, further validation outside of technical customer support is supposed, the next step is to form a generalized and unified framework on mobile-integrated business processes using the validated hypotheses and validate this with a large-scale empirical study in order to come to valid theories and help practitioners to be successful in this domain.



## Literature

- [Aber04] The Mobile Field Service Benchmark Report - Bridging the Chasm Between the Field and Back Office. <http://www.aberdeen.com/summary/report/benchmark/mobileFS-093004.asp>, Last Access: 2006-07-12.
- [BeGM87] Benbasat, Izak; Goldstein, David. K.; Mead, Melissa: The case research strategy in studies of information systems. In: *MIS Quarterly* 11 (1987) 3, pp. 369-386.
- [Chil72] Child, John: Organizational structure, environment, and performance: The role of strategic choice. In: *Sociology* (1972) 6, pp. 1-22.
- [ChNa04] Chen, Lei-da; Nath, Ravi: A framework for mobile business applications. In: *The International Journal of Mobile Communication* 2 (2004.) 4, pp. 368-381.
- [Cres03] Creswell, John W.: *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 2nd edition, Sage Publications Inc. Chennai India 2003.
- [Davi89] Davis, Fred D.: Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. In: *MIS Quarterly* 13 (1989) 3, pp. 319-341.
- [DiSt98] Dishaw, Mark.T.; Strong, Diane M.: Supporting software maintenance with software engineering tools: A computed task-technology fit analysis. In *Journal of Systems and Software* 44 (1998) 2, PP. 107-120.
- [DiSt99] Dishaw, Mark.T.; Strong, Diane M.: Extending the technology acceptance model with task-technology fit constructs. In *Information & Management* 36 (1999) 1, pp. 9-21.
- [Eise89] Eisenhardt Kathleen M.: Building Theories from Case Study Research. In *Academy of Management Review* 14 (1989) 4, pp. 532-550.
- [FoGK05] Fouskas, Konstantinos G.; Giaglis, Georg M.; Kourouthanassis, Panos E.: A roadmap for research in mobile business: In: *International Journal of Mobile Communications*. 3 (2005) 4, pp. 350-373.
- [GeSh04] Gebauer, Judith; Shaw, Michael: Success Factors and Impacts of Mobile Business Applications: Results from a Mobile e-Procurement Study. In: *IJEC*. 8 (2004) 3, pp. 19-41.
- [Gogn05] Cognito Limited: Mobile Data: Avoiding the costly pitfalls. <http://www.cognito.co.uk>, Last Access: 2006-07-24.
- [GuPo05] Gumpp, A.; Pousttchi, K.: The Mobility-M-framework for Application of Mobile Technology in Business Processes. In: Cremers, A. B.; Manthey, R.; Martini, P.;

Steinhage, V. (Hrsg.): INFORMATIK 2005 - Informatik LIVE! Band 2 - Beiträge der 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) 19.-22. September 2005 in Bonn. LNI. Bd. P-68, Bonn 2005, pp. 523–527.

- [GoTh95] Goodhue, Dale L.; Thompson, Ronald L.: Task-technology fit and individual performance. In: MIS Quarterly 19 (1995) 2, pp. 213–236.
- [HaCh93] Hammer, Michael; Champy, James: Reengineering the Corporation – A Manifesto for Business Revolution. New York 1993.
- [HoMO93] Hollingshead, Andrea B.; McGrath, Joseph E.; O'Connor, Kathleen M.: Group task performance and communication technology: A longitudinal study of computer-mediated versus face-to-face groups. In: Small Group Research 24 (1993) 3, pp. 307–333.
- [MaKe98] Mathieson, Kieran; Keil, Mark: Beyond the interface: Ease of use and task/ technology fit. In: Information & Management 34 (1998) 4, pp. 221–230.
- [Roge95] Rogers, Everett M.: Diffusion of Innovations, 4th edition, Free Press New York 1995.
- [PoTh05] Pousttchi, K., Thurnher, B.: Einsatz mobiler Technologien zur Unterstützung von Geschäftsprozessen (WCI). Berlin (2005), pp. 101 – 120.
- [PoTh06] Pousttchi, K., Thurnher, B.: Understanding Effects and Determinants of Mobile Support Tools: A Usability-Centered Field Study on IT Service Technicians. ICMB. IEEE. Copenhagen, Denmark 2006, S.1-8.
- [ScPL06] Scornavacca, Eusebio; Prasad, Mishul; Lehmann, Hans: Exploring the organisational impact and perceived benefits of wireless Personal Digital Assistants in restaurants. In: The International Journal of Mobile Communication 4 (2006) 5, pp. 558-567.
- [ToKl82] Tornatzky, Louis G.; Klein, Katherine J.: Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings. In: IEEE Transaction on Engineering Management 29 (1982) 1, pp. 28–45.
- [TuPo04] Turowski K. ; Pousttchi, K.: Mobile Commerce – Grundlagen und Techniken. Heidelberg 2004.
- [WaCh04] Wang, Sophia; Waiman, Cheung: E-Business Adoption by Travel Agencies: Prime Candidates for Mobile e-Business: In: International Journal of Electronic Commerce. 8 (2004) 3, pp. 43–63.

# Critical success factors for mobile field service applications: A case research

Andreas Birkhofer, Sina Deibert, Franz Rothlauf

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I  
Universität Mannheim  
68131 Mannheim  
abirkhof@rumms.uni-mannheim.de ,  
{deibert, rothlauf}@uni-mannheim.de

## Abstract

This paper presents a multiple case research concerning success factors and issues of mobile field service implementations. Based on Eisenhardt's explorative research design, five successful mobile technology implementations are compared and analysed. Important aspects of the implementation strategy and the used technology are examined and discussed. The results indicate that the success of mobile field service implementations is influenced by the implementation strategy, project management, change management, and technological restrictions of the used mobile technology. The analysis identifies the complexity of technological components and their limitations as well as aspects influencing user acceptance as central challenges for mobile technology implementations.

## 1 Introduction

Many publications proclaim great potential for efficiency improvements in business processes by using mobile technology [Kala03, Pflu02]. The characteristics of mobile technology like mobility, reachability or localisation offer new possibilities to contact mobile workers and organize their tasks more efficiently [PoTW03, SiSh03]. A typical example of a mobile worker is a field service technician who has to perform maintenance activities at different locations. Due to this mobility of the task, the worker is unable to work at a stationary workplace [KrLj98]. Therefore, efficiency gains could be realised in the coordination and documentation of the work

using mobile technology [VaHe02]. For example, redundant work due to paper-based documentation and manual data input can be reduced.

While the potential impact of the mobile technology is hardly questioned, the realization of these potentials is rarely addressed in IT research. Furthermore, many failed IT projects show that the implementation process is a crucial factor for the success of the integration and use of a new technology [Brow04]. So far, there is only limited research on mobile technology implementations. There are some case studies analysing benefits and possible barriers in multiple case analysis [BrVe05, ScMc04]. Nah, Siau and Shen presented a single case study and derived some fundamental objects and aspects influencing the success of mobile technology [NaSS04]. A more conceptual approach is applied by Wang, van de Kar and Meijer, who try to analyse the implementation process using the method of the way of working, thinking, designing and controlling [WaKM05]. The single case study of this report is enlarged to a multiple case study by Wang [Wang05]. Though these are good descriptions of the application development, a structured description of success factors and potential problems is still missing. To identify success factors and issues of current mobile technology implementations, a multiple case study in the area of mobile technologies is needed.

The goal of this paper is to analyse implementation strategies and critical success factors of successful mobile field service applications comparing different cases in one study. Studying different cases in one study allows drawing more relevant conclusions as a direct comparison between different cases is possible. In this study, we also compare the different success factors between mobile technologies and other standard IS implementations.

In the next section, the general research methodology and analysis framework is described. After a short description of the cases in section three, the key findings of the study are presented in section four. In section five, the main findings are discussed and also related to other studies from the literature. The paper ends with a short summary and some conclusions.

## **2 Methodology**

This section describes the methodology we used in our study. We discussed the analytical framework and the way we conducted our empirical research.

In this study, we identify the strategic patterns of the mobile technology implementation by analyzing some selected real-world cases. For the analysis, we used successfully implemented mo-

mobile applications. For the design of our studies we follow the structure of qualitative research proposed in [Kepp00]. The used method of multiple case research is based on Eisenhardt's explorative research approach [Eise89]. For the data collection, we used guided semi-structured interviews [Yin02]. These interviews were conducted either face to face or by telephone. The direct interaction with the interview partner reduced problems of possible misunderstandings [FrMe95]. The impact of the direct contact on the argumentation is minimized in the data analysis [Atte2003, ScHE05]. The different cases are compared using a process-based approach [MaRo88].

We analysed five successful implementations of mobile technology as exemplary case studies. By focussing on one specific type of mobile technology implementation (mobile field services), we reached a homogenous setting of the study. To consider different technologies as well as different stakeholders, we chose cases from three different software providers. We interviewed the project manager of the provider and the customer as well as a user of the application. Overall, we conducted 16 interviews; at least three for each case. The interviews were structured in three parts. The first part consisted of questions concerning the background and the trigger for the implementation of the mobile technology. The second part analysed the proceeding of the implementation and the used technology. The third part evaluated the results of the projects as well as the problems and success factors of the implementation. The length of each interview was about one hour. All interviews were based on a semi-structured interview guideline with open answers. The analysis is based on the transcripts of the interviews and, if available, background material provided by the interview partner.

### **3 Case Descriptions**

In this section, we will shortly depict the five cases under consideration for this research paper. First, general aspects will be explained. In addition, a tabular listing will take a closer look on the different examples.

For this research five different companies in the German speaking area which recently implemented a mobile solution have been analysed. In three cases the analysed implementation of the mobile solution was a technological novelty. For the other two companies the analysed projects were replacements for already existing mobile solutions. Installing mobile solutions for the first, the goals of the solution were basically reductions of media disruptions and process efficiency,

the replacements should lead to a cost reduction concerning the maintenance of the mobile solutions.

Though all five solutions are implemented to facilitate field service activities of the field service technicians the solutions differed concerning the standardization of the application, the mobile device and the synchronisation of the mobile application and the back-end system. Table 1 shows some central aspects of the five case studies.

	<b>Case A</b>	<b>Case B</b>	<b>Case C</b>	<b>Case D</b>	<b>Case E</b>
<b>Occupation</b>	Heating systems	Facility management	Utility	Heating systems	Industrial gas
<b>Type of usage</b>	Field services	Field services	Field services	Field services	Field services
<b>Existing mobile solution</b>	No	No	Yes	No	Yes
<b>Count of users</b>	130	1000	100	200	100
<b>Offline/Online</b>	Offline	Offline	Offline	Offline	Offline
<b>Synchronisation</b>	GPRS/GSM	GPRS	LAN, DSL, ISDN	GPRS	LAN, DSL, ISDN, GPRS
<b>Type of solution</b>	Individual	Individual	Standardized	Standardized	Standardized
<b>Mobile devices</b>	Pocket PC	PDA and Laptop	Laptop	Tablet PC/Laptop	Laptop
<b>Reason for the mobile solution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elimination of media disruptions</li> <li>- Process efficiency</li> <li>- Centralisation of administration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elimination of media disruptions</li> <li>- Process efficiency</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduction of the maintenance costs</li> <li>- New functions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficiency of documentation</li> <li>- Elimination of media disruptions</li> <li>- Process efficiency</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- End of maintenance contract</li> <li>- Low user acceptance of old solution</li> </ul>

Table 1 – Description of the analysed cases

## 4 Key Findings

This section depicts the key findings of the case research. The results address factors that are important during implementation and which are critical for the success of the implementation. First, as the mobile technology is a key aspect for our research, we will analyse the technological situation and identify success factors and problems regarding the different components of the mobile solution. In section 4.2 we analyse the implementation strategy of the projects. Therefore we describe the key strategy and identify critical success factors.

### 4.1 Technology

A mobile solution is a complex system consisting of different components. In this subsection, we analyse success factors and issues of the mobile solution and some of its components. As this is no technology analysis but an implementation research, we focus on the most important issues mentioned in the interviews:

- interfaces to back-end systems,
- mobile middleware,
- mobile application,
- synchronisation medium/network,
- mobile device, and
- mobile solution.

As all cases intend to use the data and information from the mobile application in the back-end system, *interfaces between mobile solution and back office system* have to be designed. All cases state this aspect as important and were satisfied with their application. Therefore, the design of interfaces is not viewed as a major problem. One reason for this aspect might be that all cases use standardized back-end systems and these are designed by the same provider (three out of five cases).

The next component of the solution is the *mobile middleware* which is used in a standard version. Therefore, the middleware was not viewed as a challenging aspect in most cases. However, in one case about 300,000 equipments should be provided by the mobile middleware. This *amount of data* could not be executed by the middleware the provider distributed with the solution. As the provider could not offer a different middleware a preliminary CD-based procedure had to be added to the solution to circumvent this problem. This solution offers the possibility to provide the necessary data for the equipments and changes can be quickly included by a new version of the CD. A final solution is intended to be implemented soon.

The counterpart to the middleware is the mobile application which runs on the mobile device. We can split the mobile application in two parts. The first part is the business logic that is implemented on the mobile device. The second part is the user interface for the data input. The features and the flexibility of the business logic design depend on both, the standardization of the software and the flexibility of the solution provider. In the five cases missing functionalities and/or software problems were viewed as challenging for the implementing process of the mobile application. However, with updates and new releases most of those problems are solved. Although the *stability of the business logic* is essential, the *user interface* is the most important aspect for the interview partners. For them, the design of this part of the solution is most critical for the acceptance of the user. It should be intuitive, easy to use, and only few clicks should be needed. This is important because field service technicians are usually not used to work with computers. Therefore, the ease of use is viewed as crucial for the acceptance of the whole appli-

cation. In all cases, the user interfaces are customer-designed and often inherit components known from the paper-based process to help the user to accustom to the new technology.

The data has to be transmitted from the application to the back end; hence the *synchronisation* is also mentioned as an important aspect by the interview partners. The field service technicians often work in cellars and other areas without constant network access. Consequently, none of the cases used an always-online solution. All applications are basically offline solutions with a synchronisation mechanism to update the information. The synchronisation mediums differ among the cases. While two companies use wired connection like LAN, DSL, ISDN, or WLAN for synchronisation, the other three solutions synchronise via GPRS. The medium, frequency, and initiation of the synchronisation depend on the need for actuality. Among other reasons, failed synchronisations can have their origin in network problems since the *availability of the mobile network* (GPRS) is limited. It might be worthwhile to test different telecom providers and network cards as the availability and the operational functions can differ. For example, in two cases the replacement of the network card resulted in more reliable communication.

In most interviews, the *mobile devices* are seen as critical success factors. It is important to select a mobile device that fits well to the task and the environmental circumstances. The interview partners suggest to carefully analyse the working environment and the previous working process and then to decide which device meets these requirements. In all cases, problems with mobile devices occurred. In two cases the problem occurred due to the insufficient *robustness of the devices* which resulted in a high failure rate. Additional equipment for robustness like a special plastic cover or replacing the device by a more rugged device was needed to reduce this problem. Another problem was the limited *screen size* of the mobile devices which result in problems for inexperienced users. This makes the data input complicated and cumbersome. Even with devices specially manufactured for the customer, there might be problems as one case showed. The provider of the device was not able to provide an acceptable solution in time. Consequently, the scheduled time of the implementation had to be postponed. Finally, the customer had to use a different device from a different provider.

Another problem related to mobile devices is the limited *amount of data* which can be synchronised or stored on the mobile device (especially when dealing with “mass data”). A recommendation to reduce this problem is to focus on the relevant information needed for the process.

In the analysed cases, the applications using laptops seem to have fewer problems than the cases with PDAs and tablet-PCs. This may be because of fewer restrictions regarding size and capac-



ity. However, this does not mean that laptops are always the better solution. Limitations concerning data input, size, and weight might not allow using laptops.

Finally, an integrated view on the complete mobile solution and the *interoperability of the different components* is important. A fundamental expectation of all cases is that *the application should run stable and secure* without much effort for support and maintenance. Depending on the confidentiality of data, different encoding mechanisms and systems are used to guarantee data and system security in all five cases. The stability of the systems is seen positive in all cases (this is expected as we only study successful applications). However, the *complexity of the different components* led sometimes to difficulties in the traceability of the origin of failure. To solve such problems, a high knowledge on the different components and the underlying business processes was seen to be important.

## 4.2 Implementation Strategy

This subsection discusses the strategy of the mobile technology implementation. Different strategies are compared and critical success factors and issues of the implementation are identified. Furthermore, we study the influence of user experience on the *implementation strategy*.

We have been able to identify the following phases in the implementation strategy: analysis of the current situation, conceptual design, business blue print, software engineering, software tests, pilot phase, roll-out and adoption. These are typical steps of *phase models known from standard software implementations* [Balz82, Boeh86, StHa05]. Although the phases slightly vary between companies and projects, the key procedure is the same. We have not identified any differences between standard software solutions and individually-engineered software. This might be due to the fact that two of the cases with standard software solutions were projects in the launching period of a new software version and all providers had at least a standardized technological framework. Furthermore, the need for individual designs of user interfaces and adjustments based on the individual business processes might have led to the similar approaches. This aspect is supported by statements of most providers that two mobile technology implementations can hardly be compared to each other.

In the following paragraphs, we describe the success factors and problems of the implementation process observed in the five cases. We discuss differences in the process and split the analysis in four parts by aggregating some of the phases identified above. These are:

- concept,

- development and testing,
- roll-out, and
- adoption.

#### 4.2.1 *Concept*

The first stage of a mobile technology implementation is the conceptual phase. In this part a proper setting for the whole implementation has to be defined. The interview partners regard this stage as the most important part of a mobile technology implementation. Hidden problems and not included functionalities can result in severe consequences for the rest of the implementation as later adjustments will be complicated and expensive.

The interview partners started with a *detailed description of the relevant processes* by analysing the present situation and describing the expected new situation. All relevant processes and sub-processes are verified and, if necessary, synchronized. In some cases not every process was modelled in full detail. This resulted in adjustments and extensions in the pilot phase. These adjustments were time and cost intensive.

Furthermore, the *cooperation between the provider and the customer* was estimated to be essential for the success in all cases. Issues and problems have to be solved together and a common idea of the goals and needs regarding the solution has to be developed. This demands flexibility on both sides and the provider has to understand the way of working and thinking of the customer to create a satisfactory solution.

In all cases a new mobile solution was introduced the first time, a large portion of users existed which are not used to work with mobile devices. Many of them were afraid of the new technology. Concerns were possible supervision by the management based on the characteristics of the mobile technology or to lose their jobs based on the streamlining of the business process. There were also concerns of not being able to cope with the new technology. Some *user resistance* was also based in the unwillingness of some employees to change their way of working. *Communication and information* was estimated as necessary to reduce these fears and resistances. The goals and background of the implementation have to be explained to the users as early as possible and in direct conversation. In addition, as much information as possible should be spread during the project. The information has to be accessible for all users. In one case, there was the problem that relevant information was available in the intranet but not all users had access to this. In those cases mobile solutions have already been used for some years, no

fears or resistances have been observed as users were used to work with mobile devices and hoped for efficiency gains.

The following aspect is also related to user acceptance. According to some of the interview partners, the *user should be involved in the project* already in the conceptual design of the solution. The users know the environment and workflow and have their own expectations and needs concerning the mobile application. In the first draft, the integration is essential for a good solution in the first draft and results in fewer later adjustments of the application. Furthermore, users integrated in an early stage were more devoted to “their” project and experiences from motivated users helped to prevent resistances and to reduce fears of their colleagues. However, the level of user integration strongly varied among the cases. While some cases integrated selected users from the very beginning as fully accepted team members, other cases include the users just for advisory comments on the user interfaces and for software tests. The reason of these different approaches is not based on technology, but on the philosophy of the project leaders. The interviews showed that involved users show a higher commitment towards the solution and interest in a further development and extensions.

The project managers emphasized that, besides user involvement, it is necessary to either integrate or to regularly *inform all stakeholders* that are affected by the implementation. This also includes those departments in the back-office which are indirectly affected by the implementation of a mobile solution. Especially the management board and the workers’ council should be kept updated. In two cases, the information flow to the workers’ council was not sufficient. Consequently, they tried to stop the project which resulted in a prolongation of certain phases. There are many persons involved in such an implementation, thus the task for the project leader is quite demanding and therefore *a detailed project plan with strict deadlines and defined milestones* is important. Furthermore, the interview partners demand enough *power for the project manager*. The quicker a project leader can decide the better he/she can react on problems and necessary adjustments. In the cases observed, there existed minor problems concerning deadlines, which could be solved due to buffer periods and the flexibility of the parties.

#### 4.2.2 *Software Engineering and Tests*

When the concept is finished, the software has to be engineered or adjusted according to the needs of the customer. Then, the final version has to be tested, first by the provider and then by the customer. In almost all cases, the customer was already able to test preliminary versions and check if the expectations are matched, especially regarding the user interface.

In all cases, the most relevant test was a *pilot period*. Therefore, some user had to test the new solution in real-world environments. Based on the high number of settings and equipments of the field service activity, the pilot phase was essential to early identify problems and eliminate these. The interview partners suggested using a hand-selected group of users, consisting of some who are used to work with computers and some inexperienced users. They should test the solution and report problems. As aforementioned, a stable solution is vital for the success of the implementation, therefore software problems and other issues have to be eliminated in the pilot period. To guarantee this, a vital cooperation between pilot users, IT department and the solution provider is necessary as the improvements have to be realized quickly.

The cases revealed two problems based on strategic decisions. In one case, the customer's *decision for a mobile device* was not made until the test period of the software started. Thus, the test of the mobile device process was parallel to the test period of the software. Consequently, the error tracing was sometimes difficult, as the problem might have originated in the different settings of the hardware as well as in the software. This ended in additional effort for testing and a prolongation of the test period. Thus, the hardware has to be chosen either before the test period or before the software engineering is about to start.

In another case, ill-defined *responsibilities* between the provider and its subcontractor caused some problems, as both tested their own part separately, but none took the responsibility for the whole solution. This led to problems in software testing, as the components worked fine alone but did not work properly when combined. This incident resulted in a prolongation of the whole test period as neither of the parties wanted to be responsible for the malfunction and blamed the other party. Therefore the responsibilities have to be well-defined at the very beginning.

#### 4.2.3 Roll-Out

After eliminating problems in the pilot period, the application has to be rolled-out. An essential part of this is the *training of the user*. The experiences from the case examples showed that it is useful to educate computer inexperienced users first on the new device and the operating system before starting with the training for the mobile application. To separate groups with respect to their technological knowledge might also be reasonable, however, not always possible. The users should be trained with the interfaces they will actually use. The time necessary for training increases with the complexity of the application. In addition to trainings, almost all cases introduced *key-users* to help their colleagues with operational questions. Especially inexperienced users accept the help of a colleague more easily than an advice of an IT-specialist. These per-

sons have to be selected carefully, as the interview partners state that certain users caused a lot of additional work. An impatient treatment would discourage the user and reduce the acceptance of the new technology.

One case example allowed inexperienced users to use their old paper-based documents parallel to the new technology. Furthermore, the technicians started with using only parts of the functionalities and extend the use of the new solution step by step. This *slow changeover* allows the user to slowly adapt to the new solution and to get more confidence in their technological capabilities.

Problems in this stage of the implementation were mainly based on an overly optimistic estimation of the capabilities of the users. In some cases the length of training sessions was too short and had to be extended. In one case, due to software problems, the training period started about two weeks before the actual go-live. This delay between the trainings and the actual use of the new knowledge resulted in additional support from their colleagues to use the new application, as some of the users could not remember all aspects concerning the new application. Thus, trainings should not be conducted until the software is stable enough to go live.

#### 4.2.4 Adoption

The interviews revealed that the users accepted the new tool if it does not impede his/her daily life. Ideally, it offers some improvements in comparison to the situation before the solution was implemented. Consequently, the *speed of eliminating problems and difficulties is essential* for the acceptance of the application of the user. Problems that occur must be solved rapidly. On the one hand software problems have to be fixed on short-hand notice by the IT department and the provider, respectively. On the other hand, *fallback scenarios* should be planned for hardware problems and alternative devices should be available in short period of time. Unproductive waiting and driving times to get the system running again will reduce acceptance, especially among critical users. Problems with user support were low. In one case, the late assignment of the person responsible for support and maintenance represented a challenge. Although the application was defined at the beginning of the project, in one case it was not possible to find a suitable person for support until the pilot users started. This could have resulted in major problems as at this time usually the new application needs the highest amount of support. However, in the actual case, other persons from the project team could fill the gap. Nevertheless, this person should be assigned at the very beginning and be an important part of the project team. The key aspects of the last section are summarized in figure 1.

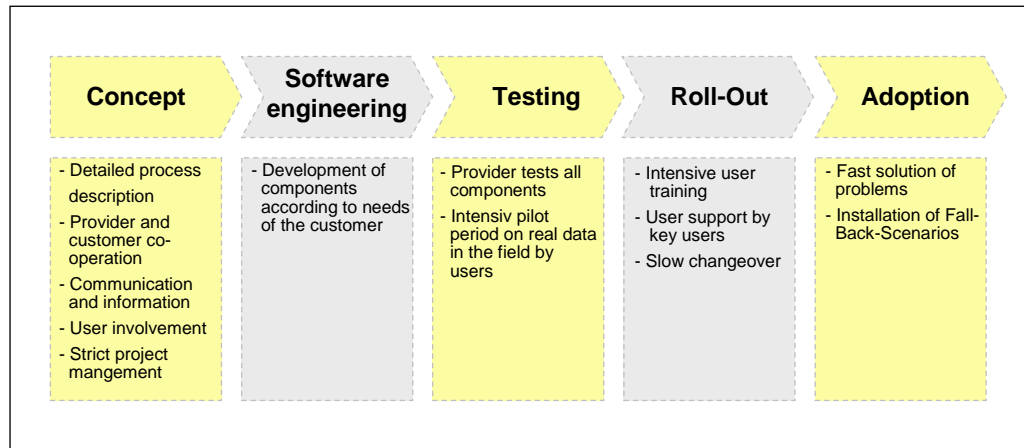


Figure 2 – Aspects of the implementation procedure

## 5 Discussion

We discuss the key findings of the case research on mobile field service implementations. The previous listing of the success factors and problems might be helpful as guideline, but we also relate the findings to existing observations from literature. We also examine the limitations of the study due to the research design.

The implementation strategies for the mobile applications in our cases are based on standard phase approaches [Balz82], [Boeh86] [StHa05]. The cases do not indicate any peculiarities which would suggest a special implementation strategy for mobile technology.

Regarding the success factors for a mobile technology implementation, the analysis revealed a number of issues and problems originating from different aspects. According to Riemenschneider [Riem01], success factors could be classified into the groups implementation research, project management, change management and technology specific aspects. We can use this categorization for classifying the results observed in the study.<sup>1</sup> Figure 2 shows some aspects according to this classification.

<sup>1</sup> Riemenschneider studied the implementation of integrated management systems. In his work the technological aspects are labelled as issues concerning integrated management systems instead of technological aspects.

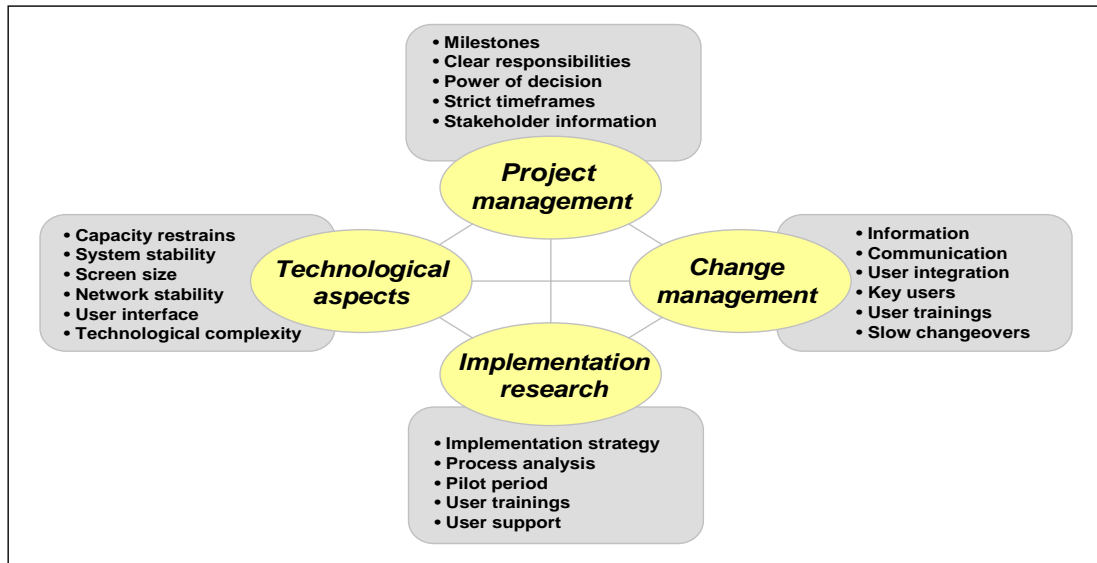


Figure 2 – Important aspects for mobile field service implementation

The identification of these success factors and the different influential areas is not surprising. Regarding the situation when the implementation research started, computer and information systems represented technological innovations and potential users were not used to work with computers. Therefore the implementation research for information systems was often centred on user acceptance [MaOp83, Riem01]. The situation for first-time mobile technology implementations for field service technicians is similar because most of the technicians are also confronted with the new technology for the first time. These service technicians experience the mobile solution as change in their way of working. Change management is focused on such aspects as it addresses the resistance of users against organizational changes [Reis97ab], [BoPi92]. Reiss describes four aspects that influence the resistance towards organizational change. These are lack of information, lack of knowledge/capabilities, lack of motivation and organizational boundaries [Reis97a]. As described above, the studied cases of first time implementation showed a great amount of resistance originating from all four areas. In some cases, the percentage of users with a negative attitude towards the new solution was up to seventy percent. However, it was possible to reduce these resistances by communication, training, support, creation of personal benefits, and integration [Reis97b]. Although the user resistance was lower in the two cases with technology replacements, the interview partners remarked that the expectations of the users concerning the stability and usability of the solution still define the central and most crucial aspect for a successful application. As all cases used a project organization for the im-

plementation, the management and coordination of the different persons and interests involved in this temporary collaboration also represents a success factor [Lech96].

Analysing the specific aspects of mobile technology, we identified a couple of restrictions and limitations based on the different components like capacity restrictions, connection problems, or size and usability of the mobile device. These effects are already observed in previous publications [KrLj99, LeBe04]. The case examples showed that a central aspect for a successful mobile technology implementation is to master the restrictions of the devices based on the mobile technology. This means to accept the limitations of the different components and create a stable solution suitable to the specific requirements of each company. In addition, the design of the user interface signifies a central aspect for a successful mobile field service implementation.

Therefore, the main challenge of a mobile technology implementation is the high complexity of the different components and the interaction between technology, user and other stakeholders in the implementation process.

This study offers an overview on success factors and issues of mobile technology implementations based on five case studies. However, there are some limitations due to the used research design: based on the explorative research there is a potential bias due to the direct influence of the interviewer [Atte2003]. We tried to eliminate the distortion in the data analysis; however, it is difficult to fully eliminate this bias.

Furthermore, the used information is a significant issue. As the results of our study are based on the answers of the interviews, we could only make use of information provided by the interview partners. Therefore, problems or success factors that are not addressed in the interviews are not included. In addition, the different interview partners were not integrated into the project to the same amount.

The setting of the study offers two other problems. First we analysed only successful mobile technology implementations. This eliminates the possibility to study which factors lead to a failure of projects. The second problem of the setting is that in most of the projects the mobile applications were used mainly for reporting. Therefore, the consequences of a system breakdown are limited as the information is not time critical and technicians perform most of his work without the solution.



## 6 Summary and Conclusions

This case research illustrates success factors and issues of mobile field service implementations. The paper describes the lack of such an analysis and motivates the need for a direct comparison of different mobile field service implementations. We discussed the explorative research methodology based on multiple case studies. After a short description of the cases and the situation before the mobile technology was implemented, we presented the key findings of the case studies. We illustrated success factors and issues of a mobile technology implementation originated from the technology and the implementation strategy. Finally, the key findings are discussed and compared to existing results from the literature on software and innovation implementations.

We summarize the key findings of this study: first, the results can be used as a guideline for implementing mobile applications. We showed relevant success factors, issues, and actual problems of implementing mobile technology. Second, a mobile field service implementation is based on aspects regarding project management, implementation research, change management, and mobile technology. A successful implementation addresses success factors from the different fields and respects the existing limitations. Especially the technological limitations have to be mastered as the mobile technology is still a developing area. Third, a first time implementation often has to face resistances of the users against the new technology. These resistances have to be encountered by communication, integration, trainings, and support. We found resistance lower if the users do not view the introduction of mobile applications as an organizational change (e.g. when replacing existing mobile solutions).

Further research including failed implementations is necessary to confirm the results of this study. Furthermore, we develop in future research a ranking of the importance of the different aspects regarding a failure of the introduction of mobile applications.

## References

- [Atte03] Atteslander, Peter: Methoden der empirischen Sozialforschung, 10. Auflage, Berlin, New York: de Gryter, 2003.

- [Balz82] Balzert, Helmut: Die Entwicklung von Software Systemen: Prinzipien, Methoden, Sprachen, Werkzeuge, Mannheim, Wien, Zürich: Bibliografisches Institut, 1982.
- [Boeh86] Boehm, Barry W.: Wirtschaftliche Software-Produktion, Wiesbaden: Forkel Verlag, 1986.
- [Brow04] Brown, Wayne: Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation Planning and Structure: A Recipe for ERP Success, User Services Conference Proceedings of the 32nd annual ACM SIGUCCS conference on User services, Baltimore, pp. 82-86, 2004.
- [BrPi92] Bromann, Paul; Piwinger, Manfred: Gestaltung der Unternehmenskultur: Strategie und Kommunikation, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1992.
- [BrVe05] Brodt, Thorsten L.; Verburg, Robert M.: Managing Mobile Work – Insights from European Practice, eChallenges, Ljubljana, 2005. URL: <http://www.alexandria.unisg.ch/Publikationen/29013> (20.04.2006).
- [Eise89] Eisenhardt, Kathleen M.: Building Theories from Case Study Research. In: Academy of Management Review, 14, 4, pp. 532–550, 1989.
- [FrMe95] Frey, James H.; Mertens Oishi, Sabine: How to conduct interviews by telephone and in person, Thousand Oaks, London, New Delhi 1995.
- [Kala03] Kalakota, Richard: Mobile Business: Moving from Vision to Strategy. In: E-Business Review, pp. 49-55, 2003.
- [Kepp00] Kepper Gaby: Methoden der qualitativen Marktforschung, in: Hermann, Andreas; Homburg, Christian (Hrsg.): Marktforschung: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, 2. Auflage, Wiesbaden, pp. 159-202, 2000.
- [KrLj99] Kristoffersen, Steinar; Ljungberg, Frederik: “Making place” to make IT work: empirical explorations of HCI for mobile CSCW, Proceedings of the international ACM SIGGROUP Conference on Supporting group work, Arizona, 1999.

- [KrLj98] Kristoffersen, Steinar; Ljungberg, Frederik: Mobile Informatics: Innovation of IT use in mobile settings, IRIS'21 Workshop Report. Gothenburg, 1998. – URL [http://www.viktoria.se/groups/mi2/results/papers/MI\\_workshop\\_IRIS21.pdf](http://www.viktoria.se/groups/mi2/results/papers/MI_workshop_IRIS21.pdf) – (03.06.06).
- [Lech97] Lechler, Thomas: Erfolgsfaktoren des Projektmanagements, Frankfurt et al.: Lang, 1997.
- [LeBe03] Lee, Yan E.; Benbasat, Izak: Interface design for mobile commerce, Communications of the ACM, Vol. 46, No. 12, pp. 49-42, 2003.
- [MaOp83] Mambray, Peter; Oppermann Rainer: Beteiligung von Betroffenen bei der Entwicklung von Informationssystemen, Frankfurt: Campus Verlag, 1983.
- [MaRo88] Markus, M. Lynn; Robey, Daniel: Information Technology and Organizational Change: Causal Structure in Theory and Research, Management Science, 34, 5, pp. 583-598, 1988.
- [NaSS05] Fui-Hoon Nah, Fiona; Siau, Keng; Sheng, Hong: The VALUE of Mobile Applications: A Utility Company Study, Communications of the ACM, 48, pp. 85-90, 2005.
- [Pflu02] Pflug, Volker: Mobile Business macht Geschäftsprozesse effizient. in Gora, Walter ; Röttger-Gerigk, S. (Hrsg.): Handbuch Mobile-Commerce – Technische Grundlagen, Marktchancen und Einsatzmöglichkeiten. Heidelberg: Springer-Verlag, pp.211-224, 2002.
- [PoTW03] Pousttchi, K.; Turowski, K.; Weizmann, M. (2003): Added Value-based Approach to Analyze Electronic Commerce and Mobile Commerce Business Models, in: *Andrade, R.; Gómez, J.; Rautenstrauch, C.; Rios, R. (Hrsg.): International Conference Management and Technology in the New Enterprise. La Habana*, pp.414-423, 2003.
- [Reis97a] Reiss, Michael: Change Management als Herausforderung, in: *Reiss, Michael; von Rosenstiel, Lutz; Lanz, Anette [Hrsg.] Change Management – Programme, Projekte und Prozesse. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1997.*

- [Reis97b] Reiss, Michael: Instrumente der Implementierung, in: *Reiss, Michael; von Rosenstiel, Lutz; Lanz, Anette [Hrsg.] Change Management – Programme, Projekte und Prozesse*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1997.
- [Riem01] Riemenschneider, Frank: Implementierung integrierter Managementsysteme: Erfolgsfaktoren für die Unternehmenspraxis, Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2001.
- [ScMc04] Scheepers, Helena; McKay, Judy: An empirical assessment of the business value derived from implementing mobile technology: A case study of two organisations, in: *T. Leino, T. Saarinen & S. Klein (Hrsg.), Proceedings of the 12th European Conference on Information Systems (ECIS2004)*, pp. 1-13. Turku, 2004.
- [ScHE05] Schnell, Rainer; Hill Paul B.; Esser, Elke: Methoden der empirischen Sozialforschung, 7. Auflage, München, Wien 2005.
- [SiSh03] Siau, Keng; Shen, Zixing: Mobile communications and mobile services, *International Journal of Mobile Communication*, Vol. 1 No.1/2, pp. 3-14, Nebraska, 2003.
- [StHa05] Stahlknecht, Peter: Einführung in die Wirtschaftsinformatik, 11. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2005.
- [VaHe02] Valiente, Pablo; van der Heijden, Hans: A method to identify opportunities for mobile business processes, SSE/EFI Working Paper Series in Business Administration, No 2002:14, Stockholm: Stockholm School of Economics, 2002.
- [Wang05] Wang, Yan: Emperical Case Study Report, Technische Universiteit Delft, Delft, 2005. URL: <http://www.tbm.tudelft.nl/webstaf/yanw/casestudy.pdf> (15.05.2006)
- [WaKM05] Wang, Yan; van de Kar, Els; Meijer, Geleyn: Designing Mobile Solutions for Mobile workers – Lessons Learned from a Case Study, Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce, Xi'an, 2005.
- [Yin03] Yin, Robert K.: Case Study Research: Design and Methods, Sage Publications, London, 2003.

# Migration als Ansatz zur Gestaltung mobiler Services

Oliver Bohl, Shakib Manouchehri, Udo Winand

Forschungszentrum für Informationstechnik-Gestaltung (ITeG)

Universität Kassel  
34125 Kassel

{bohl, manouchehri, winand}@wirtschaft.uni-kassel.de

## Abstract

Die flächendeckende Verbreitung mobiler Endgeräte und Infrastrukturen, welche den Nutzern eine erhöhte Mobilität bei gleichzeitig mannigfaltigen Nutzungsmöglichkeiten erlauben, fördert die Suche nach Erfolg versprechenden mobilen Services. Beim Aufbau neuer Services erscheint die Nutzung existierender Ressourcen sowie des bestehenden Know-hows ratsam. In diesem Zusammenhang stellt Migration eine Methode zur Gestaltung mobiler Services dar. Der vorliegende Beitrag beleuchtet Spezifika der Migration als methodischen Ansatz zur Entwicklung entsprechender Angebote.

## 1 Grundlagen

Mit der weit reichenden Verbreitung mobiler Endgeräte und der flächendeckenden Verfügbarkeit leistungsstarker Infrastrukturen für die Mobilkommunikation geht eine Suche nach Erfolg versprechenden mobilen Services einher. Vor allem Telekommunikationsanbieter trachten nach so genannten Killerapplikationen/-services [Tele04; ChSk05]. Datenübertragungstechnologien wie WLAN, Bluetooth, GSM und UMTS ermöglichen die mobile Nutzung von Daten und eröffnen Möglichkeiten, Services überall zu nutzen und anzubieten [Saty02]. In Kombination mit mobilen Endgeräten, die dem Nutzer vielfältige Nutzungsmöglichkeiten erlauben, bieten sich Chancen zur Entwicklung mobiler Services (m-Services) mit innovativen Prozess-, Geschäfts- und Erlösmodellen. Dabei kann in Teilbereichen auf Bewährtes aufgesetzt werden, um Risiken der Neuentwicklung abzufedern [BFKS04]. So

können stationär genutzte Services um mobil realisierbare, zusätzliche Komponenten ergänzt werden, um Mehrwerte auf Anbieter- und Nutzerseite zu erzeugen.

Der Beitrag hat vor diesem Hintergrund zum Ziel, die Migration als Methode zur Erweiterung und Anreicherung bestehender Services um mobile Anwendungsformen vorzustellen. Dabei geht es darum, Migration als Instrument zum methodisch-fundierte Ausgleich zwischen den Aspekten Erneuerung und Bewahrung bei der Gestaltung mobiler Anwendungen zu positionieren. Der thematische Fokus liegt auf der methodischen Unterstützung des Innovationsschrittes von stationären zu mobil nutzbaren Services. Hierzu gilt es, eingangs die grundlegenden Begriffe Mobilität und mobile Services zu charakterisieren.

## **1.1 Mobilität**

Der in diesem Beitrag verwendete Mobilitätsbegriff beinhaltet zwei Aspekte: die räumlich-physische und die virtuelle Mobilität. Die räumlich-physische Mobilität bezeichnet die Bewegung einer Person von einem Ort zu einem anderen. Die virtuelle Mobilität kennzeichnet hingegen die Erreichbarkeit von Informationen (und Personen) an jedem Ort, wobei auf räumlich-physische Mobilität verzichtet werden kann [ZoKJ02]. Im Folgenden wird unter Mobilität die Flexibilisierung von Anwendungssystemen und/oder Personen durch eine räumliche Entkoppelung unter Verwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) verstanden. In diesem Zusammenhang gewinnen Ansätze des mobilen, ubiquitären und pervasiven Computings an Bedeutung [Saty02]. Mobile Computing wird als Nutzung mobiler elektronischer Kommunikationstechniken in Verbindung mit mobilen Endgeräten verstanden, während Ubiquitous Computing als permanente Interaktion eines Nutzers mit für ihn unsichtbaren Rechnersystemen beschrieben wird [Weis93]. Pervasive Computing vereint diese beiden Ansätze: Der Begriff beschreibt die Verschmelzung der Informationstechnologie (IT) mit der Umgebung, indem IT in alltägliche Gebrauchsgegenstände integriert und für den Nutzer quasi unsichtbar wird. Der Nutzer muss somit nicht mehr direkt mit der Technik interagieren und erkennt diese eventuell nicht mehr als Computertechnologie [HBBB03]. Alle drei Computing-Ausprägungen unterstützen die beiden Mobilitäts-Dimensionen. Die Mobilitätszustände können sich dabei sowohl auf Anwendungssysteme beziehen, in diesem Fall also auf Daten, Funktionen, Prozesse und Aufbauorganisation, als auch auf Personen, in deren Fall die persönliche Kommunikation

fokussiert wird. Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt auf Services, welche sich Ansätzen des Mobile Computing bedienen; diese werden nachfolgend eingegrenzt.

## **1.2 Mobile Services**

Für die Anbieter von Services erwächst die Notwendigkeit, Strategien hinsichtlich ihres unternehmerischen Handelns kontinuierlich den sich wandelnden Umfeldbedingungen anzupassen. Durch das Internet ergaben sich seit den 1990ern neue Formen IKT-gestützter Services, so genannte e-Services. Diese beinhalten in der Regel einen Mehrwert für den Nutzer und treffen teils auf sehr hohe Akzeptanz. Dabei sind die Beispiele für eine gelungene Invention von e-Services in unternehmerische wie in private Bereiche vielgestaltig. Angefangen von e-Shops als alternativen Vertriebsweg, über e-CRM-Systeme zur Pflege der Kundenbeziehungen bis hin zu e-Procurement-Systemen bietet die integrative Nutzung entsprechender Services explizite, wirtschaftlich messbare Vorteile für Unternehmen. Services wie eBay, Amazon und die Kommunikation via E-Mail sind weiterhin kaum noch aus dem Alltag zahlreicher Personen wegzudenken. Eine signifikante Erweiterung entsprechender Services ist die mobile Nutzung bisher „stationär“, d.h. mit einem klassischen Internetzugang, nutzbarer e-Services [ChSk05]. In der Literatur existieren erste Definitionen zu m-Services. Zumeist wird nach verschiedenen Möglichkeiten der Kategorisierung, z.B. nach den involvierten Partnern oder dem Anlass der Nutzung differenziert [Salk04; Vesa05]. m-Services können aufgrund ihrer Nutzung in drei Kategorien eingeteilt werden: Person-to-Person Messaging (Zwischenmenschliche Kommunikation), Content Services (Inhaltliche Angebote) und Mobile Data Access (Mobiler Datenzugriff) [Vesa05]. In der Regel werden unter m-Services mit mobilen Endgeräten nutzbare Dienstleistungsangebote gefasst. Daran orientiert sich der hier verwendete Servicebegriff und lehnt sich somit an betriebswirtschaftlichen Definitionen an [ScGK03].

Bei der Entwicklung mobiler Services spielt die Nutzung erweiterter Möglichkeiten der Mobilität eine wesentliche Rolle. m-Services ermöglichen einerseits die Erschließung neuer Anwendungsfelder, andererseits können eine Reihe von Mehrwert-stiftenden Potenzialen genutzt werden. Als solche lassen sich inhärente Möglichkeiten zur Unterstützung der nachfolgend erläuterten Kriterien nennen [Buse02; Vesa05]. Diese werden zu Teilen bereits durch e-Services unterstützt, erreichen in mobilen Einsatzszenarien jedoch eine neue Qualität. Ein erstes wesentliches Kriterium stellt die Lokalisierbarkeit dar, welche Unterstützungsmöglichkeiten durch die exakte Bestimmung des Aufenthaltsorts der Anwender

mittels Integration von GPS oder über den Funkbereich offeriert. Location based Services (LBS) nutzen dieses Potenzial. Die ebenfalls gesteigerte Ortsunabhängigkeit stellt ein zweites Kriterium dar. Sie unterstützt die Kommunikation, das Abrufen von Informationen und das Versenden von Daten unabhängig vom Aufenthaltsort der Anwender. Die Erreichbarkeit als drittes Kriterium gewährleistet in mobilen Szenarien die jederzeitige Erreichbarkeit der Nutzer unabhängig vom Ort. Als viertes Kriterium realisiert die Personalisierung das Beziehen von individualisierten Leistungen. Dieses Kriterium wird in mobilen Anwendungen durch die eindeutige Identifikation mittels der integrierten SIM-Karte und durch die persönliche Rufnummer gestärkt. Das fünfte Kriterium, die verbesserte Kontextspezifität, ermöglicht das Beziehen von Angeboten passend zur jeweiligen Umgebung oder Tätigkeit. Die erhöhte Bequemlichkeit als sechstes Kriterium realisiert im mobilen Kontext die einfache oder vereinfachte Bedienung und den schnelleren Zugang als bei herkömmlichen stationären Systemen. Die Kostengünstigkeit als siebtes Kriterium dient der potenziellen Zuschneidung der Services auf ihren Verwendungszweck. Als achtens Kriterium gewährleistet die Sicherheit eine eindeutige Identifikation des Besitzers, in diesem Fall insbesondere durch die SIM-Karte und bietet somit eine höhere Sicherheit als über stationäre PCs.

Trotz dieser ansehnlichen Potenziale besteht eine Diskrepanz zwischen der Nutzung von e- und von m-Services [ChSk05]. Diese lässt sich in Teilen durch das Umfeld erklären, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass m-Services derzeit von Telekommunikations- sowie teilweise von e-Service-Anbietern bereitgestellt werden. Teils werden erfolgreiche e-Services ergänzend als m-Services angeboten, teilweise werden singuläre m-Services neu geschaffen. Zumeist ist die Situation dadurch gekennzeichnet, dass die mobilisierten e-Services nicht in ausreichendem Maße die genannten erweiterten Möglichkeiten von m-Services berücksichtigen oder nicht den Gewohnheiten und Anforderungen der Nutzer entsprechen. An dieser Stelle setzen Bestrebungen zur Migration von e- zu m-Services an. Sie unterstützen eine zielgerichtete, mehrwertorientierte Fortentwicklung existierender Services und werden im Folgenden skizziert.

## **2 Migrationsbegriff und -motivation**

Veränderungsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft, die durch technologischen Wandel und/oder durch veränderte Bedürfnisse sowie strategische Ausrichtungen (Kunden-, Prozess-,



Wissensorientierung, Integration und Vernetzung) ausgelöst werden, erfordern ein spezielles Management von Wandlungsprozessen [Stae98]. Erfolgreiche Wandlungsprozesse sind nur möglich, wenn gesellschaftliche und technische Prozesse sowie Systeme aufeinander abgestimmt sind. Dies gilt aufgrund der dargestellten Ausgangssituation und den Defiziten derzeitiger Realisierungen auch bei der Entwicklung mobiler Services.

Im Folgenden gilt es den Begriff der Migration zu erläutern. Dieser unterliegt einer Bedeutungsvielfalt und wird in unterschiedlichen Zusammenhängen, meistens unspezifiziert, verwendet. In der Informatik bezieht er sich beispielsweise auf die Ablösung oder das Upgrade von einem Anwendungs- oder Software-System auf ein potenziell besseres [Simo92]. Es finden sich konzeptionelle Überlegungen zum Thema des Migrationsmanagements als Teilgebiet der Anwendungssystem (AWS)-Entwicklung und -Implementierung aus wirtschaftsinformatischer Perspektive: Dabei wird Migration als Managementaufgabe betrachtet, bei der neben technischen auch organisatorische Fragestellungen eine wesentliche Rolle spielen. Dömer definiert wie folgt: „Migration ist definiert als der Prozess der Umstellung eines computergestützten Informationssystems (IS) (=Altsystem/Quellsystem) auf ein anderes IS (=Neusystem/Zielsystem) im Rahmen einer eigenen Projektorganisation, wobei sich Alt- und Neusystem signifikant bezüglich der Informationsinfrastruktur i.e.S. (technische Komponenten: Hardware und/oder Software) unterscheiden, gleichzeitig aber elementare fachliche und/oder technische Komponenten (Hardware und/oder Software in beliebigen Repräsentationsformen und/oder Daten des Altsystems) übernommen werden.“ [Döme98] Der Begriff kennzeichnet damit den Übergang von bestehenden AWS zu Systemen mit erweiterten oder neuen Funktionalitäten bzw. mit innovativen Nutzungsmöglichkeiten oder veränderten Wirkungsgraden. Migration verknüpft eingeführte mit neuartigen, ggf. innovativen Systemkomponenten und Technologien zu einer funktional verbesserten und ökonomisch ausbalancierten Gesamtlösung. Diesem Artikel liegt ein einerseits weiter gefasstes und andererseits fokussierteres Verständnis zugrunde: Migration wird als anbieterseitig geplanter und kontrollierter Zustandswechsel von AWS und Kommunikationsformen definiert, der zu veränderten rechtlich, ökonomisch, technologisch, ökologisch und sozial bewerteten Mobilitätszuständen führt [BFKS04].

Verwandte Disziplinen des Migrationsmanagements sind das Innovations-, das Technologiemanagement, das Management des „Organisational and Technological Change“

sowie das Komplexitätsmanagement. Im Gegensatz zum Innovationsmanagement, welches zumindest in Teilbereichen auf „radical change“ setzt, ist Migration eine Methode der Erneuerung, die zugleich auch auf Bewahrung des Bewährten zielt. Ansätze des verwandten Changemanagements fokussieren hingegen, speziell im Kontext der IKT-Unterstützung ökonomischer und administrativer Prozesse, vorwiegend auf die Extreme „Wartung“ oder „Totalinnovation“. [Stae98] Wartung verzichtet auf die Implementierung notwendiger innovativer Elemente, Totalinnovation entwertet getätigte Investitionen, speziell solche in Qualifizierung und Prozessorganisation [Döme98]. Die nachfolgende Abbildung 1 verdeutlicht diese Differenzierung.



Abb. 1: Migrationsverständnis [Döme98]

Migration beschreibt somit einen dritten Weg zur Bewältigung geplanter technologischer und organisatorischer Wandlungsprozesse. Dies deutet einen wichtigen Aspekt der Migration an: Durch Migrationen können sich (partielle) Ablösungen von existierenden Anwendungssystemen durch Neuentwicklungen ergeben, es können sich jedoch gleichfalls Erweiterungen ergeben, welche zu großen Teilen auf Elementen des vorherigen Systems basieren.

### 3 Framework zur Migration von e- zu m-Services

Leitend für die Gestaltung von Migrationsprozessen ist das Ziel, zu migrierende Services ressourcenschonend und nutzerfreundlich zu implementieren. Dies beinhaltet, dass Investitionen in Hardware, Software und Netware möglichst weiter genutzt, eher ergänzt denn abgeschrieben werden [WWMB00]. Ebenso bedeutsam und ökonomisch gar brisanter ist es, Investitionen in Prozesse, Organisation und in das Know-how der Nutzer, weitgehend zu erhalten oder „schonend“ anzupassen. Dies kann den Erfolg des Übergangs nachhaltig stabilisieren, den Übergangsprozess beschleunigen und damit letztlich den wirtschaftlichen

Erfolg durch die Schaffung von Mehrwerten sichern. Dies verdeutlicht, dass bei der Ausgestaltung von Migrationen primär technisch ausgerichtete Betrachtungen zu kurz greifen [BFKS04]. Migrationen berühren gleichfalls organisatorische und wirtschaftliche Fragestellungen. Diesen Überlegungen entsprechend müssen Migrationen auf verschiedenen Ebenen betrachtet und durchgeführt werden. Abbildung 2 stellt die Ebenen der Migration in ihrer Abhängigkeit zueinander dar.

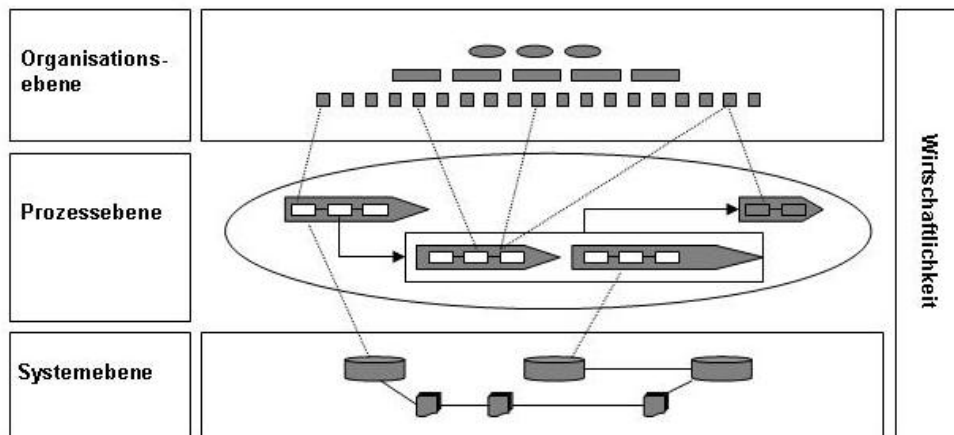


Abb. 2: Framework der Migration

Die Systemebene bildet die erste Ebene. In dieser existieren unterschiedliche Arten von Migrationen wie z.B. Daten-, Code-, System- oder Fachkonzeptmigrationen sowie Ansätze der Portierung [Döme98]. Für dieses Framework von besonderem Interesse sind komplexe Anwendungssystemmigrationen, die in der Regel von speziellen Migrationsarten begleitet werden. Neben den Systemen und Technologien werden in einer erweiterten Sicht auf die Migrationsthematik aus wirtschaftsinformatischer Sicht insbesondere Organisationsmodelle und Prozesse betrachtet, die bei der Migration von Systemen berücksichtigt sowie ggf. angepasst werden müssen. Hierbei sind zwei unterschiedliche Ansätze denkbar: Einerseits können neue Technologien eine effektivere und im Idealfall effizientere Organisation ermöglichen, andererseits können veränderte Rahmenbedingungen, die sich auf die Organisation oder die Prozesse auswirken, neue oder erweiterte Anwendungssysteme erfordern. Daher sind in ganzheitliche Migrationskonzepte nicht nur Technologien, sondern auch Kompetenzen, Organisations- und Geschäftsmodelle einzubeziehen. Die drei genannten Ebenen werden unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit betrachtet. In diesem Rahmen bewahrt Migration ökonomische Entwicklungen, die gesellschaftlichen Bedürfnisse

entsprechen, behält erfolgreiche Geschäftsprozesse und -modelle bei und bietet zugleich Chancen für deren Fortentwicklung. Nachfolgend werden die verschiedenen Ebenen detailliert erläutert. Die vorhergehend aufgezeigten Aspekte verdeutlichen, dass Entscheidungen für Migrationen sowie für konkrete Migrationsprojekte aus einer Gesamtperspektive getroffen werden sollten [Bues93; Simo92; Walk93]. Darauf aufbauend stellt sich die Frage, in welcher Form die dargestellten Aspekte bei der Gestaltung mobiler Services einsetzbar sind und wie die vorgestellten Elemente des Frameworks bei der Migration von e- zu m-Services wirken.

### *3.1.1 Organisationsebene*

Betrachtet man die Migration auf Organisationsebene, ergeben sich zwei Bereiche, die relevant erscheinen: Die organisatorischen Aspekte der Migration sowie ihre Durchführung als Projekt. Bei der Untersuchung organisatorischer Aspekte kann einerseits eine statische Sicht und andererseits eine dynamische Sicht auf die Organisation gelegt werden. Dabei bezieht sich die statische Sicht auf die Organisation als solche und nicht darauf, was diese tut. Bei einer solchen Betrachtung wird eine systemorientierte Sichtweise eingenommen. Das System der Organisation gliedert sich in die Subsysteme Strategie, Technologie, Personal, Aufbau und Prozesse sowie Managementprozesse [Döme98]. Dabei wird die Entscheidung für eine Migration auf Managementebene positioniert und von der Strategie im Unternehmen und den Ressourcen abhängig gemacht [Berl04]. Legt man eine dynamische Sichtweise auf die Organisation stellt sich die Informationstechnologie als Impulsgeber und treibende Kraft des organisatorischen Wandels dar. Aus der Kombination der Sichtweisen resultieren Anlässe für die Migration, die nachfolgend klassifiziert werden.

Als zentrales Motiv zur Migration lässt sich der angestrebte Zustandswechsel identifizieren. Diesem können unterschiedliche Anlässe zugrunde liegen. Ziel ist jedoch stets ein verbesserter Gesamtzustand. Basierend auf den Anlässen kann eine Klassifikation anhand von zwei Dimensionen erfolgen. Dabei wird einerseits zwischen externen und internen Faktoren unterschieden, andererseits kann die Migration durch Problemdruck aufgrund funktionaler und technologischer Faktoren angestoßen werden. Migrationen können durch interne funktionale Ursachen angestoßen werden, vor allem da, wo Altsysteme die neuen geforderten Funktionalitäten nicht mehr erfüllen. Bei einer schlechten Wartungsqualität des Altsystems oder Kapazitätsüberlastungen wirken hingegen interne technologische Ursachen als Anlass zur Migration [Walk93]. Externe funktionale Ursachen begründen sich vor allem im Wettbewerb.

Hier wird eine Migration erforderlich, um dadurch wettbewerbsfähig zu bleiben. Externe technologische Ursachen dagegen basieren auf im Unternehmen eingesetzten externen Produkten, insbesondere wenn diese nicht weiter unterstützt oder vom Markt genommen werden. Bei diesen Anlässen sind vor allem Kosteneinsparpotentiale zu berücksichtigen, die mit dem Einsatz neuer Technologien zusammenhängen [Döme98]. Durch die Kombination der beiden Dimensionen entstehen die in der nachfolgenden Abbildung 3 dargestellten Impulsgruppen.

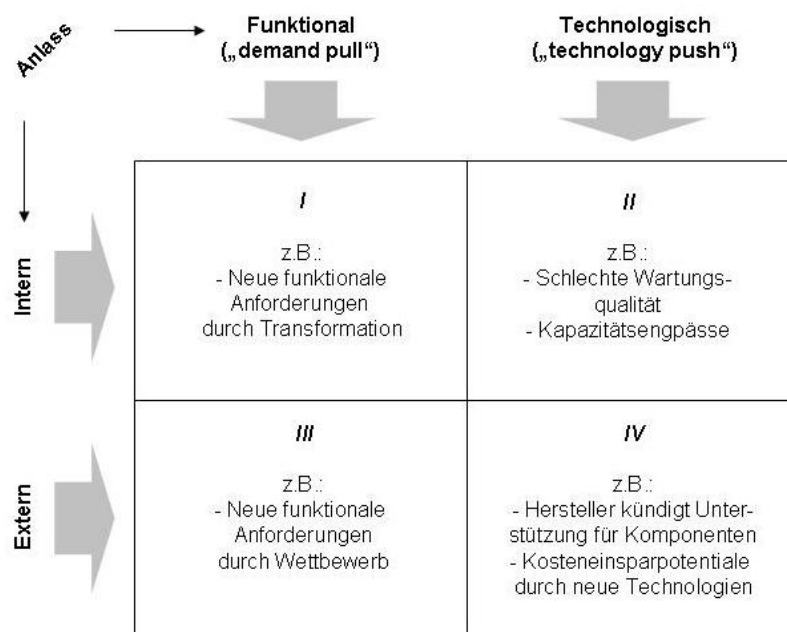


Abb. 3: Impulsgruppen der Migration [Döme98]

Migration sollte auf Organisationsebene weiterhin als Projekt betrachtet werden. Charakteristisch für Migrationen ist die große Komplexität im Vergleich zur Wartung, die unter anderem durch die Vielzahl von Beziehungen der aus dem Altsystem übernommenen Elemente induziert wird. In diesem Zusammenhang üben folgende Aktivitäten Einfluss auf das Gelingen von Migrationsprojekten aus: Initiierungsmanagement, Analyse der Rahmenbedingungen, fachlich-inhaltliches Projektmanagement und anfängliche Segmentierung des Altsystems sowie Bestimmung der Vorgehensmodelle, Festlegung der Migrationstypen, Qualitätssicherung, Projektkoordination und Projektmarketing in den darauf folgenden Stufen [Döme98].

Auch im Hinblick auf die Migration von e- zu m-Services ist der Bezug zum Migrationsanlass zu analysieren. Dabei tendiert die Einführung mobiler Services zumeist in zwei grundsätzliche

Richtungen zur Optimierung des Gesamtzustandes. Die beiden Extreme eines verbesserten Gesamtzustandes können dabei als Erweiterung/Ergänzung oder als radikaler Umbruch charakterisiert werden. Bei einer Entscheidung zugunsten der Erweiterung/Ergänzung geht es letztendlich um den Erhalt bewährter Elemente von e-Services und deren Nutzung in neuen, mobilen Kontexten; bei einem radikalen Umbruch ergibt sich ein verbesserter Gesamtzustand ohne die Nutzung bestehender Komponenten für das Angebot von e-Services. Bei einer Entscheidung zugunsten einer der Varianten und bei der Planung und Kontrolle von Zustandswechseln steht demnach neben der angestrebten Ökonomie die adäquate Nutzung existierender Systeme und deren zielgerichtete Anpassung und Erweiterung im Vordergrund.

### *3.1.2 Prozessebene*

Die Anlässe der Migration und der organisatorische Wandel im Unternehmen können die Ablauforganisation des Unternehmens beeinflussen. Vor allem Wettbewerbsdruck und notwendige Effizienzsteigerung können Unternehmen zwingen, ihre Geschäftsabläufe zu optimieren. Auf Prozessebene kann die Migration somit vor allem unter Berücksichtigung der Veränderung der Prozesse im Unternehmen betrachtet werden. Dabei spielt die Nutzung moderner IKT eine bedeutende Rolle, mit deren Hilfe es möglich ist, Geschäftsprozesse neu zu gestalten [Berl04]. In diesem Zusammenhang beabsichtigen Unternehmen, die Potenziale neuer Technologien mit den Erfordernissen ihrer Geschäftsprozesse im Rahmen eines Business Process Reengineering (BPR) in Einklang zu bringen. Dabei zielt BPR auf die Umgestaltung der Geschäftsprozesse mit dem Ziel, substantielle Verbesserungen in der Aufbau- und Ablauforganisation des Unternehmens zu erreichen und im Hinblick auf die herrschenden Marktbedürfnisse zu optimieren [Snee99].

Auf Prozessebene offeriert die Migration von e- zu m-Services vielfältigen Potenzialen und stellt Unternehmen gleichzeitig vor neue Herausforderungen. So ist es notwendig, vorhandene oder potenzielle Mobilität im Rahmen der Wertschöpfungskette zu identifizieren und nutzbar zu machen [Berl04]. Dabei besteht das Potenzial bei einer Migration von e- zu m-Services nicht in der Ausstattung alter Prozesse mit neuen AWS oder Endgeräten, sondern in der Möglichkeit, neue Arbeitsweisen aufzubauen und Prozesse neu zu gestalten, vor allem um Medienbrüchen zu vermeiden. Die nachfolgende Abbildung stellt eine exemplarische Service-Prozesskette ohne eine systematische mobile Unterstützung einer Prozesskette nach einer systematischen mobilen Unterstützung gegenüber.

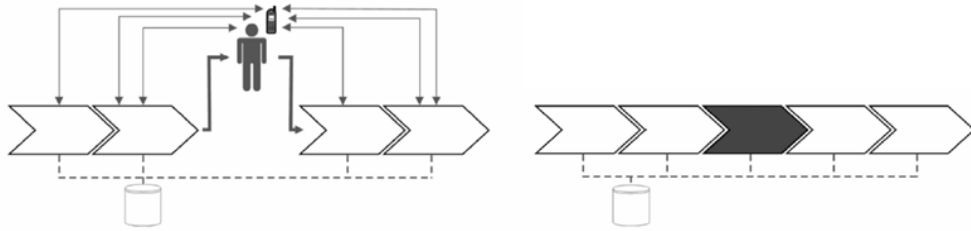


Abb. 4: Service-Prozesskette vor und nach einer mobilen Unterstützung [KhPW03]

Entscheidend für Migrationen auf Prozessebene sind die Mehrwerte, die mit ihrer Nutzung einhergehen. So lassen sich beispielsweise räumlich verteilt ablaufende Prozessschritte durch den Einsatz mobiler Technologien nahtlos in die unternehmerische Wertschöpfung integrieren. Bei einer zielgerichteten Steuerung der Geschäftsprozesse werden somit räumliche Barrieren überwunden und Informationen zu jeder Zeit verfügbar gemacht. Insbesondere kann durch die gezielte Nutzung bestehender, durch e-Systeme gestützter unternehmensinterner und -externer Prozesse eine effiziente und prozessadäquate Integration mobiler Services realisiert werden.

### 3.1.3 Systemebene

Auf Systemebene übernehmen IKT beim organisatorischen Wandel eine herausragende Bedeutung. Ihnen werden unterschiedliche Rollen zugewiesen. Sie fungieren als Enabler (Auslöser), als Faciliator (Erleichterer), als Supporter (Unterstützer) oder als Implementator (Umsetzer) [Geie99]. Wie bereits ausgeführt, existieren auf Systemebene unterschiedliche Arten von Migrationen, wie z.B. Code-, System- oder Fachkonzeptmigrationen. In Bezug auf die Migration von e- zu m-Services können Migrationen auf zwei elementaren Ebenen erfolgen: Während Softwaremigrationen in diesem Rahmen softwaretechnische Einführungen eines neuen Systems und Übernahmen elementarer Teile aus Altsystemen beschreiben, sind Datenmigrationen einmalige, auf konkrete betriebliche Anwendungsarchitekturen hin zu optimierende Prozesse.

Auf Systemebene ist zunächst die effektive Nutzung bestehender Datenbestände bei der systematischen Migration von e- zu m-Services zu nennen. Für die Datenmigration liegen bewährte Ablaufbeschreibungen und Instrumente vor [NeSe93]. Die Verantwortung für die Qualität und Vollständigkeit der zu migrierenden Datenbestände und das mit der Umstellung produktiver Systeme verbundene besondere Risiko verlangt es, den Prozess der Datenmigration im Sinne eines Projektes zu organisieren. Dies bedeutet die Festlegung von

Verantwortlichkeiten, die Bereitstellung kompetenter personeller sowie hinreichend dimensionierter sächlicher Ressourcen und eine sorgfältige Planung, Abwicklung und Kontrolle des Migrationsprojektes [Meie97]. Bezüglich softwareseitiger Migrationen können sich beim Übergang von e- zu m-Services positive Auswirkungen ergeben. Dabei ist im Hinblick auf mobile Services darauf hinzuweisen, dass diese zu großen Teilen auf Softwaresystemen oder -komponenten basieren. Hierauf aufbauend wird mit Migration die Weiterentwicklung und Pflege von Software bezeichnet, mit dem Ziel, diese in einer geänderten Umgebung nutzen zu können [IEEE91]. Ein wesentliches Ziel dabei ist die teilweise Erhaltung vorhandener technischer Komponenten, die eng mit der Vermeidung unnötiger Neuentwicklungen im Vordergrund steht. Eine Migration informationstechnischer Systeme erlaubt es, Innovationen nachzuvollziehen und die Produktivität zu steigern, ohne die Notwendigkeit, Nutzer in ein gänzlich neues System einzugewöhnen. Dabei lassen sich die fünf grundlegenden Migrationstypen zwei Bereichen zuordnen. Während der Investitionsschutzbereich die Alteration, Konversion und Kapselung umfasst und damit der Überführung von Komponenten bestehender Systeme dient, stellen die Nutzung von Standardlösungen und die Individualerstellung neuer Komponenten einen Innovationsbereich dar. Kombiniert ergeben sich durch diese Migrationsausprägungen unter Einbezug existierender e-Services innovative mobile Services.

#### *3.1.4 Wirtschaftlichkeit*

Bei Migrationsvorhaben muss zusätzlich zur Betrachtung der beschriebenen Ebenen eine explizite Betrachtung der Ökonomität erfolgen. Relevant bei entsprechenden Analysen sind Betrachtungen des Investitionsschutzes, der ökonomischen Nutzenpotenziale/Mehrwerte und der Kosten. Prinzipiell sollten Migrationen mit ökonomisch positiven Ergebnissen realisiert werden. Dies kann dadurch geschehen, dass der unternehmerische Wert eines Systems bewahrt wird und getätigte Investitionen nicht oder nur zu Teilen durch (redundante) Entwicklungen substituiert werden. Jedoch sind an dieser Stelle Analysen der Aufwendungen zwingend notwendig, welche bei Wiederverwendungen existierender Komponenten einerseits und bei Neuentwicklungen andererseits anfallen. In diesem Kontext sind zudem Risiken der Migration in ein Verhältnis mit denen einer Totalinnovation zu setzen. Darüber hinaus lassen sich positive ökonomische Effekte durch Systeme mit deutlich wahrnehmbaren Mehrwerten im Vergleich zu bislang genutzten, laufenden Systemen realisieren. Zusätzlich realisierbare Erlösströme oder verbesserte Prozessstrukturen sind prominente Beispiele hierfür. Weiterhin kann eine



Reduzierung der Betriebs- und Wartungskosten eines Altsystems als bestimmendes Motiv für Migrationen dienen. Dabei sind in diesem Fall nicht nur Kostenanalysen vorzunehmen, vielmehr müssen, einem geschäftsmodell-orientiertem Vorgehen folgend, zukunftsgerichtete Aspekte der (Weiter-) Entwicklung der Märkte wie auch die unternehmerische Wertschöpfung in die Betrachtungen einbezogen werden. Sneed stellt ein Modell (Abb. 5) vor, welches anhand der Kriterien „Technische Qualität“ und „Betriebswirtschaftliche Bedeutung“ Altsysteme als Kandidaten zur Entsorgung, Wartung, Neuentwicklung oder Migration klassifiziert [Snee99].

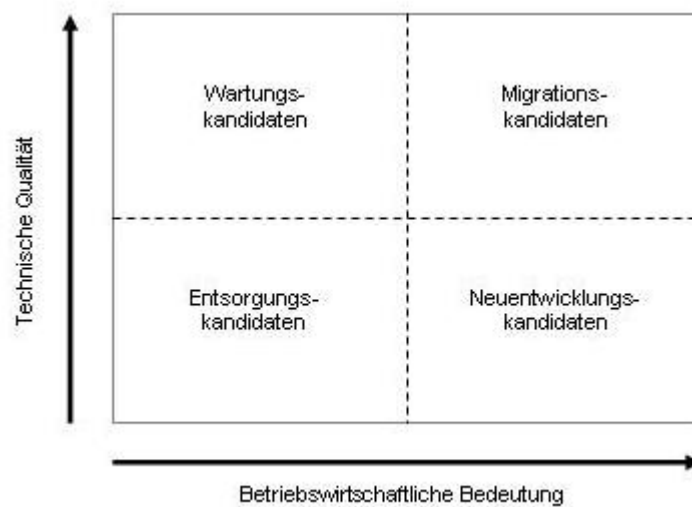


Abb. 5: Positionierung des Altsystems [Snee99]

Im Bereich der Wirtschaftlichkeit liegen umfassende Potenziale der Migration von e- zu m-Services. So können migrierte Services eine Reihe ökonomischer Nutzenpotenziale eröffnen, wie Kosteneinsparungs-, Zeiteinsparungs- und Qualitätspotenziale. Beispielsweise können Kosteneinsparungspotenziale durch bessere Ressourcennutzung, Mehrfachnutzung und höhere Preistransparenz erzielt werden. Ferner können mit gut aufeinander abgestimmten Services für den Endkunden eine Reihe von Zeiteinsparungspotenzialen durch den Einsatz intelligenter Optimierungssysteme erzielt werden. Auch sind vielfältige Qualitätspotenziale realisierbar, hierzu zählen beispielhaft Verbesserungen der Leistungsqualität bei der Nutzung akzeptierter Abrechnungssysteme.

Weitere Nutzenpotenziale für Unternehmen liegen in der Erschließung lukrativer Märkte durch das Angebot mobiler Services sowie in der Erweiterung ihrer Erlösmodelle. Unternehmen, die e-Services anbieten, welche derzeit (vor allem im WWW) primär werbefinanziert sind, können ihre Leistungen in mobilen Kontexten zusätzlich gegen Bezahlung anbieten [ChSk05]. Eine

wesentliche Voraussetzung für die breitenwirksame Durchsetzung innovativer m-Services ist, dass diese einen signifikanten Nutzen sowohl für Anbieter als auch für Nutzer schaffen. Der zu realisierende Nutzen muss für beide Parteien materiell und immateriell ausgeprägt sein.

Will ein Unternehmen etablierte e-Services auch als m-Services anbieten, ist es sinnvoll, verschiedene Services-Anbieter miteinander zu vernetzen. Dies verdeutlicht folgendes Zitat: „Für die Hersteller, Betreiber und Service Provider im mobilen Internet liegt also der Schlüssel zum Erfolg in der Fähigkeit, bei der Entwicklung und Bereitstellung von leicht nutzbaren Anwendungen für den Massenmarkt zusammenzuarbeiten. Die Gewinner des Marktes werden jene sein, denen es gelingt, Allianzen zwischen Content-Anbietern und Technologiefirmen zu formen, um für den Nutzer an seinem Aufenthaltsort wertvolle und nützliche Informationen bereitzustellen.“ [Stau01] Die Vernetzung einer Vielzahl solcher Service-Anbieter ist zunächst von hohen technischen und organisatorischen Voraussetzungen abhängig. So muss aus technischer Sicht eine Vielzahl von Systemen miteinander vernetzt werden und diese müssen zum Teil um neue m-Service-Schnittstellen und Standards erweitert werden. Wird ferner davon ausgegangen, dass Unternehmen in den letzten Jahren sehr viel in zugrunde liegende Anwendungssysteme investiert haben, muss darauf geachtet werden, dass dieser Entwicklungsprozess durch die Migration bestehender Systeme hin zu mobilen Systemen möglichst investitionsschonend gestaltet wird. Hierzu bedarf es einer methodischen Vorgehensweise, wie sie die Migration offeriert.

#### **4 Vorteile der Migration als Methode**

Migrationsstrategien zielen im dargestellten Kontext der Migration von e- zu m-Services darauf, Erhaltenswertes zu bewahren, indem erprobte Komponenten/Verfahren wieder verwendet und adaptiert werden. Sie dürfen nicht nur auf Techniksysteme (Anwendungen, Architekturen, Konzepte, Entwürfe, Schnittstellen) bezogen sein, sondern müssen sich auch auf organisatorische Aufbaustrukturen, personale Qualifikationen (Humankapital), Prozesse und Funktionen sowie auf Konfliktpräventionsstrategien und Konfliktlösungen erstrecken. Die Migration erfordert somit eine balancierte Gestaltung einer Vielzahl von Systemelementen. Eine Fokussierung auf einzelne Dimensionen ist ungeeignet, das Bündel positiver Migrationwirkungen zu realisieren. Migration kann dabei

- die Akzeptanz und Motivation der vom Systemwandel Betroffenen stärken. Dadurch bewahren Wissen und Erfahrungen weitgehend ihren Wert.
- die Systementwicklung und -implementierung beschleunigen. Eine Teilmenge von Systemkomponenten wird nicht neu entwickelt, sondern „lediglich“ integriert.
- die Stabilität der migrierten Anwendungsunterstützung erhöhen und das Risiko des Scheiterns verringern. Die Nutzung durch die Betroffenen kann partiell auf gesicherten Erfahrungen aufsetzen und somit zur Vermeidung von Fehlverhalten beitragen.
- durch Wiederverwendung von vorhandenen Qualifikationen und Kompetenzen, von Strategien der Fehlervermeidung und von Prozesswissen die Chance bieten, Kosten zu senken und die Leistungsqualität zu steigern. Bestehende Geschäftsprozesse und -logiken können dabei zielgerichtet weiterverwendet werden.

Diese Migrationseffekte sind nicht nur bei Systemnutzern (Mitarbeitern, Kunden, Lieferanten etc.), sondern auch bei Systementwicklern (dank Mehrfach- und Wiederverwendung) und Systemintegratoren (z.B. bei internen und externen Vernetzungen von Anwendungssystemen und Prozessen) zu erwarten. In Bezug auf die Etablierung mobiler Services kann ein solches Vorgehen die Nutzung derselben durch das Aufgreifen bestehender, akzeptierter Systeme fördern und gleichfalls den Anbietern einen gesicherten Weg zur Realisierung offerieren.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass die Erweiterung von etablierten, akzeptierten e-Services des täglichen Privat- und Berufslebens um mobile Komponenten Nutzer wie Anbieter vor massive Herausforderungen stellt. Diesen Wandel grundlegender Kommunikations- und Interaktionsformen gilt es seitens der Anbieter durch angemessene Planungs- und Kontrollmechanismen sowie -instrumente und unter besonderer Berücksichtigung der Nutzeranforderungen zu optimieren. In diesem Zusammenhang gelten sowohl technische und organisatorische als auch soziale Einflussfaktoren als beeinflussbare, aber auch beeinflussende Variablen im Prozess des Wandels. Ein umfassendes Migrationskonzept zu Gestaltung des Übergangs von e- zu m-Services ist entsprechend der Komplexität des Themas unabdingbar: einerseits, um vorhandene Investitionen zu schonen, andererseits, um bewährte Anwendungssysteme einer weiteren Nutzung zuzuführen. Ferner lassen sich somit Änderungen der zugrunde liegenden Anwendungssysteme und der dahinter verborgenen Gewohnheiten der Konsumenten, aber auch der Geschäftsprozesse auf Anbieterseite, prognostizieren.

Die dargestellten Ansätze unterstreichen, wie verschiedenartig Migrationsansätze je nach gewählter Perspektive ausgestaltet sein können. Dennoch folgen sie gemeinsamen Zielsetzungen und dienen kombiniert dem Aufbau von Migrationskompetenz. Dieser Aufbau und die Entwicklung von Migrationskompetenz bedeutet mehr als die Erlangung der Eigenschaften zur fachlichen und technischen Übertragung von Daten in neue Systeme. Eine Herausforderung besteht darin, bei der parallelen Anwendung verschiedener Ansätze Wechselwirkungen aufzudecken. Deren wechselseitige Betrachtung beherbergt Potenziale, die teils auch widerstreitenden Interessen in einem bestmöglichen Gesamtausgleich zu harmonisieren und so zu einer interdisziplinären Optimallösung zu gelangen. Dabei sind in die Bewertung von Migrationsprozessen mögliche Effekte einer Mehrfachverwendung von Konzepten, Infrastrukturen, Anwendungssystemen und (Medien-) Kompetenzen einzubeziehen. Die Ökonomität eines solchen Prozesses erscheint betrachtenswert und erfolgskritisch.

Insgesamt verdeutlicht dieser Beitrag, dass e-Services durch Migrationen zielgerichtet in m-Services überführt werden können. Die Ergebnisse lassen zudem erwarten, dass Migration als strategiegetriebener kontinuierlicher Verbesserungsprozess der IKT-Unterstützung in Wirtschaft, öffentlicher Verwaltung und im privaten Bereich zu einer Alternative für die Gestaltung technologischer und organisatorischer Innovationen avanciert. Die Anwendung verschiedener Ansätze zur Optimierung der Migrationsziele und der verbundenen Wandlungsprozesse ermöglicht erfolgreiche Überführungen bestehender in neuartige Services.

## **Literaturverzeichnis**

- [Berl04] Berlecon Research: Prozesse optimieren mit Mobile Solutions. Basis Report. Berlin 2004. <http://www.berlecon.de>. Abruf am 2005-12-17.
- [BFKS04] Bohl, Oliver; Frankfurth, Angela; Kuhlenkamp, Andreas; Schellhase, Jörg; Winand, Udo: Migrationskompetenz im Kontext der Komplexität mobiler Systeme. In: Engeli, M.; Meißner, K. (Hrsg.): Virtuelle Organisationen und Neue Medien 2004. Eul, Köln/Lohmar 2004, S. 115-126.
- [Bues93] Bues, Manfred: Migration zu offenen Systemen. In: HMD - Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik. Heft 172. dpunkt, Heidelberg 1993.

- [Buse02] Buse, Stephan: Der mobile Erfolg – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung in ausgewählten Branchen. In: Keuper, F. (Hrsg.): Electronic-Business und Mobile- Business. Wiesbaden 2002, S. 91-116.
- [ChSk05] Chen, Lei-da; Skelton, Gordon: Mobile Commerce Application Development. Cybertech, Hershey, 2005.
- [Döme98] Dömer, Fabian: Migration von Informationssystemen – Erfolgsfaktoren für das Management. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 1998.
- [Geie99] Geier, Christoph: Optimierung der Informationstechnologie bei BPR-Projekten. Verlag Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1999.
- [HBBB03] Hilty, Lorenz M.; Behrendt, Siegrid; Binswanger, Mathias; Bruinink, Arne; Erdmann, Lorenz; Fröhlich, Jürg; Köhler, Andreas; Kuster, Niels; Som, Claudia; Würtenberger, Felix: Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft – Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt. Studie des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung. TA-SWISS, Bern 2003.
- [IEEE91] Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE Standard Computer Dictionary. IEEE Standard Computer Glossaries. New York 1991.
- [KhPW03] Khodawandi, Darius; Pousttchi, Key; Winnewisser, Christian: Mobile Technologie braucht neue Geschäftsprozesse. Universität Augsburg. <http://www.wi-mobile.de>, Abruf am 2006-06-19.
- [Meie97] Meier, Andreas: Datenbankmigration – Wege aus dem Datenchaos. In: HMD Heft 194. dpunkt.verlag, Heidelberg 1997, S. 24-36.
- [NeSe93] Netze, Jost; Seelos, Hans-Jürgen: Szenarien und Strategien der Datenmigration. In: Wirtschaftsinformatik 35 (4/1993), S. 320-324.
- [Salk04] Salkintzis, Apostolis K.: The Evolution toward the Mobile Internet. In: Salkintzis, Apostolis K. (Ed.): Mobile Internet – Enabling Technologies and Services, CRC Press, Boca Raton, 2004.

- [Saty02] Satyanarayanan, Mahadev: A Catalyst for Mobile and Ubiquitous Computing. In: Pervasive Computing, January-March 2002, S. 2-5.
- [ScGK03] Scheer, August-Wilhelm; Grieble, Oliver; Klein, Ralf: Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In: Bullinger, Hans-Jörg; Scheer, August-Wilhelm (Hrsg.): Service Engineering. Berlin, 2003, S. 19-49.
- [Simo92] Simon, Alan R.: Systems Migration. Van Nostrand Reinhold, New York 1992.
- [Snee99] Sneed, Harry M.: Objektorientierte Softwaremigration. Addison Wesley Longman Verlag, Bonn 1999.
- [Stae98] Staehle, Wolfgang H.: Management. Vahlen, München 1998.
- [Stau01] Staudt, Erwin: Die mobile Gesellschaft. In: Buhl, Hans Ulrich; Huther, Andreas; Reitwiesner, Bernd (Hrsg.): Information age economy – 5. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2001. Physica, Heidelberg 2001, S. 15-28.
- [Tele04] Telegance: Mobile Datendienste – Der Silberstreif am Mobilfunkhimmel. <http://www.telegance.de>, Abruf am 2004-05-07.
- [Vesa05] Vesa, Jarkko: Mobile Services in the Networked Economy. IRM, Hershey 2005.
- [Walk93] Walk, Christian: Aufgaben und Methoden eines Migrationszentrums. In: Wirtschaftsinformatik. Vieweg, Wiesbaden Heft 4/1993.
- [Weis93] Weiser, Mark: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiCACM.html>, 1993-03-23, Abruf am 2006-06-07.
- [WWMB00] Westarp, Falk von; Weitzel, Tim; Margaritis, Kosmas; Buxmann, Peter; König, Wolfgang: Entscheidungen über betriebliche Standardsoftware – Die Migration des SAP-Systems bei der LSG. SFB 403 Arbeitsbericht (00-08), Frankfurt 2000.
- [ZoKJ02] Zoche, Peter; Kimpeler, Simone; Joepgen, Markus: Virtuelle Mobilität: Ein Phänomen mit physischen Konsequenzen? Springer, Berlin 2002, S. 1-10.

# Automotive Service Engineering

## Systematische Entwicklung personalisierbarer und interaktiver mobiler Dienste für den Automobilsektor

Holger Hoffmann, Dr. Jan Marco Leimeister, Prof. Dr. Helmut Krcmar

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
Technische Universität München  
85748 Garching bei München  
{holger.hoffmann,leimeister,krcmar}@in.tum.de

### Abstract

Ziel dieses Beitrags ist die Konzeption und Erprobung eines Ansatzes zur systematischen Entwicklung mobiler Mehrwert-Dienste im Fahrzeug. Dies beinhaltet die Beschreibung eines *Design Frameworks* um den Entwicklungsprozess mobiler Dienste in den verschiedenen Entstehungsphasen adäquat unterstützen zu können. Anhand eines *Vorgehensmodelles*, das iterative Diensteentwicklung mit Prototyping kombiniert, wurde ein konkreter Beispieldienst nach dem Design Framework erstellt. Für diesen Dienst, MACS<sup>1</sup> MyNews, wurden *Diensteszenarios* aufgestellt, ein *Wertschöpfungsnetzwerk* aufgezeigt, *Technologien* zur Erbringung ausgewählt, eine *prototypische Implementierung* durchgeführt und der so entwickelte Dienst hinsichtlich des Einflusses auf die *Fahrsicherheit* untersucht. Die Evaluation von Framework und Vorgehensmodell anhand des MACS MyNews Dienstes erlaubt empirisch fundierte Aussagen über Eignung und Nutzen des entwickelten systematischen Entwicklungsansatzes.

## 1 Einleitung

Mobile Dienste im Automobilmarkt waren die letzten Jahre nicht sehr erfolgreich in Deutschland. Als Hauptgründe für deren Scheitern am Markt werden meist die folgenden

---

<sup>1</sup> Mobile Automotive Cooperative Services (MACS) ist ein vom BMBF gefördertes Forschungsprojekt (FKZ: 01 HW 0207 ); weitere Informationen finden Sie unter [www.projektmacs.de](http://www.projektmacs.de)

Gründe genannt: a) die Kommunikationskosten waren zu hoch [Fros03], b) die angebotenen Dienste trafen nicht wirklich die Bedürfnisse der Kunden [Fuhr01; Werd05] und c) waren mobile Dienste vor allem in der Entwicklung zu sehr auf Technologien fixiert [Werd05], die mangelhafte Berücksichtigung ökonomischer Aspekte machte es fast unmöglich langfristig erfolgreiche Dienste anzubieten.

Durch die Verfügbarkeit neuer breitbandiger digitaler Übertragungswege wie UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) oder DAB (Digital Audio Broadcast, Digitalradio) und dem Preisverfall besonders im Mobilfunk kann das erste der Probleme eliminiert werden. Hieraus ergibt sich die zentrale Forschungsfrage die in diesem Beitrag adressiert wird: „Wie können innovative mobile Dienste für den Automobilsektor systematisch entwickelt und zur Serienreife getragen werden?“

## **2 Anforderungen an die systematische Entwicklung mobiler Dienste im Fahrzeug**

Zur Ermittlung der Anforderungen an mobile Dienste im Fahrzeug sowie deren systematische Entwicklung wurden über zwei Jahre Expertengespräche bei einem bayerischen Automobilhersteller geführt und die Anforderungen entsprechend systematisiert.

*Dienste müssen mehr die existierenden Probleme des Endnutzers betrachten:* daraus folgt, dass Rahmenbedingungen für die Erbringung des Dienstes erhoben werden müssen, der Kundennutzen wird in Form von Use Cases abgebildet und Endnutzer werden aktiv in den Erstellungsprozess eingebunden.

*Dienste sollen rentabel sein:* aus diesem Grund muss die Zahlungsbereitschaft der Kunden abgefragt werden, ein Prototyp kann dies unterstützen, der Business Case des Dienstes mit Value Proposition muss stimmig sein und der Dienst muss in das Herstellerkonzept für Dienst vor Kunde integriert werden (können).

*Dienstleistung(en) werden nicht alleine, sondern mit Partnern erbracht:* Für jeden Dienst gibt es ein spezielles Anforderungsprofil der benötigten Partner, ein akzeptables Geschäftsmodell für jeden Partner muss gefunden werden.

*Technologie soll die Dienstleistung unterstützen, keine technologiegetriebene Dienstentwicklung:* Technologien müssen auf Rahmenbedingungen des Dienstes gemappt und



evaluiert werden können. Eine Dienstplattform erlaubt den einfachen Austausch von Einzelkomponenten.

*Dienste müssen sicher während der Fahrt benutzbar sein:* Beachtung der jeweiligen gesetzlichen Vorgaben je nach Art des Dienstes, realitätsnahe Prototypenevaluation im Fahrzeug muss möglich sein.

Um mobile Dienste zukünftig erfolgreicher entwickeln zu können werden im folgend dargestellten Design Framework diese ökonomischen und technologischen Anforderungen aufgegriffen und zusammengeführt. Ergänzt wird dieses Design Framework durch ein Vorgehensmodell zur effizienten und effektiven Anwendung des Frameworks.

### **3 Das MACS Design Framework**

Aufbauend auf den vorhergehend identifizierten Anforderungen ist das MACS Design Framework in folgende Teilbereiche (bzw. Sichten) untergliedert (vgl. Abb. 1), die jeweils einen Schritt im Entstehungszyklus eines mobilen Dienstes beschreiben: Die *Diensteszenarien* umfassen den allgemeinen Aufbau und Rahmen in dem der Dienst zum Einsatz kommen soll, sowie Use Cases für den mobilen Dienst. Anhand der Diensteszenarien werden detaillierte Informationen, wie Nutzeranforderungen oder die Zahlungsbereitschaft (bspw. über Workshops mit Fokusgruppen [BoDö02]), für bestimmte Dienste möglichst frühzeitig ermittelt. Eine Analyse der Diensteszenarien nach benötigten Partnern zur Dienstleistungserbringung ergibt Informationen in welcher Form die einzelnen Partner im *Wertschöpfungsnetzwerk* interagieren können und wie das Wertschöpfungsnetz aufgebaut sein kann bzw. sein soll.

Eine der größten Herausforderungen für ein Framework im Automobilbereich ist der große Zeitverzug in den Lebenszyklen von Automobil und der im Auto verwendeten Software [Hart04]. Während die durchschnittliche Lebensdauer eines Autos rund zehn Jahre beträgt, lösen neue Technologien und Software einander alle zwei bis drei Jahre ab und machen es damit schwierig den Lebenszyklus der Automobilherstellung zu managen [Moha06]. Um eine tragfähige Auswahl an Technologien zu ermöglichen und die Erstellung einer Infrastruktur zur Kompensierung des „lifecycle mismatch“ zwischen Software und Automobil zu ermöglichen ist besonderes Augenmerk auf die Bereiche *Technologien* sowie *Prototyp und Plattform* zu legen. Hinzu kommt die notwendige Betrachtung der *Sicherheitsaspekte* zur Sicherstellung der sicheren Benutzbarkeit des Dienstes während der Fahrt. Der Ausgangspunkt für diese

Betrachtungen ist die Verknüpfung der Diensteszenarien mit den verfügbaren Technologien, gefolgt von der Prototypingphase zur Demonstration und Evaluation des Risiko- und Nutzenpotentials. Ist der Dienst für straßentauglich befunden folgt die Planung des Roll-Out des *Live Dienstes*.

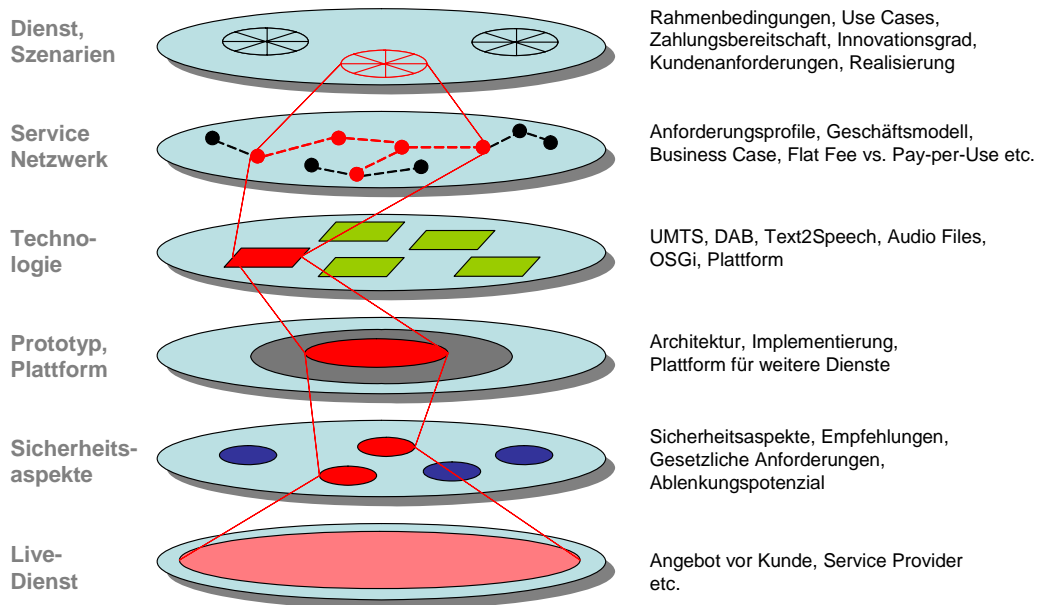


Abbildung 1: MACS Design Framework  
(Quelle: eigene Darstellung)

Die Anwendung solch eines Frameworks zur systematischen, iterativen Entwicklung mobiler Dienste stellt die Entwickler allerdings vor einige Hürden: Strategien für das *Diensteszenario* müssen mit den verfügbaren *Technologien* in Übereinstimmung gebracht werden, das *Wertschöpfungsnetzwerk* muss die Strategien des Szenarios tragen, Beteiligte *unterschiedlicher Arbeitsgebiete* müssen zusammenarbeiten können, d.h. zumindest die Begrifflichkeiten der anderen verstehen und deren Entscheidungen nachvollziehen können und Funktionalität muss *iterativ aufgebaut* und kontinuierlich anhand bestimmter Faktoren *evaluiert* und *angepasst* werden.

Im weiteren Verlauf werden die Prozesse der Dienstleistungsentwicklung in den Mittelpunkt gestellt. Konkret bedeutet dies, dass die Stufen von den Diensteszenarien bis zur Evaluation der Sicherheitsaspekte weiter betrachtet werden, nicht jedoch die Planung des Live Dienstes und die Durchführung des eigentlichen Dienste Roll-Out.

## 4 Vorgehensmodell für die Anwendung des MACS Design Framework

Die Anwendung des MACS Design Frameworks beinhaltet einige Aspekte aus denen sich gezielt Anforderungen für ein Vorgehensmodell der Dienstleistungserstellung ermitteln lassen.

- Die neu konzipierten Dienste stellen Innovationen dar, Anforderungen lassen sich nicht alle im Vorfeld bestimmen und können sich während der Entwicklung auch ändern. Der Entwicklungsprozess muss also iterativ abgearbeitet werden können.
- Die mittels des Design Framework entwickelten Dienste sollen so gut wie möglich die Anforderungen der Kunden treffen, das bedingt ein hohes Maß an Nutzerintegration in den Entwicklungsprozess.
- Eine valide Sicherheitsevaluation für neu entwickelte mobile Dienste ist nur in der vorgesehenen Umgebung, d.h. im Auto sinnvoll. Das bedeutet, dass spätestens für die Sicherheitsevaluation ein im Fahrzeug testbarer Prototyp verfügbar sein muss.

Aus diesen Anforderungen ergibt sich entsprechend ein iterativer Entwicklungsprozess, der die Anforderungen der Nutzer sowie die Verkehrssicherheit des Dienstes durch Prototypenevaluationen einbeziehen kann. Die in der Informatik oft verwendeten linearen Entwicklungsmodelle, wie das Wasserfallmodell [Royc70], sind für diese Anforderungen also nicht anwendbar. Wesentlich geeigneter sind Prozessmodelle mit denen iterativ gearbeitet werden kann, z.B. das Spiralmodell [Boeh88]. Hier werden die Annahmen eines Prozessschrittes im Modell im folgenden Schritt evaluiert und liefern somit Eingaben für eine neue Iteration. Dies gilt sowohl für weitere Anforderungen während der Analysephase jedes Schrittes (d.h. Informationsfluss von oben nach unten) als auch für Evaluationsergebnisse für vorhergehende Schritte (d.h. Informationsfluss von unten nach oben).

Um den neuen Dienst hinsichtlich der Bedienbarkeit und der Straßentauglichkeit evaluieren zu können ist es nötig einen gut in die Fahrzeuginfrastruktur integrierten Prototypen zu erstellen und die Bedienschritte möglichst genau abzubilden. Auch hier ist die Anwendung der üblichen Standardmethoden des *vertikalen* oder *horizontalen Prototyping* (nach [Floy83]) ineffizient oder kaum zu gebrauchen. Ein horizontaler Ansatz verbietet die Integration des Prototypen in die Infrastruktur des Fahrzeuges, die sinnvolle Evaluation der mobilen Dienste in Ihrer späteren Umgebung ist damit unmöglich. Die komplette Integration durch einen vertikalen Ansatz bedeutet andererseits, dass die Benutzung des konkreten Dienstes nicht in seiner Gänze betrachtet werden kann. Damit ist wiederum eine Evaluation der Gefährdungspotentiale nur

bedingt möglich. Diese Probleme löst die Kombination beider Prototypingansätze zu einem *diagonalen Prototyping*: spezielle oder einzigartige Funktionalität des Dienstes, wie z.B. die Präsentation personalisierbarer Nachrichten oder die Eingabemöglichkeit via Sprachbefehl, wird im komplett implementiert (vertikaler Ansatz). Die meisten Funktionen davon in einer Form wie sie der Kunde im endgültigen Dienst erleben würde, aber nicht notwendiger Weise in derselben Form wie sie technisch im finalen Produkt umgesetzt würden (horizontaler Ansatz). Damit wird die Komplexität der Entwicklung in einer hoch proprietären embedded Umgebung (d.h. der Infrastruktur des Autos und seiner Infotainment-Einheit) entschärft. Es ist dabei jedoch immer noch möglich dem Endnutzer die wichtigen Innovationen in der in einem Fahrzeug erwarteten Form näherungsweise darzustellen.

Kombiniert man das iterativ gestaltete MACS Design Framework mit seinen abgegrenzten Phasen mit dem diagonalen Prototypingansatz ergibt sich das in Abbildung 2 dargestellte MACS Vorgehensmodell. Im Kern ist das Prozessmodell zur Entwicklung ein iterativer Prozess, abgeleitet aus den generischen Beschreibungen der Spiralmodelle von [Boeh88]. Hinzu kommen Elemente aus dem Prototyping, so wird im Vergleich zum ursprünglichen Spiralmodell mehr Wert auf die Ausarbeitung einzelner Szenarien, die Darstellung von (Zwischen-)Ergebnissen in Prototypen und der somit ermöglichten Einbeziehung der Nutzer, gelegt.

Jede der geplanten Iterationen beginnt mit einer Planungsphase für die Aktivitäten der jeweiligen Iteration. Darauf folgend werden die Anforderungen der aktuellen Phase erhoben, entweder anhand früherer Feldstudien und Experteninterviews (1. Iteration) oder durch die Einbeziehung von Endnutzern und Experten (2.-4. Iteration). Die in der Konstruktionsphase erstellten Komponenten/Systeme werden nach Abschluss der Phase evaluiert. Anhand der initialen Anforderungsanalyse und der aus der Evaluation extrahierten sozio-technischen & wirtschaftlichen Anforderungen ergeben sich somit die Eingaben für die folgende Iterationsphase.

## Iterative Dienstentwicklung in Kombination ...

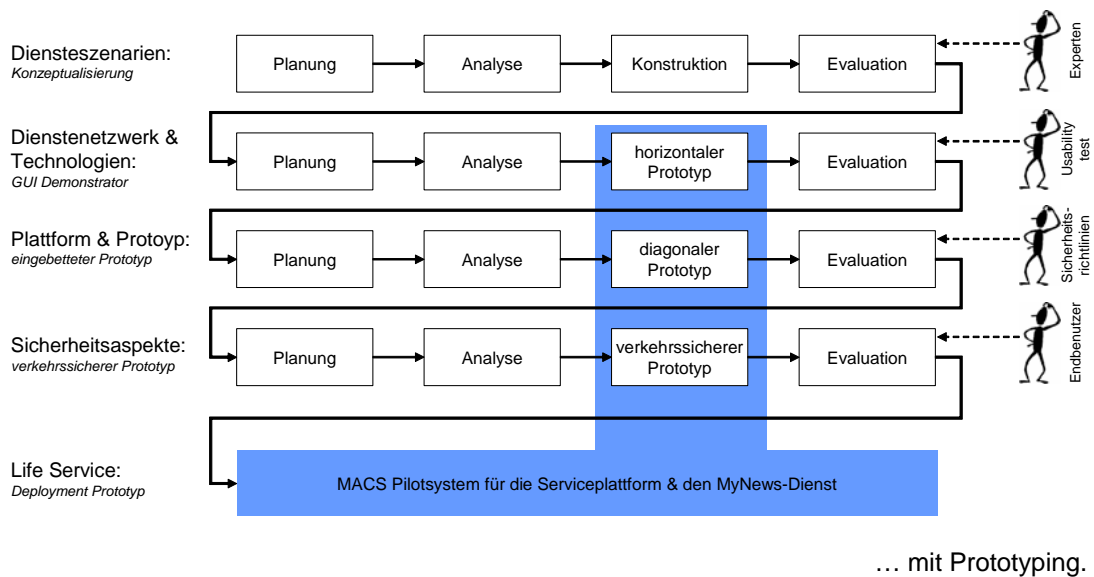


Abbildung 2: MACS Vorgehensmodell  
(Quelle: eigene Darstellung)

## 5 Praktische Anwendung des MACS Design Framework nach dem Vorgehensmodell

Im folgenden Abschnitt wird die Anwendung des MACS Design Framework auf einen exemplarischen Dienst nach dem entsprechenden Vorgehensmodell beschrieben. Dabei werden jeweils insbesondere die Erkenntnisse der einzelnen Stufe auf dem Weg zu einem ausrollbaren mobilen Dienst für das Automobil herausgearbeitet. Die Planung des ausrollbaren Dienstes selbst ist nicht Gegenstand dieses Vorgehensmodelles. Erster Schritt dazu ist die Auswahl eines passenden Dienstes, der für eine Umsetzung Erfolg versprechend scheint. Als Basis der Auswahl dient ein „Forschungsradar“<sup>2</sup> von denkbaren personenbezogenen Diensten. Aus den insgesamt 40 Diensten des Forschungsradars wurde ein personalisierbarer Nachrichtendienst, MACS MyNews, aufgrund des Kundennutzen, der Bepreisbarkeit, des Innovationsgrades sowie der technischen Realisierbarkeit eines Prototypen als aussichtsreichste Idee bewertet und umgesetzt.

<sup>2</sup> Vgl. [Ehme02]. Hierzu sind unterschiedliche Vorschläge erarbeitet worden (vgl. bspw. Future Applications Lab (<http://www.viktoria.se/fal/>); Global Systems for Telematics (<http://www.gstproject.org/>)), das Thema ist ebenfalls laufend Gegenstand der SIGMobile (<http://www.sigmobile.org/>)

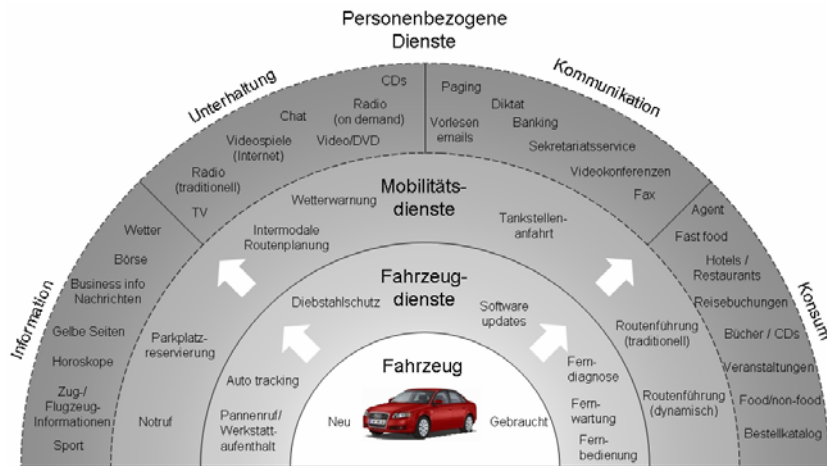


Abbildung 3: MACS Forschungsradar  
(Quelle: angelehnt an [Ehme02])

## 5.1 MACS Dienste Szenarios

Zu Beginn der Dienstleistungsentwicklung, die laut Anforderung stark an Kundenbedürfnisse angelehnt ist, sind drei elementare Fragen aus der entsprechenden Literatur, z.B. [Broc99], zur Identifikation des Diensteszenarios zu beantworten: *Wer* sind meine Kunden (Zielgruppe), *was* biete ich ihnen an (Value Proposition) und *wie* wird der Dienst erbracht (Produktion & Lieferung, => s. 5.2).

„*Wer hat Interesse daran mobile Dienste zu nutzen und dafür zu bezahlen?*“ Für MACS MyNews wurden Szenarien identifiziert, die aus der alltäglichen Nutzung unserer Autos resultieren. Fast 2/3 der deutschen Arbeitnehmer legen den Arbeitsweg per Auto zurück, 4 von 5 wenn die zurückzulegende Entfernung 10km übersteigt. Über die Hälfte der Pendler benötigt dabei bis 30 Minuten für die einfache Strecke [Stat05]. Ähnliche Situationen finden sich weltweit, so beträgt die durchschnittliche Zeit für U.S. Pendler 25 Minuten [Unit03].

„*Welche Art von Dienst ist nützlich für die Zielgruppe?*“ Fahrer sind üblicherweise nicht komplett auf ihre Fahraufgabe konzentriert, sondern sind durch andere Beschäftigungen, z.B. Radio hören, abgelenkt. Somit können es personalisierbare und interaktive mobile Dienste dem Fahrer erlauben seine Zeit im Fahrzeug effizienter zu nutzen und ihm zielgerichtet Informationen zukommen zu lassen – dies ist der Grundgedanke von MACS MyNews.

Das Diensteszenario: MACS MyNews ist ein personalisierbarer, interaktiver Nachrichtendienst, der es den Nutzern erlaubt sich als Redakteur und Endnutzer ihrer eigenen Nachrichtensendung zu sehen. MACS MyNews stellt jederzeit aktuelle Informationen bereit, nicht nur zu jeder vollen und halben Stunde wie beim klassischen Radio. Der Fahrer kann als „Chefredakteur“ seine Interessensgebiete nach Themen sortiert wählen, die Reihenfolge der Nachrichten

bestimmen, Gewichtungen der Kategorien vornehmen etc. Die Nachrichtensendung selbst beginnt „auf Knopfdruck“ und kann jederzeit pausiert werden, z.B. falls der Fahrer tanken muss. Es ist auch möglich mit MACS MyNews zu interagieren, also zwischen Nachrichten vor und zurück zu springen, bzw. sich eine Nachricht nochmals vorlesen zu lassen, falls man ein Detail der Nachricht verpasst hat.

## **5.2 MACS Wertschöpfungsnetz**

Im zweiten Schritt der Entwicklung werden die benötigten Partner für ein Wertschöpfungsnetz spezifiziert und deren Verbindungen untereinander analysiert. Aus den vorher erstellten Diensteszenarien lassen sich mögliche Partner ermitteln. Im Falle von MACS MyNews wird für die Erstellung der Inhalte entsprechend ein Inhaltenanbieter für Nachrichteninhalte benötigt. Die Auswahl der Zielkunden erlaubt die Eingrenzung auf sinnvolle Partner bei den Automobilherstellern: Fahrer von hochpreisigen Limousinen sind eher an einem Live-Börsenticker interessiert als an mobilen Spielen. Durch die Klärung wie die Daten & der Dienst geliefert werden schließt sich die Lücke zwischen der Erstellung und dem Konsum der Inhalte. Es ist wichtig anzumerken, dass im Besonderen die erste und letzte Frage nicht sofort beantwortet werden können. In beiden Fällen ist es nötig die technologischen Möglichkeiten für den Dienst im folgenden Schritt auszuarbeiten um korrekte Antworten auf diese Fragen zu erhalten.

Das Wertschöpfungsnetz für MACS MyNews wird von der Dienstbeschreibung abgeleitet: die den Kunden präsentierten Nachrichten werden durch verschiedene Inhaltenanbieter (Content Provider) geliefert, ein Diensteanbieter (Service Provider) aggregiert die Daten (redundanzfrei) und bereitet sie redaktionell auf, bevor sie in das Auto übertragen und dargestellt werden. Der Hauptübertragungsweg zum Kunden ist Digitalradio (DAB), zusätzliche Mehrwertdienste, z.B. Detailinformationen oder Videos, können über das Mobiltelefon heruntergeladen werden. Die Anordnung der einzelnen Partner im MACS MyNews Wertschöpfungsnetzwerk ist sternförmig ausgelegt, mit dem Diensteanbieter im Zentrum. Die anderen Partner sind entsprechend ihrer Rollen während der Dienstbringung um den Diensteanbieter angeordnet.

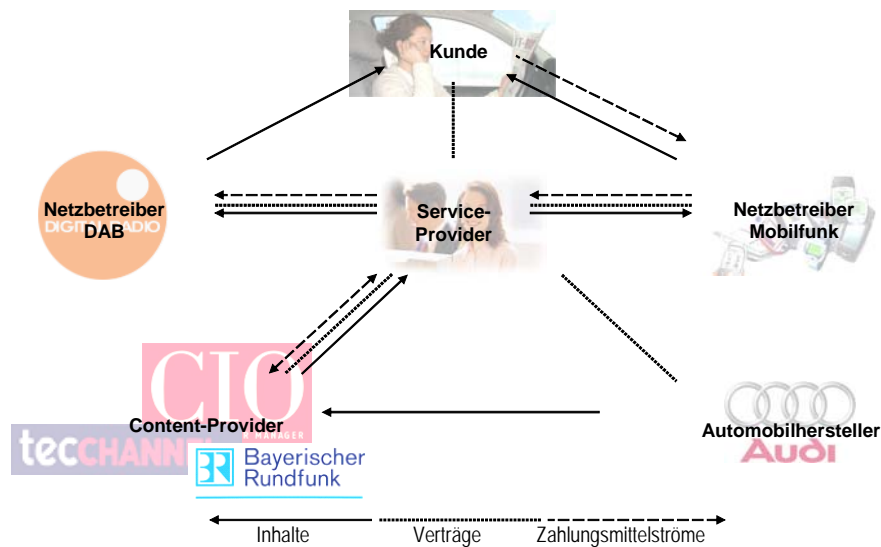


Abbildung 4: MACS MyNews Wertschöpfungsnetzwerk  
(Quelle: eigene Darstellung)

### 5.3 MACS Technologien

Die logische Trennung der mobilen Dienste in die drei Abschnitte, Erstellung/Aggregation, Übertragung und Darstellung, wie sie im Wertschöpfungsnetz deutlich wird ist auch auf den Bereich der Technik anwendbar. So müssen für die *Erstellung/Aggregation* der Informationen passende Datenformate gefunden werden, welche zusammen mit dem Nutzungsszenario aus dem ersten Schritt beträchtlichen Einfluss auf die Art und Weise wie die Daten *übertragen* werden haben. Die im Fahrzeug verfügbare Menge und Art der Daten beeinflusst schließlich die Möglichkeiten der *Darstellung* im Fahrzeug.

Die Annahmen aus dem MACS MyNews Diensteszenario beeinflussen die Auswahl eines geeigneten Datenformates (Audio/Video oder Text) wie auch den Wahl des geeigneten Übertragungsweges. Die Kommunikationskosten der Übertragung per Mobilfunk werden vom Kunden bezahlt oder müssen vom Erbringer der Dienstleistung getragen werden, dadurch kann der Dienst allerdings unrentabel werden. Entsprechend dazu bietet sich als Übertragungsweg DAB an, das wiederum Fragen zu Datenformat, Übertragung und Darstellung nach sich zieht. In Anbetracht einer für Endnutzer kostenfreien MACS MyNews Version ist die logische Konsequenz die Übertragung über einen Rundfunkkanal, hier DAB. Audiodaten liefern zwar eine gute Sprachqualität, sind jedoch aufgrund ihrer Größe in der Übertragung sehr teuer und stellen deshalb keine Option für den konzipierten Dienst dar. Es bleibt die Übertragung der Informationen als Textdaten. Durch deren geringere Größe reduziert sich das



Übertragungsvolumen um einen Faktor von 30, die gesamten personalisierbaren Nachrichten können zeitnah in das Fahrzeug übertragen werden.

Als eine Art „Expertenevaluation“ kann hier gesehen werden, dass mit „Journaline“ das gleiche Problem der effizienten Datenübertragung von komplett unabhängiger Stelle auf genau dieselbe Art und Weise gelöst wurde<sup>3</sup>. Für zukünftige Versionen von MACS MyNews bietet es sich daher an auf dem jetzt verfügbaren Standard Journaline aufzubauen und dessen Verfügbarkeit und Verbreitung mit zu nutzen.

#### **5.4 MACS Prototyp & Plattform**

Eine gute Abstraktion der Abläufe in einem Framework für die Entwicklung einer Plattform zu finden ist eine schwierige Aufgabe, die oftmals mehrere Iterationsschritte umfasst [FaSJ99]. Um ein zuverlässiges Design in möglichst wenigen Iterationsschritten zu erhalten ist es nötig sowohl kontextspezifische Anforderungen zu erheben wie auch die aktuellen Best-Practices in einem möglichst ähnlichen Gebiet zu analysieren. Aus diesem Grund kommt eine Kombination zweier Analysemethoden zum Einsatz. Kontextspezifische Anforderungen in der Domäne (d.h. mobile Dienste im Fahrzeug) werden mittels der „domain analysis“ [ATMB99] erhoben und durch eine “best practice” Analyse [Boon99] der beiden am Markt zur Verfügung stehenden Architekturen, der Siemens “Top Level Architecture” (TLA) und AutoSAR [HSFB04], komplettiert.

Um eine strikt getrennte modulare Infrastruktur im Fahrzeug zu schaffen wird die Funktionalität des MACS Framework in „Basisdienste“ aufgeteilt, in denen Funktionen logisch gruppiert sind und die untereinander kommunizieren können. Als Laufzeitumgebung und als Kommunikationsplattform kommt das OSGi Framework [OSGi05] zum Einsatz. Jeder dieser Basisdienste steht entweder für ein Interface zur Infrastruktur des Automobils, stellt die sichere Benutzbarkeit (auch während der Fahrt) der mobilen Dienste sicher oder ist ein weiterer Architekturbaustein in OSGi [OSGi05]. Das OSGi Framework selbst stellt dabei wichtige und robuste Funktionen bereits zur Verfügung, u.a. das Lebenszyklusmanagement für Komponenten und das dynamische Finden von Funktionalität. Darüber hinaus ist es möglich das OSGi-basierte System aus der Ferne zu aktualisieren oder neue Komponenten hinzuzufügen [Pale02; Wong01].

---

<sup>3</sup> Zink, A.: NewsService Journaline - Der Nachrichtenservice für den digitalen Rundfunk. In: Proceedings of the 17th International Scientific Conference Mittweida 2005. Mittweida, S. 20-23

Mit den vorgestellten Basisdiensten steht eine fahrzeugspezifische Programmierschnittstelle (API) zur Verfügung welche die Umsetzung neuer Dienste erleichtert. Dabei ist es nötig, dass von den Automobilherstellern (bzw. den Zulieferern) diese API entsprechend den offenen Spezifikationen umgesetzt wird um Entwicklern die eigenen Fahrzeuge als Zielplattform zugänglich zu machen.

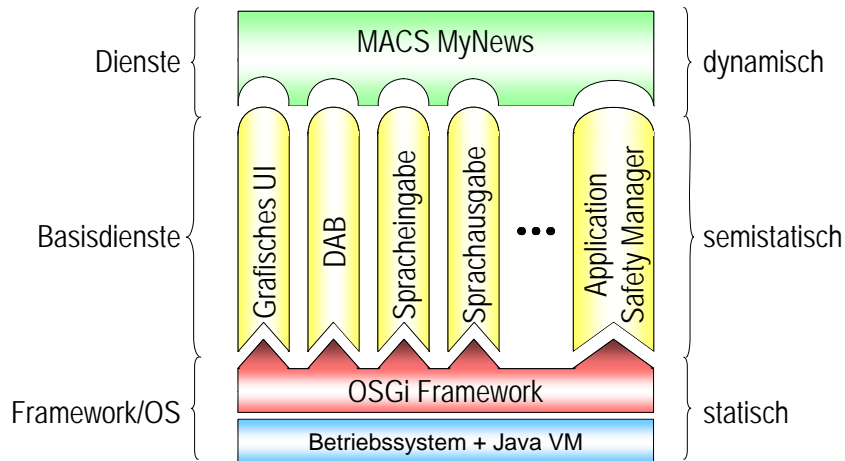


Abbildung 5: Architektur der MACS Dienstplattform  
(Quelle: eigene Darstellung)

„User Interface“ Basisdienste ermöglichen die Ausgabe von Informationen auf einem grafischen Display wie auch die Ausgabe von Texten per Sprachsynthese (Text-To-Speech). Als Eingabegeräte können so die haptischen Bedienelemente des Praxispartners unterstützt werden, Sprachbedienung wurde als weitere Eingabemöglichkeit nachgerüstet. Die Auswahl der passenden Art und Menge an Information die während der Fahrt dargestellt werden kann, zusammen mit der Auswahl des passenden Ausgabemediums, wird von einem eigenständigen Basisdienst übernommen, dem „Application Safety Manager“. Der Datentransfer vom zu zum Fahrzeug wird über den „Universal Cellphone Adapter“ und den „Broadcast Adapter“ abgewickelt. Als eine der Grundlagen für den Aufbau dieser Basisdienste können die Spezifikationen der unidirektionalen Dienste (die lediglich Rundfunk nutzen) und bidirektionalen Dienste aus dem Kontext des DIAMOND Projektes [BHKP01; HKPR01] herangezogen werden.

## 5.5 MACS Sicherheitsaspekte

Da es sich bei den im Rahmen von MACS betrachteten Dienste um *mobile* Dienste handelt ist deren sichere Nutzbarkeit während der Fahrt von entscheidender Bedeutung. Um das Gefährdungspotential mobiler Dienste zu Bewerten hat das Institut für Arbeitswissenschaft der

TU Darmstadt eine Sammlung von Sicherheitsleitfäden für mobile Dienste zusammengestellt und als erstes den MACS MyNews Prototypen dagegen evaluiert. Eingang in diese Sammlung fanden sowohl Arbeiten der „state of the art“, z.B. [Beck96; Tije00], als auch die aktuelle Gesetzgebung für Dienste im Fahrzeug.

Um die Straßentauglichkeit mobiler Dienste zu gewährleisten müssen diese auch während der Fahrt sicher nutzbar sein und der lokalen Gesetzgebung gehorchen [Beck99]. Benutzerschnittstellen die während der Fahrt bedient werden können sind damit unabdingbar. Auf der MACS Plattform sind Benutzereingaben nicht an das haptische Gerät gebunden, bei dessen Benutzung der Fahrer eine Hand vom Lenkrad nehmen müsste und seine Blickrichtung stark ändert, sondern können auch per Sprache erfolgen [FäFä84]. Dasselbe gilt für Ausgabegeräte: neben der visuellen Schnittstelle zum Fahrer gibt es eine Text-to-Speech Engine für die Sprachsynthese von Texten über den Audiokanal. Der Fahrer kann sich somit auf die Straße konzentrieren und muss nicht auf Bedienteile oder Monitor sehen um den Dienst nutzen zu können.

Um das Risikopotenzial dieser Lösung und von MACS MyNews zu evaluieren, wurden mit verschiedenen Probanden Testfahrten durchgeführt, deren Aufbau mit der Arbeit von [WiNS98] vergleichbar ist. Die Verwendung von MACS MyNews wurde dabei mit verschiedenen Anwendungsszenarien geprüft. Auf der einen Seite variierte die Fahrsituation: die Fahrten fanden auf Landstrassen, Autobahnen und auf innerstädtischen Strassen statt. Auf der anderen Seite wechselte der Modus der Benutzerinteraktion: die Probanden bedienten den MyNews Dienst durch das haptische Bedienteil und durch Sprachbefehle. Als eine Vergleichsgröße des aktuellen Risikopotenzials wurde das Autoradio in den gleichen Situationen durch die haptische Schnittstelle bedient, Sprachbedienung für Autoradios stand nicht zur Verfügung. Nach jedem dieser Szenarien wurden der subjektive Stress und die Ablenkung durch Fragebögen evaluiert, die objektive Analyse der Szenarios erfolgte anhand von Videoaufzeichnungen der allgemeinen Verkehrssituation, der Mensch-Maschine-Schnittstelle (Eingabegeräte und Anzeige) und des Gesichtes des Fahrers.



Abbildung 6: Aufzeichnung eines Fahrversuches  
(Quelle: TU Darmstadt; Inst. für Arbeitswissenschaft)

Erste Evaluationen der Antworten der Probanden haben ergeben, dass den Testfahrern die Nutzung des Dienstes während der Fahrt angenehm war und es keinen Unterschied in der Ablenkung zwischen dem gewohnten Autoradio und MACS MyNews gab. Aus den gegebenen Antworten ließen sich Änderungen an Details der Interfacegestaltung extrapolieren, diese wurden in einer weiteren Iterationsphase des Prototyping mit einbezogen.

## 6 Implikationen und Ausblick

Der so erstellte MACS MyNews Prototyp wurde Ende März 2006 auf der 6. Dienstleistungstagung des BMBF in Berlin vorgestellt und durch interessierte Fachbesucher, die die Möglichkeit hatten den Dienst im Fahrzeug zu testen, evaluiert. Die 51 Evaluationsteilnehmer beurteilen zu 76,5% (n=51) dass der Dienst als (sehr) interessante Erweiterung im Automobil angesehen wird. Bezogen auf den wahrgenommenen Nutzen beurteilten 64,7% (n=51) der Befragten den Dienst als (sehr) sinnvoll. Mit dem vom Prototypen dargestellten Funktionsumfang befanden 71,4% (n=49) Besucher als (sehr) gut. Die Benutzbarkeit / Usability wurde von 60% (n=50) der Teilnehmer als (sehr) intuitiv bezeichnet, 54,9% (n=51) bewerteten bereits die unoptimierte Form der Sprachausgabe als (sehr) gut. Hinsichtlich des Anschaffungspreises (inkl. Hardware und Verbindungskosten) wurden

verschiedene Preise zwischen 30€ und 480€ abgefragt, dabei ergab sich ein Ankerpreis von 230€.<sup>4</sup>

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass der Dienst im aktuellen Prototypenzustand nach der Evaluation als sehr viel versprechend angesehen werden kann. Daher wird der Dienst in die Neuproduktentwicklung bei einem Fahrzeughersteller überführt – der entsprechend dem MACS Framework letzten Gestaltungsebene.

Die praktische Anwendung des Design Framework anhand des Vorgehensmodelles bei der Entwicklung von MACS MyNews hat sich gezeigt, dass es möglich ist rasch zielgerichtetes Nutzerfeedback zu erhalten. Durch das iterative Vorgehen ergeben sich eine Reihe verschiedener Prototypen die jeweils den aktuellen Schritt im Design Framework betrachten. Das Design Framework für sich genommen trägt sehr gut dazu bei, eine gemeinsame Sicht auf den Dienst für alle Projektpartner zu ermöglichen. Dadurch, dass jeder einzelne Schritt gekapselt ist und konkrete Ergebnisse erarbeitet werden, wissen alle Beteiligten um den aktuellen Stand und können aktiv bei Entscheidungen diskutieren. Nachteil hierbei ist, dass nicht geplant ist einzelne Schritte auch parallel betrachten zu können, z.B. neue Technologien evaluieren und prototypisch umsetzen, während eine frühere Version auf ihre Sicherheitsaspekte hin überprüft wird. In einer weiteren Version des Design Frameworks sollen Prozesse die einander nicht direkt beeinflussen auch parallel bearbeitet werden können. Des weiteren muss das Wissen auf Ebene der einzelnen Methoden in den Ebenen konkretisiert werden, idealerweise bekommen Entwickler zukünftig konkrete „Checklisten“ anhand derer sie ihren Entwicklungszyklus überprüfen können.

Die Erfahrungen aus der Umsetzung der unterschiedlichen Iterationen des Prototypen legen den Schluss nahe, dass die für den Entwicklungsprozess vorgestellte Plattform grundsätzlich geeignet ist, aber zusätzlich zu einer Rapid-Prototyping-Umgebung ausgebaut werden sollte. Damit ist es Dienstentwicklern rasch möglich Dienste schon in frühen Stadien im Fahrzeug zu zeigen was zu einer Verbesserung der Projektkoordination beiträgt und die Kommunikation zwischen verschiedenen Fachgruppen erleichtert und Kundenkliniken ermöglicht. Mit Hilfe dieses Werkzeuges zur Erstellung von Diensten lassen sich rasch neue Dienste aus dem Forschungsradar (Abbildung 3) umsetzen, da auf eine bestehende Infrastruktur zurückgegriffen werden kann und der Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit auf neuen Komponenten liegen

---

<sup>4</sup> Für einen ausführlichen Überblick zu den Evaluationsergebnisse vgl. auch Reichwald/Krcmar/Reindl (2007): Mobile Automotive Cooperative Services. Eul-Verlag (im Erscheinen)

kann. Aktuell werden bereits neue Dienste auf Basis von W-Lan aufgebaut und neuartige, avatarbasierte Mensch-Maschine Schnittstellen untersucht.

## Literaturverzeichnis

- [ATMB99] *Aksit, M.; Tekinerdogan, B.; Marcelloni, F.; Bergmans, L.*: Deriving Frameworks from Domain Knowledge. In: *Fayad, M.E.; Schmidt, D.C.; Johnson, R.E. (Hrsg.): Building Application Frameworks - Object-Oriented Foundations of Framework Design*. John Wiley & Sons, New York 1999, S. 169-198.
- [Beck96] *Becker, S.*: Panel Discussion on Introduction of Intelligent Vehicles into Society: Technical, Mental and Legal Aspects. Mental Models, Expectable Consumer Behaviour and Consequences for System Design and Testing. In: *(Hrsg.): IEEE Intelligent Vehicles Symposium 1996*. S. 313-318.
- [Beck99] *Becker, S.*: Konzeptionelle und experimentelle Analyse von Nutzerbedürfnissen im Entwicklungsprozess. In: *Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten. Methoden für den Entwicklungsprozess*. Verlag für neue Wissenschaft, Bergisch Gladbach 1999, S. 64-72.
- [BHKP01] *Betram, G.; Hallier, J.; Koch, H.; Perrault, O.; Kuck, D.; Korte, O.; Twietmeyer, H.* (2001). *DIAMOND - Technical Specification for Bi-Directional Services*.
- [BoDö02] *Bortz, J.; Döring, N.*: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 3 Aufl., Springer Verlag, Berlin u.a. 2002.
- [Boeh88] *Boehm, B.W.*: A Spiral Model of Software Development and Enhancement. In: *IEEE Computer* 21 (1988) 5, S. 61-72.
- [Boon99] *Boone, J.*: Harvesting Design. In: *Fayad, M.E.; Schmidt, D.C.; Johnson, R.E. (Hrsg.): Building Application Frameworks - Object-Oriented Foundations of Framework Design*. John Wiley & Sons, New York 1999, S. 199-210.
- [Broc99] *Brockhoff, K.*: Produktpolitik. 4 Aufl., UTB für Wissenschaft, 1999.
- [Ehme02] *Ehmer, M.*: Mobile Dienste im Auto – Die Perspektive der Automobilhersteller. In: *Reichwald, R. (Hrsg.): Mobile Kommunikation: Wertschöpfung, Technologies, neue Dienste*. Gabler, Wiesbaden 2002, S. 459-472.

- [FäFä84] Färber, B.; Färber, B. (1984). *Sprachausgaben im Fahrzeug. Handbuch für Anwender*. Frankfurt am Main: Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.
- [FaSJ99] *Fayad, M.E.; Schmidt, D.C.; Johnson, R.E.: Building Application Frameworks - Object-Oriented Foundations of Framework Design*. John Wiley & Sons, New York 1999.
- [Floy83] *Floyd, C.: A Systematic Look at Prototyping*. In: *Budde, R.; Kuhlenkamp, K.; Matthiassen, L.; Züllighofen, H. (Hrsg.): Approaches to Prototyping 1983*. Namur, S. 1-18.
- [Fros03] *Frost & Sullivan (2003). Customer Attitudes and Perceptions Towards Telematics in Passenger Vehicles Market*.
- [Fuhr01] *Fuhr, A.: Die Telematik ist tot - es lebe die rollende Schnittstelle*. In: (Hrsg.): Euroforum Jahrestagung "Telematik" 2001. Bonn.
- [Hart04] *Hartmann, J.: Wo viel Licht ist, ist starker Schatten - Softwareentwicklung in der Automobilindustrie*. In: *Automatisierungstechnik 52 (2004) 8*, S. 353-358.
- [HKPR01] *Hallier, J.; Kuck, D.; Perrault, O.; Rucine, P.; Twietmeyer, H.; Korte, O.; Capra, L.; Betram, G.; Fernier, M.; Schulz-Hess, T. (2001). DIAMOND - Technical Specification for Uni-Directional Services*.
- [HSFB04] *Heinecke, H.; Schnelle, K.-P.; Fennel, H.; Bortolazzi, J.; Lundh, L.; Leflour, J.; Maté, J.-L.; Nishikawa, K.; Scharnhorst, T.: AUTomotive Open System ARchitecture - An Industry-Wide Initiative to Manage the Complexity of Emerging Automotive E/E-Architectures*. In: (Hrsg.): *International Congress on Transportation Electronics 2004*. Detroit, S. 325-332.
- [Moha06] *Mohan, L.R.: Driving down the Fast Lane: Increasing Automotive Opportunities the EMS Provider Way*. <http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-print.pag?docid=67150588>, Abruf am: 29.04.
- [OSGi05] *OSGi Alliance (2005). About the OSGi Service Platform, Technical Whitepaper*.
- [Pale02] *Palenchar, J.: OSGi Networks Ready to Roll*. In: *TWICE (2002)*, S.
- [Royc70] *Royce, W.W.: Managing the development of large software systems*. In: (Hrsg.): *International Conference on Software Engineering 1970*. Monterey, S. 328-338.
- [Stat05] *Statistisches Bundesamt Deutschland (2005). Leben und Arbeiten in Deutschland - Ergebnisse des Mikrozensus 2004*. Wiesbaden.
- [Tije00] *Tijerina, L.: Issues in the Evaluation of Drive Distraction Associated with In-vehicle Information and Telecommunication Systems*. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/3.PDF>, May 2000, Abruf am: 5.4.

- [Unit03] United States Census Bureau (2003). *2003 American Community Survey*. Washington D.C.
- [Werd05] *Werder, H.*: Verkehrstelematik als Element der Verkehrspolitik. In: (*Hrsg.*): its-ch 2005. Olten.
- [WiNS98] *Wikman, A.-S.; Nieminen, T.; Summala, H.*: Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. In: *Ergonomics* 41 (1998) 3, S. 358-372.
- [Wong01] *Wong, W.*: Open Services Gateway Initiative: OSGi Links Devices and Clients. In: *Electronic Design* (2001), S. 86.



## **Einführung in den Track**

### **Outsourcing und IT-Governance**

**Prof. Dr. Armin Heinzl**

Universität Mannheim

**Prof. Dr. Gerhard F. Knolmayer**

Universität Bern

**Dr. Michael Heym**

Navisco AG

Im Zuge der Globalisierung hat die IT nicht nur an Bedeutung für Unternehmen gewonnen - sie unterliegt auch selbst der Dynamik eines internationalen Wettbewerbsumfeldes. Für Unternehmen bietet sich in diesem Zusammenhang eine Vielzahl neuer Möglichkeiten der Erbringung ihrer IT-Leistungen, die es bei der Frage nach der Eigenerstellung oder dem Fremdbezug zu evaluieren gilt. Das Offshoring und das Business Process Outsourcing, aber auch die gebündelte Erbringung von IT-Leistungen in so genannten Shared Service Centers sind derzeit viel diskutierte Trends, die in diesem Track einer genaueren Betrachtung unterzogen werden sollen. Daneben ergeben sich auch neue Herausforderungen an und Konsequenzen für die Organisation, die Steuerung und das Management der IT. Diese sollen im Rahmen des vorliegenden Tracks behandelt werden.



# **Eine Typologie von Beziehungen im IT-Outsourcing: Ein konzeptioneller Ansatz**

Stefanie Jahner, Tilo Böhmman, Helmut Kremer

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
Technische Universität München  
85748 Garching bei München  
{jahner | boehmann | kremer} @in.tum.de

## **Abstract**

Trotz der Vielzahl unterschiedlicher Varianten von IT-Outsourcing lassen sich in der Praxis zahlreiche gescheiterte Vorhaben dokumentieren. Die Forschung hat sich daher auf die Untersuchung des Managements von Kunden-Anbieter-Beziehungen im IT-Outsourcing fokussiert. Bislang konzentrieren sich die Erkenntnisse auf die Beschreibung genereller Beziehungsfaktoren. Unterschiedliche Kontexte und Erwartungen von Kunden und Anbietern werden dabei nicht berücksichtigt. Relevanz und Ausprägung unterschiedlicher Beziehungsfaktoren hängen jedoch stark vom Outsourcingtyp ab. Basierend auf einer Literaturanalyse und qualitativer Experteninterviews entwickelt der Beitrag eine Klassifikation unterschiedlicher Outsourcingbeziehungstypen. Ansatzpunkte für ein erfolgreiches Management der Outsourcingbeziehung, für die Weiterentwicklung und empirische Fundierung der Beziehungstypen schließen den Beitrag ab.

## **1 Einleitung und Relevanz der Forschung**

Obwohl kein neues Phänomen, ist die Auslagerung der Informationstechnologie (IT) an externe Dienstleister immer noch ein relevantes und aktuelles Thema auf der Agenda von IT-Managern [LuKN06]. Relevanz, Ausprägungen und Vielfalt von IT-Outsourcing haben sich jedoch im Laufe der letzten Jahrzehnte stark gewandelt. Während in den 80er und 90er Jahren vorrangig großvolumige, langfristige Outsourcingverträge abgeschlossen wurden, tendieren Unternehmen heute aufgrund stark veränderlicher Anforderungen eines dynamischen Marktumfeldes zur sehr selektiven, vergleichsweise kurzfristigen Auslagerung ihrer IT, die oftmals im Rahmen einer

„Multi-Sourcing-Strategie“ auf mehrere IT-Dienstleister verteilt wird [CoYo06]. Gleichzeitig sind strategische Formen wie Geschäftstransformationen mit Unterstützung externer IT-Dienstleister ein aufkommender Trend. In diesem Kontext prägen Risikoübernahme-Modelle und kollaborative Entwicklung von IT-Services die Erwartungen der Kunden.

Trotz der Vielzahl der beschriebenen Varianten von IT-Outsourcing, die sich in den letzten Jahrzehnten entwickelt haben, erfüllen viele Outsourcingvorhaben nicht die Erwartungen der Kunden und scheitern oftmals vorzeitig [oV05]. Als Gründe hierfür werden einerseits die Unterschätzung der Komplexität von Outsourcingvorhaben, fehlende Erfahrung im Management von Outsourcing aber auch mangelndes Verständnis, dass die Steuerung der Partnerbeziehungen mehr Aufwand erfordert als geplant, angeführt [CoYo06]. In diesem Kontext hat sich ebenfalls gezeigt, dass ein detailliert spezifizierter Outsourcingvertrag Grenzen hat und das Management einer Outsourcingbeziehung jenseits von starren Vertragselementen zu berücksichtigen ist [Klep97].

Aus diesen praxisorientierten Problemstellungen hat sich die Diskussion in der Outsourcingforschung verstärkt auf das post-vertragliche Management und die Entwicklung einer kontinuierlichen Kunden-Anbieter-Beziehung im Outsourcing fokussiert [vgl. bspw. die Arbeiten von GoCh05; Kern97; KeWi00; KeWv02; KiCh03]. Obwohl zahlreiche Autoren die Relevanz der Betrachtung und Gestaltung einer solchen Kunden-Anbieter-Beziehung als Erfolgsfaktor im IT-Outsourcing betonen [LeKi99; LHCP00], wurden im Vergleich zu anderen Forschungssträngen im IT-Outsourcing bislang wenig Forschungsbemühungen in Richtung einer eingehenden Untersuchung von Determinanten, die eine Outsourcingbeziehung charakterisieren, unternommen [Kern97]. Arbeiten in diesem Bereich haben sich vorrangig auf die Aufarbeitung genereller Beziehungsfaktoren konzentriert, dabei aber nicht die unterschiedlichen Formen, Rahmenbedingungen und Erwartungen von Kunden und Anbietern im Outsourcing berücksichtigt [AISS04; GoCh05; KeWi00; Klep97]. Es lässt sich daher eine Forschungslücke in zweierlei Hinsicht identifizieren: Beziehungsfaktoren können nicht statisch und kontextfrei betrachtet werden. Vielmehr hängen ihre Relevanz und Ausprägungen essentiell von Form, Kontext und Erwartungen beider Outsourcingparteien ab. Bisherige Forschungsansätze unterscheiden zwar verschiedene Formen von Outsourcing, jedoch nicht zwischen unterschiedlichen Typen von Outsourcingbeziehungen, die diese Formen erfordern.

Der vorliegende Beitrag adressiert diese Forschungslücke, indem er eine Typologie unterschiedlicher IT-Outsourcingbeziehungen entwickelt. Die Identifikation von Archetypen ist ein zentra-

ler Ansatzpunkt, um unterschiedliche Erwartungen zu klassifizieren und eine entsprechend kontingente Gestaltung der daraus resultierenden Outsourcingbeziehung zu ermöglichen.

Als Ausgangspunkt wird hierbei unterstellt, dass beide Outsourcingparteien unterschiedliche Erwartungen an eine Outsourcingbeziehung haben. Aus den jeweiligen Erwartungen ergibt sich ein bestimmter Typ von Outsourcingbeziehung, der zu den Erwartungen passt. Eine gleichgerichtete bzw. komplementäre Ausprägung der Erwartungen und Ziele beider Parteien ist die Grundlage für die Gestaltung der Outsourcingbeziehung und determiniert Typ und Ausprägungen des Outsourcingvorhabens. Darauf aufbauend ist die passende Ausgestaltung der Art der Outsourcingbeziehung im Hinblick auf Strategie, Beziehungsstruktur, Steuerungsmechanismen und Interaktion von großer Bedeutung für den Erfolg des Outsourcingvorhabens. Die Prämisse des Beitrages ist, dass nur im Falle passender Typen von Outsourcingbeziehungen das Outsourcingvorhaben erfolgreich ist (siehe hierzu auch das übergeordnete Forschungsmodell in Abbildung 1).

Zunächst wird die relevante Literatur hinsichtlich bisher zusammengetragener, konstituierender Beziehungsfaktoren untersucht, die zu vier zentralen Kategorien von Beziehungsfaktoren verdichtet werden. Aus der Literatur wird ein Klassifikationsrahmen mit den in der Literatur identifizierten und zu Beziehungskategorien verdichteten Beziehungsfaktoren abgeleitet und aufgestellt. In einem nächsten Schritt werden Erwartungen von Kunden und Anbietern sowie Ausprägungen von Outsourcingbeziehungen in explorativen Experteninterviews empirisch untersucht. Die erhobenen Daten werden entlang den aus der Literatur identifizierten Beziehungskategorien in den Bezugsrahmen eingeordnet. Hieraus ergeben sich fünf Archetypen von Outsourcingbeziehungen, die entsprechend der Beziehungskategorien charakterisiert werden. Neben dem Vorschlag einer Typologie unterschiedlicher Beziehungen ist das übergeordnete Ziel dieses Beitrags ein tiefer gehendes Verständnis über die Notwendigkeit und Gestaltungsparameter kunden- und anbieterspezifischer Erwartungen an Outsourcingbeziehungen als Determinante für Outsourcingerfolg.

Diesem Beitrag liegt ein übergeordnetes Forschungsmodell zugrunde, das den Zusammenhang zwischen den Erwartungen von Kunde und Anbieter, den konstituierenden Gestaltungselementen einer Outsourcingbeziehung und dem Erfolg des Outsourcingvorhabens verdeutlicht (Abbildung 1). Obwohl das Forschungsmodell diesen Gesamtzusammenhang zeigt, liegt der Fokus dieses Beitrages auf der Entwicklung unterschiedlicher Typen von Outsourcingbeziehungen, die die Erwartungen beider Parteien abbilden. Die Wirkung von Erwartung und Typ der Outsour-

ingbeziehung auf den Erfolg der Outsourcingbeziehung wird hierbei unterstellt, ist jedoch erst anhand von Erfolgsmaßen wie bspw. Kundenbindung, Abwanderungsrate („Churn Rate“) oder Kundenzufriedenheit in einer nachfolgenden Forschungsarbeit zu überprüfen.

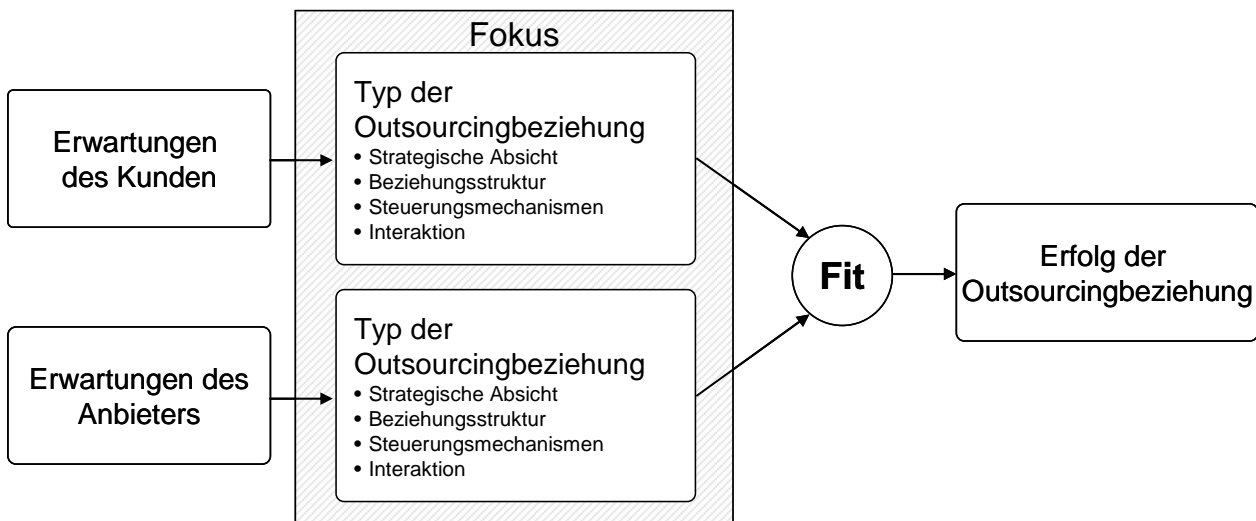


Abbildung 1: Gesamtrahmen: Forschungsmodell

## 2 Konstituierende Faktoren von IT-Outsourcingbeziehungen

Nach Konsynski und McFarlan [KoMc90] kann Outsourcing als eine Form von strategischer Informationspartnerschaft bzw. -beziehung angesehen werden, die den beteiligten Parteien gegenseitigen Zugang zu Information, Ressourcen, Kunden etc. eröffnet. Verbindet man dieses Beziehungsverständnis mit dem allgemeinen Auffassung von IT-Outsourcing als „Auslagerung von IT-Aktivitäten, -Prozesse, -Ressourcen oder -Services an einen externen Dienstleister“ [DGHJ04], gelangt man zu einer spezifischen Definition einer IT-Outsourcingbeziehung, die sich als *„eine kontinuierliche Verflechtung und Beziehung zwischen einem Outsourcingnehmer und -geber, die auf einer vertraglichen Übereinkunft basiert, eine oder mehrere übergreifende IT-Aktivitäten, -Prozesse und -Services anzubieten“* formulieren lässt, *„wobei Gewinn und Verlust beider Seiten zumindest in Teilen voneinander abhängen“* [GoCh05].

Eine für beide Seiten profitable Outsourcingbeziehung, bei der beide Parteien die gleichen Ziele verfolgen, kann jedoch nur unter bestimmten Rahmenbedingungen angenommen werden. So weisen Lacity und Hirschheim [LaHi93] kritisch darauf hin, dass eine Outsourcingbeziehung durchaus unterschiedliche Motive auf beiden Seiten aufgrund von asymmetrischer Ressourcen-

und Machtverteilung beinhalten kann. Solche Machtstrukturen müssen in der Beziehungsstruktur und bei der Wahl der Steuerungsmechanismen berücksichtigt werden (siehe Kap. 2.2).

Diese kritische Reflektion zeigt, dass Outsourcingbeziehungen ein facettenreiches und komplexes Phänomen sind. Aufbau und Ausprägung einer Outsourcingbeziehung hängen stark von den Erwartungen und Rahmenbedingungen von Kunde und Anbieter ab. In der Literatur lassen sich folglich zahlreiche Beziehungsfaktoren identifizieren, die eine Outsourcingbeziehung determinieren [AlSS04; GoCh05; KeWi00]. Da eine ausführliche Diskussion unterschiedlicher Beziehungsfaktoren außerhalb des Rahmens und Fokus dieses Beitrages liegt<sup>1</sup>, gibt Tabelle 2 einen detaillierten Überblick über ausgewählte Beziehungsfaktoren. Zur Systematisierung werden diese Beziehungsfaktoren in Anlehnung an Kern und Willcocks [KeWi00] anhand von vier konstituierenden Beziehungskategorien im Folgenden kategorisiert.

## **2.1 Strategische Absicht und Kontext**

Die Gestaltung einer Outsourcingbeziehung hängt maßgeblich von den strategischen Rahmenbedingungen beider Parteien ab. Kern und Willcocks [KeWi00] bezeichnen dies als kontextabhängige Dimension einer Outsourcingbeziehung. Hierunter fallen zum einen die Ziele und Erwartungen des Kunden gegenüber dem Outsourcingvorhaben (in ökonomischer, technischer und politischer Hinsicht) sowie das Verständnis von der Rolle des IT-Dienstleisters. Ziele und Erwartungen wiederum werden durch interne und externe wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Geschäftsherausforderungen des Unternehmens determiniert [LaHi94]. In einfachen, meist sehr selektiven und gekapselten „commodity“-Outsourcingkonstellationen sind strategische Überlegungen und strategischer Einfluss vergleichsweise gering ausgeprägt. Der Fokus des Kunden liegt hier vielmehr auf einer effizienten IT oder dem Zugang zu einem Pool technologischer Ressourcen, als auf einer strategischen Geschäftstransformation oder Technologieführerschaft. Der Dienstleister wird hier in einer unterstützenden Rolle gesehen, die im Vergleich zu strategischen Allianzen kaum auf antizipative und proaktive Vorschläge zur Entwicklung komparativer Wettbewerbsvorteile ausgerichtet ist [KRNR03].

## **2.2 Beziehungsstruktur**

Unter der Struktur einer Outsourcingbeziehung werden Aufbau und Gestaltung der Rahmenbedingungen innerhalb des Outsourcingarrangements subsumiert. Unterschiede in verschiedenen

---

<sup>1</sup> eine detaillierte Übersicht zu Beziehungsfaktoren im IT-Outsourcing findet sich bspw. bei Goles [GoCh05].

Outsourcingkonstellationen ergeben sich beispielsweise im Hinblick auf die Netzwerkstruktur, gegenseitige Abhängigkeiten, Fokus des Outsourcingobjektes oder Zeithorizont der Outsourcingbeziehung. Sambamurthy und Zmud [SaZm00] unterscheiden drei Arten von Beziehungsstrukturen: (1) strategische Strukturen, die relative stabile Beziehungen mit einer begrenzten Anzahl von Partner abbilden, (2) erweiterte Netzwerke, die entstehen, wenn Unternehmen auf einen Pool standardisierter IT-Fähigkeiten zurückgreifen, der sich aus mehreren externen Partnern zusammensetzt, und (3) virtuelle, lose Netzwerke mit einer großen Anzahl potentieller Partnern, auf die bei Bedarf zurückgegriffen werden kann. Je nach Fokus der Outsourcingbeziehung eignen sich unterschiedliche Strukturen, um die gesetzten Ziele zu erreichen.

Ein weiterer zentraler Aspekt, der bei der Gestaltung der Beziehungsstruktur in unterschiedlichen Outsourcingkontexten zu berücksichtigen ist, sind die Machtverhältnisse zwischen Anbieter und Kunde. Asymmetrien im Kräftespiel der Parteien resultieren aus den gegenseitigen Abhängigkeiten [East92] und werden dann kritisch, wenn der Einfluss einer Partei dominiert und beispielsweise zu opportunistischem Verhalten führt. In einer langfristigen, stabilen Outsourcingbeziehung, bei der große Teile der Informationstechnologie extern vergeben werden, dominiert meist der Anbieter, in selektiven Outsourcingverhältnissen ist das Machtverhältnis ausgeglichener zugunsten des Kunden, der die Abhängigkeiten durch das Outsourcingvolumen oder durch Verteilung auf mehrere Anbieter minimieren kann [Kern97]. Lacity und Willcocks [LaWi03] betonen, dass ausgeglichene Machtstrukturen eine zentrale Rolle spielen, wenn gleiche Ziele und Nutzen verfolgt werden. Allerdings können auch unterschiedliche Ziele, die beispielsweise komplementär zueinander sind, zu einer erfolgreichen Outsourcingbeziehung führen, je nach Dynamik und Interaktionsform im Outsourcingkontext (siehe Kap. 2.4).

### **2.3 Steuerungsmechanismen (Governance und Monitoring)**

Verträge als formale Abkommen, zu denen sich beide Parteien verpflichten, sind ein grundlegendes Element jedes Outsourcingvorhabens und das primäre Instrument zur Steuerung von Outsourcing-Geschäftsbeziehungen. Detaillierte festgeschriebene Vereinbarungen im Hinblick auf Leistungsumfang, Qualitätsziele, und Kennzahlen (z.B. Service Level Agreements) liefern die Basis für eine spätere Ergebniskontrolle und schränken den Spielraum für opportunistisches Verhalten ein [BeSc05]. Obwohl Verträge im Rahmen der IT-Outsourcing-Governance ein vertrautes, ergebnisorientiertes Kontrollinstrument sind, sind sie nicht immer ein geeigneter Ansatz. Verträge verhandeln, aufsetzen, durchführen und kontrollieren ist ein aufwendiges und komplexes Unterfangen, oftmals sind Verträge unflexibel gestaltet und spiegeln nicht die not-



wendige Dynamik und Entwicklung einer Outsourcingbeziehung wider [JaBK06; LaWi03]. Vertragsanpassungen aufgrund veränderlicher Geschäftsherausforderungen können im Voraus oftmals nicht spezifiziert werden und sind dann mit erheblichen Kosten verbunden [KRNR03]. Folglich sind Verträge alleine keine zweckmäßigen Steuerungsmechanismen [Kern97]. Neben formalen Mechanismen werden daher oft auch informelle, auf gemeinsamen Erwartungen und Verhaltensnormen basierende Steuerungsformen gewählt. Darunter fallen ebenfalls sog. Beziehungsprotokolle, die im Laufe der Zeit durch kontinuierliche Zusammenarbeit zwischen Kunde und Dienstleister entstehen. Sie umfassen implizite Regeln, die zwischen den Beteiligten erwartete Verhaltensweisen und Einstellungen wie Vertrauen, Commitment, Fairness oder Flexibilität definieren. Solche Beziehungsprotokolle können sich einerseits, wenn auch zunächst auf Basis persönlicher Beziehungen entwickelt, auf der institutionellen Ebene auswirken. Die Outsourcingbeziehung kann sich dann von einer vertragsorientierten zu einer kooperativen, verhaltensorientierten Steuerungsform entwickeln [East92]. Andererseits besitzen sie bei entsprechender Ausprägung und in Abhängigkeit vom Typ der Outsourcingbeziehung eine tief greifende Kontroll- und Koordinationsfunktion [BeSc05]. Während die Erbringung selektiver Standardleistungen im IT-Outsourcing erfolgreich über formale, ergebnisorientierte Mechanismen wie Verträge gesteuert werden kann, sind insbes. bei strategischen Allianzen Mechanismen jenseits von starren Vertragselementen ein sinnvolles Instrument zur Steuerung der Beziehung [KRNR03].

## **2.4 Interaktion**

Die Beziehungskategorie Interaktion zielt auf den wechselseitigen Austausch in Outsourcing-Geschäftsbeziehungen ab und beschreibt verhaltensorientierte Muster beider Parteien. Interaktion kann entlang von Dimensionen wie Wissenstransfer, Informationsweitergabe, Risiko-Nutzen-Teilung, Vertrauen oder die Rolle von kulturellen Ähnlichkeiten zwischen Outsourcingnehmer und -geber charakterisiert werden [KeWi00]. Viele Autoren betonen die Ausrichtung auf gemeinsame Ziele als essentielle Voraussetzung für eine erfolgreiche Outsourcingbeziehung [LHCP00]. Dies berücksichtigt jedoch nicht, dass systemimmanent die Absichten beider Parteien in einer Outsourcingbeziehung gegensätzlich gerichtet sind [LaWi03]. Lacity und Willcocks [LaWi03] betonen daher vielmehr die Notwendigkeit, Dynamik und Entwicklungspotenzial einer Outsourcingbeziehung als zentralen Erfolgsfaktor zu berücksichtigen. Dabei unterscheiden sie drei unterschiedliche Arten von Kunden-Anbieter-Interaktionen: vorläufige, kooperative und kollaborative Interaktionen. „Vorläufige“ Interaktionen kommen vor allem zu Beginn einer Outsourcingbeziehung, bspw. in Vertragsverhandlungen, zustande, wenn die Ziel-

funktionen der Beteiligten noch unbekannt und unsicher sind und jede Seite dazu tendiert, ihre Stärken besonders herauszustellen, die Schwächen hingegen zu verbergen. Kooperative Interaktionen treten bei komplementären Zielen auf, bspw. wenn der Kunde als Ziel einen Service in Anspruch nimmt, für den der Anbieter auf der anderen Seite Bezahlung fordert. Von kollaborativen Interaktionen schließlich spricht man, wenn beide Seiten gemeinsame Ziele verfolgen, wie bspw. die gemeinsame Entwicklung innovativer IT Services.

Zentrale Erkenntnis der Ausführungen von Lacity und Willcocks [LaWi03] ist, dass Kunde und Anbieter durchaus unterschiedliche Ziele verfolgen können, ohne den Erfolg der Outsourcing-Beziehung zu gefährden, solange die Machtverhältnisse auf beiden Seiten ausgeglichen sind und beide Seiten gleichwertige Ergebnisse erzielen können.

Ein weiterer Aspekt, der je nach Typ der Outsourcing-Beziehung unterschiedlich ausgeprägt ist und die Interaktion beider Parteien determiniert, ist die Erfahrung des Kunden. Meist wird beim Thema Erfahrung auf die Rolle des Anbieters und seine Fähigkeiten bei der Leistungserbringung abgezielt [KiCh03]. Für Aufbau und Management einer dauerhaften Interaktion in der Outsourcing-Geschäftsbeziehung spielt jedoch die Erfahrung des Kunden – gleichermaßen auf das auslagernde Unternehmen insgesamt wie auch auf die konkrete Person des IT-Verantwortlichen auf Kundenseite bezogen – mit Outsourcingprojekten eine zentrale Rolle.

### **3 Erwartungen an Outsourcingbeziehungen in der Praxis**

#### **3.1 Datenerhebung**

Basierend auf den Erkenntnissen aus der Literatur über Beziehungsfaktoren und deren Ausprägungen wurde erste empirische Evidenz für die Existenz unterschiedlicher Typen von Outsourcingbeziehungen erhoben. Um die Vielfalt der Aspekte und Dynamik in Outsourcingbeziehungen zu erfassen und zu verstehen, wurde eine qualitativ-explorative Forschungsmethode gewählt. Entlang eines halbstandardisierten Interviewleitfadens wurden hierfür sieben Experteninterviews mit IT-Führungskräften, überwiegend Chief Information Officers (CIO), die Outsourcingkunden sind, sowie mit Account Managern von IT-Dienstleistern geführt (vgl. Tabelle 1). Trotz der kleinen Sample-Größe der befragten Experten dienen die durchgeführten Expertengespräche als erster, explorativer Indikator, um die konzeptionelle Idee der Unterscheidung unter-

schiedlicher Beziehungsarchetypen im IT-Outsourcing zu unterstützen und in Richtung einer späteren Generalisierbarkeit der Ergebnisse weiterzuentwickeln.

Inhaltlich zielten die Interviews insbesondere auf drei Bereiche ab: aktuelle Geschäftsherausforderungen und Rahmenbedingungen für die Outsourcingentscheidung, Erwartungen des Kunden an den Provider sowie Erfahrungen aus der aktuellen Outsourcingbeziehung.

Interview-partner (Position)	Branche	Vertragsdauer	Erfahrung Gesprächspartner mit Outsourcing	Outsourcing-bereiche	Erwartungen gegenüber IT Provider
Kunde A Chief Information Officer (CIO)	Telekommunikation	Aktueller Vertrag seit 2004, davor anderer Anbieter seit 1998, Laufzeit 5 Jahre	>15 Jahre  Erfahrung als Anbieter und als Kunde	Infrastruktur (Desktop, Laptop, WAN, LAN, Messaging, Telefonie, Server&Storage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Experten Know How bei Technologie u. Prozessen</li> <li>▪ Kostensenkung: Skalierungseffekte, Synergien</li> <li>▪ Individuelle Anpassung auf Kunden</li> <li>▪ Proaktive Vorschläge zur Effizienz</li> <li>▪ IT-Unterstützung neuer Produkte</li> </ul>
Kunde B Chief Information Officer (CIO)	Medien / TV	Aktueller Vertrag seit 2005, Laufzeit 4 Jahre, davor 3-Jahresverträge seit 1996	>4 Jahre	Infrastruktur (Netzwerk, WAN, SAP, Datenbanken), Call Center Application Hosting	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ flexibel auf Nachfrageveränderung / schnelle Verfügbarkeit (geschäftskritisch, da Livebetrieb TV)</li> <li>▪ Ausrichtung d. Systeme auf Lastspitzen aufgrund dynamischer Endkundenbedarfe</li> <li>▪ Anbieter muss Geschäft und Prozesse des Kunden verstehen (dynamisches Geschäft)</li> </ul>
Kunde C Head of IT	Bank / Finanzen	Seit 2001, dann Insourcing, aktueller Vertrag seit 2004, Laufzeit 3 Jahre	>5 Jahre	Aktuell: SAP, Desktop, On-Site-Support, Help Desk Früher zusätzlich: Netzwerke, RZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kosteneinsparungen</li> <li>▪ Professional Expertise: Zurückgreifen auf Expertenpool, State-of-the-Art-Know How</li> <li>▪ Fit des Deliverymodells Anbieter und Kunde</li> <li>▪ Flexible Anpassung an Geschäftsentwicklung</li> </ul>
Kunde D Head IT-Management	Chemie	Seit 1996, Laufzeit 7 Jahre, aktueller Vertrag seit 2003, Laufzeit 5 Jahre	>4 Jahre	Netzwerk, SAP, spezielle Applikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Branchen Know How des Anbieters: Verständnis Geschäft des Kunden</li> <li>▪ transparentes, auf Kunde angepasstes Vertragswerk mit spezifizierten Bedingungen (SLA)</li> <li>▪ Fit des Deliverymodells Anbieter und Kunde</li> </ul>
Kunde E Chief Information Officer	Luft- und Raumfahrt	Seit 1999, Laufzeit zweimal 3 Jahre, aktueller Vertrag 5 Jahre	>4 Jahre	Netzwerke (WAN, LAN), RZ, Applikationen, Desktop (total outsourcing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ proaktive Verbesserungsvorschläge für Prozesse und Kosten</li> <li>▪ schlanker Prozess beim Anbieter</li> <li>▪ kurze Reaktionszeit auf Kundenanforderungen</li> </ul>
Anbieter F Account Manager	Kunde: Bank / Finanzen	Aktueller Vertrag seit 2004, Laufzeit 10 Jahre	n/a	IT-Systeme, spezielle Bankapplikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transfer des Geschäftsrisikos des Kunden (schwankende Endkundenanforderungen im Transaktionsbereich) auf Anbieter</li> <li>▪ Flexibilität: Pay-on-production</li> <li>▪ innovates Delivery- und Abrechnungsmodell</li> </ul>
Anbieter G Account Manager	Kunde: Gesundheit / Medizin	Aktuelle Verträge zwischen 1 und 3 Jahren	n/a	RZ-Infrastruktur, Applikationen (ASP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anbieter-Expertise</li> <li>▪ Risikoabwälzung: Risiko-Nutzenteilung</li> <li>▪ Gemeinsame Entwicklung von innovativen Services im ASP Medical Bereich</li> </ul>

Tabelle 1: Übersicht der geführten Experteninterviews

### 3.2 Zentrale Ergebnisse der Experteninterviews

Während die befragten Experten über alle Interviews hinweg die Relevanz des Beziehungsaspektes innerhalb eines Outsourcingvorhabens betonten, unterschieden sich die Erwartungen an eine solche Outsourcingbeziehung und die Fähigkeiten des Anbieters erheblich. Diese Unterschiede machten sich insbesondere bei der Relevanz und Ausprägung der in Kapitel 2 vorgestellten Beziehungskategorien bemerkbar. Bei der nachfolgenden Beschreibung der Interviewinhalte ist zu berücksichtigen, dass die gewonnenen Erkenntnisse aus den Expertengesprächen sich teilweise nicht immer eindeutig nur einer Beziehungskategorie zuordnen ließen, sondern aufgrund der Interdependenz des Faktors in mehreren Kategorien eine Rolle spielen. Bei der

nachfolgenden Darstellung werden z.T. wörtliche Zitate der Interviewpartner eingeflochten, um den Argumentationspunkt zu verdeutlichen bzw. zu untermauern.

### 3.2.1 *Strategischer Kontext*

Im Hinblick auf Rahmenbedingungen und aktuelle Geschäftsherausforderungen betonten alle Interviewpartner die Dynamik ihres Geschäftsumfeldes und die daraus entstehende Notwendigkeit von Flexibilität und effizienten Geschäftsprozessen. Die Einschätzungen der Experten in Bezug auf die daraus entstehende Motivation und Erwartungen an den Provider unterschieden sich jedoch erheblich. Während drei der Befragten insbesondere Kosteneinsparungen und IT-Effizienz als zentrale Erwartung an die Outsourcingbeziehung formulierten, stand bei zwei weiteren Interviewpartnern explizit der Wunsch nach proaktiven Verbesserungsvorschlägen von Prozessen, Kosten und zur Entwicklung komparativer Wettbewerbsvorteile im Vordergrund.

*„Mir ist wichtig, dass der Anbieter nicht im Akquisitionsmodus, sondern im Verbesserungsmodus auf uns zukommt. Der Outsourcer ist zu stark im Reaktionsmodus und nicht proaktiv. Besser machen bedeutet Aufwand für den Anbieter, aber der Outsourcer ist nur dann erfolgreich, wenn ich als Kunde erfolgreich bin. Ich als Kunde bin nur erfolgreich, wenn meine Prozesse effizient laufen. Also erwarte ich Vorschläge vom Anbieter.“ (CIO, Kunde A)*

Hierfür wurde dem Outsourcing-Provider auch die entsprechende strategische Rolle und Rechtsstruktur zugewiesen. Noch einen Schritt weiter ging die Erwartung im Kunden-Anbieterverhältnis G. Hier zielte der Kunde (geschildert aus der Perspektive des Anbieters) auf die gemeinsame Serviceentwicklung eines innovativen ASP-Modells in der Gesundheitsbranche ab, verbunden mit einer Risiko-Nutzen-Teilung.

### 3.2.2 *Beziehungsstruktur*

Mit Blick auf die Entwicklung unterschiedlicher Formen und Varianten im Outsourcing lässt sich auch bei den Gesprächspartnern der aktuelle Trend der selektiven Multi-Sourcing-Strategie feststellen. Fast alle Befragten haben mehr einen Outsourcingpartner beauftragt. Auch bei der Laufzeit der Verträge lässt sich eine Entwicklung konstatieren. Während zu Beginn aufgrund der geringen Erfahrung mit der Outsourcingpraxis und dem speziellen Anbieter eher kurzfristige Verträge abgeschlossen wurden, stieg mit wachsender Outsourcingenerfahrung die Laufzeit der Verträge an. Je strategischer Outsourcing angesehen wurde, umso weniger spezifisch wurden die Ergebnisse bzw. der genaue Output der Outsourcingbeziehung festgelegt. Demgegenüber

wurde jedoch die klare Festlegung der Zuständigkeiten zwischen Anbieter und Kunde betont und die Notwendigkeit des Verständnisses und Branchen Know Hows auf Anbieterseite.

*„Wichtig ist eine funktionierende Kompetenzaufteilung, dass alle an einem Strang ziehen. Ein gutes Dienstleisterverhältnis [ist zentral] und dass unser Geschäft läuft, das muss unser Dienstleister verstehen.“ (CIO, Kunde B)*

### 3.2.3 Steuerungsmechanismen

In Anlehnung an die in der Literatur identifizierte Unterscheidung von formalen, ergebnisorientierten und informellen, verhaltensorientierten Steuerungsmechanismen finden sich diese Formen auch bei den befragten Experten. Während alle Gesprächspartner die Notwendigkeit eines transparent und klar formulierten Regelwerks als Grundlage der Outsourcingbeziehung hervorheben, steuern zwei der Interviewpartner jedoch bewusst über verhaltensbasierte Mechanismen, da ihrer Ansicht nach der Vertrag alleine nicht zum Erfolg der Outsourcingbeziehung ausreicht, sondern vielmehr ein kooperatives Management der Outsourcingbeziehung notwendig ist. Dies sind gleichzeitig die bereits oben genannten Kunden, die vom Anbieter proaktive Verbesserungsvorschläge erwarten und ihm eine entsprechend strategische Rolle einräumen.

*„Der Vertrag ist grundlegend und wichtig. Aber wenn ich den Vertrag herausholen muss, ist es meistens schon zu spät. Dann läuft an anderer Stelle etwas schief.“ (CIO, Kunde E).*

### 3.2.4 Interaktion

Im Hinblick auf den wechselseitigen Austausch beider Outsourcingparteien fokussierten die Interviewpartner insbesondere zwei Aspekte: das Machtverhältnis zwischen Outsourcinggeber und -nehmer sowie das Deliverymodell des Anbieters mit Blick auf den Kunden. Bei beiden Punkten spielt die in der Literatur bereits angesprochene Rolle der Ausgeglichenheit und des „Fits“ zwischen Anbieter und Kunde eine zentrale Rolle. Auf gleicher Augenhöhe zu verhandeln, wurde von mehreren Interviewpartnern als wichtiger Erfolgsfaktor für die Outsourcingbeziehung genannt.

*„Das Deliverymodell des Outsourcers hat nicht gepasst. Die Prozesse und Ressourcen, die uns der „große“ Anbieter übergestülpt hat, haben nicht zu uns als mittelständischem Kunden gepasst, der Aufwand von Seiten des Outsourcers stand in keiner Relation zu den Kosten bzw. der aufgewendeten Zeit. So hat sich der Deal für unseren Anbieter nicht gelohnt, entsprechend hat das Interesse bei ihm nachgelassen.“ (Head of IT, Kunde C)*

## 4 Ein Bezugsrahmen von Archetypen in IT-Outsourcingbeziehungen

In der Literatur gibt es bereits erste Ansätze zur Systematisierung von IT-Outsourcingbeziehungen [vgl. bspw. KeWv02; KRNR03; NRRC96]. Nam et al. [NRRC96] bspw. schlagen ein zweidimensionales Rahmenwerk vor und beschreiben vier Outsourcingttypen entlang der Dimensionen „Ausmaß der Substitution durch den Anbieter“ und „Strategischer Einfluss der IT“. Kern et al. [KeWv02] klassifizieren ebenfalls vier Typen von Outsourcingbeziehungen entlang zweier anderer Dimensionen: „Strategische Absicht“ und „Technische Fähigkeiten“. Obwohl diese ersten Ansätze in Richtung einer Typologisierung zu einem systematischeren Verständnis von Outsourcingbeziehungen beitragen, sind sie zu einseitig, da sie nur zwei ausgewählte, keinesfalls umfassende Beziehungsdimensionen einbeziehen [NRRC96]. Bisherige Typologien sind nicht in der Lage, eine Outsourcingbeziehung umfassend zu charakterisieren oder Managementempfehlung zur Steuerung derselben abzuleiten. Aufgrund der gestiegenen Komplexität und Variantenvielfalt im IT-Outsourcing müssen daher weitere Beziehungsfaktoren in die Analyse von Outsourcingbeziehungen einbezogen werden, um eine ganzheitliche Typologie von Outsourcingbeziehungen entwickeln zu können.

Die in den Experteninterviews erhobenen Erwartungen, Erfahrungen und Ausprägungen von Outsourcingbeziehungen können in fünf verschiedene Archetypen eingeteilt und entlang der aus der Literatur erarbeiteten Beziehungsdimensionen unterschieden werden: (1) „Commodity Provider“, (2) „Technologie Exzellenz Partner“, (3) „Stabilitätspartner“, (4) „Partnerschaft für kollaborative Serviceentwicklung“ und (5) „Strategischer Allianz- und Innovationspartner“.

Der aktuell in der Praxis vorrangig auftretende Typ ist die „Commodity Provider“-Outsourcingbeziehung. Ziel einer solchen Beziehungskonstellation ist die Erreichung einer effizienten IT verbunden mit Kosteneinsparungen oder -variabilisierung durch den selektiven Einkauf externer Ressourcen. Der Provider wird hier als Anbieter von standardisierten Leistungen (commodity, utility) angesehen, die aus einem Ressourcenpool je nach Bedarf und meist auf einer kurzfristigen Basis bezogen werden können. Die strategische bzw. partnerschaftliche Komponente mit Fokus auf langfristigen komparativen Wettbewerbsvorteilen steht nicht im Vordergrund. Geeignete Maßnahmen zur Steuerung dieses Outsourcingtyps sind formale, ergebnisorientierte Mechanismen, d.h. ein stark strukturiertes und mit detaillierten Steuerungs- und Outputgrößen formuliertes Vertragswerk. Entsprechend gering ist meist die Rolle von verhaltensorientierten Mechanismen wie Vertrauen, Commitment, oder informeller Informationsaustausch ausgeprägt.

Ein weiterer Beziehungstyp ist der „*Technologie Exzellenz Partner*“, bei dem der Anbieter aufgrund seines umfassenden Branchen Know How oder seiner „best-in-class“ Fähigkeiten im Hinblick auf eine zukunftsorientierte und innovative Ausrichtung in der technologischen Entwicklung ausgewählt wird [KeWv02]. Eine solche Beziehung ist meist auf eine eher kurzfristige, projektbasierte Dauer ausgerichtet und basiert ebenfalls überwiegend auf ergebnisorientierten Steuerungsmechanismen.

Der dritte Beziehungstyp „*Stabilitätspartner*“ erfordert ein hohes Maß an Commitment, Vertrauen und informellem Informationsaustausch auf beiden Seiten, da hier meist ein signifikanter Anteil der IT des Kunden für eine längere Dauer extern vergeben wird. Dementsprechend spielen informale verhaltensorientierte Steuerungsgrößen eine wichtige Rolle. Verglichen mit den ersten beiden Typen sind hier die Transaktionskosten ebenso wie die Kosten, die ein Wechsel des Providers mit sich bringt, verhältnismäßig hoch, da die Verbindung und Abhängigkeiten beider Partner voneinander sehr stark ist. Wichtig bei diesem Beziehungstyp ist die Abgrenzung zu strategischen Allianzen: Auch wenn Stabilitätspartnerschaften meist langfristig und vom Outsourcinggegenstand her großvolumig ausgerichtet sind, sind es meist keine strategische Allianzen, bei denen Innovation und Geschäftstransformation im Fokus sind [KRNR03]. Vielmehr steht bei der Stabilitätspartnerschaft die Zuverlässigkeit des Anbieters bei der dauerhaften Erbringung von Basis IT-Leistungen und seine unterstützende (meist reaktive) Rolle im Vordergrund.

Die „*Partnerschaft für kollaborative Serviceentwicklung*“ ist ein Beziehungstyp, der sich erst langsam in der Praxis entwickelt. Er ist weder ausschließlich von den Eigenschaften einer kurzfristigen commodity-Beziehung geprägt, noch hat er eine rein strategische Ausrichtung. Vielmehr kann er als selektive Transformationspartnerschaft verstanden werden, bei der der Fokus auf der gemeinsamen Entwicklung von IT-Services liegt, bei der beide Partner gleichermaßen Know How und Ressourcen einbringen, sowie Risiko und Nutzen teilen. Dementsprechend ist der Grad der gegenseitigen Abhängigkeit sehr hoch, zumal die gemeinsame Serviceentwicklung auch strategische Elemente im Sinne der Erreichung komparativer Wettbewerbsvorteile und Wissenszuwachs enthält. Die Steuerung einer solchen Beziehungsform erfolgt über verhaltensorientierte Maßnahmen, im Vertrag können die zu entwickelnden Services aufgrund der Dynamik und Unsicherheit über das Ergebnis schwer festgeschrieben werden.

Der Beziehungstyp „*Strategischer Allianz- und Innovationspartner*“ wird oft auch als „transformational outsourcing“ bezeichnet und zielt – zunächst ähnlich wie bei der gemeinsamen Ser-

viceentwicklung – auf die gemeinsame Entwicklung und eine Risiko-Nutzen-Teilung innerhalb der Partnerschaft ab und wird erfolgreich über verhaltensorientierte Mechanismen gesteuert. Im Gegensatz zur gemeinsamen Serviceentwicklung, die sehr selektiv und fokussiert auf einen Bereich abzielt, sind strategische Allianzen von Dauer und Ausrichtung sehr viel umfassender und ganzheitlicher angelegt. Nicht selten steht eine Geschäftstransformation im Vordergrund, die langfristiges beidseitiges Commitment, Vertrauen und eine entsprechende Rechtsstruktur für den Anbieter beinhaltet und eine hohe Erfahrung beider Partner mit Outsourcing erfordert.

Entlang den aus der Literatur abgeleiteten Beziehungskategorien und den explorativen Erkenntnissen aus der Empirie können die vorgestellten Archetypen nun umfassender charakterisiert werden. Obwohl einige der Archetypen bereits vereinzelt in der Literatur Erwähnung finden, war es bislang nicht möglich, diese unterschiedlichen Typen genau anhand eines detaillierten Bezugsrahmens zu charakterisieren. Darüber hinaus konnte ein weiterer Beziehungstyp aus der Empirie identifiziert werden, der bislang in der Literatur keine Erwähnung fand: Partnerschaft für kollaborative Serviceentwicklung.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die identifizierten Archetypen und beschreibt deren unterschiedliche Ausprägungen entlang der entwickelten Beziehungskategorien.

Archetyp	Commodity Provider	Technologie Exzellenz Partner	Stabilitäts-partner	Partnerschaft für kollaborative Serviceentwicklung	Strategischer Allianz- und Innovationspartner	Beispielhafte Referenzen für Dimension
<b>Strategische Absicht und Kontext</b>						
Strategische Absicht und Motivation für externe Leistungsvergabe	IT Effizienz, Kostenreduktion, -variabilisierung	IT Effizienz, Zugang zu best-of-breed Technologie und Know How	Business Value, Performanz, Stabilität, Fokus auf Kernkompetenzen	Business Value / Innovation, gemeinsames Service Engineering / Wissenstransfer	Geschäfts-transformation, Innovation, Risikoübernahme	[KeWv02], [KRNR03] [AISS04]
Strategischer Einfluss auf die IT des Kunden	⬇	⬆	⬇	⬇	⬆	[NRRC96], KeWv02; KRNR03]
Erwartungen an Rolle des Service Providers	standardisierte Leistungen, Zugang Ressourcenpool	Lösungsanbieter "best in class"	Stabiler / langfristiger Lösungs-provider	Gemeinsamer Partner für Serviceentwicklung	Strategischer Allianzpartner	[KeWv02], [KRNR03] [AISS04]
Einbindung des Service Providers in aktive Planung der Kunden-IT (Erwartung des Kunden)	⬇	⬇	⬇	⬆	⬆	[KRNR03]
Ausmaß des komparativen Wettbewerbsvorteils / Innovationsopportunities durch ITO (Erwartung)	⬇	⬇	⬇	⬆	⬆	[KRNR03]



Archetyp	Commodity Provider	Technologie Exzellenz Partner	Stabilitäts-partner	Partnerschaft für kollaborative Serviceentwicklung	Strategischer Allianz- und Innovationspartner	Beispielhafte Referenzen für Dimension
Potenzial der Weiterentwicklung der Outsourcingbeziehung (Evolution)	⬇	↔	↔	⬆	⬆	[KRNR03]
Einfluss auf die langfristige Strategie des Kunden	⬇	⬇	↔	↔	⬆	[KRNR03]
<b>Beziehungsstruktur</b>						
Ausmaß der gegenseitigen Abhängigkeit Barrieren/Höhe der Wechselkosten	⬇	⬇/↔	⬆	⬆	⬆	[NRRC96], [LeKi99] [GoCh05]
Gleichrichtung der Ziele zwischen Kunde und Anbieter	⬇	↔	↔	⬆	⬆	[East92], [LaWi03]
Zeithorizont / Dauer der Beziehung Vertragslaufzeit	Kurzfristig projektbasiert o. kont.	Kurzfristig projektbasiert	Langfristig kontinuierlich	Mittelfristig projektbasiert o. kont.	Langfristig kontinuierlich	[LeKi99], [KRNR03]
Relationale Netzwerkarchitektur (strategisch, erweitert, virtuell)	Virtuell, erweitert	Virtuell, erweitert	Erweitert, strategisch	Erweitert, strategisch	strategisch	[SaZm00]
Konkretionsgrad von Output / Ergebnis der Beziehung	Gut spezifiziert/ spezifizierbar	Gut spezifiziert/ spezifizierbar	Gut spezifiziert, aber dynamisch	Schwer spezifizierbar, dynamisch	Schwer spezifizierbar, dynamisch	[KRNR03]
Ausmaß der Substitution durch Anbieter	⬇	⬇	⬆	↔	⬆	[NRRC96]
Rolle der Erfahrung mit Outsourcing	⬇	⬇ / ↔	↔	↔	⬆	[LeKi99]
<b>Steuerungsmechanismen (Governance und Monitoring)</b>						
Steuerungs- und Kontrollmechanismen	Formal, ergebnisorientiert	Formal, ergebnisorientiert	Formal und informal, ergebnisorientiert	Informal und formal, verhaltensorientiert	Informal und formal, verhaltensorientiert	[KRNR03], [East92]
Rolle und Level der vertraglichen Kontrolle	⬆	↔ / ⬆	⬆	⬇	⬇	[KRNR03]
Konkretisierungsgrad der vereinbarten Leistungen	⬆	⬆	↔/⬆	⬇	⬇	[BeSc05]
<b>Interaktion</b>						
Relevanz informeller Informationskanäle	⬇	↔	↔	⬆	⬆	[KRNR03]
Informationsübergabe und Wissenstransfer	⬇	⬆	↔	⬆	⬆	[LeKi99], [KRNR03]
Anreize zur Teilung von Risiko und Nutzen	⬇	⬆	↔/⬆	⬆	⬆	[KRNR03], [LeKi99]
Ausmaß der Freiheitsgrade / Entscheidungsautorität des Anbieters	⬇	↔	⬆	⬆	⬆	[KRNR03]
Koordinationskosten und Intensität	⬇	↔	⬆	⬆	⬆	[KRNR03]
Commitment von Anbieter und Kunde	⬇	↔	⬆	⬆	⬆	[LeKi99], [GoCh05]
Rolle von Vertrauen	⬇	⬇	↔	⬆	⬆	[Kern97, LeKi99, GoCh05]
Notwendigkeit kultureller Ähnlichkeiten	⬇	↔	⬆	⬆	⬆	[LeKi99]

Legende: ⬆= hoch / extrem wichtig, ↔= mittel / wichtig, ⬇= niedrig / kaum wichtig

Tabelle 2: Typologie von Beziehungen im IT-Outsourcing

## 5 Fazit und Ausblick auf zukünftige Forschung

Der Beitrag dieser Forschungsarbeit liegt in der Identifikation, Klassifikation und Beschreibung unterschiedlicher Typen von IT-Outsourcingbeziehungen. Aus den empirischen und theoretischen Vorarbeiten können erste Gestaltungsprinzipien und Ansatzpunkte für das erfolgreiche Management von unterschiedlichen Beziehungen im IT-Outsourcing abgeleitet werden. In der Literatur vereinzelt erwähnte Typen konnten anhand des entwickelten Bezugsrahmens präzise klassifiziert und beschrieben werden. Darüber hinaus wurde ein neuer Typ identifiziert, der bisher in der Literatur keine Berücksichtigung gefunden hat. Ein wichtiger Erfolgsfaktor einer für beide Seiten erfolgreichen Outsourcingbeziehung scheint die Spezifikation und der Abgleich der unterschiedlichen Erwartungen an die Outsourcingbeziehung zu sein. Erste Erkenntnisse aus den Experteninterviews haben gezeigt, dass viele Unternehmen ihre Beziehung sehr stark auf Kosteneffizienz ausrichten und eng am Vertragswerk steuern, gleichzeitig aber Risikoteilung und Geschäftstransformation wie in einer strategischen Partnerschaft erwarten.

Für zukünftige Forschungsarbeiten eröffnen sich insbesondere zwei Forschungsfelder: Zum einen bietet die Typologie einen ersten Schritt in Richtung eines tiefer gehenden Verständnisses unterschiedlicher Erwartungen beider Parteien an eine Outsourcingbeziehung und deren Ausprägungen. Zum zweiten bildet der Vorschlag eine Grundlage für zukünftige positivistische Forschung, die die Existenz und Ausprägung der vorgeschlagenen Typen anhand großzahliger Empirie substantiell untermauert. Spannend hierbei ist die Untersuchung der Tendenzen in der Entwicklung unterschiedlicher Typen. Zwar ist der Typ des Stabilitätspartners das aktuell dominierende Modell in Outsourcingbeziehungen, es ist jedoch zu untersuchen, ob sich Outsourcingbeziehungen tendenziell zu den Rändern, also zu sehr spezifischen Typen im Outsourcing entwickeln, da Kunden entweder mehr Proaktivität und Engagement von Seiten des Anbieters oder aber die Erbringung standardisierter, kostengünstiger IT-Leistungen erwarten.

## Literatur

- [AISS04] Alborz, S.; Seddon, P.B.; Scheepers, R.: Impact of Configuration on IT Outsourcing Relationships. In: Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems 2004. New York, S. 3551-3560.

- [BeSc05] Behrens, S.; Schmitz, C.: Ein Bezugsrahmen für die Implementierung von IT-Outsourcing-Governance. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 245 (2005), S. 28-36.
- [CoYo06] Cohen, L.; Young, A.: Multisourcing: Moving beyond outsourcing to achieve growth and agility. Harvard Business School Press, Boston, Mass., USA 2006.
- [DGHJ04] Dibbern, J.; Goles, T.; Hirschheim, R.; Jayatilaka, B.: Information Systems Outsourcing: A Survey and Analysis of the Literature. In: The DATA BASE for Advances in Information Systems 35 (2004) 4, S. 6-102.
- [East92] Easton, G.: Industrial Networks. A Review. In: Axelson, B.; Easton, G. (Hrsg.): Industrial Networks: A New View of Reality. Routledge, London 1992, S. 1-34.
- [GoCh05] Goles, T.; Chin, W.W.: Information systems outsourcing relationship factors. In: SIGMIS Database 36 (2005) 4, S. 47-67.
- [JaBK06] Jahner, S.; Böhmman, T.; Krcmar, H.: Anticipating and considering customers' flexibility demands in IS outsourcing relationships. In: Proceedings of the 14th European Conference on Information Systems 2006. Göteborg, Sweden.
- [Kern97] Kern, T.: The gestalt of an information technology outsourcing relationship: an exploratory analysis. In: Proceedings of the 18th International Conference on Information Systems 1997. Atlanta, GA, S. 37-58.
- [KeWi00] Kern, T.; Willcocks, L.: Exploring information technology outsourcing relationships: theory and practice. In: The Journal of Strategic Information Systems 9 (2000) 4, S. 321-350.
- [KeWv02] Kern, T.; Willcocks, L.P.; van Heck, E.: The Winner's Curse in IT Outsourcing: Strategies for avoiding relational trauma. In: California Management Review 44 (2002) 2, S. 47-69.
- [KiCh03] Kim, S.; Chung, Y.-S.: Critical success factors for IS outsourcing implementation from an organizational relationship perspective. In: Journal of Computer Information Systems 43 (2003) 4, S. 81-90.
- [Klep97] Klepper, R.: The management of partnering development in IS outsourcing. In: Willcocks, L.P.; Lacity, M.C. (Hrsg.): Strategic sourcing of information systems: Perspectives and practices. Wiley, Chichester 1997, S. 305-326.

- [KoMc90] Konsynski, B.R.; McFarlan, E.W.: Information partnerships - Shared data, shared scale. In: Harvard Business Review 68 (1990) 5, S. 115-120.
- [KRNR03] Kishore, R.; Rao, H.; Nam, K.; Rajagopalan, S.; Chaudhury, A.: A Relationship Perspective on IT Outsourcing. In: Communications of the ACM 46 (2003) 12, S. 87-92.
- [LaHi93] Lacity, M.C.; Hirschheim, R.A.: The Information Systems Outsourcing Bandwagon. In: MIT Sloan Management Review 35 (1993) 1, S. 73-86.
- [LaHi94] Lacity, M.; Hirschheim, R.: Realizing outsourcing expectations: incredible expectations, credible outcomes. In: Information Systems Management 11 (1994) 4, S. 7-18.
- [LaWi03] Lacity, M.; Willcocks, L.: IT Sourcing Reflections: Lessons for Customers and Suppliers. In: Wirtschaftsinformatik 45 (2003), S. 115-125.
- [LeKi99] Lee, J.-N.; Kim, Y.-G.: Effect of Partnership Quality on IS Outsourcing Success. In: Journal of Management Information Systems 15 (1999) 4, S. 29-61.
- [LHCP00] Lee, J.-N.; Huynh, M.Q.; Chi-wai, K.R.; Pi, S.-M.: The Evolution of Outsourcing Research: What is the Next Issue? In: Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences-Volume 7 2000.
- [LuKN06] Luftman, J.; Kempaiah, R.; Nash, E.: Key Issues for IT Executives 2005. In: MIS Quarterly Executive 5 (2006) 2, S. 27-45.
- [NRRC96] Nam, K.; Rajagopalan, S.; Rao, H.R.; Chaudhury, A.: A two-level investigation of information systems outsourcing. In: Communications of the ACM 39 (1996) 7, S. 36-44.
- [oV05] o.V.: Outsourcing verfehlt Zielvorgaben. <http://www.computerwoche.de/index.cfm?pageid=254&artid=74335&linktype=nl>, Abruf am: 30.06.2006.
- [SaZm00] Sambamurthy, V.; Zmud, R.W.: Research Commentary: The Organizing Logic for an Enterprise's IT Activities in the Digital Era--A Prognosis of Practice and a Call for Research. In: Information Systems Research 11 (2000) 2, S. 105-114.

# **Qualität von IT-Leistungen aus den Perspektiven von Anbietern und Nachfragern**

## **Ergebnisse einer Umfrage in der Schweiz**

Roger Grütter

Dipl.-Inform.  
CH – 3006 Bern  
rgruetter@rgruetter.ch

Prof. Dr. Gerhard Schwabe

Institut für Informatik  
Universität Zürich  
CH – 8050 Zürich  
schwabe@ifi.unizh.ch

Felix-Robinson Aschoff

Dipl.-Psych.  
Institut für Informatik  
Universität Zürich  
CH – 8050 Zürich  
aschoff@ifi.unizh.ch

### **Abstract**

Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse einer Umfrage zum IT-Service-Management in der Schweiz vor. Er vergleicht, wie Anbieter und Nachfrager die Qualität der IT-Services beurteilen. Insgesamt beurteilen sowohl Anbieter als auch Nachfrager die Dienstleistungsqualität mit dem Prädikat „gut“. Allerdings ist in der Bewertung der Dienstleistungsqualität zwischen den Anbietern und den Nachfragern ein signifikanter Unterschied auszumachen. Werden Qualitätsfaktoren in die Auswertung einbezogen, die die Dienstleistungsqualität beeinflussen, zeigt sich, dass die Nachfrager ein viel klareres Verständnis haben, was für sie eine gute Dienstleistungsqualität ausmacht. Die Anbieter hingegen tappen bei der Zusammensetzung der Dienstleistungsqualität zum großen Teil im Dunkeln. Weiter zeigt die Auswertung, dass die operativen Leistungen der Anbieter gut bewertet werden. Demgegenüber stehen aber schlechte

Bewertungen, und somit ein Verbesserungsbedarf, gegenüber den Aktivitäten des höheren Managements, die im Zusammenhang mit dem Dienstleistungsmanagement stehen.

## **1 Einleitung**

IT- Dienstleistungen werden zunehmend professionell erbracht. Während in den 80er und 90er Jahren die IT-Abteilungen ihre Dienstleistungen noch ad-hoc und mit einer stark variablen Qualität erbrachten, wird heute zunehmend auf eine planbare, konstant hohe Dienstleistungsqualität gesetzt. IT ist ein Teil des Geschäfts geworden [Grem04] und deshalb werden in den Unternehmen aus Technologieanbietern Dienstleister [Sall04]. Die Dienstleistungsanbieter sollten dabei kundenorientiert und in Prozessen denken [BöKr04]. Erste Studien beobachteten in den letzten Jahren einen erheblichen Fortschritt der IT- Servicequalität durch die zunehmende Verbreitung des ITIL-Frameworks [Offi03a, Offi03b, Dete04, Schm04]. Solide Untersuchungen zur IT-Service-Qualität basieren aber auf Fallstudien [HoZB04b], während quantitative Daten zur Servicequalität für den deutschsprachigen Raum<sup>1</sup> bisher fehlen.

Deshalb interessierte uns in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Verband der Informatik-anbieter (SWICO), wie gut IT-Dienstleistungen heute wirklich sind und welche Faktoren für die Beurteilung von IT-Dienstleistungen ausschlaggebend sind. Da Qualität von Dienstleistungen im größeren Umfang nicht mit vertretbarem Aufwand objektiv messbar ist, setzten wir auf die Wahrnehmung der Dienstleistungsqualität durch Service- Anbieter und Kunden. Dabei interessieren uns nicht nur die absolute Höhe der Dienstleistungsqualität, sondern auch die Differenzen zwischen den Wahrnehmungen beider Seiten.

## **2 Verwandte Arbeiten**

Die Kundenbeteiligung, das zeitliche Zusammenfallen von Produktion und Konsum sowie die Immaterialität machen es schwierig, die Qualität von IT-Dienstleistungen objektiv zu messen. Deshalb spielen subjektive Faktoren, insbesondere die Erwartungen des Kunden, eine bedeutende Rolle. Gängige Modelle zur Messung von allgemeiner Dienstleistungsqualität [Cors01; ZeBP88] und IT-Dienstleistungsqualität (SERVQUAL) [BöKr04, PaZB85] stellen

---

<sup>1</sup> Uns sind keine internationalen Daten bekannt. Da Dienstleistungen und das Qualitätsempfinden kulturbedingt sind, ist eine Beschränkung auf einen Kulturkreis sinnvoll.

deshalb die Erwartungen und die Wahrnehmungen der Kunden sowie die Wahrnehmung der Kundenerwartung durch die Serviceanbieter ins Zentrum. Die Diskussion zu IT-Service-management wird in den letzten Jahren zunehmend durch die Einführung von ITIL in Unternehmen geprägt [Offi03a; Offi03b; ZaHB05; Grem04; ViGü05, HoZB04a, HoZB04b]. ITIL ist eine strukturierte Sammlung von „Best practices“ für die Gestaltung von IT-Services. ITIL hat sich in den letzten Jahren zu einem Industriestandard entwickelt, aus dem Beratungs- und Softwarefirmen eigene Servicemanagement-Frameworks ableiten (z.B. MOF von Microsoft [PuQA03] oder HP ITSM Reference Model von Hewlett-Packard [Hewl03]). Laut einer Studie von Beratungsunternehmen [Dete04] haben sich bei deutschen Unternehmen die Transparenz der IT-Prozesse, die Qualität der IT-Prozesse und die Reaktionszeiten bei über der Hälfte der befragten Unternehmen aufgrund der Einführung von ITIL verbessert. Gemäß einer weiteren Studie konnten gerade 11% der befragten mit ITIL signifikante Kosteneinsparungen realisieren [Schm04]. Dieser Zahl stehen Kostenerhöhungen bei 9% der Unternehmen gegenüber. Immerhin konnte bei 39% eine geringe Kostenreduzierung erreicht werden.

### **3 Forschungsdesign und Datenerhebung**

Im Folgenden werden die Forschungsfragen eingeführt und die Vorgehensweise begründet. Sodann wird ein Modell der Dienstleistungsqualität entwickelt, aus dem dann der Fragebogen abgeleitet wird. Ein Abschnitt zur Datenerhebung schließt dieses Kapitel.

#### **Forschungsfragen**

Wie in der Einleitung bereits beschrieben, soll diese Studie zwei Forschungsfragen zur Dienstleistungsqualität beantworten.

Forschungsfrage 1: Wie beurteilen Anbieter und Nachfrager die Qualität von IT-Leistungen und wo sind die größten Unterschiede?

Die Bewertung der Dienstleistungsqualität ist das zentrale Merkmal dieser Studie und bietet eine Kennzahl, wie gut oder schlecht die Kunden, beziehungsweise die Anbieter die Dienstleistungsqualität im Schweizer Markt einschätzen. Es gilt zu beachten, dass die Kunden die Qualität der Anbieter bewertet haben. Die Anbieter hingegen wurden gefragt, welche

Bewertungen sie von den Kunden erwarten. Diese Ausgestaltung der Frage hatte zum Ziel, eine ehrliche Selbsteinschätzung der Anbieter zu erreichen und eine Überschätzung der eigenen Leistung zu verhindern. Wenn von der Qualität der Anbieter die Rede ist, gilt es zu bedenken, dass bei den Anbietern nicht direkt die eigene Qualität bewertet wurde, sondern die Qualitätsbewertung, die diese von den Kunden erwarten. Mit der erwarteten Dienstleistungsqualität auf Anbieterseite ist also diejenige Bewertung gemeint, die die Anbieter von ihren Kunden, aufgrund der erbrachten Leistungen, erwarten. Um genauere Aussagen zu erreichen wird die erste Forschungsfrage im Folgenden weiter aufgefächert.

Forschungsfrage 1.1: Wie beurteilen die Kunden die Dienstleistungsqualität ihrer Anbieter?

Forschungsfrage 1.2: Welche Beurteilung der Dienstleistungsqualität erwarten die Anbieter von ihren Kunden?

Forschungsfrage 1.3: Gibt es einen Unterschied und wenn ja wo?

Wie aus der Literatur ersichtlich ist [BöKr04] bestehen zwischen Kunden und Anbietern Unterschiede in der Wahrnehmung der Dienstleistungsqualität. Die Kunden als Abnehmer der Leistungen werden nicht jede kleine Unzufriedenheit in der Leistungserstellung mitteilen, beziehungsweise die Anbieter können die erwartete Dienstleistungsqualität aufgrund verschiedener Gaps [Cors01] nicht korrekt einschätzen. Dadurch tendieren die Anbieter zu einer besseren Beurteilung der Dienstleistungsqualität als es die Kunden tun.

Im Expertenworkshop wurden neben der Dienstleistungsqualität verschiedene Faktoren identifiziert, die, nach Meinung der Experten, einen relevanten Einfluss auf die Dienstleistungsqualität ausüben. Dies führt uns zu der zweiten Forschungsfrage, mit der die wichtigsten Einflussfaktoren der Dienstleistungsqualität identifiziert werden sollen.

Forschungsfrage 2: Welchen Einfluss haben die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Dienstleistungsqualität?

Dieser zweite Frageblock betrachtet nicht nur die Unterschiede zwischen Kunden und Anbietern, sondern versucht die hauptsächliche Zusammensetzung der Dienstleistungsqualität bei Kunden und Anbietern zu erklären.

Forschungsfrage 2.1: Welche Einflussfaktoren tragen bei den Kunden wie stark zur Erklärung der Dienstleistungsqualität bei?



Forschungsfrage 2.2: Welche Einflussfaktoren tragen bei den Anbietern wie stark zur Erklärung der Dienstleistungsqualität bei?

Forschungsfrage 2.3: In welchen Faktoren bestehen die größten Unterschiede?

Ein abschließender Vergleich der jeweiligen Einflussfaktoren mit den größten Unterschieden soll das Verständnis der unterschiedlichen Zusammensetzung der Dienstleistungsqualität bei Kunden und Anbieter verbessern und aufzeigen, in welchen Einflussfaktoren die beiden Parteien unterschiedliche Auffassungen über den Einfluss der Faktoren auf die Dienstleistungsqualität haben.

### **Vorgehensweise**

Parasuraman, Zeithaml und Berry entwickelten in den 80er Jahren den SERVQUAL- Ansatz [PaZB88], um die Dienstleistungsqualität aus Sicht der Kunden zu messen. Der SERVQUAL- Ansatz besitzt eine theoretische Einbindung in das Gap-Modell [PaZB85] und bewertet die Dienstleistungsqualität anhand der fünf Dimensionen Umfeld/Materielles, Zuverlässigkeit, Entgegenkommen, Souveränität, Einfühlung.

Eine Verwendung des SERVQUAL-Modells (bzw. des Nachfolgers SERVPERF [CrTa94], der nach früher Kritik [Hens90] entwickelt wurde) war in der vorliegenden Studie aus praktischen Gründen nicht möglich und aus Sicht der Forschungsfragen auch nicht unbedingt sinnvoll.

Die Untersuchung der Servicequalität zum IT-Servicemanagement in der Schweiz war ursprünglich vom Interesse des SWICO getrieben, mit einem Qualitätslabel gute Servicequalität auszuzeichnen und damit über eine höhere Markttransparenz insgesamt das Service-Niveau zu heben. Zwar war der Zweitautor von Beginn an der Konzeption dieser Untersuchung beteiligt, aber die entscheidende Frage der Erstellung des Untersuchungsdesigns wurde an eine Arbeitsgruppe aus Experten aus der Praxis und Wissenschaftlern delegiert<sup>2</sup>. Für die Arbeit dieser Arbeitsgruppe standen die Relevanz der Fragen im Vordergrund und die Verwendung eines in der Wissenschaft etablierten Modells nur im Hintergrund. Wir entschlossen uns dennoch aus drei Gründen, die Daten mit zu erheben und wissenschaftlich auszuwerten:

1. Als Verband hat der SWICO sehr viel besseren Zugang zu Unternehmen als eine Universität. Dies sorgt für eine vergleichsweise gute Stichprobe.

---

<sup>2</sup> An diesem Prozess waren Erst- und Zweitautor nur als Reviewer beteiligt.

2. Die Kompetenz der einbezogenen Experten aus der Praxis war beeindruckend, wurde in einem systematischen Prozess einbezogen und der Designprozess war auch ausreichend wissenschaftlich begleitet.

3. Die Forschungsfragen sind explorativ: Es ging darum zu entdecken, welche Faktoren wie wichtig sind und wie sie in einem Zusammenhang stehen und nicht darum, Hypothesen zu bestätigen. Für eine solche Zielsetzung ist eine offenerere Vorgehensweise angemessen, zumal das SERVQUAL-Modell nicht unumstritten ist [Hens90].

Unsere Forschungsfragen und damit auch der gewählte Ansatz unterscheiden sich in zwei entscheidenden Punkt von SERVQUAL:

1. Es ging ausdrücklich um Spezifika des IT-Servicemanagements. Dies erfordert in jedem Fall eine Anpassung des allgemeinen Modells.

2. Wir gehen (wie [CrTa94]) davon aus, dass ein Kunde die komplexe Größe Dienstleistungsqualität mit einer Note bewerten kann, nicht zuletzt weil er bei der Auswahl weiterer Leistungen immer reflektieren muss, zu welcher Qualität der Anbieter bisher die Leistungen erbracht hat. Zudem möchten wir nicht die Unterschiede zwischen erwarteter und wahrgenommener Dienstleistungsqualität beim Kunden untersuchen. Sondern in dieser Studie interessiert die Differenz zwischen der Bewertung der Dienstleistungsqualität durch den Kunden, und die vom Anbieter erwartete Bewertung durch den Kunden.

### **Entwicklung eines Modells der Dienstleistungsqualität**

Aus den oben vorgestellten Gap-Modellen der Dienstleistungsqualität [Cors01; ZeBP88; BöKr04] wurde die Grundidee übernommen, Erwartungen und Wahrnehmungen von Kunden und Anbietern zum Ausgangspunkt der Untersuchung zu machen. Da der Fragebogen bei der Aufnahme unserer Arbeit bereits weit fortgeschritten war, stand bei der Ausarbeitung des Modells die Kompatibilität zum Fragebogen im Vordergrund. Bestimmte Mängel im Fragebogen, die durch die Praxisorientierung des Fragebogens entstanden sind, mussten in Kauf genommen werden. So wird auf der Kundensicht die wahrgenommene Dienstleistungsqualität gemessen. Auf der Anbieterseite wurde abgefragt, welche Bewertung die Anbieter von der Kundenseite erwarten. Wir nennen das „erwartete Dienstleistungsqualität“. Damit wurde versucht eine ehrlichere Antwort von den Anbietern zu bekommen, als wenn die Frage gelautet hätte: „Wie beurteilen sie Ihre erbrachte Dienstleistungsqualität?“. Außerdem wird diese Vorgehensweise der Beobachtung gerecht, dass letztendlich immer der Kunde über die Qualität einer Dienstleistung entscheidet.

Die eigentlichen Messgrößen für Dienstleistungsqualität wurden in mehreren Workshops des SWICO mit jeweils 10-12 Teilnehmern aus Wissenschaft<sup>3</sup> und Praxis erarbeitet. Das für die Umfrage aufgestellte Dienstleistungsqualitätsmodell umfasst 14 Qualitätsfaktoren (vgl. Abb. 1). Zentrales Element ist die erwartete Dienstleistungsqualität bei den Anbietern und die wahrgenommene Dienstleistungsqualität bei den Kunden. Zwischen diesen beiden Qualitätsbeurteilungen besteht ein Unterschied, der die Differenz in der Bewertung der Dienstleistungsqualität zwischen beiden Seiten ausdrückt. Die Gesamtbeurteilung der Dienstleistungsqualität ist auf beiden Seiten von den 14 Qualitätsfaktoren abhängig.

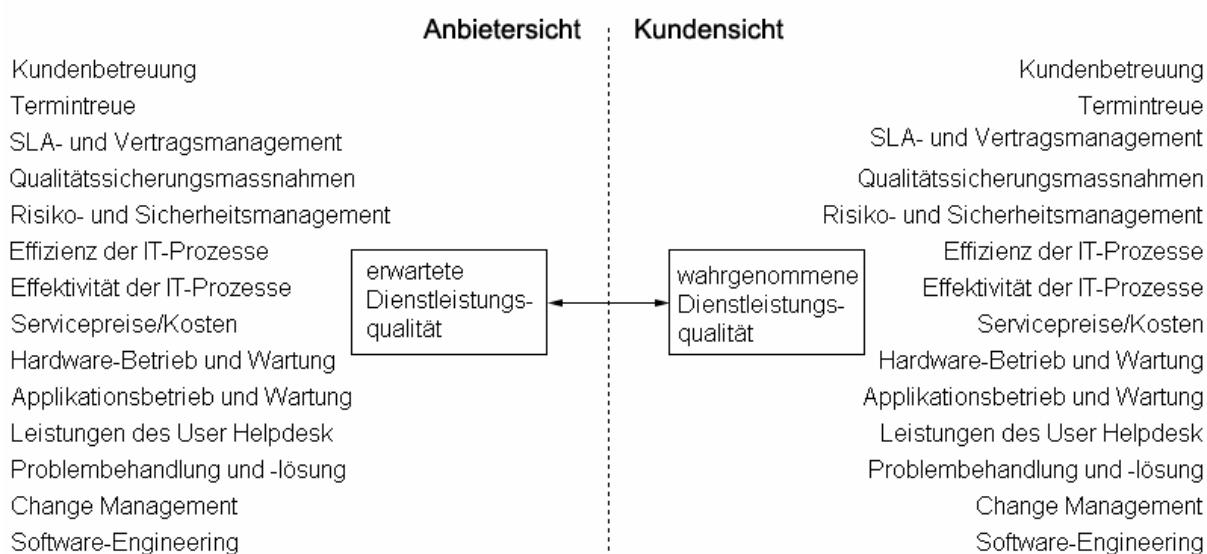


Abb. 1: Modell der Dienstleistungsqualität

Die 14 Qualitätsfaktoren, für welche ein Zusammenhang zur Dienstleistungsqualität vermutet wird, werden im Folgenden kurz vorgestellt. Das erste Merkmal „Kundenbetreuung“ soll allgemein zeigen, wie gut die Anbieter die Bedürfnisse der Kunden erkennen und darauf eingehen. „Termintreue“ ist für den Kunden ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung der Dienstleistungsqualität. In ITIL werden die Leistungen oft in Form von Service Level Agreements (SLA) vereinbart, welche durch das Merkmal „SLA- und Vertragsmanagement“ bewertet werden. Das Merkmal „Qualitätssicherungsmaßnahmen“ ermöglicht eine Bewertung der Maßnahmen für eine standardisierte dauerhaft gesicherte Qualität der IT. Das „Risiko- und Sicherheitsmanagement“ zeigt, wie diese, in der Datenverarbeitung wichtige Leistung, ausgeführt wird. Die beiden Merkmale „Effizienz der IT-Prozesse“ und „Effektivität der IT-Prozesse“ bewerten die Produktivität, beziehungsweise die Wirksamkeit der vorhandenen IT-

<sup>3</sup> An dieser Stelle möchten wir uns beim Kollegen Prof. Dr. Gerhard Knolmayer herzlich für die Mithilfe an der Fragebogenentwicklung bedanken.

Prozesse. Eine höhere Qualität ist oft mit höheren Kosten verbunden, daher wird beim Faktor „Servicepreise/ Kosten“ nach der Zufriedenheit bei den Kosten nachgefragt. „Hardware-Betrieb und Wartung“ ist eine standardisierte Leistung die von vielen Kunden konsumiert, beziehungsweise von vielen Anbietern angeboten wird. Softwareseitig wird im Faktor „Applikationsbetrieb und Wartung“ die Leistung bewertet, wie die vorhandene Software funktioniert und deren Wartung realisiert ist. Das User Helpdesk ist für den Kunden mit Problemen eine wichtige, oft einzige, Anlaufstelle und dementsprechend wichtig sind die „Leistungen des User Helpdesk“. Wie der Anbieter mit Problemen umgeht und in Lösungen transferiert, wird beim Faktor „Problembehandlung und -lösung“ bewertet. Das „Change Management“ ist eine weitere sehr wichtige Leistung eines IT-Serviceanbieters, bei der der korrekte Ablauf der Geschäftsprozesse direkt betroffen ist. Als letztes Merkmal der Qualitätsfaktoren wird im Faktor „Software-Engineerin“ die Erstellung neuer Software oder projektbezogene Leistungen bewertet.

In dem Fragebogen wurden Anbietern und Kunden identische Fragen zur Bewertung der einzelnen Qualitätsfaktoren sowie zur Bewertung der Gesamtqualität vorgelegt. Zur Bewertung der Zufriedenheit der einzelnen Merkmale wurde die Schweizer Notenskala verwendet, wobei die Note 1 unbrauchbar, die Note 6 sehr gut bedeutet. Da einzelne Unternehmen eine dem Qualitätsfaktor zugrunde liegende Dienstleistung gar nicht in Anspruch nehmen und damit nicht bewerten konnten, wurde eine zusätzliche Kategorie geschaffen, deren Werte in der Auswertung ausgeschlossen werden. Der Fragebogen enthielt noch eine Reihe weiterer Fragen, die für diesen Artikel nicht von Belang sind.

## **Datenerhebung**

Mit der Erhebung der Daten wurde Anfangs Februar 2005 begonnen. Zum einen wurde der Fragebogen als Webumfrage verfügbar gemacht. Nur eine kleine Minderheit nutzte diesen Kanal. Weitere Daten wurden bei Workshops des SWICO zum Thema IT-Service-Management, über telefonische Direktansprache zufällig ausgewählter Unternehmen erhoben. Bis Mitte März 2005, dem Ende der Umfrage, konnten von den Kunden 95 Fragebögen und von den Anbietern 121 Fragebögen gesammelt werden. Von den Anbietern mussten fünf Fragebögen aufgrund Doppelerfassungen oder eines ungenügenden Ausfüllungsgrades von der Auswertung ausgeschlossen werden. Bei den Kunden mussten vier Fragebögen ausgeschlossen werden. Insgesamt lag die Zahl der ausgelassenen Antworten für die folgenden Auswertungen unter 12%.

Eine Generalisierbarkeit der Resultate ist nicht grundsätzlich gegeben, wenn die Grundgesamtheit aus allen Unternehmen, beziehungsweise allen Unternehmen die IT Leistungen anbieten, besteht, da die Mikro-Unternehmen in dieser Umfrage zu wenig stark berücksichtigt wurden [Bund01a]. Betrachtet man jedoch nicht die prozentuale Verteilung der natürlichen Klasse Unternehmensgröße [Bund01b], sondern die wirtschaftliche Relevanz der Unternehmen, können, nach Meinung der Autoren, die Ergebnisse auf die Grundgesamtheit der kleinen bis großen Unternehmen generalisiert werden. Auf jeden Fall können durch generalisierende Aussagen, Tendenzen im Schweizer Markt erkannt werden, die vor allem die „kleinen“ bis „großen“ (also nicht die sehr kleinen) Unternehmen betreffen.

## 4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Umfrage vorgestellt. Zuerst wird die Gesamtbeurteilung der Dienstleistungsqualität von Anbietern und Kunden vorgestellt und auf Unterschiede eingegangen. Der zweite Abschnitt behandelt daraufhin die durchschnittlichen Beurteilungen der 14 Qualitätsfaktoren durch Anbieter und Kunden. Der dritte Abschnitt analysiert die Bewertungsunterschiede beider Gruppen und im abschließenden vierten Abschnitt wird der Einfluss der Qualitätsfaktoren auf die Gesamtbeurteilung der Dienstleistungsqualität ermittelt.

### **Gesamturteil Dienstleistungsqualität: Unterschiede zwischen Anbietern und Kunden**

Die Einschätzungen für das Fragebogen-Item „Generelle Beurteilung der Dienstleistungsqualität“ wurden getrennt für Anbieter und Kunden ausgewertet. Die Einschätzung der Anbieter auf der 6-Punkte-Likert Skala erreichte einen Mittelwert von  $M=4,99$  ( $SD=0,519$ ) während der Mittelwert der Einschätzungen der Kunden bei  $M=4,71$  ( $SD=0,694$ ) lag. Die statistische Signifikanz dieses Unterschieds wurde mit einem t-Test für unabhängige Stichproben geprüft. Der Unterschied erwies sich als hochsignifikant mit  $t(203) = 3,36$ ;  $p < 0,01$ . Eine Voraussetzung des t-Test, nämlich die Homogenität der Varianzen, ist für unseren Datensatz nicht gegeben. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der Test bei dieser großen Stichprobe robust gegenüber dieser Verletzung reagiert (vgl. [RFHN04]) Der t-Test mit korrigierten Freiheitsgraden wird ebenfalls hochsignifikant mit  $t(157,528) = 3,22$ ;  $p < 0,01$ . Die Effektgröße

beläuft sich auf  $d = 0,462$ . Für den Unterschied zwischen Anbietern und Kunden ergibt sich somit gemäß den Konventionen von [Cohe88] ein mittlerer Effekt.

In Bezug auf Forschungsfrage 1 lässt sich somit sagen, dass die Anbieter die generelle Dienstleistungsqualität auf der vorgegeben Skala als „gut“ einschätzen, während die Einschätzung der Kunden statistisch signifikant ca.  $\frac{1}{4}$  Notenpunkt niedriger liegt.

### Beurteilung der Qualitätsfaktoren

Die Urteile für die 14 Qualitätsfaktoren wurden getrennt für Anbieter und Kunden ermittelt. Die Mittelwerte aller 14 Items sind in Abbildung 2 abgetragen, wobei die Qualitätsfaktoren absteigend nach Kundeneinschätzungen sortiert sind.

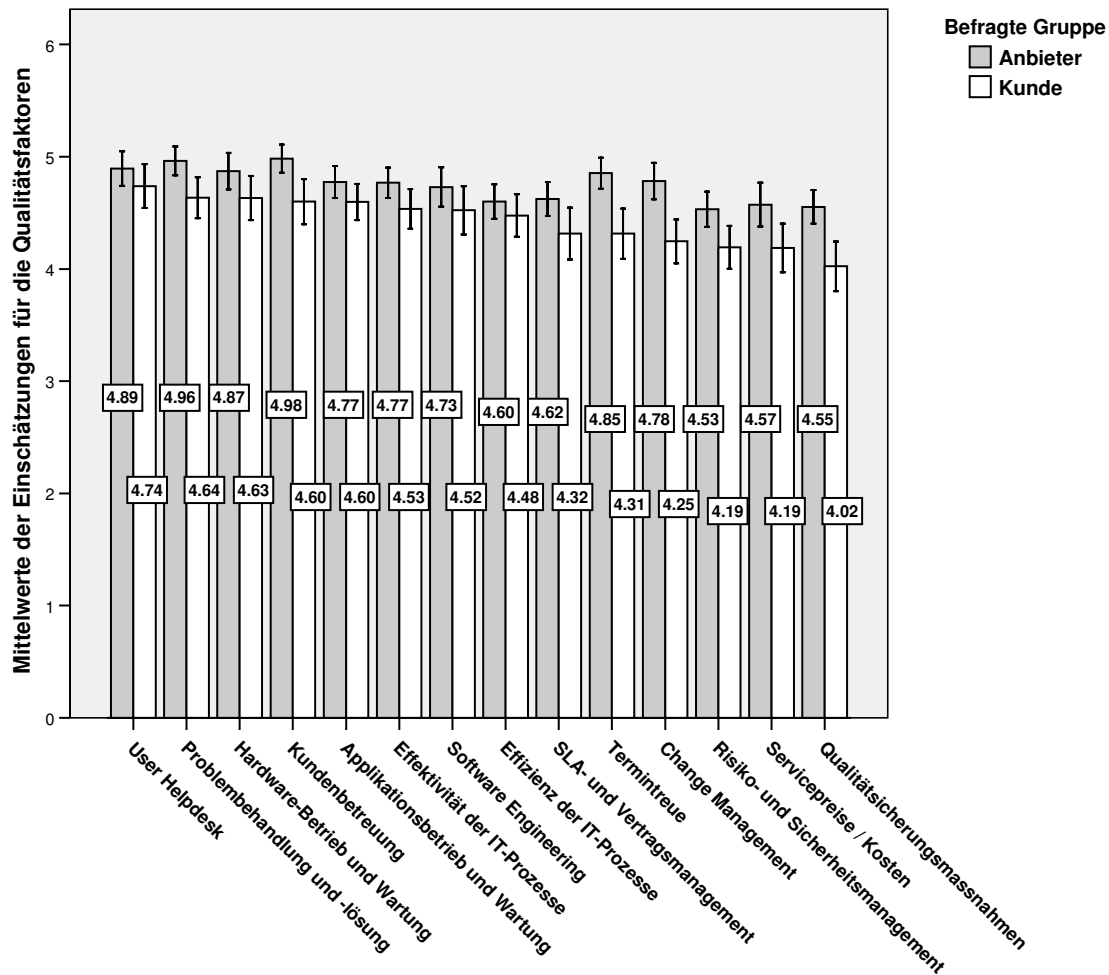


Abb. 2: Mittlere Einschätzung der 14 Qualitätsfaktoren von Anbietern und Kunden (absteigend sortiert nach der Höhe der mittleren Urteile durch die Kunden; Fehlerbalken: 95% Vertrauensintervall)

Die Einschätzungen der Anbieter schwanken zwischen  $M = 4,98$  und  $M = 4,53$  bei einem Gesamtmittelwert von  $M = 4,77$  ( $SD = 0,788$ ). Die höchsten Bewertungen erhielten die Faktoren „Kundenbetreuung“ ( $M = 4,98$ ), „Problembehandlung und -lösung“ ( $M = 4,96$ ) sowie „Leistungen des User Helpdesk“ ( $M = 4,89$ ). Am schlechtesten beurteilt wurden die Items „Risiko und Sicherheitsmanagement“ ( $M = 4,53$ ), „Qualitätssicherungsmaßnahmen“ ( $M = 4,55$ ) sowie die „Effizienz der IT Prozesse“ ( $M = 4,60$ ).

Die Einschätzungen der Kunden schwanken zwischen  $M = 4,74$  und  $M = 4,02$  bei einem Gesamtmittelwert von  $M = 4,44$  ( $SD=0,913$ ). Die höchsten Bewertungen erhielten die Faktoren „Leistungen des User Helpdesk“ ( $M = 4,74$ ), „Problembehandlung und -lösung“ ( $M = 4,64$ ) sowie „Hardware-Betrieb und Wartung“ ( $M = 4,63$ ). Am niedrigsten eingestuft wurden die Items „Qualitätssicherungsmaßnahmen“ ( $M = 4,02$ ), „Servicepreis / Kosten“ ( $M = 4,19$ ) sowie „Risiko- und Sicherheitsmanagement“ ( $M = 4,19$ ).

### **Unterschiede zwischen Anbietern und Kunden**

Bei den Differenzen zwischen den Urteilen zwischen den Anbietern und den Kunden für die 14 Qualitätsfaktoren haben sich die größten Differenzen ergeben für die Items „Termintreue“ ( $\text{Diff.}=0,54$ ), „Qualitätssicherungsmaßnahmen“ ( $\text{Diff.}=0,53$ ) sowie „Change Management“ ( $\text{Diff.}=0,53$ ). Diese drei Faktoren weisen alle ein ähnlich hohes Niveau auf. Die nächst kleinere Differenz weist nur noch eine Differenz von  $\text{Diff.}=0,38$  („Kundenbetreuung“) auf.

Die größte Einigkeit herrschte bezüglich der Items „Effizienz der IT Prozesse (Produktivität)“ ( $\text{Diff.}=0,12$ ) sowie „Leistungen des User Helpdesk“ ( $\text{Diff.}= 0,15$ ). Die Differenzen zwischen Anbietern und Kunden für die 14 Qualitätsfaktoren sind in Abbildung 3 abgetragen. Um zu testen, ob die Anbieter die Servicequalität über alle 14 Qualitätsfaktoren hinweg signifikant höher einschätzen als die Kunden wurde eine  $2 \times 14$  Varianzanalyse mit den beiden Faktoren Personengruppe (Anbieter / Kunde) und Frageitems (1 - 14) berechnet. Der Faktor Personengruppe erwies sich als signifikant ( $SS=20,44$ ;  $df=1$ ;  $MS=20,443$ ;  $F=5,977$   $p<.05$ ). Die Effektstärke dieses Faktors erwies sich mit  $\omega^2=0,30$  als hoch (vgl. [Cohen88]).

Bezüglich Forschungsfrage 1.3 lässt sich demnach festhalten, dass es über alle 14 Qualitätsfaktoren hinweg eine signifikant höhere Einschätzung der Dienstleistungsqualität seitens der Anbieter im Vergleich zu den Kunden gibt. Es gibt aber deutlich unterschiedliche Diskrepanzen bei den 14 Qualitätsfaktoren.

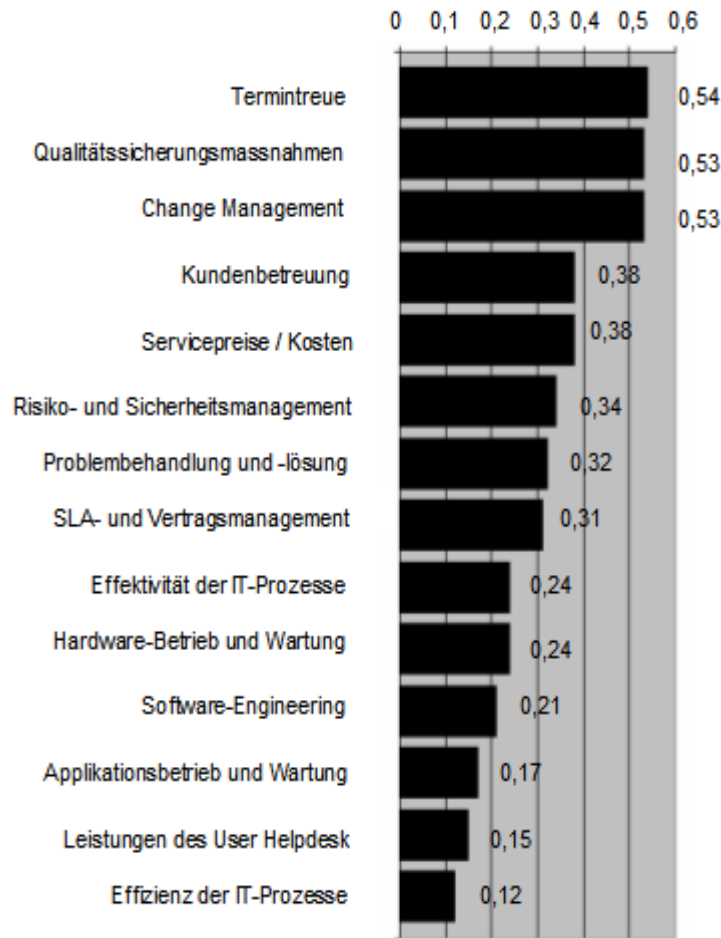


Abb. 3: Differenzen zwischen den Einschätzungen der Anbieter und der Kunden für die 14 Qualitätsfaktoren

### **Einfluss der Qualitätsfaktoren auf die Gesamteinschätzung der Dienstleistungsqualität**

Um den Einfluss der eingeschätzten Qualitätsfaktoren auf die Gesamteinschätzung der Dienstleistungsqualität zu ermitteln, wurde für Anbieter und Kunden getrennt eine Lineare Regression mit paarweisem Fallausschluss berechnet. Die 14 Einzelfaktoren fungierten als Prädiktor und das Item „Generelle Beurteilung der Servicequalität“ wurde als abhängige Variable des Regressionsmodells deklariert. Werden alle 14 Einzelfaktoren in das Regressionsmodell für die Anbieter aufgenommen, ergibt sich ein  $R^2=0,405$ . Für die Kunden ergibt sich ein entsprechendes  $R^2=0,561$ .

Tab. 1 zeigt die standardisierten Beta-Koeffizienten für die Qualitätsfaktoren für Anbieter sowie für Kunden.

Für die Anbieter ergibt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang in diesem Regressionsmodell zwischen dem Item „Effektivität der IT-Prozesse“ und der generellen



Einschätzung der Dienstleistungsqualität. Für die Kunden erweist sich der Zusammenhang zwischen dem Item „Kundenbetreuung“ und dem Gesamturteil als statistisch signifikant.

	Anbieter	Kunden
	R <sup>2</sup> =0,405	R <sup>2</sup> =0,561
	Standardisierter Koeffizient Beta	Standardisierter Koeffizient Beta
Kundenbetreuung	0,164	0,382 **
Termintreue	0,170	0,099
SLA- und Vertragsmanagement.	0,108	0,127
Qualitätssicherungsmassnahmen	0,088	0,043
Risiko- und Sicherheitsmanagement	-0,077	0,029
Effizienz der IT-Prozesse	0,098	0,140
Effektivität der IT-Prozesse	0,381 **	-0,028
Servicepreise / Kosten	-0,028	0,177
Hardware-Betrieb und Wartung	0,088	-0,019
Leistungen des User Helpdesk	-0,150	0,144
Problembehandlung und -lösung	-0,034	-0,075
Change Management	-0,022	-0,067
Applikationsbetrieb und Wartung	-0,019	0,112
Software-Engineering	0,003	-0,030

Sign.: \* <0,1 \*\* <0,05 \*\*\*<0,01

Tab. 1: Standardisierte Beta-Koeffizienten für die 14 Einzelfaktoren für Anbieter und Kunden (abhängige Variable: „Generelle Beurteilung der Servicequalität“)

Tabelle 1 zeigt auf, dass es sich nicht als sinnvoll erweist, alle Variablen in das Regressionsmodell aufzunehmen. Eine Reihe von Fragen weisen keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der abhängigen Variablen auf und es kann zudem davon ausgegangen werden, dass ein gewisser Grad an Multikollinearität vorliegt (im Modell der Anbieter liegen acht Konditionsindizes über 30, im Model der Kunden liegen sechs Indizes über 30).

Mittels Ausschlussverfahren (Backward-Deletion) (vgl. [Bort05]) wurde Variable um Variable aus dem Regressionsmodell entfernt mit dem Kriterium, dass nur solche Variablen verbleiben, die mindestens eine Signifikanz von  $\alpha = 0,10$  aufweisen. Daraus ergibt sich für die Anbieter ein Modell mit den beiden Variablen „Termintreue“ sowie „Effektivität der IT-Prozesse“ welches ein  $R^2 = 0,341$  aufweist. Für die Kunden ergibt sich ein Regressionsmodell von  $R^2 = 0,519$ , das folgende Einzelfrageitems als Prädiktoren enthält: „Kundenbetreuung“, „SLA- und Vertragsmanagement“ sowie „ Servicepreise / Kosten“. Tabelle 2 zeigt die Beta-Koeffizienten des Modells für die Anbieter sowie des entsprechenden Modells für die Kunden.

Bezüglich Forschungsfrage 2 lässt sich festhalten, dass bei den Anbietern zwei Faktoren ausreichen, um einen großen Teil der Erklärungskraft des Gesamtmodells zu erreichen. Bei den Kunden sind es drei Faktoren. Für die Anbieter weist neben dem Faktor der „Termintreue“ der hochsignifikante Faktor der „Effektivität der IT-Prozesse“ die stärkste Korrelation mit der

Gesamtbeurteilung auf. Aus Sicht der Kunden ergibt sich hier der hochsignifikante Faktor „Kundenbetreuung“ als Faktor mit größtem Beta-Gewicht. Hinzu kommen die Faktoren „SLA- und Vertragsmanagement“ sowie der Faktor „Servicepreise / Kosten“. Zudem fällt auf, dass das Modell der Kunden einen höheren Teil der Varianz aufklärt als das Modell der Anbieter.

	Anbieter	Kunden
	R <sup>2</sup> =0,341	R <sup>2</sup> =0,519
	Standardisierter Koeffizient Beta	Standardisierter Koeffizient Beta
Kundenbetreuung	-	0,494 ***
Terminreue	0,249**	-
Effektivität der IT-Prozesse	0,439 ***	-
SLA- und Vertragsmanagement	-	0,206 *
Servicepreise / Kosten	-	0,204 *
Sign.: * <0,1 ** <0,05 ***<0,01		
– nicht in das Modell aufgenommen		

Tab. 2: Regressionsmodell nach Ausschlussverfahren für Anbieter und Kunden

## 5 Interpretation der Ergebnisse

Schlechte Servicequalität wird von einzelnen Praktikern als ein Hauptgrund dafür genannt, IT-Outsourcing-Geschäfte zu überdenken. Die vorliegende Untersuchung kann diese negative Einschätzung für die Schweiz nicht bestätigen. Die Anbieter schätzen die generelle Servicequalität als „gut“ ein (M=4,99) während die Kunde sie im Durchschnitt ¼ Note niedriger und damit noch fast gut einschätzen. In der Einschätzung gibt es keinen sehr großen, aber einen statistisch eindeutig signifikanten Unterschied in der Wahrnehmung zwischen Anbieter und Kunden. Die Anbieter überschätzen die Zufriedenheiten der Kunden. Dieser Umstand zeigt sich auch bei allen 14 Qualitätsfaktoren durchgehend. Es gibt keinen Qualitätsfaktor, der von den Kunden höher bewertet wird als von den Anbietern. Bei den drei Items „Terminreue“, „Qualitätssicherungsmaßnahmen“ und „Change Management“ beträgt diese Überschätzung immerhin ½ Notenpunkt. Alle drei Punkte gehören auch zu den Punkten, die von den Kunden mit am schlechtesten bewertet wurden. Hier ist also ein großer Handlungsbedarf bei den Anbietern. Die große Bewertungsdifferenz deutet darauf hin, dass den Anbietern dieser Handlungsbedarf noch nicht bewusst geworden ist. Für die weitere Analyse der Ergebnisse lohnt es sich, die einzelnen Faktoren zu gruppieren: Ein Gruppe von Faktoren beschreibt operatives IT Service Management, die in ITIL dem Service Support zuzuordnen wären. Unter diese Faktoren können „Leistungen des User Helpdesk“, „Problembehandlung

und -lösung“, „Hardware-Betrieb und Wartung“, „Applikationsbetrieb und Wartung“, „Software-Engineering“ und „Change Management“ zusammengefasst werden. Mit den allermeisten dieser Faktoren sind die Kunden vergleichsweise zufrieden und die Einschätzungen von Kunden und Anbietern gehen nicht weit auseinander. Nur bei dem (wohl anspruchsvollsten) Thema Change und Releasemanagement sind die Kunden weniger zufrieden und die Anbieter haben den Handlungsdruck noch nicht so wahrgenommen. Eine zweite Gruppe von Qualitätsfaktoren beschreibt (höhere) Managementaktivitäten, die in ITIL eher dem Service Delivery und dem allgemeinen Management zuzuordnen wären. Hierzu gehört „Kundenbetreuung“, „SLA- und Vertragsmanagement“, „Risiko- und Sicherheitsmanagement“ und „Qualitätssicherungsmaßnahmen“. In diesem Bereich sind die Kunden vergleichsweise unzufrieden. Den Anbietern ist diese Unzufriedenheit nicht bewusst. Eine dritte Gruppe von Qualitätsfaktoren beschreibt nichtfunktionale Anforderungen. Hierzu gehören Effizienz und Effektivität der IT-Prozesse, Termintreue sowie Servicepreis/Kosten. Diese Faktoren sind eher im mittleren Bereich zu finden. Es fällt dabei auf, wie sehr die Anbieter Ihre Termintreue überschätzen und wie unzufrieden die Kunden mit den Preisen sind, sind doch niedrigere Preise ein klassischer Anreiz zum Outsourcing. Dies führt zu der ersten Schlussfolgerung unserer Studie:

*Schlussfolgerung 1: Während die Anbieter im operativen IT-Servicemanagement gute Leistungen anbieten, besteht noch Handlungsbedarf bei den höheren Managementaktivitäten. Dieser Handlungsbedarf ist von den Anbietern noch nicht erkannt.*

Bei den Regressionsgleichungen klärt das Modell der Anbieter weniger Varianz auf (41%) als das Modell der Kunden (56%). Dies deutet auf eine klarere Wissensstruktur seitens der Kunden hin. Die Kunden wissen mit einem hohen Maß an Zuverlässigkeit welche der Qualitätsfaktoren die Dienstleistungsqualität für sie beeinflusst. Sie nutzen sowohl für die generelle Beurteilung der Dienstleistungsqualität als auch für die einzelnen Qualitätsfaktoren die Likert-Skala stärker aus, was unter anderem zu dem Effekt der erhöhten Varianzaufklärung beiträgt. Mit drei Items („Kundenbetreuung“, „SLA- und Vertragsmanagement“, „Servicepreise / Kosten“) klärt das Regressionsmodell der Kunden über 50% der Varianz der Gesamtbeurteilung auf. Es fällt auf, dass diese Faktoren alle direkt an der Kundenschnittstelle zu finden sind, d.h. es sind Faktoren, deren Erfüllung das verantwortliche Management der Kunden unmittelbar erfährt.

*Schlussfolgerung 2: Das Gesamtqualitätsempfinden der Kunden wird derzeit stark durch drei Faktoren an der Schnittstelle zu dessen verantwortlichen Management geprägt.*

Dieses Ergebnis ist aus Sicht der Kunden logisch, da sich dessen verantwortliches Management um interne Qualitätsfaktoren eigentlich nicht kümmern möchte und an der operativen Nutzerschnittstelle Zufriedenheit herrscht. Bei den eigentlichen kundengerichteten Prozessen („Kundenbetreuung“, „Problembehandlung und –lösung“) leisten die Anbieter heute schon gute Arbeit; bei den Nebenbedingungen dieser Aktivitäten, den Servicepreisen und Kosten und der Termintreue besteht aber aus Sicht der Kunden noch erheblicher Handlungsbedarf.

Die Anbieter hingegen haben offenbar eine weniger genaue Vorstellung, wie sich die Zusammenhänge für die Kunden darstellen. Selbst bei einer Regression mit allen 14 Faktoren werden hier nur knapp 40% Varianzaufklärung erreicht. Dieser Effekt ist sicher zum Teil auch darauf zurückzuführen, dass sie sich die Anbieter die Erwartungen der Kunden vorstellen müssen, während diese eine konkrete Situation beurteilen.

*Schlussfolgerung 3: Die Anbieter haben kein klares Bild davon, was genau das Qualitätsempfinden der Kunden prägt.*

Während für die Anbieter die „Effektivität der IT-Prozesse“ das höchste Beta-Gewicht aufweist, gefolgt von dem Item „Termintreue“, stehen für die Kunden die „Kundenbetreuung“ sowie das „SLA- und Vertragsmanagement“ und die „Servicepreise / Kosten“ im Vordergrund. Für sie scheint eine möglicherweise etwas abstrakte Effektivität der IT Prozesse nicht so entscheidend zu sein (eventuell auch weil ihnen der direkte Vergleich fehlt). Was sie jedoch unmittelbar merken und was sich somit stark auf ihre Gesamtbeurteilung auswirkt ist zum einen das Eingehen auf ihre Bedürfnisse als Kunden und zum anderen die entstehenden Kosten.

Die Faktoren ergeben eine gute erste Schätzung der Zusammenhänge, die allerdings in weiteren Studien und an weiteren Stichproben auf ihre Stabilität hin untersucht werden sollten.

## **Literaturverzeichnis**

- [Bort05] Bortz, Jürgen: Statistik. 6. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg 2005
- [BöKr04] Böhm, Tilo; Krömer, Helmut: Grundlagen und Entwicklungstrends im IT-Servicemanagement. In: Meier, Andreas (Hrsg.): HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 237. Dpunkt Verlag, Heidelberg 2004, S. 7–21.

- [Bund01a] Bundesamt für Statistik: Taschenstatistik Betriebszählung 2001. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index.html>, Abruf am 2005-03-22.
- [Bund01b] Bundesamt für Statistik: Taschenstatistik der Schweiz 2004. <http://bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index.html>, Abruf am 2005-03-22.
- [Cohe88] Cohen, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, New York: Erlbaum
- [Cors01] Corsten, Hans: Dienstleistungsmanagement. 4. Aufl., Oldenbourg Wissenschaftsverlag, Oldenbourg 2001.
- [CrTa94] Cronin, Joseph; Taylor, Steven: SERVPERF versus SERVQUAL: Reconciling Performance-Based and Perceptions-Minus-Expectations Measurement of Service Quality, In: Journal of Marketing 58 (1994) 1, S. 125-131.
- [Dete04] Detecon&Diebold Consultants: IT Service Management – Trends und Perspektiven in der IT Infrastructure Library (ITIL) in Deutschland. [http://www.detecon.com/de/publikationen/studienbuecher\\_detail.php?pub\\_id=101&sid=d491ca6a4ab648e4dc04a1a5907efbe7](http://www.detecon.com/de/publikationen/studienbuecher_detail.php?pub_id=101&sid=d491ca6a4ab648e4dc04a1a5907efbe7), 2004-04-15, Abruf am 2005-02-01
- [Grem04] Grembergen Van, Wim: Strategies for Information Technology Governance. Idea Group Publishing, Hershey 2004.
- [Hall02] Haller, Sabine: Dienstleistungsmanagement. 2. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden 2002.
- [Hens90] Hentschel, Bert: Die Messung wahrgenommener Dienstleistungsqualität mit SERVQUAL, In: Marketing ZFP 4 (1990), S. 230-240
- [Hewl03] Hewlet-Packard: The HP IT Service Management (ITSM) Reference Model. [ftp://ftp.hp.com/pub/services/itsm/info/itsm\\_rmwp.pdf](ftp://ftp.hp.com/pub/services/itsm/info/itsm_rmwp.pdf), 2003, Abruf am 2006-07-18
- [HoZB04a] Hochstein, Axel; Zarnekow, Rüdiger; Brenner, Walter: ITIL als Common-Practice-Referenzmodell für das IT-Service-Management. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 46 (2004) 5, S. 382–389.
- [HoZB04b] Hochstein, Axel; Zarnekow, Rüdiger; Brenner, Walter: Evaluation of Service-Oriented IT-Management in Practice. In: Proc. Of the 2005 IEEE International Conference on Service System and Service Management, China 2005.

- [Offi03a] Office of Government Commerce: Service Delivery. CD-ROM Version, The Information Management Company, 2003.
- [Offi03b] Office of Government Commerce: Service Support. CD-ROM Version, The Information Management Company, 2003.
- [PaZB88] Parasuraman A., Zeithaml, Valerie; Berry, Leonard: SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perception of Service Quality, In: Journal of Retailing 64 (1988) 1, S.12-40.
- [PaZB85] Parasuraman, A.; Zeithaml, Valerie; Berry, Leonard: A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research, In: Journal of Marketing 49 (1985) 4, S. 41-50.
- [PuQA03] Pultorak, Dave; Quagliariello, Pete; Akker, Rolf: Das MOF- Taschenbuch. <http://download.microsoft.com/download/9/c/7/9c7605ee-21ab-4819-965a-21e5bc983087/MOFPocketguideGercleansample.pdf>, 2003, Abruf am 2006-07-18
- [RFHN04] Rasch, B., Frieze, M., Hofmann, W., Naumann E.: Quantitative Methoden. Band 1. Springer, Berlin 2005.
- [Sall04] Sallé, Mathias: IT Service Management and IT Governance: Review, Comparative Analysis and their Impact on Utility Computing. <http://www.hpl.hp.com/techreports/2004/HPL-2004-98.pdf>, 2004-06-02, Abruf am 2005-12-04.
- [Schm04] Schmidt, Rainer: IT-Service Management – Aktueller Stand und Perspektiven für die Zukunft. Hochschule Aalen, [http://www.itsmf.de/upload/events/Auswertung\\_ITIL-Studie.pdf](http://www.itsmf.de/upload/events/Auswertung_ITIL-Studie.pdf), Abruf am 2005-12-02.
- [ViGü05] Victor, Frank; Günther, Holger: Optimiertes IT-Management mit ITIL. 2. Aufl., Frier. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden 2005.
- [ZaHB05] Zarnekow, Rüdiger; Hochstein, Axel; Brenner, Walter: Serviceorientiertes IT-Management. 1. Aufl., Springer, Berlin 2005.
- [ZeBP88] Zeithaml, V. A.; Berry, L. L.; Parasuraman, A.: Communication and control processes in the delivery of service quality. In: Journal of Marketing 52 (1988) 2, S. 35–48.

# The Interplay of Outsourcing Risks and Benefits

## A Study of Business Process Outsourcing in the German Banking Industry

Kim Wüllenweber

E-Finance Lab

Johann Wolfgang Goethe University

60054 Frankfurt am Main

wuellenweber@wiwi.uni-frankfurt.de

### Abstract

What is the influence of outsourcing risks on outsourcing benefits? Although outsourcing literature reveals findings on outsourcing risks and outsourcing benefits, their interplay has hardly been analyzed. Using data from 218 German banking managers within the context of Business Process Outsourcing (BPO), it turns out that financial and performance related risks and benefits heavily interplay. In addition, strategic considerations such as the concentration on core business and the ability to react to market changes have substantial impact on the perception of financial and performance risks and benefits. The findings of this paper can be used to analyze effective risk mitigation instruments and to design risk measurement models incorporating risk and benefit correlations.

## 1 Introduction

The examination of outsourcing — the purchase of a good or service that was previously provided internally [LaHi93] — has been a domain of IS research for several years now. When considering outsourcing, most of the academic discussions have addressed the questions of “why”, “what”, “which” and “how” to outsource as well as “the outcome of outsourcing” [DGHJ04]. This research provides findings to connect research on “how to outsource” and “the outcome of outsourcing” by analyzing the interplay of outsourcing risks and outsourcing benefits. Neither outsourcing risk [AuPR98] nor outsourcing benefit [LeMK04] can be described by a single measure. They are multi-dimensional constructs which heavily depend on

each other [AuPR98]. To assure a successful outsourcing arrangement, their interplay has to be analyzed to implement effective risk mitigation instruments and to design sophisticated risk measurement models using both risk and benefit correlations. Based on the outsourcer's perspective, we therefore aim at answering the following research questions:

- What is the influence of outsourcing risks on outsourcing benefits?

The research question addresses the concern that all outsourcing risks are financially driven and do only negatively impact the achievement of cost savings on the benefit's side [LaWi98]. But if also quality and strategic related risks affect cost savings and also negatively influence the strategic flexibility, outsourcers should account for these interplays in their outsourcing decision and also in the risk management activities during the delivery phase.

To approach this research question, a research model incorporating both risks and benefits has been developed and tested subsequently in an empirical study conducted on BPO in the German banking industry. The structure of the paper is as follows: In section 2, related research on outsourcing risk and benefit are presented to provide a theoretical base for the research model. Subsequently, in section 3 the research model comprising outsourcing risk and benefit measures is introduced and information provided on data collection and sample characteristics. The empirical results as well as their limitations are outlined in section 4. This paper closes with a summary of the results and provides some implications for further research (section 5).

## **2 Related Research**

In this section, the building blocks of the research model are discussed. As primary research objective the concept of outsourcing benefits are first introduced. As these benefits can be periled by several undesirable outcomes, the concept of outsourcing risk is subsequently discussed to provide a theoretical base for the relation of risks and benefits. As this paper addresses risks and benefits in the context of BPO, current research findings on risks and benefits of BPO are outlined.

### **2.1 Outsourcing benefits**

Multiple researches have been conducted to analyze outsourcing benefits [DGHJ04]. There are many reasons why companies choose to outsource. Academic effort has concentrated on factors



that influence the sourcing decision. Theories like Transaction Cost Economics [Coas37] and the Resource-Based View (RBV) [Barn86] explain the outsourcing decision from a theoretical point of view and have been tested thoroughly in empirical studies. Fundamentally, three drivers for outsourcing have been identified: economic, strategic and technological reasons [LoVe92]. The most important *economic* driver is anticipated cost reduction, as several researchers report. Companies are eager to reduce their overall expenditures (personnel, hard- and software) and discuss any sourcing scenario (incl. off-shoring arrangements) to find out which is the most cost effective one [AnSt98; LaWi98]. On a *strategic* level the demand for more flexible processes and IT systems which support the business in times of rapid change and global reach is often quoted [QuHi94]. This desire often results in the concept of focussing on core competencies through divestment of non-core areas [Quin99]. In times of tight budgets, companies need to allocate capital in the most efficient way and source out those activities which not provide substantial value to their core business. *Technologically*, companies expect to improve their operations through the access to new technology and skilled people by sourcing to a service provider specialized in the respective area [LaWi98]. Thus, quality improvement is often a vital reason to source out.

As this research aims at analyzing the interplay of risk and benefits, outsourcing benefits are viewed as potential benefits.

## 2.2 Outsourcing risks

Several researchers have addressed the importance of outsourcing risk research [DGHJ04; AuBR05]. However, a consistent definition of outsourcing risk has not emerged. In rational decision theory, the concept of risk reflects the variation in the distribution of possible outcomes, their likelihood and their subjective values [Knig21]. The theory suggests that decision-makers deal with decisions under uncertainty in a rational way, i.e., by computing different alternatives and selecting the option that best suits their personal risk-return profile, which is generally risk-averse [Yate92]. However, empirical studies indicate that this theoretical view is not consistent with how managers deal with risky choices in reality: several studies have shown that managers follow a less precise calculus, not using accurate probability calculations [MaSh98]. Instead managers follow a magnitude of undesired outcome concept neglecting the outcome probability. Therefore, Perceived Risk Theory (PRT) [Bauer67] will be used to analyze manager's risk perception. PRT analyzes the risk a person subjectively associates with the consequences of a decision. By doing this, it is possible to analyze individual risks using

only one measure instead of two (loss severity and loss probability) - thus overcoming the problem of how to combine these parameters.

Cunningham [Cunn67] distinguishes perceived risk into several dimensions called risk facets that are described in the following table and which are based on [FePa03].

No.	Risk facet	Description
1	Performance risk	The possibility of not performing as expected and therefore failing to deliver the desired benefits.
2	Financial risk	The risk to pay more money than initially anticipated.
3	Safety risk	The risk to damage the consumer's health or threaten his life due to the acquisition of the product.
4	Security (privacy) risk	The risk of misuse of private information, e.g. transaction data.
5	Opportunity / time risk	Loss of time when making a bad purchasing decision by wasting time researching and making the purchase decision.
6	Psychological risk	The risk that the selection or performance of the producer will have a negative effect on the consumer's peace of mind or self-perception.
7	Social risk	The potential loss of status in one's social group as a result of adopting a product or service.

Table 1: Perceived Risk Facets

As this research concentrates on manager's perception towards outsourcing in an organisational context, risk facets no. 4 – 7 are excluded. In addition, strategic risk replaces safety risk [Cunn67] as in this research context there is no threat to the life and health of the manager involved, but rather its equivalent for the organizational unit the manager is responsible for.

### 2.3 Business Process Outsourcing

BPO seems to be one of the largest areas of growth in the outsourcing market [Gart04]. Within this paper, BPO is defined as the delegation of one or more entire business processes to third party providers, including the software and hardware that support those processes [HaMe00]. A business process is defined as a “set of logically related tasks performed to achieve a defined business outcome” [Dave05]. Thus, BPO is the combination of application development/maintenance outsourcing, IT infrastructure outsourcing and the outsourcing of business activities which are not IT supported like business process re-design.

While practitioners and researchers alike agree on the importance of understanding the benefits and risks of BPO, this issue has so far only been addressed by a few authors [GeFr05], and there is a serious lack of theoretical and empirical knowledge on the impact and antecedents of BPO benefits and risk. One elementary question thus is whether the benefits and risks of ITO and BPO are basically the same, or if they differ in structure and magnitude and thus each justify a research domain on their own. The only available research on this issue is a paper by Gewalt and Franke [GeFr05] showing that out of 15 initially investigated risks, 11 are higher in BPO

than in ITO, 2 are regarded as identical and 2 are considered lower in BPO than in ITO. One additional risk previously ignored, i.e., "misuse of trust," is identified as specific to BPO. This serves a methodological base of this paper as some findings from ITO can be transferred to the context of BPO. However, it hardly provides insights on the relation of BPO benefits and risks.

### **3 Research Model and Methodology**

Within this section, the hypotheses of the research model are introduced. In addition, some facts and insights on the methodology used are given.

#### **3.1 Hypotheses and Research Model**

Taking the considerations of section 2, the risk measures analyzed here are performance, financial and strategic risks. The achievement of cost advantages, quality improvements and the focus on core competencies will be used as benefit measures (see section 2.2). The proposition is that these measures interplay, the following provides hypotheses on their relations.

Performance risk becomes evident when the outsourcer does not receive the service as expected. This risk is closely related to service debasement as described by [AuPR98]. Service debasement occurs, if the service provider is either not capable or not willing to execute the process as expected by the outsourcer. Not achieving the desired quality standard implies that possible quality improvement will hardly be accomplished. As already outlined, quality improvement has been recognized by several researchers as an important outsourcing reason [DGHJ04]. For outsourcing business processes banks expect benefits of better service quality [ECB04]. This might be achieved by faster execution and/or lower error/failure rates [BCLW04]. Moreover, banks expect the service provider to continuously improve the process to achieve further efficiency [ReBa01]. However, if the service provider does not even provide the minimum performance level, quality improvements will hardly be achieved.

**Hypothesis 1:** Performance risk negatively influences the achievement of quality improvements.

Performance risk might also have financial effects. As outlined by Lacity and Willcocks [LaWi98] quality related issues often have cost related impacts. If the desired quality level is not achieved, the outsourcer can either increase monitoring activities and call for penalties (if

possible) or allocate internal resources to compensate for quality losses [WiLa99]. As a result, there are unexpected management costs or costly contractual amendments [AuPR98]. In other words, the outsourcer has to pay more than he expected which is used here financial risk (see section 2.1).

**Hypothesis 2:** Performance risk is positively related to financial risk.

Outsourcing business processes inhibits the potential to exploit vendor's superior knowledge and capabilities with the process [WHFL04]. However, the prerequisite to gain these advantages is a sustained and reliable process quality. In addition, the outsourcer will be limited in its strategic flexibility. New products or services of the outsourcer which affect the way the outsourced process is executed can hardly be introduced, since even 'the old' products are incorrectly processed. Thus, the outsourcer becomes dependent on the service provider and burdens a loss of innovation capabilities [WHFL04]. This negatively influences outsourcer's strategic flexibility, i.e. increases strategic risk.

**Hypothesis 3:** Performance risk is positively related to strategic risk.

The presence of financial risk might be substantially affected by strategic risk [LaWi98]. Although outsourcing may hinder the bank to quickly react to market changes or implement strategic decisions, the bank might be able to simply allocate additional internal or external staff to overcome these deficiencies. In both cases, the bank has to pay more for the process than expected resulting in rising financial risk.

**Hypothesis 4:** Strategic risk is positively related to financial risk.

If there are severe strategic risks, the outsourcer has to pay more attention to the outsourced process. By increasing internal process know-how and improving the relationship with the vendor the outsourcer might be able to reduce the risk of lock-in and incentives the vendor to exploit his superior capabilities. By doing this, the outsourcer will have a hard time to focus on his core business and enhance his core competencies [LaWi98; DGHJ04]. Managers and operative staff will not be free to create value for the firm [Earl96]. Instead they will be busy to compensate for the loss of strategic flexibility.

**Hypothesis 5:** Strategic risk negatively influences the focus on core competencies.

If the outsourcer heavily depends on the service provider and burdens therefore a loss of innovative capacity, he hardly contributes to the achievement of quality improvements [Earl96; WHFL04]. Achieving quality improvements means to analyze process inefficiencies and to identify operational ways to accelerate process execution and/or to lower error rates. This particularly becomes evident, if the outsourcer has not retained sufficient process experts which could help the service provider to improve the process.

**Hypothesis 6:** Strategic risk negatively influences the achievement of quality improvements.

The achievement of quality improvements implicates that the outsourcer does not have to pay special attention to quality issues. Thus, outsourcer's management and operative staff are free to improve core business [AuBR05].

**Hypothesis 7:** The achievement of quality improvements is positively associated with the focus on core competencies.

As operational excellence occurs, the service provider does not have to allocate resources to these processes. More transactions can be executed; error handling activities can be reduced. As a result, process costs of the service provider decrease which can be – at least partially – passed on to the client (outsourcer) [LaHi93; LaWi98].

**Hypothesis 8:** The achievement of quality improvements is positively associated with the achievement of cost savings.

Finally and most prevailingly, the achievement of cost savings is negatively affected by the occurrence of financial risk [AuPR98; HiLa00]. Additional, unexpected costs might consume anticipated cost savings. Even if fix prices are negotiated which represent a drastic reduction of process costs, extra management costs or hidden costs by the service provider (e.g. pricing new services exceptionally) might compensate these benefits.

**Hypothesis 9:** Financial risk negatively influences the achievement of cost savings.

### **3.2 Methodology and sample characteristics**

The research model depicted in the previous section has been operationalized and transferred into a structural equation model (SEM). The SEM will be analyzed using Partial Least Squares (PLS) method [Chin98]. In contrast to covariance-based approaches (e.g. LISREL or AMOS), PLS has minimal requirements on measurement scales, sample size, and residual distribution

[Chin98]. It is particularly suitable if a more explorative analysis is preferred. As there is no strong theoretical foundation on the actual impact of outsourcing risk measures on outsourcing benefit measures, an explorative approach seems to be appropriate. Furthermore, one construct/latent variable (LV) has been operationalized in formative mode and PLS is the only algorithm that allows to both applying formative and reflective indicators (for the distinction of formative and reflective indicators cp. e.g. [JaMP87]).

Each LV in the research model is represented by a set of indicators, which were measured on a fully anchored 7-point Likert scale, ranging from “strongly agree” to “strongly disagree” for the LV quality improvements (QI), cost savings (CS) and focus on core competencies (CC). Performance risk (PR), financial risk (FR) and strategic risk (SR) were measured using scales from “very high” (risks) to “very low” (risks). Whenever possible, existing measures from prior empirical studies were adopted. The questionnaire was pre-tested independently with managers from different banks which were not included in the final sample. Based on the insights acquired in these pre-tests, the questionnaire was modified and finalized.

For this research the 200 largest banks in Germany were chosen, based on their total assets as reported in the balance sheet of the year 2003. The cumulated balance sheets of the 200 largest banks account for ca. 90% of the cumulated balance sheet of the German banking market.

To assess the interplay of risks and benefits, the managers in charge of four different banking processes were selected as units of analysis, which are generally not regarded as areas of core competence for banks: back office/settlement processes for transactions in securities, consumer credits, domestic payments and foreign exchange/money market. All 200 top banks were contacted by phone to personally identify the managers responsible for the business processes mentioned above. To increase the response rate and ensure that only the managers fill out the questionnaire themselves, the managers were identified and contacted personally. Some banks did not have all four business processes, therefore only 593 questionnaires (instead of the maximum number of 800) were sent out.

In total, 218 analyzable questionnaires from 126 banks were returned. This equals a response rate of 36.8% among managers and 63% of the banks. Taking the bank responses, the cumulated assets of the responses accounted for roughly 80% of the total cumulated German banking balance sheet. The response rate amongst large banks (assets > EUR 20bn) was exceptionally high (79.6%). The distribution of the banking groups (private banks, savings banks, cooperative banks, other banks) is representative.

## 4 Empirical Results

This section comprises the results from the PLS analysis, the discussion of key findings as well as limitation considerations. For analysis of the data, the software pls-graph, version 3.0, developed by Wynne Chin, has been used.

### 4.1 Model validation

#### 4.1.1 Measurement model specification

All manifest variables used in the model have been derived from other studies. The manifest variables for measuring the latent variables (LV) are given in the table below. The LV CC has been operationalized in formative mode; all others are in reflective mode.

Indicator	LV	Mean	SD	Related Research
a16: The service provider will not provide the promised service.	PR	3.61	1.42	[Earl96; AuBR98]
a17: The service provider will not perform the process to the desired quality (speed and accuracy) and quantity.		4.32	1.48	
a18: The service provider will agree on more beforehand than he will actually deliver during the outsourcing venture.		4.59	1.56	
a19: The originally calculated business case will not include all the actual costs?	FR	4.76	1.42	[Earl96; LaWi98; HiLa00]
a20: Unanticipated costs will emerge that reduce the calculated cost savings?		4.74	1.42	
a21: The anticipated cost savings will not be achieved?		4.62	1.42	
a28: The bank loses its ability to react flexibly to changes in the market.	SR	4.34	1.62	[Earl96; WHFL04]
a29: The bank loses its ability to improve its position in the market by means of internal optimization procedures?		4.15	1.62	
a30: The bank loses know-how that is required to remain competitive in future markets?		4.68	1.58	
a34: Our bank can carry out the process internally at lower cost than an external service provider.	CS	3.63	1.60	[AnSt98; LaWi98; HiLa00]
a35: Our internal production costs are higher than the price		4.33	1.53	
a36: Outsourcing lowers the costs that arise from executing a business process.		4.40	1.44	
a37: Overall, I believe that outsourcing is an appropriate measure to lower the costs within this business process.		4.44	1.51	
a44: An external service provider has the potential to perform the process at a higher quality than our bank.	QI	3.74	1.48	[LaWi98]
a45: An external service provider is able to perform the process faster and/or at a higher accuracy than our bank.		3.68	1.49	
a46: By outsourcing the quality of executing the process will be improved.		3.53	1.48	
a93: By outsourcing the bank's processes can be better directed towards its core business.	CC	4.50	1.46	[GrCT96]
a94: By outsourcing the bank's IT systems can be better directed towards its core business.		4.13	1.49	

Table 2: Indicators

#### 4.1.2 Formative measurement model

In the research model, “focus on core competencies” has been operationalized in formative mode since the indicators meet the criteria put forward in [JaMP87] for formative measurement models. According to the findings of both [DiWi01] and [Chin98], there are five critical issues determining the quality of the formative measurement model: (1) content specification, (2)

indicator specification, (3) indicator reliability, (4) indicator collinearity and (5) external validity.

*Content specification* consists of defining the scope of the latent constructs to be measured. The construct “focus on core competencies” was precisely defined and their domain intensively discussed, ensuring the proper specification of the applicable content of the construct.

*Indicator specification* comprises the identification and definition of indicators which constitute the construct. The indicators used in this model were identified by intensive literature review and have been validated through several pre-tests with senior bank managers who were knowledgeable about the topic of this research.

*Indicator reliability* analyzes the importance of each individual indicator that forms the construct. Two quantitative arguments have to be accounted for: (1) the sign of the indicator needs to be correct as hypothesized and (2) the weighting of the indicator should be at least 0.2 as proposed by [Chin98]. The model tested shows correct signs, sufficient weights (a93: 0.757; a94: 0.323) and are significant at the 0.05 level.

Because formative measurement models are based on linear equation systems, substantial *indicator collinearity* would affect the stability of indicator coefficients. Neither the analysis of correlations of indicators nor the calculation of variance inflation factors (all indicators fall far below the threshold of 10 [KIKM88]) necessitated the rejection of any indicators used. Therefore, all indicators were retained as no redundancy was identified.

*External validity* aims at ensuring that all indicators which form a construct are actually included in the model. Following [DiWi01], external validity can be analyzed by creating a phantom construct which is measured using reflective indicators. If the formatively measured construct strongly and significantly correlates with the reflective measured construct, external validity is given. The correlations of constructs within the tested model were all strong and significant at the 0.01 level. Thus, it is shown that the formative indicators used in this study actually form their respective constructs.

#### 4.1.3 *Reflective measurement model*

The quality of the reflective measurement model is determined by (1) convergent validity, (2) construct reliability and (3) discriminant validity [BaYi88].

*Convergent validity* is analyzed by indicator reliability and construct reliability. In the model tested, all loadings are significant at the 0.001 level and above the recommended 0.7 parameter



value (significance tests were conducted using the bootstrap routine with 500 samples [Chin98]; results see appendix).

*Construct reliability* was tested using two indices: (1) the composite reliability (CR) and (2) the average variance extracted (AVE). Estimated indices were above the recommended thresholds [BaYi88] of 0.6 for CR and 0.5 for AVE (see appendix).

*Discriminant validity* of the construct items can be analyzed by looking at the cross-loadings. As for the reflective indicators, the loadings of each indicator are higher for their respective constructs than for any other construct. Furthermore, the square root of the AVE for each construct is higher than correlations between constructs. Therefore, the indicators of different constructs are not related to each other and discriminant validity of the latent variables is high.

As outlined in section 2, risk is closely related to benefit as it is variation in the distribution of possible outcomes. In particular, H1 and H9 might be tautological. Thus, indicator collinearity across constructs has to be analyzed. However, neither the analysis of correlations of indicators nor the calculation of variance inflation factors (all indicators fall far below the threshold of 10 [KIKM88]) supports this concern.

#### 4.1.4 Structural model

After reviewing the measurement model, the explanatory power of the structural model is evaluated. The explanatory power is examined by looking at the squared multiple correlations ( $R^2$ ) of the dependent variables. Encouragingly 49.2% ( $R^2=0.492$ ) of the variation in financial risk is explained by performance and strategic risk. The  $R^2$  value for cost advantages ( $R^2=0.341$ ), quality improvements ( $R^2=0.305$ ), focus on core competencies ( $R^2=0.335$ ) and strategic risk ( $R^2=0.289$ ) can be interpreted as moderate explanatory power according to Chin [Chin98](1998).

*Predictive power* is tested by examining the magnitude of the standardized parameter estimates between constructs together with the corresponding t-values that indicate the level of significance. All path coefficients exceed the recommended 0.2 level. The exception is the impact of strategic risk on focus on core competencies (H5). Additionally, as bootstrapping reveals, all path coefficients except H4 are highly significant (at the 0.001 level). Analysis of the overall effect size ( $f^2$ ) reveals that all constructs have moderate effect except H5. However, small  $f^2$  scores do not necessarily imply an unimportant effect [Coh88]. Thus, all hypotheses have been proven to be correct except H5. The following figure shows the structural model findings.

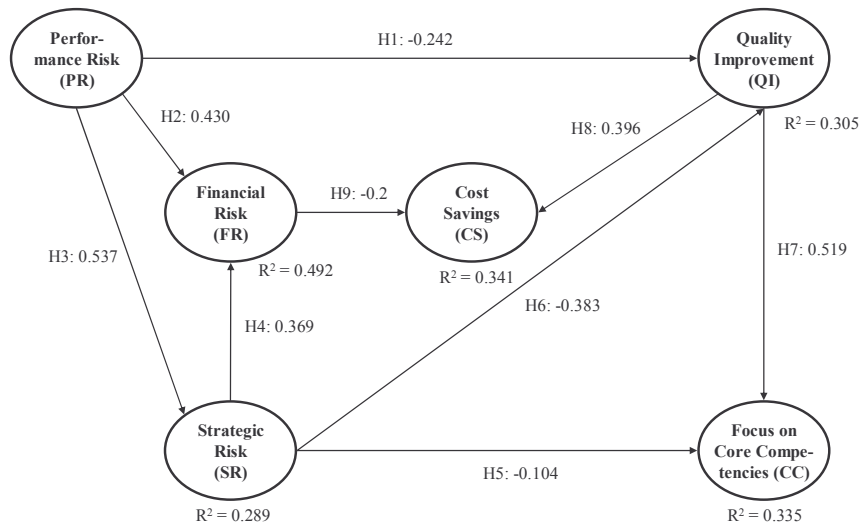


Figure 1: Research Model Results

## 4.2 Key findings

This study is the first quantitative analysis on the interplay of BPO risks and benefits. The results are very encouraging, and the high response rate indicates the importance of the topic and the interest of practitioners in the results of this research.

The data analysis reveals that almost all hypotheses hold as expected, showing significant loadings. The  $R^2$  values of the dependent variables are satisfactorily high, indicating the high degree of explanatory power of its predecessors.

Quality improvements are negatively affected by performance and strategic risks (significant path coefficients (H1 and H6) as well as satisfactory high  $R^2$ ). The influence of performance risk (H1) indicates that outsourcers are often confronted with basic quality issue making the achievement of high quality standards unreachable. This might be an indication that the BPO market is still immature and adopters are often confronted with more basic problems. This has been recognized for IT outsourcing a decade ago [LaHi93] and might now be applicable for the relatively new phenomenon BPO. This includes also the presumption that the service provider is not willing to increase quality due to opportunistic behaviour [AuPR98].

The influence of strategic risk (H6) suggests that there is a principal negative relation between outsourcing efficiency and flexibility gains. This contradiction has not been analyzed in outsourcing context before.

Financial risk can thoroughly be explained by performance and strategic risk (H2 and H4) as their explanatory power is exceptionally high (0.492) and path coefficients are high and

significant. The impact of performance risk on financial risk indicates that the outsourcer often has to either compensate vendor's underperformance internally entailing additional costs or is confronted with extra charges by the service provider although he expected the services to be included (see similar findings by [HiLa00]).

The influence of strategic risk shows that strategic considerations can significantly affect the financials of an outsourcing deal. If new products are launched or the existing portfolio is re-arranged, the service provider has to change his operations to fully accomplish outsourcer's requirements. As this is "extra work", the service provider will claim for "extra charge". Previous findings have revealed that "extra charges" occurs due to opportunistic behaviour of the service provider or inexperience of the service provider and/or the outsourcer [Earl96; AuPR98]. The relation between strategic and financial issues has hardly been addressed in outsourcing research before (see [LaWi98] on a similar topic).

Strategic risks can be partially explained by performance risks (H3). Process errors and/or long execution times imply operational difficulties impeding the bank to quickly react to market changes or to implement new strategies. As decreasing flexibility has even been recognized as an important reason to backsource [HiLa00], the role of performance problems become particularly interesting. In addition, the outsourced operations analyzed here are near bank's core business. Thus, quality problems have a direct and substantial influence on bank's market success.

The focus on core competencies depends substantially on the achievement of quality improvements (H7), but is only slightly affected by strategic risk (H5). This indicates that the bank will only be able to focus on its core business, if objectives – such as quality improvements – are achieved. Thus, allocation of staff to core business activities depends on the degree of operational excellence. This relation has hardly been recognized in outsourcing context before.

On the other side, the presence of strategic risk does not hinder the bank to focus on his core business. Even if the bank is not able to react quickly to market changes, the bank is still able to intensify activities to improve its core business. One reason might be that the service provider has to deal with consequences of strategic risk whereas the focus of core competencies can only be achieved internally.

The achievement of cost savings is significantly influenced by the achievement of quality improvements and the presence of financial risk (H8 and H9). The impact of quality improvements extends findings of Lacity and Willcocks [LaWi98] to BPO context. In addition, it shows that managers are confident that quality improvements achieved by the service provider will be passed over to the bank and imply further cost reductions.

Contrastingly, financial risks negatively affect the achievement of cost savings. Although this contributes to empirical studies reporting the failure of outsourcing ventures due to cost escalations, it does not imply that cost savings are compensated by losses due to the occurrence of financial risk.

### **4.3 Limitations**

This study has focused on the German banking industry. Therefore, the results are only indicative for other industries and countries. As there are different national and industrial outsourcing regulations, the importance and awareness of risks differ. When switching to other countries, cultural differences entail additional risks and a change of risk severity [Dibb03].

## **5 Conclusion and further research**

This research is the first quantitative study analyzing the interplay of outsourcing risks and benefits. It has been shown that not only performance and financial related risks and benefits strongly interrelate. But also the vital impact of strategic risks and benefits (focusing on core competencies) on financial and performance risks and benefits bring new light in outsourcing success research: researchers can use these findings to better analyze the consequences of risk mitigation instruments, such as the outsourcing contract. In addition, they are able to develop risk measurement models incorporating risk and benefit correlations. Further research could illuminate how the interplay of risks and benefits change over time – when risks turn to losses and/or benefits are achieved.

Practitioners can use the findings to better understand the existence and development of overall risk and benefits formation. This enables them to construct effective risk mitigation instruments and to design precise risk measurement models in the design phase. Firms in the decision phase benefit from the results by incorporating the perspective of quality and strategic related risks

and benefits and their interplay with financially driven objectives. As BPO is still a relative new phenomenon, these insights may be of special interest for the market.

## References

- [AnSt98] Ang, S. and D. Straub (1998). "Production and Transaction Economies and IS Outsourcing: A Study of the U.S. Banking Industry." *MIS Quarterly* 4: 535-552.
- [AuBR05] Aubert, B. A., B. Bahli and S. Rivard (2005). "A Framework for Information Technology Outsourcing Risk Management." *The DATA BASE for Advances in Information Systems* 36(4).
- [AuPR98] Aubert, B. A., M. Patry and S. Rivard (1998). *Assessing the Risk of IT Outsourcing*. 31st Hawaii International Conference on System Sciences.
- [BaYi88] Bagozzi, R. P. and Y. Yi (1988). "On the Evaluation of Structural Equation Models." *Journal of the Academy of Marketing Science* 16: 74-94.
- [Barn86] Barney, J. B. (1986). "Organizational Culture: Can it Be a Source of Sustained Competitive Advantage?" *Academy of Management Review* 11: 656-665.
- [Baue67] Bauer, R. (1967). *Consumer Behavior as Risk Taking. Risk Taking and Information Handling in Consumer Behavior*. D. F. Cox. Cambridge, MA, USA, Harvard University Press: 21-33.
- [BCLW04] Bucu, M. J., R. N. Chang, L. Z. Luan, C. Ward, J. L. Wolf and P. S. Yu (2004). "Utility computing SLA management based upon business objectives." *IBM Systems Journal* 43(1): 159-178.
- [Chin98] Chin, W. W. (1998). *The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. Modern methods for business research*. G. A. Marcoulides. London, Lawrence Erlbaum Associates: 295-336.
- [Coas37] Coase, R. H. (1937). "The Nature of the Firm." *Economica (New Series)* 4(16): 386-405.

- [Cohe88] Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New Jersey, Lawrence Erlbaum.
- [Cunn67] Cunningham, S. M. (1967). *The Major Dimensions of Perceived Risk. Risk Taking and Information Handling in Consumer Behaviour*. D. F. Cox. Boston, MA, USA, Harvard University Press: 82-108.
- [Dave05] Davenport, T. (2005). "The coming commoditization of processes." *Harvard Business Review* June: 100-108.
- [DiWi01] Diamantopoulos, A. and H. M. Winklhofer (2001). "Index Construction with Formative Indicators: An Alternative to Scale Development." *Journal of Marketing Research* 38(May): 269–77.
- [Dibb03] Dibbern, J. (2003). *The Sourcing of Application Software Development and Maintenance*. Berlin, Springer.
- [DGHJ04] Dibbern, J., T. Goles, R. Hirschheim and B. Jayatilaka (2004). "Information Systems Outsourcing: A Survey and Analysis of the Literature." *The DATA BASE for Advances in Information Systems* 35(4): 6-102.
- [Earl96] Earl, M. J. (1996). "The Risks of Outsourcing IT." *Sloan Management Review* Spring: 26-32.
- [ECB04] ECB (2004). *Report on EU banking structure*. Frankfurt, Germany.
- [FePa03] Featherman, M. S. and P. A. Pavlou (2003). "Predicting e-Services Adoption: A Perceived Risk Facets Perspective." *International Journal of Human-Computer Studies* 59: 451-474.
- [Gart04] Gartner (2004). *Outsourcing Market View, What the Future Holds*. Gartner Dataquest.
- [GeFr05] Gewalt, H. and J. Franke (2005). *A Comparison of the Risks in Information Technology Outsourcing and Business Process Outsourcing*. Proceedings of the Eleventh Americas Conference on Information Systems, Omaha, NE, USA.

- [GrCT9] Grover, V., M. J. Cheon and J. T. C. Teng (1996). "The Effect of Service Quality and Partnership on the Outsourcing of Information Systems Functions." *Journal of Management Information Systems* 12(4): 89-116.
- [HaMe00] Halvey, J. K. and B. M. Melby (2000). *Business Process Outsourcing - Process, Strategies and Contracts*. New York, John Wiley & Sons.
- [HiLa00] Hirschheim, R. A. and M. C. Lacity (2000). "The Myths and Realities of Information Technology Insourcing." *Communications of the ACM* 43(2): 99 - 107.
- [JaMP03] Jarvis, C. B., S. B. MacKenzie and P. M. Podsakoff (2003). "A Critical Review of Construct Indicators and Measurement Model Misspecification in Marketing and Consumer Research." *Journal of Consumer Research* 30(2): 199-218.
- [KIKM88] Kleinbaum, D. G., L. Kupper and K. E. Muller (1988). *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Boston, PWS-Kent.
- [Knig21] Knight, F. H. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*. Chicago.
- [LaHi93] Lacity, M. C. and R. Hirschheim (1993). *Information Systems Outsourcing: Myths, Metaphors, and Reality*. New York, John Wiley and Sons.
- [LaWi98] Lacity, M. C. and L. P. Willcocks (1998). "An Empirical Investigation of Information Technology Sourcing Practices: Lessons from Experience." *MIS Quarterly* September: 363-408.
- [LeMK04] Lee, J. N., S. Miranda and Y.-M. Kim (2004). "IT Outsourcing Strategies: Universalistic, Contingency, and Configurational Explanations of Success." *Information Systems Research* 15(2): 110-131.
- [LoVe93] Loh, L. and N. Venkatraman (1992). "Determinants of Information Technology Outsourcing: A Cross-Sectional Analysis." *Journal of Management Information Systems* 9(1): 7 - 24.
- [MaSh87] March, J. G. and Z. Shapira (1987). "Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking." *Management Science* 33(11): 1404-1418.

- [Quin99] Quinn, J. B. (1999). "Strategic Outsourcing: Leveraging Knowledge Capabilities." *Sloan Management Review* 40(4): 9-22.
- [QuHi94] Quinn, J. B. and F. G. Hilmer (1994). "Strategic Outsourcing." *Sloan Management Review* 35(4): 43-55.
- [ReBa01] Rebouillon, J. and S. Bauer (2001). *Optimierung der Wertschöpfungskette durch Outsourcing. Management der Wertschöpfungsketten in Banken.* L. P. Marighetti, R. Jasny, A. Herrmann and F. Huber. Wiesbaden, Gabler.
- [WHFL04] Willcocks, L., J. Hindle, D. F. Feeny and M. C. Lacity (2004). "IT and Business Process Outsourcing: The Knowledge Potential." *Information Systems Management Summer*: 7-15.
- [WiLa99] Willcocks, L. P. and M. C. Lacity (1999). "IT outsourcing in insurance services: risk creative contracting and business advantage." *Information Systems Journal* 9: 163-180.
- [Yate92] Yates, J. F. (1992). *Risk-taking behavior.* Chichester, UK, Wiley.

## Appendix

The following table shows the loadings of reflective indicators. All items are significant at the 0.001 level. Only indicator a34 is reverse coded.

Construct	Item	Loading	CR	AVE
Performance risk	a16	0.879	0.936	0.829
	a17	0.932		
	a18	0.918		
Financial risk	a19	0.942	0.951	0.865
	a20	0.948		
	a21	0.899		
Strategic risk	a28	0.928	0.923	0.801
	a29	0.917		
	a30	0.836		
Cost savings	a34*	-0.841	0.923	0.749
	a35	0.859		
	a36	0.876		
	a37	0.884		
Quality improvements	a44	0.930	0.963	0.897
	a45	0.950		
	a46	0.959		

Table 3: Constructs and Loadings



## **Einführung in den Track**

### **Product Life Cycle Management in Unternehmenssoftwaresystemen**

**Prof. Dr. Stefan Kirn**

Universität Hohenheim

**Dr. C. Pohl**

SAP AG

**Prof. Dr. Peter Loos**

Universität Saarbrücken

Die Gestaltung und das Controlling des Produktlebenszyklus gehört seit langem zu den Kernaufgaben des Produktmanagement. Um ein durchgängiges Management des Produktlebenszyklus zu verwirklichen, ist es notwendig, Produktdaten in jeder Produktlebensphase zu erheben und zu verarbeiten. Neue Technologien wie RFID und Mobile Computing versprechen hier ein großes Potenzial, da mit der Erfassung von Produktdaten unmittelbar am Entstehungsort eine Konvergenz der betrieblichen Informationssysteme ermöglicht wird. Die zunehmende Ausstattung mechanischer Bauteile mit Prozessoren und Embedded Software verändert nicht nur die Nutzungs- und Wartungseigenschaften von Produkten, sondern führen auch dazu, dass "smarte" Produkte drei voneinander weitgehend unabhängigen Lebenszyklen unterworfen sind: den Lebenszyklen des eigentlichen Bauteils als Trägersystem, der Hardware und der Embedded Software. Die daraus entstehenden Herausforderungen an die Unternehmenssoftwaresysteme und Ansätze zu ihrer Lösung sind bis heute weitgehend ungeklärt.

**Programmkomitee:**

Dr. Konstantina Geramani, TWT Neuhausen

Prof. Dr. Manfred Grauer, Universität Siegen

Prof. Dr. Norbert Gronau, Universität Potsdam

Jun.-Prof. Dr. Axel Hahn, Universität Oldenburg

Prof. Dr. Stefan Kirm, Universität Hohenheim (Sprecher)

Prof. Dr. Peter Loos, Universität Saarbrücken

Dr. C. Pohl, SAP AG

Prof. Dr.-Ing. B. Scholz-Reiter, Universität Bremen

# Hybride Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau

## Prozessorientierte Integration von Produktentwicklung und Service-dokumentation zur Unterstützung des technischen Kundendienstes

Oliver Thomas<sup>1</sup>, Philipp Walter<sup>1</sup>, Peter Loos<sup>1</sup>, Michael Schlicker<sup>2</sup>, Markus Nüttgens<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)  
im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI),  
Universität des Saarlandes  
Stuhlsatzenhausweg 3, Geb. D3 2, D-66123 Saarbrücken  
{oliver.thomas|philipp.walter|peter.loos}@iwi.dfki.de

<sup>2</sup>INTERACTIVE Software Solutions GmbH  
Saarterrassen, Hochstraße 63, 66115 Saarbrücken  
michael.schlicker@interactive-software.de

<sup>3</sup>Universität Hamburg  
Von-Melle-Park 9, 20146 Hamburg  
markus.nuettgens@wiso.uni-hamburg.de

### Abstract

Dieser Beitrag behandelt die prozessorientierte Integration von Produktentwicklung und Service-dokumentation zur Unterstützung des technischen Kundendienstes (TKD) im Maschinen- und Anlagenbau, exemplarisch in der Branche Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK). Durch die mit der integrierten Betrachtung verbundene Gestaltung eines hybriden Produkts kann die Effizienz des Vorgehens in der Serviceerbringung mithilfe mobiler Anwendungssysteme erhöht werden. Die Entwicklung und Bereitstellung des hybriden Produkts bedingt dabei eine interdisziplinäre Sichtweise. Im Beitrag detailliert dargestellt werden die Problemstellung, der Lösungsansatz auf Basis hybrider Wertschöpfung, die Struktur des hybriden Produkts, die informationstechnische Konzeption sowie die Umsetzung der Serviceprozessmodellierung. Als Anwendungsfall dient die Fehlerdiagnose an einem Heizgerät zur Erwärmung von Wasser.

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Der Maschinen- und Anlagenbau ist mit ca. 862.000 Beschäftigten die größte Industriebranche Deutschlands [VDMA06]. Dem gestiegenen Wettbewerbsdruck begegnen die Unternehmen vor allem durch Kundenbindung. Ein zentraler Aspekt ist hierbei die Ausweitung und Verbesserung ihres Serviceangebots speziell im technischen Kundendienst (TKD), der Schnittstelle zwischen Herstellung und Nutzung der Produkte [Kroo66; Meff82; Muse88; Teic94; Harm99; Breu01; Harm03]. Hier agieren sowohl werkseigene Serviceorganisationen des Herstellers als auch ausgelagerte klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) und Handwerksbetriebe, welche die im Produktlebenszyklus anfallenden Inspektions-, Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ausführen [Will87].

Um die damit verbundenen Aufgaben adäquat erfüllen zu können, muss ein TKD mit dem richtigen „Informations-Mix“ versorgt werden. Ein zentrales Problem ist hierbei die Beantwortung der Frage nach dem Umfang, Zeitpunkt und Verdichtungsgrad der entscheidungsrelevanten Informationen [Herm99; BuSG00]. Aktuelle Ansätze zur Unterstützung des TKD scheitern oftmals an der gestiegenen Komplexität der Maschinen und dem hiermit verbundenen gestiegenen Bedarf zur Repräsentation der Serviceerbringungsprozesse. Die Folge sind fehlerhafte Inbetriebnahme-, Wartungs- und Reparaturarbeiten und daraus resultierend eine Verlängerung von Maschinenausfallzeiten, die letztlich in erhöhten Kosten für die Kunden und Marktverluste beim Hersteller münden.

## 1.2 Zielsetzung und Lösungsansatz

Dem zuvor in Abschnitt 1.1 beschriebenen Umstand wird in dem Projekt PIPE<sup>1</sup> durch die integrierte Entwicklung von physischem Produkt und servicerelevanten Informationsbausteinen sowie der Zusammenführung dieser beiden Produktionsfaktoren zu effizienten Serviceprozessen, die dem TKD mobil zur Verfügung gestellt werden, entgegengewirkt. Die zentrale These dieses Konzepts ist, dass durch die mit der integrierten Betrachtung verbundene Gestaltung eines neuen hybriden Produkts die Anforderungen des TKD an eine kundengerechte Inbetriebnahme, Instandhaltung, Wartung und Reparatur von Maschinen und Anlagen gewährleistet sowie die Ef-

---

<sup>1</sup> Das Akronym PIPE steht für „Prozessorientierte Integration von Produktentwicklung und Servicedokumentation zur Unterstützung des technischen Kundendienstes“. Das Verbundprojekt wird vom BMBF im Rahmen des Konzepts „Innovation mit Dienstleistungen“ gefördert (Förderkennzeichen: 01FD0623).

fizienz des TKD erhöht werden können. Innovativ an diesem Ansatz ist, dass durch die frühzeitige Verzahnung von Produktentwicklung, Dokumentation, TKD, Prozessberatung und moderner Informations- und Kommunikationstechnologie ein hybrides Produkt entsteht, welches die Erstellung integrierter prozessorientierter Produkt- und Serviceinformationen beim Hersteller mit vertretbarem Aufwand ermöglicht. Serviceorganisationen, wie ein werkseigener Kundendienst oder der Kundendienst eines klein- und mittelständischen Handwerksbetriebs, können auf diese Informationen mobil zugreifen.

### 1.3 Konkretisierung der Anwendungsdomäne

Zur Erzielung richtungsweisender Forschungsergebnisse in Bezug auf Problemstellung, Zielsetzung und Lösungsansatz eignet sich der Wirtschaftszweig Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK) idealtypisch. Zum einen stellen die Hersteller dieser Branche technisch komplexe Produkte her, zum anderen wird der TKD zum größten Teil von den Handwerksbetrieben und Serviceorganisationen des SHK-Handwerks ausgeführt [Mose87; HoSa96] (vgl. Abb. 1).

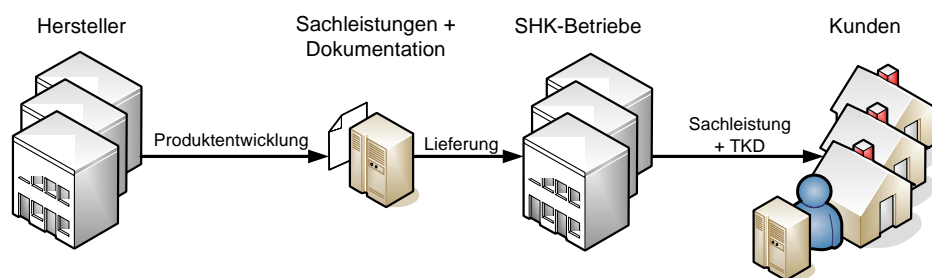


Abb. 1: Status quo der Wertschöpfungskette im SHK-Bereich

Die Instandhaltungsobjekte der SHK-Branche werden in sehr unterschiedlicher Ausprägung gefertigt, sodass Instandhaltungsarbeiten an einfach aufgebauten Produkten, z.B. die Reparatur eines defekten Spülkastens, ebenso anfallen wie die Störungsbehebung innerhalb einer sehr komplexen Wärmeerzeugungs- und Verteilungsanlage [Bill97; ScWa04; West04; BIBB04].

Der Beitrag ist wie folgt organisiert: In Abschnitt 2 werden die zentralen Herausforderungen für den technischen Kundendienst im SHK-Bereich aus den Perspektiven der Hersteller, der Handwerksbetriebe sowie der Kundendiensttechniker erklärt. Anschließend wird in Abschnitt 3 ein Lösungsansatz vorgestellt, der geeignet ist, diesen Herausforderungen zu begegnen. Die Einsatzpotenziale des erarbeiteten Konzepts werden in Abschnitt 4 anhand eines realen Anwendungsfalls der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik veranschaulicht. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Ausblick in Abschnitt 5 schließen den Beitrag ab.

## **2 Kundendienstprozesse der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik**

### **2.1 Herausforderungen aus Sicht der Hersteller**

Die Hersteller der SHK-Branche bedienen den Markt mit ihren Produkten überwiegend über die ca. 50.000 SHK-Fachbetriebe und deren ca. 300.000 Mitarbeiter. Der TKD wird dabei sowohl vom Werkskundendienst des Herstellers als auch durch vom Hersteller ausgewählte Servicepartner oder die SHK-Fachbetriebe der Branche ausgeführt [Mose87; Will87; HoSa96]. Die Herausforderung für die Hersteller im Bereich des TKD besteht darin, den Kundendienstorganisationen das Reparatur- und Produktwissen zu vermitteln. Zu diesem Zweck werden TKD-Schulungen angeboten, telefonische Unterstützung in der Reparaturausführung über Call-Center eingerichtet und technische Unterlagen papierbasiert oder elektronisch, z.B. auf CD-ROM, zur Verfügung gestellt. Daraus ergibt sich für die Hersteller ein sehr hoher Aufwand bezüglich der Wissensvermittlung und -bereitstellung. So werden in manchen Betrieben in der technischen Beratung die Beraterplätze ständig aufgestockt, um der steigenden Nachfrage nach Reparaturinformationen begegnen zu können. Trotz dieser hohen Aufwendungen der Hersteller werden aber bei der Arbeitsausführung im TKD immer noch viele Fehler gemacht. Aufgrund fehlerhafter Wartungs- und Reparaturarbeiten entstehen dem Hersteller einerseits Kosten für zusätzliche Leistungen (z.B. Garantie, Gewährleistung, Kulanz), die nicht auf den Kunden umgelegt werden können. Andererseits besteht für den Hersteller die Gefahr, dass bei er dauerhafter Kundenzufriedenheit bedeutsame Marktanteile verliert.

### **2.2 Herausforderungen aus Sicht der SHK-Betriebe**

Auch der SHK-Fachbetrieb muss sich von seinen Wettbewerbern abheben, vorhandene Kunden an sein Unternehmen binden und neue Kunden gewinnen [Breu01; BIBB03]. Dies erfolgt heute stärker als in der Vergangenheit über den TKD. Die Herausforderung für den SHK-Betrieb im Bereich des TKD besteht darin, dass Produkte unterschiedlicher Hersteller zu bearbeiten und aus der Fülle der von den Herstellern angebotenen Informationsquellen die für eine bestimmte Reparatursituation richtigen Informationen herauszufiltern sind [Bunk04] (vgl. Abb. 1). Dabei ist es in der Praxis schwierig, unterschiedliche Gerätekenntnisse der Kundendiensttechniker auszugleichen, die Informationen in eine adäquate Reparaturhandlung umzusetzen und den Wissensverlust im Unternehmen durch das Ausscheiden erfahrener Mitarbeiter auszugleichen. In Analogie zur Argumentation aus der Perspektive der Hersteller ergeben sich auch für die SHK-Betriebe Kosten, die i. d. R. aus zusätzlichen Kundendiensteinsätzen resultieren.

### **2.3 Herausforderungen aus Sicht der SHK-Kundendiensttechniker**

Die Art der Arbeitsausführung hat sich von der funktionsorientierten Arbeitsteilung hin zur prozessorientierten Arbeitsausführung gewandelt. Dabei steht der gesamte Prozess des Kundenauftrags im Mittelpunkt der Betrachtung – dies gilt insbesondere im TKD. Der Kundendiensttechniker erbringt die Leistungen überwiegend im „Alleingang“ vor Ort. Er ist verantwortlich für die korrekte Arbeitsverrichtung, das Identifizieren der benötigten Ersatzteile und die Ersatzteilbeschaffung. Die erfolgreiche Ausführung eines Reparaturauftrags – und damit auch der wirtschaftliche Erfolg des ausführenden SHK-Unternehmens – werden dabei wesentlich von der Effektivität und Effizienz seiner Arbeitsausführung bestimmt. Das Problem für den Kundendiensttechniker liegt vor allem in der hohen Anzahl der zu betreuenden Hersteller und Produkte. Die hieraus resultierende Komplexität der Aufgaben im TKD ist selbst für erfahrene Kundendiensttechniker kaum zu bewältigen. Daher wächst die Bedeutung der Identifizierung und optimalen Gestaltung der Serviceprozesse und der Unterstützung im TKD durch mobile, internetbasierte Informationssysteme, über die ein Kundendiensttechniker zu jeder Zeit und an jedem Ort auf aktuelle Serviceinformationen zugreifen kann [Lehn03; HöSa04; Kirs06].

## **3 Hybride Wertschöpfung als Innovationsmotor**

### **3.1 Strategischer Lösungsansatz**

Leitgedanke des Forschungsprojekts PIPE ist eine Effizienzsteigerung des TKD im Maschinen- und Anlagenbau. Dazu wurde auf Basis der integrierten prozessorientierten Betrachtung von Produktentwicklung und Servicedokumentation eine Methodik zur Entwicklung hybrider Produkte gestaltet und ein solches hybrides Produkt am Beispiel der SHK-Branche prototypisch umgesetzt. Die Forschungsergebnisse sind generell auf die Branche des Maschinen- und Anlagenbaus anwendbar und ermöglichen sowohl die „Hybridisierung“ bestehender als auch zukünftig zu entwickelnder technischer Erzeugnisse.

Bei der materiellen Komponente des hybriden Produkts handelt es sich um ein technisches Erzeugnis des Maschinen- und Anlagenbaus sowie dessen Dokumentation. Diese bestehende oder zukünftig zu entwickelnde technische Anlage wird zu einem hybriden Produkt aufgewertet, indem Dienstleistungen zur Entwicklung, Bereitstellung, Anwendung und Überarbeitung integrierter Serviceprozessbeschreibungen konzipiert werden, die so den kompletten Lebenszyklus

der Serviceprozessdokumentation abdecken. Darüber hinaus soll ein Informationssystem die effiziente Erhebung und Modellierung relevanter Serviceinformationen beim Hersteller ermöglichen. Serviceorganisationen sollen auf die durch das System bereitgestellten Serviceinformationen mobil zugreifen können. Zwei wesentliche Implikationen des skizzierten Lösungsansatzes sind:

1. Durch die mit der integrierten Betrachtung verbundene Gestaltung eines neuen hybriden Produkts können die Anforderungen des TKD an eine kundengerechte Inbetriebnahme, Instandhaltung, Wartung und Reparatur von Maschinen und Anlagen gewährleistet sowie die Effizienz des Vorgehens im TKD erhöht werden.
2. Durch die frühzeitige Verzahnung von Produktentwicklung, Dokumentation, TKD, Prozessberatung und moderner Informationstechnologie entstehen hybride Produkte, welche den Lebenszyklus integrierter prozessorientierter Produkt- und Serviceinformationen beim Hersteller erstmals mit vertretbarem Aufwand abbilden.

Insgesamt ergibt sich damit im Projekt PIPE das in Abb. 2 dargestellte Szenario zur hybriden Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau, welches als Erweiterung des Status quo der Wertschöpfungskette im SHK-Bereich (vgl. nochmals Abb. 1) zu verstehen ist.

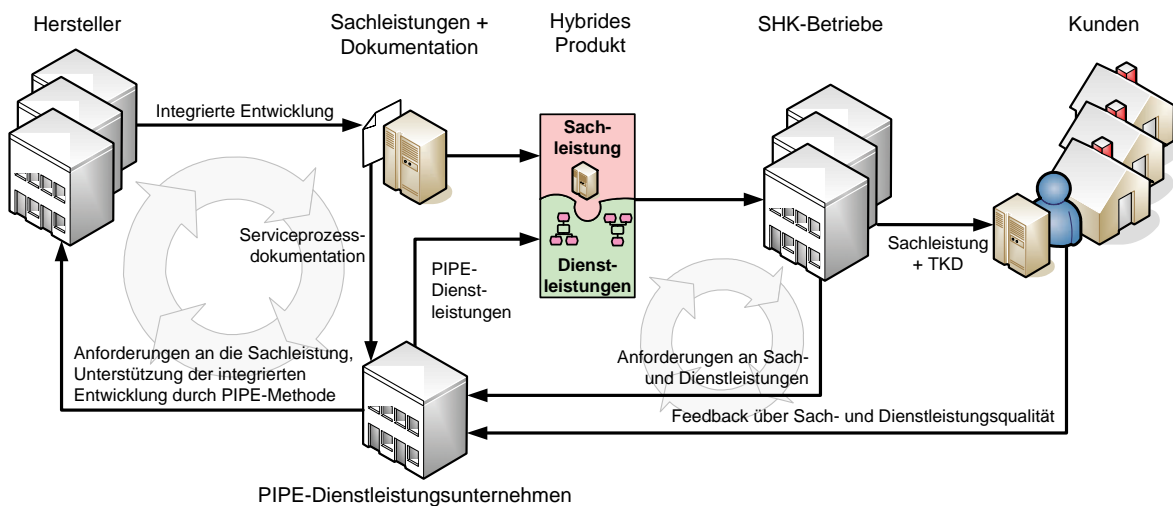


Abb. 2: Hybride Wertschöpfung mit dem PIPE-Konzept

Es bestehen *zwei* Kreisläufe, die zur kontinuierlichen Verbesserung des hybriden Produkts und damit *erstens* zur Verbesserung der Produktentwicklung seitens der Hersteller und *zweitens* zur Verbesserung des Dienstleistungsangebots seitens der SHK-Betriebe beitragen (vgl. Abb. 2). Der erste Kreislauf besteht zwischen dem Gestaltungsprozess des neuen hybriden Produkts



durch den PIPE-Dienstleister<sup>2</sup> und den beiden Feedbackprozessen, die von den SHK-Betrieben ausgehen (vgl. Abb. 2, rechts). Das Feedback bezieht sich einerseits auf die Anforderungen der SHK-Betriebe an die Komponenten des hybriden Produkts und andererseits auf die Beurteilung der tatsächlich durch die SHK-Betriebe unter Verwendung des hybriden Produkts erbrachten Qualität der Komponenten, die ergänzend durch die Endkunden zu beurteilen ist.

Der zweite Kreislauf besteht zwischen den Herstellern und dem PIPE-Dienstleistungsunternehmen, an das die Hersteller technische Dokumentationen sowie die grundlegenden Informationen über die Serviceprozesse weiterleiten (vgl. Abb. 2, links). In der Gegenrichtung gibt der PIPE-Dienstleister *erstens* das Feedback der SHK-Betriebe an die Hersteller weiter und unterstützt *zweitens* die herstellerseitige Produktentwicklung durch die PIPE-Methodik. Im Ergebnis liegt damit eine *prozessorientierte Integration von Produktentwicklung und Servicedokumentation* vor, die zur Verbesserung des TKD im Maschinen- und Anlagenbau dienen kann.

### **3.2 Struktur des hybriden Produkts**

Im Wesentlichen besteht das zu gestaltende hybride Produkt neben der materiellen Komponente (z.B. Heizungsanlage) aus mehreren Dienstleistungskomponenten. Diese sind, wie in Abb. 3 gezeigt, thematisch um die Servicedokumentation zentriert und in vier Bereiche gegliedert.

Der erste Bereich umfasst alle mit der Serviceprozessmodellierung verbundenen Dienstleistungen: die Entwicklung einer Modellierungsmethode, die Erstellung der eigentlichen Serviceprozessmodelle nach dieser Methode sowie Tests zur Qualitätssicherung der Modelle.

Der zweite Bereich fokussiert die Anwendung der Serviceprozessmodelle, insbesondere die mobile Anwendung und damit die Bereitstellung mobiler Dienste im TKD-Bereich. Dazu zählt zunächst deren Bereitstellung für den Online-Zugriff via Netzwerk sowie den Offline-Zugriff über eine „Stand Alone“-Anwendung auf CD-ROM. Die Übertragung der Serviceprozessmodelle umfasst neben deren Transport auch eine geeignete Konvertierung – die Darstellung auf einem PDA erfordert z.B. eine stärkere Informationsreduktion als auf einem Desktop-PC.

Der dritte Bereich umfasst das Controlling der Serviceprozesse mit den Zielen, Optimierungspotenziale bei den Serviceprozessen aufzudecken und konstruktionsbedingte Schwachstellen in der technischen Anlage selbst zu identifizieren (ein Indiz für eine solche Schwachstelle ist z.B. eine Häufung von Reparaturen an einer bestimmten Baugruppe). Grundlage für das Controlling ist ein Bewertungsschema, das dem TKD-Mitarbeiter ein strukturiertes Feedback ermöglicht,

---

<sup>2</sup> Die Darstellung des Geschäftsmodells des Dienstleistungsunternehmens, das die Dienstleistung anbietet, welche eine technische Anlage zum hybriden Produkt aufwertet, ist nicht Gegenstand dieses Beitrags.

das in den Produktlebenszyklus der Anlage und in den Prozesslebenszyklus des Serviceprozesses integriert werden kann.

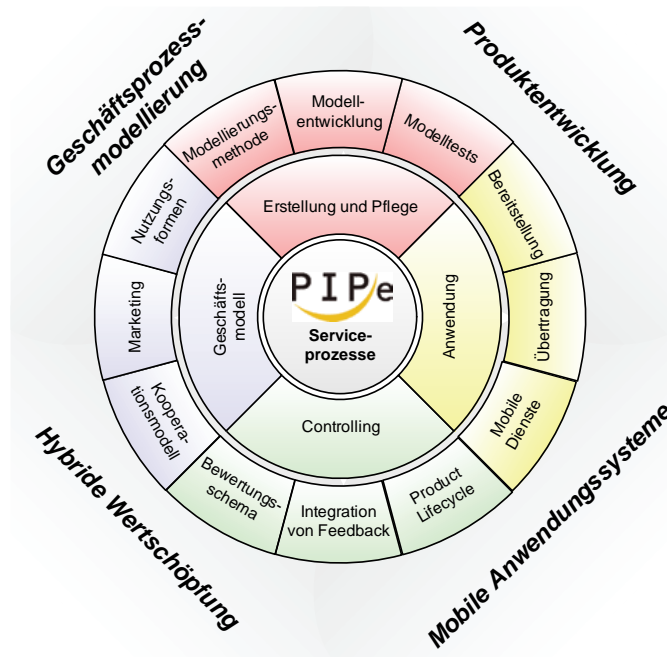


Abb. 3: Struktur des hybriden Produkts nach PIPE

Der vierte Bereich adressiert die wirtschaftliche Nutzung der Serviceprozesse, indem ein Geschäftsmodell mit mehreren Komponenten entwickelt und gepflegt wird. Sein Kern ist ein Kooperationsmodell, das die wirtschaftliche Interaktion der beteiligten Parteien (z.B. Hersteller, Anwender, Modellierer, Portalbetreiber) skizziert und dabei ihren wirtschaftlichen Interessen Rechnung trägt. Weitere Komponenten sind die Identifikation von und Anpassung an neue Nutzungsformen für die Serviceprozessmodelle (z.B. der Einsatz im Rahmen von Schulungen) sowie die Bereitstellung von Werkzeugen für das Marketing.

Dieser hybride Lösungsansatz verdeutlicht, dass das Projekt PIPE stark interdisziplinär angelegt ist und unterschiedliche Themenfelder auf innovative Weise miteinander verbindet, wie in Abb. 3 exemplarisch dargestellt. Die Geschäftsprozessmodellierung fungiert als methodische Grundlage der Serviceprozessmodellierung. Die technische Produktentwicklung stellt die inhaltliche Grundlage der Serviceprozessmodelle dar. Das Forschungsfeld mobiler Anwendungssysteme ist eng mit der mobilen Anwendung und dem Controlling der Serviceprozessmodelle durch den TKD vor Ort verbunden. Das Schema der hybriden Wertschöpfung schlägt sich besonders in der Verzahnung von Produkt- und Serviceprozesslebenszyklus nieder.

### 3.3 Informationstechnische Konzeption

Basis der Nutzung der Prozessmodellierung für mobile Anwendungssysteme im technischen Kundendienst ist die in Abb. 4 dargestellte PIPE-Systemarchitektur. Sie unterstützt die Erstellung, Bereitstellung und das Controlling der immateriellen Leistungen im hybriden Produkt.

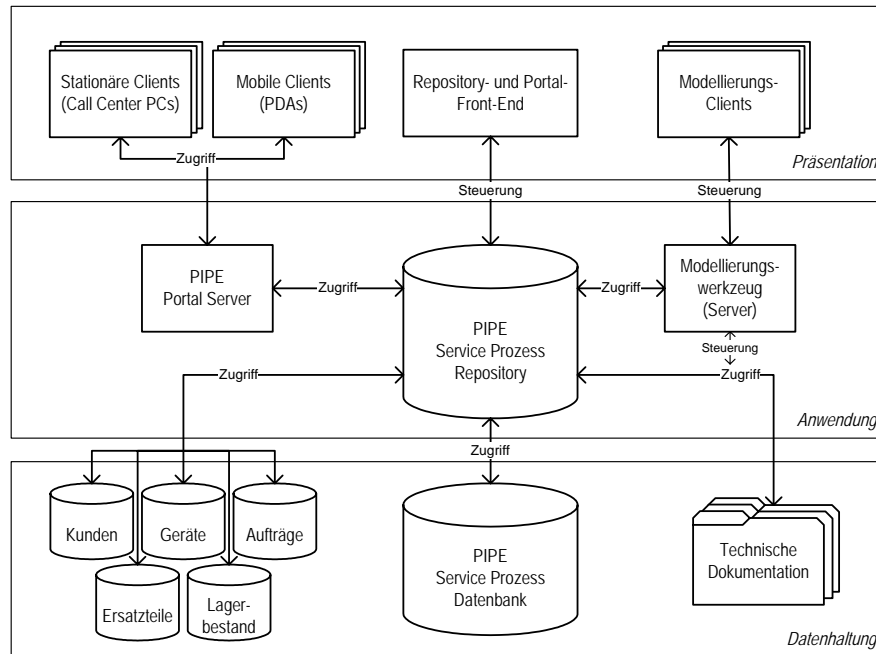


Abb. 4: PIPE-Systemarchitektur

Im Mittelpunkt des hybriden Produkts stehen die mit den Serviceprozessmodellen verbundenen Dienstleistungen der Erstellung und Pflege, der Anwendung und des Controllings. Kern der Architektur bildet daher ein Repository für Serviceprozessbeschreibungen und Verknüpfungen zu damit zusammenhängenden Stammdaten (z.B. Kunden, Geräte, Teile) sowie für technische Dokumentationen, die i. A. in unstrukturierter Form vorliegen (z.B. in Form von PDF-Dateien). Das Repository vereinigt die heterogenen Datenquellen unter einer prozessorientierten Sicht und bildet so die datentechnische Grundlage der in Abschnitt 3.2 umrissenen Leistungen.

Um das Repository herum sind weitere Komponenten angesiedelt, welche die Durchführung der PIPE-Dienstleistungen unterstützen. Erstellung und Pflege der Modelle im Repository sind dezentral über eine Client-Server-Modellierungsanwendung realisiert, bei der auch mehrere Modellierer gleichzeitig über ihren jeweiligen Client auf einen zentralen Modellierungsserver zugreifen können. Der Modellierungsserver unterstützt dabei die Nebenläufigkeit der verschiedenen Modellierungsprozesse, indem etwa simultane Zugriffe auf unteilbare Ressourcen durch Sperren und Freigeben gesteuert werden. Über das Modellierungssystem wird ebenfalls die Einbindung technischer Dokumente in die Modelle gesteuert.

Anwendung und Controlling werden über einen Portalserver unterstützt, auf den die verschiedenen Clients, mobile oder stationäre, zugreifen. Der Portalserver übernimmt dabei die Kommunikation mit den Clients in zwei Richtungen. In der Richtung vom Repository zum Client ist im Portalserver zunächst der Auswahlmechanismus implementiert, über den ein Client ein Serviceprozessmodell suchen und selektieren kann. Im nächsten Schritt wird das gewählte Modell vom Portalserver entsprechend den Anforderungen des Clients konvertiert und zum Client transportiert. Auf dem Client wird der Serviceprozess dann visualisiert und interaktiv unterstützt. In der Rückrichtung vom Client zum Repository nimmt der Portalserver Controllingdaten vom Client entgegen und integriert sie in das Repository. Das Repository und der Portalserver werden über ein integriertes Front-End konfiguriert und gesteuert.

Betreiber des Portals ist das PIPE-Dienstleistungsunternehmen. Somit steht die IT-Architektur in Verbindung mit beiden in Abb. 2 gezeigten Kreisläufen. Der rechte Kreislauf, d.h. die kontinuierlichen Verbesserung der Serviceprozesse, wird hierbei durch die Benutzung der Serviceprozessmodelle und das anschließende Feedback der Benutzer angestoßen, die mit dem PIPE-Portalserver in Kontakt stehen, über den sie Modelle abrufen und Feedback zurücksenden. Das Benutzerfeedback bildet die Schnittstelle zum Modellierer, der die Serviceprozesse mit dem Modellierungswerkzeug auf Basis des Inputs verbessert. Gespeichert werden die Feedback-Informationen zusammen mit den Serviceprozessmodellen im Repository, das aus IT-Perspektive den Schnittpunkt zwischen beiden Kreisläufen darstellt, denn der linke Kreislauf, die Weiterentwicklung des technischen Produkts, wird ebenfalls durch Benutzerfeedback aus dem Repository angestoßen. Bei dem Feedback muss es sich nicht zwangsläufig um dedizierte Bewertungen des Benutzers handeln – eine Analyse der Häufigkeit bestimmter Fehler oder die Verteilung der Fehlerzahl über die Baugruppen eines Gerätes können schon die Notwendigkeit einer konstruktionstechnischen Überarbeitung anzeigen. Aus diesen Informationen kann das PIPE-Dienstleistungsunternehmen Anforderungen an die Sachleistung ableiten und dem Hersteller zur Verfügung stellen. Nach Verbesserung der Sachleistung schließt sich der linke Kreislauf dann mit der Einarbeitung der Änderungen in die Serviceprozessmodelle. Neben aktualisierten Dokumentationen zur Sachleistung, die im Repository abgelegt werden, müssen ggf. auch Serviceprozessmodelle mit Hilfe des Modellierungswerkzeugs angepasst werden.

### **3.4 Implementierung und Umsetzung**

Dieser Abschnitt behandelt die technische Umsetzung der bisher vorgestellten Konzepte. Dabei findet eine Fokussierung auf die Serviceprozesse statt, die den Kern des hybriden Lösungsan-

setzes und damit auch der Systemarchitektur bilden. Im Folgenden sollen die Strukturierung der Serviceprozesse und ihre Einordnung in das Gesamtkonzept im Vordergrund stehen.

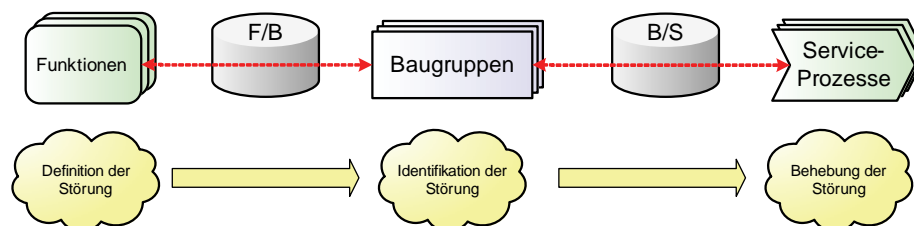


Abb. 5: Modellierung technischer Anlagen mit Funktionen und Serviceprozessen

Kernidee der Serviceprozessmodellierung, die dem PIPE-Ansatz zugrunde liegt, ist die Unterscheidung von Funktion, Aufbau und Serviceprozessen technischer Anlagen. Sowohl die Funktionen als auch die Serviceprozesse einer technischen Anlage sind unmittelbar mit ihrem Aufbau verknüpft. Abb. 5 zeigt, wie dieser Zusammenhang in PIPE abgebildet und genutzt wird, indem auf Basis der Funktionsstruktur die Störung definiert wird, die für die Funktionserfüllung relevanten Baugruppen identifiziert und entsprechende Serviceprozesse vorgeschlagen werden.

### 3.4.1 Funktionen

Die Modellierung der Funktionen einer technischen Anlage ist die Grundlage für die Definition einer Störung, die als „Ausfall einer Funktion“ definiert wird. Im Gegensatz zu Definitionen möglicher Störungen sind die Funktionen einer technischen Anlage i. A. aufzählbar und – wie im nächsten Abschnitt ausführlich dargestellt – technischen Baugruppen zuordenbar, die letztendlich die Bezugspunkte für die Arbeit des TKD sind.

Die Modellierung der Funktion technischer Anlagen in ablauflogischer Form als Prozess wäre nicht zielführend – die Verortung einer Funktionsstörung im Prozessablauf der Anlage kann zwar ggf. bei der Organisation der Diagnoseschritte helfen („von vorne nach hinten an der Wasserleitung entlang“), für die Störungsdefinition ist diese jedoch nicht relevant.<sup>3</sup> Sinnvoller ist eine Gliederung von Funktionen und eine Zuordnung ihrer jeweiligen Teilfunktionen, wie sie in Abb. 6 dargestellt ist. Sie ermöglicht es, Störungen effizient zu lokalisieren. So kann von der allgemeinen Störung der Funktion „Wasser erhitzen“ die Störung auf die Teilfunktion „Brenner betreiben“ und „Heizöl verbrennen“ eingegrenzt werden. Dies ermöglicht einen effizienten Einstieg in die Störungsdiagnose durch die Vorgabe weniger, klar abgegrenzter Alternativen, die zudem einfach zu verifizieren sind („verminderte Heizleistung“, „Rauchentwicklung“).

<sup>3</sup> Die Organisation der Diagnoseschritte wird dem Nutzer später vom PIPE-System empfohlen, z.B. auf der Basis von empirisch ermittelten Ausfallhäufigkeiten der einzelnen Funktionen oder dem jeweiligen Diagnoseaufwand.

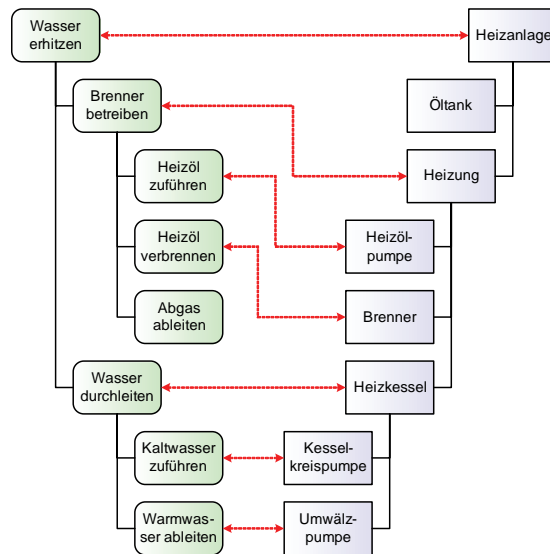


Abb. 6: Relationen zwischen Funktionen und Baugruppen

### 3.4.2 Baugruppen

Der funktionalen Gliederung gegenüber steht die technische Gliederung der Anlage in verschiedene Baugruppen (vgl. Abb. 6, rechts). Sie ergibt sich aus der technischen Produktentwicklung, bei der zunächst einfache Bauteile hergestellt und dann in mehreren Stufen zu komplexeren Baugruppen zusammengesetzt werden.<sup>4</sup>

Die Verknüpfung von Baugruppen mit Funktionen erfolgt auf Grundlage der technischen Aufgabenteilung – eine Baugruppe wird den Funktionen zugeordnet, für deren Erfüllung sie notwendig ist. Ziel ist dabei die Identifikation von Baugruppen, die für eine Störung als Ursache in Frage kommen. Daraus ergibt sich eine m:n-Beziehung zwischen Baugruppen und Funktionen. In Abb. 6 sind die m:n-Relationen zwischen Funktionen und Baugruppen der Übersichtlichkeit halber vereinfacht als 1:1-Relationen abgebildet. Weiterhin wurde eine Baumstruktur zur Gliederung der Funktionen und Baugruppen verwendet. Hier sind auch andere Ansätze denkbar, z.B. m:n-Relationen zwischen den Funktionen bzw. zwischen den Baugruppen.

### 3.4.3 Serviceprozesse

Ziel der Störungsdiagnose ist die Störungsbehebung, die durch die Durchführung von Serviceprozessen auf den Baugruppen der technischen Anlage erreicht wird. Dies wird durch eine Verknüpfung von Serviceprozessen mit Baugruppen auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen ermöglicht (vgl. Abb. 7). Durch die Zusammensetzung mehrerer Baugruppen ergeben sich

<sup>4</sup> Bei der industriellen Herstellung kann die technische Gliederung des Produkts als gegeben vorausgesetzt werden, da über die entsprechenden Stücklisten beispielsweise auch die Materialdisposition erfolgt.

Funktionen, die über die Summe der Einzelfunktionen der Baugruppen hinausgehen – eine Heizung kann z.B. Wasser erhitzen, was keine ihrer Baugruppe alleine vermag. Analog ergeben sich bei der Assemblierung von Baugruppen neue Serviceprozesse, welche die Zusammenwirkung der einzelnen Komponenten betreffen. Daher ist auch hier eine hierarchische Anordnung von Serviceprozessen und Teilprozessen vorgesehen, wie Sie z.B. in [ScTh05] erläutert wird. Die Zusammensetzung einer Baugruppe führt so nicht nur zur Übernahme der Prozesse ihrer Komponenten, sondern macht auch die Ergänzung um neu hinzugekommene Prozesse möglich. Sind über die oben beschriebene Funktionsgliederung Baugruppen als mögliche Träger der Störung identifiziert, können über die Verknüpfung mit den Serviceprozessen Maßnahmen zur Behebung der Störung gewählt und durchgeführt werden. Dabei wird auch die Baugruppen-Prozess-Verknüpfung als m:n-Relation abgebildet; das Vorhandensein mehrerer Serviceprozesse für eine Baugruppe (1:n) ist offensichtlich, aber auch umgekehrt kann ein generischer Serviceprozess („Strom abschalten“) auf mehrere Baugruppen (m:1) anwendbar sein.

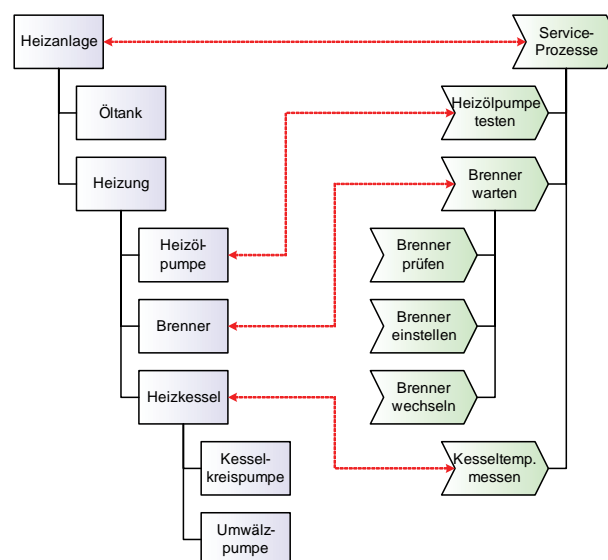


Abb. 7: Relationen zwischen Baugruppen und Serviceprozessen

## 4 Anwendungsszenario „Warmwasser wird nicht warm“

### 4.1 Generelle Beschreibung

Der oben dargestellte Lösungsansatz soll durch ein realistisches mobiles Anwendungsszenario exemplarisch veranschaulicht werden. Dieses Szenario beschreibt einen Fehlerfall mit einem Heizgerät zur Erwärmung von Wasser, das der Kundendiensttechniker beim Kunden vor Ort

defekt vorfindet. Ausgangspunkt des Szenarios ist der Fehler „Warmwasser wird nicht warm“, d.h. es ist eine Störung an dem Gerät eingetreten, die seine Funktion beeinträchtigt, sodass das Wasser im Gerät nicht mehr wie vorgesehen erhitzt wird.<sup>5</sup> Die Bearbeitung dieses Reparaturprozesses stellt hohe Anforderungen an den TKD, da nahezu jedes Bauteil der Heizungsanlage als Ursache für den Fehler in Frage kommt. Folglich ist dieses Szenario ideal geeignet, die grundsätzliche Machbarkeit des in Abschnitt 3 dargestellten Lösungsansatzes zu demonstrieren. Darüber hinaus wird nachfolgend umrissen, wie die PIPE-Systemarchitektur aus Abschnitt 3.3 und die Implementierung aus Abschnitt 3.4 im Anwendungsszenario eingesetzt werden.

## 4.2 Vorbereitung der Störungsbehebung

Zur Vorbereitung der Störungsbehebung muss der Hersteller zunächst für den Typ des defekten Geräts die notwendigen Serviceprozessinformationen über das PIPE-Repository verfügbar machen (vgl. Abb. 4). Zu den Serviceinformationen gehören die Funktions-, Produkt- und Serviceprozessstruktur (vgl. Abschnitt 3.4) sowie die Serviceprozessmodelle, die mithilfe der Modellierungssoftware erstellt und mit den relevanten technischen Unterlagen verknüpft werden. Im Rahmen dieses Szenarios ergibt sich ein Serviceprozess, wie er in Abb. 8 dargestellt ist.

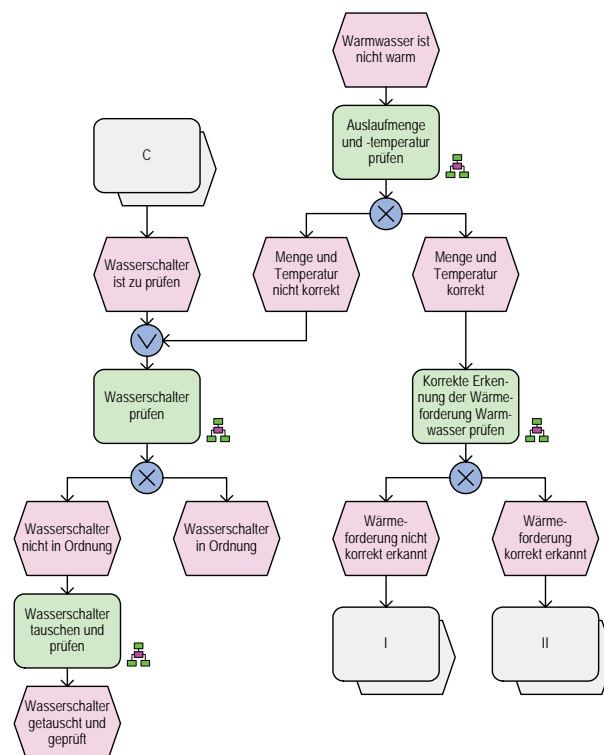


Abb. 8: EPK-Modell „Fehlerbehebung Warmwasser wird nicht warm“ (Ausschnitt)

<sup>5</sup> Das reale Szenario basiert auf einem Heizgerät des Typs Cerastar ZWR 18–3 KE 23 der Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Thermotechnik, Produktbereich Junkers.



Als Modellierungssprache wurde die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) verwendet [KeNS92]. Das Gesamtmodell enthält auf der obersten Hierarchiestufe 28 Funktionen. Abb. 8 zeigt aus Platzgründen lediglich einen Ausschnitt des Modells. Basis der Modellkonstruktion war die Identifikation derjenigen Bauteile des Heizgeräts, die als Ursache für den Fehler in Frage kommen. Hierbei wurden 8 Bauteile ermittelt und in Abhängigkeit ihrer Bearbeitungsreihenfolge zur Fehlerbehebung geordnet. Jedes der Bauteile wurde auf Prüf- sowie Tausch- und Prüffunktionen abgebildet. Der Reparaturprozess ist um Funktionen zur Erhebung allgemeiner Geräte- und Anlagendaten ergänzt, die sich z.B. auf das Erfassen der Warmwasserauslaufmenge oder das Prüfen des Gasanschlussfließdrucks beziehen.

### 4.3 Durchführung der Störungsbehebung

Leitmotiv des Projekts PIPE ist es, den TKD zu befähigen, schnell und effizient die geschilderte Störung zu beheben. Dazu erhält der Kundendiensttechniker ein mobiles Endgerät (PDA, Notebook), mit dem er über den PIPE-Portalserver auf das Serviceprozessrepository zugreifen kann (vgl. Abb. 9). Die Störungsbehebung erfolgt in zwei Phasen: Identifikation des Geräts sowie Diagnose und Behebung der Störung.

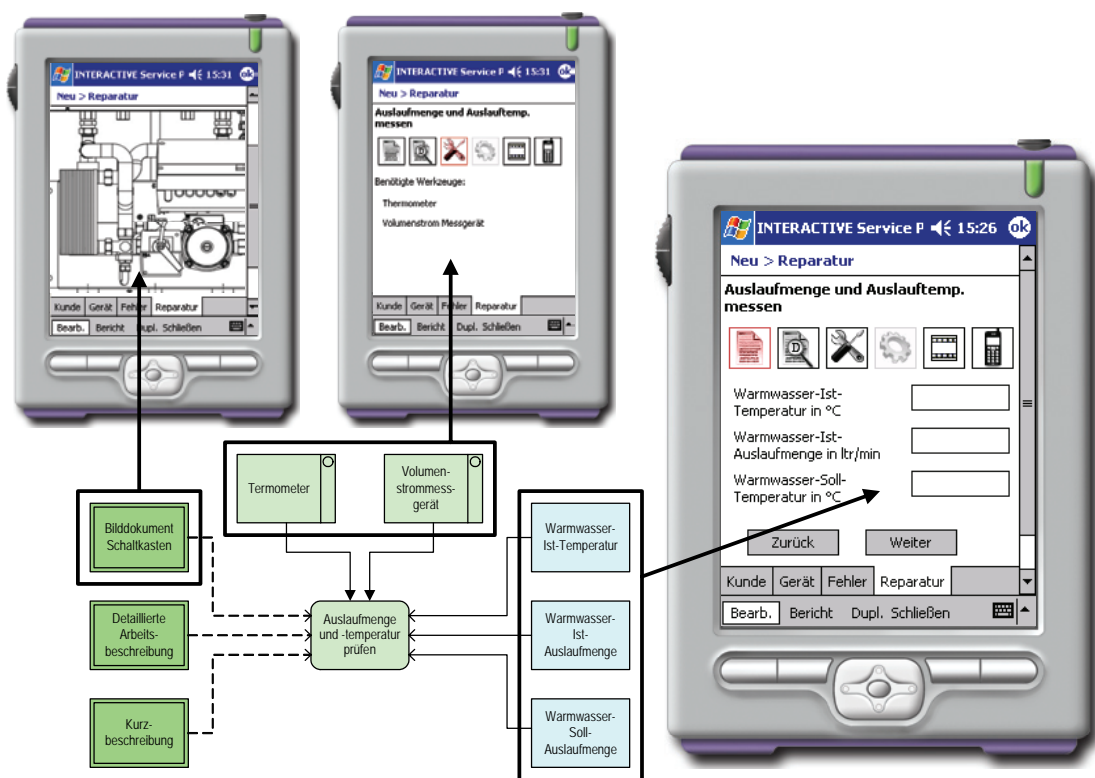


Abb. 9: Mobile Anwendung „Interactive Service Portal“

#### *4.3.1 Identifikation des defekten Geräts*

Als ersten Schritt der Fehlerbehebung identifiziert der Kundendiensttechniker das defekte Gerät. Dies kann mobil vor Ort erfolgen, da zur Vorbereitung des TKD-Einsatzes keine gerätespezifischen Unterlagen mitgeführt werden müssen. Durch den Online-Zugriff auf das PIPE-Repository steht dem TKD eine Bibliothek an Serviceinformationen zur Verfügung. Somit entfällt die zeitraubende Identifizierung des Geräts durch den Kunden via Telefon oder durch den SHK-Betrieb auf Basis alter Rechnungen und es müssen keine Serviceunterlagen in Papierform mehr verwaltet, gesucht und transportiert werden. Der Gerätetyp wird nach der Identifikation in den Kontext des Dialogs mit dem PIPE-Server aufgenommen, sodass bei allen nachfolgenden Operationen des TKD nur die für das Gerät relevanten Serviceinformationen sichtbar sind.

#### *4.3.2 Diagnose und Behebung der Störung*

Nach der Identifikation des Gerätes steht dessen Produkt-, Funktions- und Serviceprozessstruktur dem Kundendiensttechniker über sein mobiles Endgerät zur Verfügung (vgl. Abb. 9). Nun beginnt der Störungsdiagnoseprozess, wie er in Abschnitt 3.4 beschrieben ist: Auf Basis der ausgefallenen Funktion werden zunächst die Bauteile des Heizgerätes identifiziert, die für den gewählten Fehler in Frage kommen (zum Prozess vgl. Abb. 8). Die Reihenfolge der Diagnoseschritte kann z.B. durch eine empirische Analyse von Ausfallwahrscheinlichkeiten oder durch Aufwandsschätzungen für die Diagnoseschritte dynamisch bestimmt werden. Dabei ist auch die Möglichkeit für den Kundendiensttechniker vorgesehen, den vorgeschlagenen Diagnoseweg zu verlassen. Das kann z.B. notwendig sein, falls eine Störung im System nicht eindeutig abgebildet wird oder fehlt. In diesem Fall stehen zwar keine Serviceprozessmodelle zur Verfügung, technische Dokumente können aber dennoch für die einzelnen Baugruppen abgerufen werden.

### **4.4 Nachbereitung der Störungsbehebung**

Nach der Behebung einer Störung ist eine Bewertung der IT-Unterstützung durch den Kundendiensttechniker vorgesehen. Die gewonnenen Feedback-Informationen werden über den PIPE-Portalserver wieder in das Repository integriert, z.B. durch kontinuierliche Pflege von Metadaten der Serviceprozessmodelle. Der Hersteller kann die aggregierten Feedback-Informationen zu seinen Geräten bspw. zur Verbesserung seiner Serviceprozesse, aber auch der Geräte selbst heranziehen. Ist etwa die Ausfallwahrscheinlichkeit einer bestimmten Baugruppe signifikant hoch, kann eine Änderungskonstruktion in Betracht gezogen werden.

## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick

Der technische Kundendienst im Maschinen- und Anlagenbau steht vor der Herausforderung, seine Serviceleistungen bei stetig steigender Komplexität der technischen Produkte effizient erbringen zu müssen. Im Zentrum des hier vorgestellten Lösungsansatzes stehen Modelle zur effizienten Beschreibung von Serviceprozessen, die mobil kommuniziert werden können. Diese IT-Unterstützung durch mobile Anwendungssysteme ermöglicht es dem technischen Kundendienst, Servicewissen strukturiert vorzuhalten und kontinuierlich zu verbessern. Zur Realisierung des Konzepts ist eine Vielzahl von Technologien und Dienstleistungen notwendig, die z. T. eng miteinander verwoben sind. Daher wurde ein Lösungsansatz durch hybride Wertschöpfung gewählt, in dessen Mittelpunkt ein hybrides Produkt rund um die Serviceinformationen steht. Aus technologischer Sicht wurden eine Systemarchitektur präsentiert, die für die Realisierung des Konzepts geeignet ist, sowie eine Struktur zur Modellierung von Serviceinformationen. Diese einzelnen Punkte wurden anhand eines mobilen Anwendungsszenarios illustriert.

Die Frage, ob es sich bei einer Problemlösung um eine Sachleistung, eine Dienstleistung oder um eine Kombination handelt, wird zukünftig von Seiten eines Kunden immer schwieriger zu beantworten sein und in ihrer Bedeutung in den Hintergrund rücken – die Grenzen zwischen Sach- und Dienstleistung verschwimmen. Für die Wirtschaftsinformatik besteht daher auch in Zukunft eine zentrale Herausforderung darin, die hybride Wertschöpfung durch die Gestaltung adäquater Informationssysteme zu unterstützen.

### Literaturverzeichnis

- [BIBB03] Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): *Ein Kundenauftrag im SHK-Handwerk*. Konstanz : Christiani, Techn. Inst. f. Aus- und Weiterbildung, 2003.
- [BIBB04] Bundesinstitut für Berufsbildung: *Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik – ein neuer Name oder mehr? Neuordnung*. Bielefeld : Bertelsmann, 2004. – Elektronische Ressource, CD-ROM
- [Bill97] Billesberger, U. B.: *Praxisanleitung zur Stärken-Schwächen-Analyse im Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik-Handwerk*. München : IHW, 1997
- [Breu01] Breunig, L.: *Technischer Kundendienst : Kunden gewinnen und halten mit aktiven Servicestrategien*. Augsburg : WEKA, 2001
- [Bunk04] Bunk, H. D.: *Evaluation als eine Methode der kontrollierten Zielerreichung für Qualifizierungsmaßnahmen im SHK-Handwerk*. Aachen : Shaker, 2004
- [BuSG00] Bullinger, H.-J.; Schuster, E.; Gudszend, T. (Hrsg.): *Optimale Informationsunterstützung für den Technischen Kundendienst : Entwicklungen und Anwendungen im Service des Maschinen- und Anlagebaus ; Forum mit Fachausstellung am 21. März 2000, Stuttgart*. Stuttgart : Fraunhofer IAO, 2000

- [Harm03] Harms, V.: Produktbegleitende Dienstleistungen/Kundendienst. In: Pepels, W. (Hrsg.): *Betriebswirtschaft der Dienstleistungen: Handbuch für Studium und Praxis*. Herne : Verl. Neue Wirtschafts-Briefe, 2003, S. 129–157
- [Harm99] Harms, V.: *Kundendienstmanagement : Dienstleistung, Kundendienst, Servicestrukturen und Serviceprodukte ; Aufgabenbereiche und Organisation des Kundendienstes*. Herne : Verl. Neue Wirtschafts-Briefe, 1999
- [Herm99] Hermes, P.: *Entwicklung eines Customer Self-Service-Systems im technischen Kundendienst des Maschinenbaus*. Heimsheim : Jost-Jetter, 1999
- [HöSa04] Höpfner, H.; Saake, G. (Hrsg.): *Beitragsband zum Workshop "Grundlagen und Anwendungen mobiler Informationstechnologie" des GI-Arbeitskreises Mobile Datenbanken und Informationssysteme, Heidelberg, 23.–24. März 2004*. Magdeburg : Univ., Fak. für Informatik, 2004
- [HoSa96] Hoppe, M.; Sander, M.: SHK – eine Branche im Wandel. *Sanitär + Heizungstechnik* 61 (1996), Nr. 3, S. 38–46
- [KeNS92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)". In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik*, Nr. 89, Saarbrücken : Universität des Saarlandes, 1992
- [Kirs06] Kirste, T.; Fachgruppe Mobilität und Mobile Informationssysteme (Hrsg.): *Mobile Informationssysteme – Potentiale, Hindernisse, Einsatz : 1. Fachtagung Mobilität und Mobile Informationssysteme (MMS), 20.–22. Februar 2006, Passau, Germany ; [im Rahmen der MKWI]*. Bonn : GI, 2006
- [Kroo66] Krooß, R.: *Der technische Kundendienst als Instrument der Absatzpolitik*. Nürnberg : Spindler, 1966
- [Lehn03] Lehner, F.: *Mobile und drahtlose Informationssysteme : Technologien, Anwendungen, Märkte*. Berlin : Springer, 2003
- [Meff82] Meffert, H. (Hrsg.): *Kundendienst-Management : Entwicklungsstand und Entscheidungsprobleme der Kundendienstpolitik*. Frankfurt a.M. : Lang, 1982
- [Mose87] Mosen, K.: *Marktgerechte Unternehmensführung im Handwerk : dargest. am Beispiel d. Sanitär-, Heizungs- u. Klimatechnik-Branche*. Stuttgart : Gentner, 1987
- [Muse88] Muser, V.: *Der integrative Kundendienst : Grundlagen für ein marketingorientiertes Kundendienstmanagement*. Augsburg : FGM-Verl, 1988
- [ScTh05] Scheer, A.-W.; Thomas, O.: Geschäftsprozessmodellierung mit der ereignisgesteuerten Prozesskette. *Das Wirtschaftsstudium* 34 (2005), Nr. 8–9, S. 1069–1078
- [ScWa04] Schlagnitweit, H.; Wagner, H.: *Sanitär- und Klimatechnik. Heizungs- und Lüftungsinstallation*. Wien : Bohmann Fachbuch im Verlag Jugend & Volk, 2004
- [Teic94] Teichmann, J.: *Kundendienstmanagement im Investitionsgüterbereich : vom notwendigen Übel zum strategischen Erfolgsfaktor*. Frankfurt a.M. : Lang, 1994
- [VDMA06] VDMA (Hrsg.): *Maschinenbau in Zahl und Bild 2006*. Mühlheim am Main : reufurth, 2006. – Stand Februar 2006
- [West04] Westphal, P.: *Anlagenmechaniker, Anlagenmechanikerin für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik : Umsetzungshilfen zum neu gestalteten Ausbildungsberuf*. Nürnberg : BW Bildung und Wissen, Verl. und Software, 2004
- [Will87] Willerding, T.: *Gestaltungsmöglichkeiten der Kooperation im technischen Kundendienst zwischen Hersteller und Handel*. Bochum : Brockmeyer, 1987

## **Einführung in den Track**

### **Semantic Web: Web-Infrastruktur für die nächste Generation von E-Business**

**Prof. Dr. Jürgen Angele**

Ontoprise GmbH

**Prof. Dr. Rudi Studer**

Universität Karlsruhe (TH)

**Prof. Dr. Dieter Fensel**

Universität Innsbruck

Die Vision des Semantic Web zielt darauf ab, den Inhalt von Informationsquellen sowie die Funktionsbeschreibungen von Services, die im Internet oder in Intranets angeboten werden, maschinell interpretierbar und damit einer inhaltlichen Verarbeitung zugänglich zu machen. Damit können Aufgaben wie Informationsintegration oder die Komposition von Web Services prinzipiell automatisiert werden. Diese Entwicklung ermöglicht auch neue Arten von Applikationen oder Organisationsformen, wie z.B. virtuelle Organisationen.

Der Track "Semantic Web" wird aus Sicht von Forschung und Praxis zum einen aufzeigen, welche neuen Methoden und Werkzeuge gerade entwickelt wurden bzw. in Entwicklung sind und wie damit eine neue Qualität von Anwendungen erreicht werden kann. Zum anderen werden aus Sicht der Praxis Anforderungen an zu entwickelnde Konzepte und Methoden sowie realisierte Anwendungen diskutiert werden.

**Programmkomitee:**

Dr. Andreas Abecker, FZI Karlsruhe

Dr. Manfred Hauswirth, EPFL Lausanne

Prof. Dr. Matthias Jarke, RWTH Aachen

Dr. Rainer Malaka, EML Heidelberg

Prof. Dr. Heiner Stuckenschmidt, Universität Mannheim

Dr. York Sure, Universität Karlsruhe (TH)

Dr. Ubbo Visser, TZI Bremen

# An Ontology Framework for Semantic Business Process Management

Martin Hepp, Dumitru Roman

Semantics in Business Information Systems (SEBIS), DERI Innsbruck  
University of Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Austria  
mhepp@computer.org, dimitru.roman@deri.org

## Abstract

A core challenge in Business Process Management is the continuous, bi-directional translation between (1) a business requirements view on the process space of an enterprise and (2) the actual process space of this enterprise, constituted by the multiplicity of IT systems, resources, and human labor. Semantic Business Process Management (SBPM) [HeLD'05]<sup>1</sup> is a novel approach of increasing the level of automation in the translation between these two spheres, and is currently driven by major players from the ERP, BPM, and Semantic Web Services domain, namely SAP<sup>2</sup>. One core paradigm of SPBM is to represent the two spheres and their parts using ontology languages and to employ machine reasoning for the automated or semi-automated translation. In this paper, we (1) outline the representational requirements of SBPM, (2) propose a set of ontologies and formalisms, and (3) define the scope of these ontologies by giving competency questions, which is a common technique in the ontology engineering process.

## 1 Introduction

Business Process Management (BPM) is the approach of managing the execution of IT-supported business operations *from a managerial process view* rather than from a technical perspective [SmiFi'02]. However, the degree of automation in BPM is still unsatisfying. Also, BPM does not provide a uniform representation of an organization's process space at a semantic level, which would be accessible to intelligent queries or for compliance checks. BPM often includes the modeling of processes in some form. While process modeling is a traditional and well-established topic in Information Systems research, the various possible motivations for modeling a process, the various sources of models, and the resulting variety of requirements on

---

<sup>1</sup> In order to make this paper self-contained, we include a summary of some materials already presented there in here.

<sup>2</sup> The most prominent example of this approach is the research project „SUPER“, lead by SAP, with a total project volume of more than 16 Million euro; see <http://www.ip-super.org>

the formalisms used for representing processes are often not considered. This contributes to the dominance of a simplified, workflow-centric view on business processes, i.e. business processes are reduced to the sequencing of activities. Evidence of this workflow-minded notion of processes is that languages and tools for modeling business processes focus on control flow patterns. This is in particular true for BPEL [cf. ACGD'03]. It is only recently that the weaknesses of a merely workflow-centric representation were pointed out by van der Aalst and Pesic [AaPe'06]. In parallel, there has been substantial work on a more comprehensive and richer conceptual model of enterprises and their processes in the “enterprise ontology” research community, see e.g. [FoGr'98], [FBGL'98], [GrAF'00], or recently [Diet'06]. However, process models that could also be executed in production systems were not at the core of this community’s interest. As a consequence, workflow-centric process representations and work on enterprise ontologies are largely unconnected, which contributes to two current shortcomings: Firstly, workflow-centric process representations are not very suitable for accessing the business process space at knowledge level (e.g. for the discovery of processes or process fragments that can serve a particular purpose). Secondly, models created by the “enterprise ontology” community cannot be used with current, workflow-centric BPM tools and infrastructure.

With regard to combining a comprehensive conceptual model of an enterprise with the actual production system and executable workflows, the ARIS methodology [Sche'98] and respective tooling support was a major step. ARIS includes not only the control flow perspective, but also the organizational, data, and functional dimensions of enterprises [Sche'98]. While ARIS is based on such a comprehensive conceptual framework, it has two weaknesses: (1) the expressiveness and degree of formality in the various models is rather limited and (2) the links between the various models are quite weak. This limits the degree of automation in ARIS-based BPM; it also makes access to the enterprise as a whole on a semantic level impossible. With the latter, we mean for instance querying the process space using logical expressions and machine reasoning.

Semantic Business Process Management [HeLD'05] is a novel approach of increasing the level of automation of BPM by representing the various spheres of an enterprise using ontology languages and Semantic Web Services frameworks. The goal is to be able to apply machine reasoning for the translation between these two spheres, in particular for the discovery of processes and process fragments and for process composition. The gain in automation can be because (1) tasks can actually be performed by machines or (2) because SBPM allows for more



intelligent tooling support in BPM, e.g. by detecting conflicts or constraint violations in composite process models assembled by humans. The general vision of Semantic Business Process Management has already been presented in [HeLD'05], and a large group of academic and industrial partners is working on the respective research challenges. However, there does not yet exist a common understanding of the representational requirements of SBPM, i.e. which ontologies and formalisms will be needed, what they shall be used for, and how existing standards, namely BPEL and EPCs, can be integrated into that framework. In particular, there exists no comprehensive stack of respective ontologies available in popular ontology formalisms, e.g. OWL [W3C'04] or WSML [dBLK'05].

### 1.1 Our Contribution

In this paper, we (1) outline the representational requirements of Semantic Business Process Management, (2) propose a set of ontologies and formalisms, and (3) define the scope of these ontologies by giving competency questions [cf. UsGr'96], which is a common approach in the ontology engineering process. This is an important step in actually building these ontologies.

### 1.2 Related Work

A substantial part of Information Systems literature deals with aspects of modeling business processes. Thus, a full survey of related literature is obviously outside the scope of this paper. The most important streams of work closely related to ours can be classified as follows:

**Enterprise Ontology:** Wand and Weber have proposed to use the philosophical discipline of Ontology for building and maintaining information systems. Based on the work by Bunge, they provided a set of “Bunge-Wand-Weber” models for the analysis of IS modeling tasks; see [Webe'97] and [RIRG'06]. As part of the “Toronto Virtual Enterprise (TOVE)” project, Gruninger, Fox, and several others have developed formal ontologies for various aspects of an enterprise, see e.g. [FoGr'98], [FBGL'98], and [GrAF'00]. While much of their work can likely be reused for SBPM, their ontologies are to our knowledge not available in current ontology languages. Recently, Dietz has provided a comprehensive ontological approach to enterprise modeling [Diet'06]. Since his work is not directly linked to common ontology languages and Semantic Web services frameworks, however, the contribution to process composition in Services-oriented Architectures (SOAs) and intelligent queries to the process space is limited.

**Business Process Modeling Languages and Standardization Initiatives:** The BPM and Web Services communities have yielded a wealth of languages and standardization approaches that

aim at describing business processes, especially from the perspective of Web Services orchestration. The most prominent example is now BPEL4WS [ACGD'03], but other activities covering a varying scope are around, e.g. BPML [Arki'02], BPMN as a complementing graphical notation [BPMI'04a], XLANG [That'01], WSCI [AAFJ'02], and WS-CAF [BCHL'03]. In short, all those focus only on the representation of a part of the process space, mainly the patterns of message exchange (choreography) and the control and data flow in the combination of multiple Web services (orchestration). They were not designed as fully-fledged languages for knowledge representation, but rather for defining process models that can be executed or for abstract processes that can be refined and turned into executable processes later. The shortcomings of a procedural modeling style for the representation of business processes has been recently pointed out by van der Aalst and Pesic; they also proposed a “Declarative Service Flow Language” (DecSerFlow) as a cure [AaPe'06].

**Semantic Web Services (SWS):** OWL-S [MBDH'04] is a framework and ontology for adding semantics to Web service descriptions. WSMF is a more comprehensive framework [FeBu'02], which has been further developed to the Web Service Modeling Ontology (WSMO). The core specification of WSMO can be found in [RLKB'05], a brief introduction is given in [FeDo'05]. WSML [dBLK'05] is a family of fully-fledged ontology representation languages that supports WSMO. SWS are currently subject to intense research, especially in the DIP project<sup>3</sup>. The very recent work by Oberle [Ober'06] is very related to our approach, as it is to our knowledge the first approach to combine Semantic Web Services and the management of enterprise IT landscapes.

**Workflow management:** For an overview of production workflow management including the role of business processes and their modeling, see for example [LeRo'00]. [Leym'96] discusses the impact of using workflow technology on the creation of applications. [LeRo'97] describes an overall environment for modeling, testing, deployment, running, analyzing applications based on business processes (i.e. the lifecycle).

## 2 Semantic Business Process Management

The basic “semantic bottleneck” in Business Process Management can be described as follows (see also [HeLD'05]): Although a significant part of an enterprise and its process space is already stored in computer systems (e.g. in the form of process models, code fragments as

---

<sup>3</sup> <http://dip.semanticweb.org>

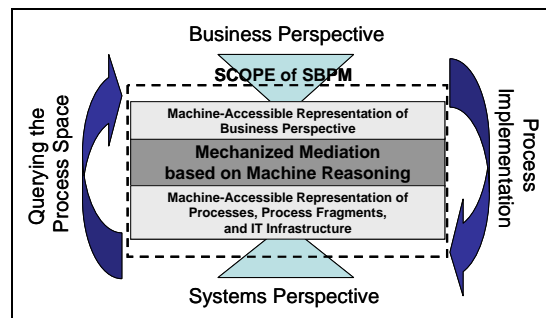
activity implementations, data structures, data, system links, etc.), both *querying* and *manipulating* the process space regularly requires human intervention. When we need a list of processes or enterprise resources that meet a particular definition, we have to ask a business analyst to compose such a document manually, taking into account a lot of implicit knowledge. This implicit knowledge includes in particular generalization and specialization relationships. Modifying the process space, in turn, requires programmers or system engineers to modify program code, change ERP customizing data, or extend database structures in order to materialize a change request in the actual process space. Obviously, there is a functional bottleneck between (1) the *business perspective* on operations and (2) the *actual execution* of operations [cf. BPMI'04b]. In other words, *the fundamental problem is that traversing from one sphere to the other requires manual labor in any of the two directions, i.e. both for querying and manipulating the process space*: If a manager needs to know all billing processes, systems analysts have to try to create an inventory of any such processes; and if a manager needs a new billing process for a new product or service, software engineers have to transform the management requirements into an IT implementation. This leads to the situation that business-process-related activities are, amidst a wealth of IT, surprisingly centric to human labor, and thus slow, costly, and imperfect.

This gap has been already targeted by the emerging field of Business Process Management (BPM) [SmiFi'02]. BPM modeling tools usually put a strong emphasis on the graphical representation of processes, augmented with middleware for workflow and, often, Enterprise Application Integration (EAI) functionality. However, current BPM does not overcome the underlying limitation that *the business process space inside the organization as a whole is not accessible at a semantic level*, especially because business process modeling languages like BPEL4WS [ACGD'03] are an insufficient means of capturing and representing such a domain of discourse.

## **2.1 Vision**

It can be expected that Business Process Management will only come closer to its promise if it allows for a better automation of the bi-directional translation between the business and the systems spheres. The basic idea of Semantic Business Process Management is to combine Semantic Web Services frameworks, ontology infrastructure, and Business Process Management methodologies and tools, namely ARIS, and to develop one consolidated technology. The fundamental approach is to represent both the business perspective and the

systems perspective of enterprises using a set of ontologies, and to use machine reasoning for carrying out or supporting the translation tasks between the two spheres. This principle is shown in Figure 1.



**Figure 1. Semantic Business Process Management: Capturing business and IT spheres using ontologies [HeLD'05]**

One paradigm of current SBPM research is to provide as much compatibility to existing tools and standards as possible. In particular, processes represented in BPEL or as EPCs should be usable inside an SBPM environment. Also, it should be possible to export processes configured inside an SBPM environment to BPEL so that standard BPEL engines could be used for their execution.

## 2.2 SUPER Overall Architecture

Currently, the following structure for Semantic Business Process Management emerges as part of the SUPER research project [Leym'06]: First, a **Semantic Service Bus**. This is the foundational layer that deals with brokering service requests from the upper layers. Second, a **Semantic Process Engine**. This is a process engine that instantiates and executes business process models and handles the related service requests from the service bus. Third, the **Semantic Process Modeling Layer**. This layer stores models of business processes plus all additionally relevant spheres of the enterprise, e.g. regarding the organization, resources, etc.

Making SBPM a reality includes a plethora of theoretical and practical challenges. In this paper, we focus on the ontologies and formalisms that constitute the conceptual framework.

## 2.3 Origins of Process Models

Prior to defining the conceptual framework for SBPM, it is crucial to stress that there are at least three distinct types of sources for business process models that need to be dealt with.

**Tools-based, Manual Modeling:** The most obvious source of process models are modeling tools used by humans for modeling either existing processes (documenting the “as-is”) or target processes (defining the “should-be”). Typical notations are EPCs [KeNS'91], various

formalisms related to Petri nets, UML activity diagrams, or, more recently, BPMN [BPMI'04a; RIRG'06].

**Reference Process Libraries:** The gain in spending substantial effort in manually modeling the current status (“as-is”) has been questioned, in particular in ERP-centric corporate environments; instead, Thome and Hufgard have called for dedicating more attention to the implicit process library contained in large Common-of-the-Shelf software packages [ThHu'96]. As a matter of fact, there exists large bodies of process specifications that can be regarded as libraries of best practice; they are an important source of process models for enterprises. Besides reference process models in ERP packages, this includes standards (e.g. RosettaNet PIPs<sup>4</sup>) or the MIT Process Handbook [MaCH'03].

**Reconstruction: Process Mining and Reverse Business Engineering:** The third source of process models are tools that reconstruct processes from log files and from the customizing data of existing systems. An early description of the fundamental idea of process mining was given by Agrawal, Gunopulos, and Leymann [AgGL'98]. A comprehensive description of challenges in process mining is given in [AaDH'03]. [GrGM'05] describes algorithms for mining workflow management systems for frequent patterns of workflow execution. Very recent work by Jansen-Fullers, van der Aalst, and Rosemann describes work on process mining in the context of ERP solutions [JaAR'06]. Reverse Business Engineering [Ibis'05] is a methodology and family of toolsets that extract and interpret transactional data and program module usage in ERP systems, namely SAP R/3 and mySAP, in order to analyze the process space of an organization. While the main goal of RBE is not the creation of process models, it can be used to select from the ERP reference processes those variants that are in use in the given environment. Process Mining and Reverse Business Engineering can be both the source of process models and at the same time also benefit from richer representations in SBPM environments.

## 2.4 Process Lifecycle in Semantic Business Process Management

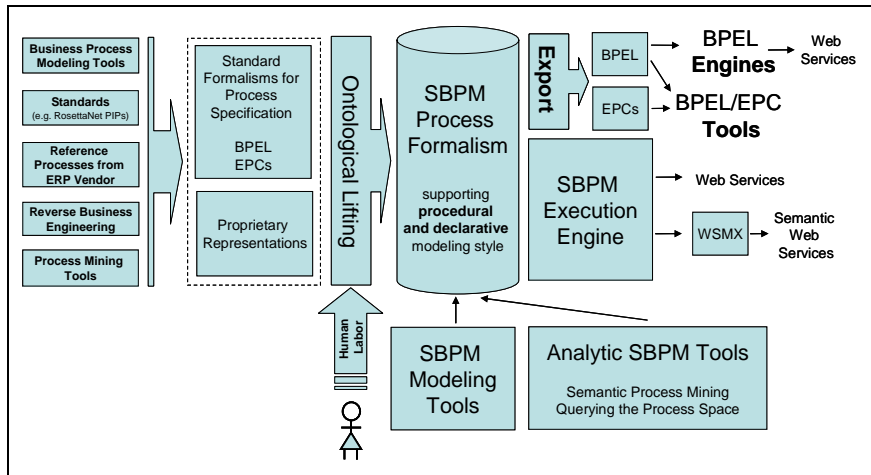
In this section, we describe the process lifecycle in a minimal SBPM environment. It takes into account market structures (e.g. the dominance of EPC- and BPEL-centric tools and BPEL execution engines) and aims at combining the essence of the vision with a realistic scenario. Figure 2 shows the respective lifecycle.

Primary input to an SBPM environment are process models coming from modeling tools, standards, reference process libraries given by ERP vendors, reverse business engineering and

---

<sup>4</sup> <http://www.rosettanel.org/>

process mining tools (shown on the left side). These process specifications come in two major types of formalisms: (1) Standardized, control-flow-centric (“procedural”) process notations, e.g. BPEL or EPC, and (2) proprietary representations.



**Figure 2. Process Lifecycle in Semantic Business Process Management**

All this input must be ontologically lifted, i.e. all data must be augmented by references to ontologies used in the framework. In the case of BPEL processes, this may mean converting a BPEL file to a semantically enriched process specification. Ontological lifting requires almost always human intervention, since the formal semantics of input data must be augmented by annotations or expressed using richer constructs, provided by the target ontologies. A typical example is that the name of the resource is to be replaced by the unique identifier of this resource in the domain ontology.

Once the process specifications are ontologically lifted, they can be stored in the process repository. For this, a rich process formalism is being used that allows both preserving “rigid” control flows of existing workflows, as well as adding declarative specifications, references to resources, and in general any kind of relations to other elements in the SBPM enterprise ontology. This rich SBPM process representation can be accessed by native SBPM modeling tools to create or modify such models directly. It can also be used by native SBPM analytic tools, which may be used to inspect the process space on the basis of this formalism. From the SBPM process formalism, one may export abstract or executable BPEL processes for the use with existing BPEL tooling. These will be procedural reductions of the SBPM process representations that include a defined control flow.

Additionally, the SBPM execution engine can be used to directly execute such SBPM process models. For process models that include the definition of a control flow (e.g. imported BPEL processes), this control flow may be used. For declaratively specified processes, several options

exist: A specific reasoner can be used to create a valid control flow from an existing declarative process. Alternatively, an SBPM tool can be used to guide the user in creating a control flow that meets all constraints. The same two options can also be used for exporting “rigid” control flows in the form of BPEL from SBPM models, in order to have them executed by existing workflow engines. Subsets of SBPM models can also be exported as EPCs for the use in existing EPC-based tooling environments.

### 3 The SUPER Set of Ontologies for Business Process Management

In this section, we describe a set of ontologies for Semantic Business Process Management that is compatible with the SUPER approach while providing backward compatibility to the ARIS methodology, EPC tools, and BPEL engines and tooling support.

#### 3.1 Methodology

We take the ARIS model of integrated business information systems [Sche'98] as a starting point. ARIS defines the following four views on enterprises: (1) Organization, (2) Data, (3) Control, and (4) Function. For each of these views, we identify suitable ontology sets. Then, we complement the four views by additional spheres, which we assume to be relevant for SBPM tasks. Inside these sets, we try to determine suitable upper ontologies that can be used to ground various more detailed ontologies. It should be stressed that the upper ontologies will have a crucial impact on the degree of automation and interoperability, for they define the common subsets between data from various sources.

#### 3.2 Spheres Relevant for Modeling

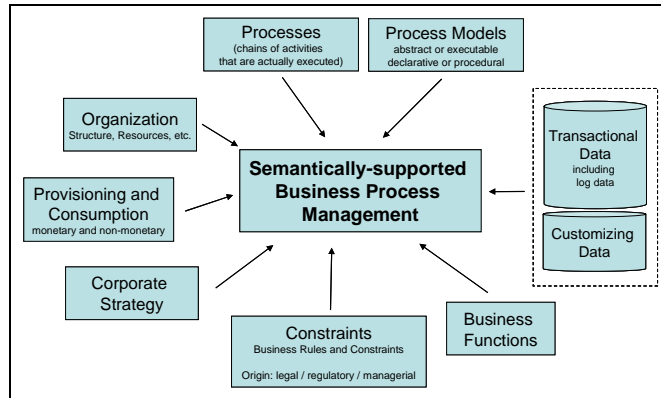
In this section, we describe the spheres that contribute to the process space of an enterprise and which need to be represented in a SBPM framework. Figure 3 summarizes these spheres.

**Processes:** With this we mean the chains of activities that are actually executed, e.g. explicitly designed processes as well as ad-hoc processes.

**Process Models:** With process models we mean explicit *specifications* of processes, which can be abstract definitions or executable specifications; they may be expressed in a declarative or procedural style. Such models will usually come from past modeling done by humans, software packages in use, or be brought in as requirements from outside the enterprise, e.g. process standards which must be supported in order to participate in a particular value chain.

**Organization:** Actors in enterprises are bound by the inner structure of the enterprise, e.g. the roles performed by the actors and the line of authority and reporting. Also, all tangible and

intangible resources (e.g. machinery, intellectual property, ...) are part of the organization of an enterprise.



**Figure 3. Contributing Spheres**

**Corporate Strategy:** Strategic goals of an enterprise do also influence the process space; in particular, they should be available for ranking alternative process compositions.

**Constraints:** The process space is further influenced by constraints caused by legal, regulatory, or managerial rules. For instance, if an enterprise has declared to use only organic food in all corporate restaurants or if there if the law of the state prohibits that pregnant employees operate a particular class of machinery, this must be represented for SBPM.

**Business Functions:** The functional sphere of an enterprise, e.g. typical business functions like Accounting or Human Resources.

**Transactional and Customizing Data:** The enterprise data stored in corporate databases should also be represented in a SBPM framework. This includes the transactional data and the customizing data, i.e. the settings and process parameters of extensively configurable ERP systems.

In addition to these spheres, there are obviously additional, domain-specific spheres that may need to be included in particular SBPM settings.

### 3.3 Proposed Ontologies and Formalisms

In this section, we propose a set of ontologies and formalisms for the spheres identified above.

#### 3.3.1 Core Process Modeling: Orchestration

The weaknesses of a workflow-centric representation were recently pointed out by van der Aalst and Pesic [AaPe'06], in particular that capturing a particular sequencing of activities is an over-specification of a business process, since it introduces unnecessary constraints on the execution of this process. If for example, a technical process requires that at least two other tasks are carried out between washing an item and painting it, this is usually expressed in a



workflow-centric modeling language by giving a sequence of activities that meets this constraint (i.e. by putting two other tasks in between), but not by actually capturing this constraint. This has several disadvantages. First, it is much harder to determine whether one process can substitute another, since there is no declaration of the *cause* of this particular ordering. Second, the particular process is bound to a particular set of resources. For instance, if there are additional workstations available, one does not immediately know whether it is valid to perform two tasks in parallel that are modeled as a sequence in the original process. While some of such problems may be solved by avoiding modeling pitfalls, it is quite obvious that a workflow-minded modeling style for processes puts more emphasis on *how* a process is actually executed than necessary. Third, workflow-centric modeling does not clearly distinguish between the constraints of a process (i.e. what must be met) and the actual execution of a process (i.e. how the process is carried out). Fourth, additional knowledge about the process space, e.g. generalization and specialization relationships between activities is not represented. SBPM aims at accessing the process space of an enterprise at a knowledge level, e.g. we want to be able to reason about process composition and substitution and about whether there exists a valid order of execution so that a particular set of Web services with explicit constraints can be employed to constitute a given business process. We may also want to specify processes in a declarative manner. This means that a process ontology that is mainly built around workflow patterns will not be sufficient. On the other hand, we agree that there is sometimes a need to represent rigid workflow patterns.

As a consequence, we propose to define a set of four ontologies for representing processes in SBPM: First, an *Upper Process Ontology* that captures the very basic notions of processes, in particular “activity” and “pre-/post-condition”. This ontology shall also be able to capture existing workflow specifications for a process. Thus, it should also include elements for the most important workflow patterns. Additionally, we propose ontological representations of the three most popular formalisms and notations for processes, i.e. BPEL, BPMN, and EPCs. With “ontological representation”, we mean that we create ontology elements (e.g. concepts and relations) for all (or a subset) of the elements of the respective language and *ground them in the Upper Process Ontology*.

In the following, we give *Competency Questions* [UsGr'96] for the **Upper Process Ontology**:

1. Which is the set of activities constituting a particular process?
2. Which are the pre-conditions, post-conditions, assumptions, and effects of a particular process?

3. For each activity in a particular process, what are the pre-conditions, post-conditions, assumptions, and effects?
4. What is a valid execution order of the activities in a particular process?
5. If the process includes a procedural specification, what is the specified order of execution (i.e.: by which workflow patterns are the activities connected)?
6. If the process includes a procedural specification, is activity 1 {always | sometimes | never} executed {before | directly before | after | directly after | in parallel to} activity 2?

With *pre-conditions*, we mean the information space of an activity or process prior to its execution. With *assumptions*, we mean the necessary state of the world prior to the execution of the activity or process. With *post-conditions*, we mean the information space an activity or process after its execution. With *effects*, we mean the state of the world after the execution of the activity or process. These definitions are taken from [RLKB'05; FeDo'05].

Elements of this ontology will be e.g. *Process*, *Activity*, *Assumption*, *Pre-condition*, *Post-condition*, *Effect*, and typical workflow patterns (e.g. *follows (activity1, activity2)*, *loop (activity1, exit condition)*). For these patterns, we will likely draw on the rich literature on workflow patterns.

It is important to note that these two ways of modeling a process in the Upper Process Ontology are complementing each other; there may even be conflicts such that the specified execution order and the pre-conditions do not match. However, this is something that needs to be dealt with on the operational level. The aim of this foundational ontology is to provide one common point of reference for procedural and declarative process specifications.

The three other ontologies will be ontology variants of popular process modeling formalisms, which will be grounded by references to the Upper Process Ontology. In detail, we will develop **sBPEL**, an ontology version of BPEL [ACGD'03] or a reasonable subset of BPEL; **sBPMN**, i.e. an ontology version of BPMN [BPMI'04a] or a reasonable subset of BPMN; and **sEPC**, an ontology version of EPCs [KeNS'91] or a reasonable subset of EPCs.

### 3.3.2 Organization and Resources

For the ontological representation of the organizational sphere of enterprises, we can draw upon the rich work done as part of the TOVE project by Fox, Gruninger, and others; see e.g. [FoGr'98], [FBGL'98], or [GrAF'00]. They consider an organization “to be a set of constraints on the activities performed by agents” [FBGL'98]. This ontology provides the vocabulary and constraints for describing the environment in which processes are being carried out. For example, this ontology may be used to describe the actors and the machinery that are being referred to in the process definitions. We propose three major building blocks: First, an *Upper Organizational Ontology* that provides the basic vocabulary and structure for describing

organizations and resources. Second, a *Business Organization Ontology* that defines common types of divisions, roles, and tasks; and third, a *Business Resources Ontology* that defines common types of business resources.

In the following, we give *Competency Questions* for the **Upper Organizational Ontology**:

1. Which employees are members of {the organization | a particular division | a particular subdivision}?
2. Which employees perform a particular role?
3. Which roles does a particular employee perform?
4. Which are the skills of a particular employee?
5. Which are the capabilities of a particular {machine | intangible resource}?
6. Which skills or capabilities are required for a particular role?
7. Who supervises a particular employee?
8. Whom does a particular employee report to?
9. Whom does a particular {employee | system} communicate with?
10. Which resources exist in the enterprise?
11. Which resources are required for a particular task?

These may be extended by aspects of authority and empowerment, e.g. “what resources does an actor have authority to assign?” [FBGL'98].

Elements of this ontology will be e.g. the concepts *Organization*, *Role*, *Task*, *Division*, *Resource*, *Employee*, *MachineOrSystem*, *IntangibleResource*, *SkillCapability*, and the relations *subordinateRoleOf* (*a,b*), *generalizedRoleOf* (*a,b*), *specializedRoleOf* (*a,b*), *reportsTo* (*a,b*), *communicatesWith* (*a,b*), and *supervises* (*a,b*).

The **Business Organization Ontology** will refine the concepts *Role*, *Task*, *Division*, *Employee*, and *SkillCapability* by common types, e.g. *StaffMember*, *Manager*, *CEO*, etc.

The **Business Resources Ontology** will refine the concepts *Resource*, *MachineOrSystem*, and *IntangibleResource* by common types of such things, e.g. *WeldingStation*, *Galvanization-Vessel*, etc. Note that this ontology will just describe the static aspect of resources, not their consumption.

### 3.3.3 Functions

The processes and process models (and the other elements listed in here) must be regarded in the context of the underlying business functions, i.e. the functional perspective on a enterprise. This includes typical functional groups (e.g. “accounting”) and typical tasks (e.g. “print paycheck”). It is important to note that this is a perspective of its own right, even though there seems to be overlap with the process model and organization sphere. For this, we propose a **Business Functions Upper Ontology** which represents common business functions (e.g. *Marketing*, *Human Resources*, *Operations*, ...) and typical tasks (i.e. activity types). This can

be used as the basis for an enterprise-specific functional ontology. Such grounding will ease several tasks, e.g. benchmarking or systems integration after Mergers & Acquisitions.

#### 3.3.4 Data

The transactional data, usually kept in a relational database management system, is also part of the process space of an enterprise. It is desirable that such data can be included into the unified view on the enterprise. This will likely happen by representing (1) the data structures and (2) the events that create or consume instance data. In ERP-centric IT landscapes, (3) the customizing data of the system must also be regarded, since from this, the set of processes from the process library which are actually enabled can be derived. Also, for processes that can be configured in more detail, the process parameters can be determined.

We propose three ontologies for capturing the data sphere: First, an *Enterprise Data Upper Ontology* that can be used for describing the available data sources and recipients in an enterprise, all metadata, and all events that generate or consume data. (It must be decided on a business level later on whether all such events should be actually annotated; however, a respective vocabulary should be available). Second, a *Transactional Data Ontology* that describes the relational schemas (and their business meaning) of all relevant data sources, and third a *Customizing Data Ontology* that represents the customizing data of ERP systems.

In the following, we give *Competency Questions* for the **Enterprise Data Upper Ontology**:

1. Which database management systems exist in the enterprise?
2. Which databases are in use in the enterprise and on which systems are they located?
3. Which tables (relations) belong to a particular database?
4. Which {business function | task | event | role | machine or system} {writes to | reads from} a particular {data base | table} ?

Elements of this ontology will be e.g. the concepts *DBMS*, *Database*, *DatabaseTable*, and the relations *writesTo(a,b)* or *readsFrom(a,b)*.

#### 3.3.5 Provisioning and Consumption

So far, we have not catered for the fact that the main aspect of business operations is the consumption and production of scarce resources. For the comparison of process alternatives or for activity-based costing, it is necessary to represent the sphere of consumption and provisioning, both of monetary and non-monetary amounts. As a first approximation, we propose a minimal **Provisioning and Consumption Ontology** and define it using the following *Competency Questions*:

1. Which activity {consumes | occupies} [which amount of] which resource at which location at which point in time [for which duration]?

2. Which activity {provides | creates} [which amount of] which resource at which location at which point in time [for which duration]?

### 3.3.6 *Business Logics: Rules and Constraints*

The process space of an enterprise is also influenced by legal and regulatory constraints and corporate rules based on managerial decisions. Examples of such constraints are that “pregnant employees are not allowed to operate X-ray equipment” or that “machinery used for handling food may not be used for handling non-food materials”. Some of such rules may also be stored in the constraints of the processes themselves. However, in order to avoid redundancy and to ease the maintenance of such constraints, they should be stored separately. For this purpose, we propose an **Enterprise Rules and Constraints Ontology**. In the following, we give preliminary *Competency Questions* for this ontology:

1. Which {states | sequence of activities} {must not occur | should be avoided | should be preferred [over this {state | sequence of activities}]?}
2. What is the reason for any such constraint?
3. Is the reason for the existence of a particular constraint a legal one, a regulatory one, or a managerial decision?

### 3.3.7 *Strategy*

When composing business processes or monitoring their execution, we also need access to the corporate strategy, for only this will allow us comparing choices. In the following, we give preliminary *Competency Questions* for an **Enterprise Strategy Upper Ontology**:

1. Which are the business goals of the organization?
2. Which are the sub-goals of a particular goal of the organization?
3. Does a particular activity contribute to or conflict with a particular goal or subgoal?

Elements of this ontology will be e.g. the concepts *Goal*, *SubGoal* and the relations *contributesTo* (*Activity*, *Goal*) and *conflictsWith* (*Activity*, *Goal*).

### 3.3.8 *Domain Ontologies*

It will usually be necessary to complement the ontologies described by specific domain ontologies, which will refine and extend the standard ontologies. For example, the telecommunications domain will require a very detailed ontology of industry-specific concepts, e.g. “router”, “leased line”, “modem” as resources etc. Quite naturally, defining such domain ontologies is outside the scope of this paper.

## 4 **Evaluation and Discussion**

In the previous section, we have identified the relevant spheres that must be taken into account when building an ontology framework for SBPM. For this, we took the widely accepted ARIS methodology and framework [Sche'98] as a starting point and proposed suitable ontologies.

Since ontologies are agreements between communities and thus include subjective judgments, evaluating them in a meaningful way is difficult and in fact an open research field; for an introduction, see e.g. [FBGL'98] and [GRUB'95]. A practically relevant evaluation of our approach is possible only by coding the respective ontologies and using them in a prototypical SBPM application. Our conceptual framework is based on (1) the ARIS approach as a popular methodology and widely used tooling environment and (2) the process notion of the Web Service Modeling Ontology (WSMO) [RLKB'05] as one leading framework for Semantic Web Services. We take this as two important aspects of a successful representational framework for Semantic Business Process Management, since it will contribute to bridging the respective two research communities.

Two additional aspects require a bit of discussion. First of all, in ERP-centric environments, many facts described by these ontologies will be readily available in the conceptual model of the ERP system. For example, resources and organizational constraints are already stored in the relational databases of the ERP system. This is rather a benefit than a problem, since it will allow us using this large amount of structured data at little cost; it just requires ontology mappings between the various upper level ontologies described in this paper and the database structure of the ERP system.

A second aspect of SBPM that is still open is whether the cost of formalizing the domain of discourse is justified by the business gain in monetary terms. A substantiation of this claim is still lacking from the proponents of SBPM as such. However, in ERP-centric environments, the large amount of structured and semi-structured information in the transactional and customizing data in combination with the vendor-specific process models lets us believe that, at least within the scope of ERP systems, SBPM can be made a reality at reasonable cost. It is also noteworthy that e.g. the ARIS toolset already provides standardized terminology and conceptual models that may be reused.

## **5 Conclusion**

In this paper, we have discussed the representational requirements of Semantic Business Process Management. We proposed a set of ontologies and formalisms and defined the scope of these ontologies by giving competency questions, which is a common approach in the ontology engineering process. In particular, we have shown that a control flow-centric, procedural representation of business processes is often an over-specification of the actual process and should thus not be made the core of an ontological framework for Semantic Business Process

Management. We are currently in the process of a detailed domain capture for the proposed ontologies. Next, we will formalize the ontologies in WSMML and validate their competency by trying to answer the competency questions using our ontologies.

**Acknowledgements:** We would like to thank Roxana Belecheanu, John Domingue, Agata Filipowska, Frank Leymann, Barry Norton, Carlos Pedrinaci, and all colleagues from the SUPER research project for valuable discussions. The work presented in this paper was partly funded by the European Commission under the projects DIP (FP6-507483), SUPER (FP6-026850), and MUSING (FP6-027097), and by the Trans IT Entwicklungs- und Transfercenter at the University of Innsbruck.

## References

- [AgGL1998] Agrawal, R. et al.: Mining process models from workflow logs. Intl. Conf. on Extending Database Technology (EDBT'98). Valencia, Spain, March 3-8, 1998.
- [ACGD2003] Andrews, Tony et al.: Business Process Execution Language for Web Services Version 1.1. <http://www.siebel.com/bpel>, retrieved Nov 30, 2005.
- [Arki2002] Arkin, Assaf: Business Process Modeling Language. <http://www.bpml.org/downloads/BPML1.0.zip>, retrieved Nov 30, 2005.
- [AAFJ2002] Arkin, Assaf et al.: Web Service Choreography Interface (WSCI) 1.0. W3C Note 8 August 2002. <http://www.w3.org/TR/wsci/>, retrieved Nov 30, 2005.
- [BPMI2004a] BPMI.org: Business Process Modeling Notation (BPMN) Version 1.0. <http://www.bpml.org/downloads/BPMN-V1.0.pdf>, retrieved Nov 30, 2005.
- [BCHL2003] Bunting, Doug et al.: Web Services Composite Application Framework (WS-CAF). <http://developers.sun.com/techtoc/wscs/wscsf/>, retrieved Nov 30, 2005.
- [dBLK2005] de Bruijn, Jos et al.: D16.1v0.21 The Web Service Modeling Language WSMML. WSMML Final Draft. <http://www.wsmo.org/TR/d16/d16.1/v0.21/>, retrieved November 7, 2005.
- [Diet2006] Dietz, Jan L. G.: Enterprise Ontology. Springer, Berlin / Heidelberg 2006.
- [FeDo2005] Feier, Cristina; Domingue, John: D3.1v0.12 WSMO Primer, WSMO Working Draft April 1, 2005. <http://www.wsmo.org/TR/d3/d3.1/v0.2/20050401/>, retrieved Nov 30, 2005.
- [FeBu2002] Fensel, Dieter; Bussler, Chris: The Web Service Modeling Framework WSMF. In: Electronic Commerce Research and Applications 1 (2002) 2, pp. 113-137.
- [FBGL1998] Fox, Marc S. et al.: An Organisation Ontology for Enterprise Modeling. In: M. Prietula; K. Carley; L. Gasser (Hrsg.): Simulating Organizations: Computational Models of Institutions and Groups. AAAI/MIT Press, Menlo Park CA 1998, pp. 131-152.
- [FoGr1998] Fox, Marc S.; Gruninger, Michael: Enterprise Modeling. In: AI Magazine (1998) Fall 1998, pp. 109-121.
- [GrGM2005] Greco, Gianluigi et al.: Mining and Reasoning on Workflows. In: IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 17 (2005) 4, pp. 519-534.
- [GRUB1995] Gruber, Thomas R.: Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. In: International Journal of Human-Computer Studies 43 (1995), pp. 907-928.
- [GrAF2000] Gruninger, Michael et al.: Ontologies to Support Process Integration in Enterprise Engineering. In: Computational & Mathematical Organization Theory 6 (2000) 4, pp. 381-394.

- [HeLD2005] Hepp, Martin et al.: Semantic Business Process Management: A Vision Towards Using Semantic Web Services for Business Process Management. IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE 2005). Beijing, China, October 18-20, 2005, pp. 535-540.
- [Ibis2005] IBIS Prof. Thome AG: RBE Plus. <http://www.rbe-online.de>, retrieved Nov 30, 2005.
- [JaAR2006] Jansen-Vullers, M.H. et al.: Mining configurable enterprise information systems. In: Data & Knowledge Engineering (2006) (forthcoming).
- [KeNS1991] Keller, G. et al.: Semantische Prozessmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK)". Veröffentlichung des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Paper 089, 1991.
- [Leym1996] Leymann, Frank: The workflow-based application paradigm. Workshop on Workflow Management - State of the Art. Münster, Germany, April 10, 1996.
- [Leym2006] Leymann, Frank: Super: Overall Architectural Direction (2006).
- [LeRo1997] Leymann, Frank; Roller, Dieter: Workflow based applications. In: IBM Systems Journal 36 (1997) 1, pp. 102-123.
- [LeRo2000] Leymann, Frank; Roller, Dieter: Production Workflow - Concepts and Techniques. PTR Prentice Hall, 2000.
- [MaCH2003] Malone, Thomas W. et al.: Organizing Business Knowledge: The MIT Process Handbook. The MIT Press, Cambridge, MA, USA; London, UK 2003.
- [MBDH2004] Martin, David et al.: OWL-S 1.0 Release. <http://www.daml.org/services/owl-s/1.0/>, retrieved Nov 30, 2005.
- [BPMI2004b] o.V.: Business Process Management Initiative. <http://www.bpmi.org>, retrieved Nov 30, 2005.
- [Ober2006] Oberle, Daniel: Semantic Management of Middleware. Springer, New York 2006.
- [RIRG2006] Recker, Jan et al.: How Good Is BPMN Really? Insights From Theory And Practice. 14th European Conference on Information System (ECIS 2006). Gothenburg (Sweden)2006, pp. 1-12.
- [RLKB2005] Roman, Dumitru et al.: D2v1.2 Web Service Modeling Ontology (WSMO). WSMO Final Draft April 13, 2005. <http://www.wsmo.org/TR/d2/v1.2/>, retrieved Nov 30, 2005.
- [Sche1998] Scheer, A.-W.: ARIS - Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. 3rd. Aufl., Springer, Berlin etc. 1998.
- [SmiFi2002] Smith, Howard; Fingar, Peter: Business Process Management. The Third Wave. Meghan-Kiffer Press, Tampa, FL, USA 2002.
- [That2001] Thatte, Satish: XLANG. Web Services for Business Process Design. [http://www.gotdotnet.com/team/xml\\_wsspecs/xlang-c/default.htm](http://www.gotdotnet.com/team/xml_wsspecs/xlang-c/default.htm), retrieved 2005, Nov 30.
- [ThHu1996] Thome, Rainer; Hufgard, Andreas: Continuous System Engineering. Vogel Verlag, Würzburg 1996.
- [UsGr1996] Uschold, Mike; Grüninger, Michael: Ontologies: Principles, Methods, and Applications. In: Knowledge Engineering Review 11 (1996) 2, pp. 93-155.
- [AaPe2006] van der Aalst, W.M.P.; Pesic, M.: Specifying, Discovering, and Monitoring Service Flows: Making Web Services Process-Aware. BPM Center Technical Report, No. BPM-06-09, 2006.
- [AaDH2003] van der Aalst, W.M.P. et al.: Workflow mining: A survey of issues and approaches. In: Data & Knowledge Engineering 47 (2003), pp. 237-267.
- [W3C2004] W3C: OWL Web Ontology Language Guide. W3C Recommendation 10 February 2004. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>, retrieved Nov 30, 2005.
- [Webe1997] Weber, R.: Ontological Foundations of Information Systems. Coopers & Lybrand and the Accounting Association of Australia and New Zealand, Melbourne, Australia 1997.



# Automated Selection of Configurable Web Services

Steffen Lamparter, Anupriya Ankolekar

Institute AIFB  
Universität Karlsruhe (TH)  
Germany  
{sla,aan}@aifb.uni-karlsruhe.de

## Abstract

To bring service-oriented architectures to their full potential, automatic service discovery and selection mechanisms are required. In this paper, a service selection component is presented that supports offers providing multiple configurations of a service. The selection algorithm ranks the offered services and their configurations according to the requester's preferences and thus facilitates personalized selection strategies. In addition, the approach leverages existing Web standards to provide a maximal degree of interoperability between service providers and their customers leading to significant efficiency gains. The approach is implemented prototypically and the performance is evaluated by means of a simulation.

## 1 Introduction

Service-oriented architectures (SOA) as a paradigm where applications are built by composing loosely coupled, highly interoperable, reusable services have become increasingly popular in recent years. This flexible style of implementing applications promises cost savings in software development and faster adaption of business processes to changing environments. Realizing such a flexibility requires automatic as well as efficient Web service discovery and selection mechanisms. These mechanisms depend heavily on the way services are described. Approaches that are solely based on WSDL-descriptions are inadequate since XML and XMLSchema do not provide sufficient expressivity to create and relate rich datatypes [MM03]. Therefore, these mechanisms are not amenable to a high degree of automation. In order to tackle this problem several mechanisms have been proposed that depend on much richer service descriptions. Most of them describe services using formal ontologies (e.g. WSMO [KLP<sup>+</sup>04], OWL-S [SPAS03], WSDL-S [AFJ<sup>+</sup>05]). However, none of these approaches address the fact that Web services are highly configurable products that can be offered by multiple parties (providers) with different attributes and under different conditions. This enables a high degree of product differentiation allowing providers to customize their services according to the specific needs of their customers. Clearly, this improves the utility of the transaction for both participants. Consider, for example, a route planning web service, which offers the service of computing a road route between

two locations. Various configurations of the service may take into account the current traffic situation or weather situation when computing the route, or the service may be configured to compute the shortest or quickest route, one that avoids small roads and so on. Naturally, each configuration may have a different price attached. Decision making in markets with such complex services generally requires that both seller pricing functions as well as buyer scoring (preference) functions be taken into account.

In [LAO<sup>+</sup>06] a general policy framework is described that can be used to express pricing and scoring functions. The framework relies on existing or emerging internet standards and thus provides a high degree of interoperability. In this paper, we extend the work in several directions. First, it is shown how the policy framework can be applied to describe configurable Web service offers and requests. Second, the framework is augmented with an abstract selection model, which is independent from specific formalisms and implementations. Third, we present an approach to rank offers in scenarios where both requests and offers are configurable. In this context, we also show how preferences can be expressed directly within a query. The selection algorithm in the previous work deals only either with configurable requests or configurable offers, which are both stored in the knowledge base. Finally, we present a concrete implementation and initial performance evaluations of the system.

The paper is structured as follows. In Section 2 an abstract selection model is presented. In Section 3 this model is formalized with the standardized Web languages OWL, SWRL and SPARQL in order to provide interoperability between Web service requesters and providers. After presenting an implementation and evaluation in Section 4, we discuss related work in Section 5 and conclude the work with a short outlook in Section 6.

## 2 Abstract Selection Model

First, a *selection* is defined as a decision for the *best* available alternative, i.e. the Web service that is most appropriate to fulfill a certain task. In general, decisions require a choice and criteria by which different choices are judged. Hence, a selection can be regarded as an optimization problem with a certain objective function resulting in an understanding of “better” and “worse”. In this section, we first introduce an abstract notation of the fundamental concepts in the domain and then present the optimization problem that has to be solved in order to derive a preference structure over the service offers.

**Definition 1 (Web Service Configuration)** *Let  $S = \{s_1, \dots, s_{|S|}\}$  be the set of all Web services. Then, a Web service  $s_i \in S$  is described by the tuple  $s_i = (I_i, O_i, C_i)$ , where  $I_i$  represent the set of input messages that are required by the service  $s_i$  and  $O_i$  the set of output messages that are returned by the service  $s_i$ , respectively. Furthermore, a Web service is characterized by a set of feasible configurations  $C_i$  with  $C_i \subseteq C$ , where  $C$  is the cartesian product of the discrete*

service attributes  $\mathcal{A}_1, \dots, \mathcal{A}_n$ , i.e.  $\mathcal{C} = \prod_{r \in \{1, \dots, n\}} A_r$ . In this context, each  $c \in \mathcal{C}$  is a vector  $c = (a_{1k_1}, \dots, a_{jk_j}, \dots, a_{nk_n})$ , where  $a_{jk_j}$  represents the  $k^{\text{th}}$  value of attribute  $j$ .

Recall the route planing example mentioned in section 1. Here the set  $\mathcal{I}_i$  represents locations and  $\mathcal{O}_i$  the route between these locations. Moreover, we have three attributes: (i) The route type which refers either to the quickest or cheapest route; (ii) one attribute that indicates whether traffic information is taken into account; (iii) and one attribute that allows to include or exclude weather information. These attributes are used to configure the service according to the requesters preferences. For instance, one specific route service configuration is a routing functionality that returns the quickest route including traffic and weather information. Note that according to Definition 1, service functionality is solely defined by inputs as well as outputs and attributes comprise only discrete and static non-functional service properties.

In order to enable Web service transactions between providers and customers, Web service offers and requests have to be specified. Their main purpose is to attach prices as well as preferences to the service configurations. In the following, we formally define how offers and requests can be specified for configurable services. More general approach (e.g. including discount rules) see [BK05].

**Definition 2 (Web Service Offer)** Assume a set of providers  $\mathcal{P}$  as well as a set of Web service offers  $\Theta$ . Then,  $p \in \mathcal{P}$  is an arbitrary provider offering service  $o_p \in \Theta$ . A Web service offer is characterized by a vector  $o_p = (s_p, G_p)$ , where  $s_p \in \mathcal{S}$  represents the provided service and  $G_p : \mathcal{C}_p \rightarrow \mathbb{R}$  the pricing function that assigns a certain price to each configuration  $c \in \mathcal{C}_p$  of the service  $s_p$ . We assume that the pricing function is described by an additive function, where  $g_{pj}$  represents the pricing function of provider  $p$  for attribute  $j$ .  $w_j^g$  can be used to adjust the influence of the different attributes on the price.

$$G_p(c) = G_p(a_{1k_1}, \dots, a_{jk_j}, \dots, a_{nk_n}) = \sum_{j=1}^n w_j^g g_{pj}(a_{jk_j}) \text{ with } \sum_{j=1}^n w_j^g = 1 \quad (1)$$

That means an offer assigns an additive pricing function to a Web service description. The pricing function maps the configurations contained in the service description to a certain price. This approach allows for encoding pricing information in an efficient way. This is required since adding price markup to each configuration would exhibit combinatorial features [BK05]. By means of Function 1, the provider has to define only  $n$  pricing functions instead of adding  $\prod_{j=1, \dots, n} |A_j|$  price markups. For instance, in the simple route planning example, pricing information can be expressed via six attribute value/price-tuples instead of adding price markups to eight configurations. Of course, for more complex services the efficiency gains are much higher. In the following, a Web service request is defined analogously.

**Definition 3 (Web Service Request)** Given a set of customers  $\mathcal{B}$ , a Web service request is defined as a vector  $r_b = (s_b, F_b)$ , where  $b \in \mathcal{B}$  is the issuer of the request and  $s_b \in \mathcal{S}$  the requested service. The preferences of the customer are defined by a standard additive scoring function  $F_b : C_b \rightarrow \mathbb{R}$  that assigns a certain score to each requested configuration  $c \in C_b$ . A configuration which is not requested leads to a score of zero.  $f_{bj}$  is the scoring function of requester  $b$  for attribute  $j$ . Attribute values that are forbidden a score of minus infinity is assigned, i.e.  $f_{bj} = -\infty$ .  $w_j^f$  is the relative importance of attribute  $j$ .

$$F_b(c) = \begin{cases} \sum_{j=1}^n w_j^f f_{bj}(a_{jk_j}) & \text{if } c \in C_b, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad \text{with } \sum_{j=1}^n w_j^f = 1 \quad (2)$$

For the additive scoring function we have to assume mutual preferential independency between the attributes [KR76]. However, as discussed in [LAO<sup>+</sup>06], from a technical perspective we can express preferences over dependent attributes using a higher dimensional function. Of course, specification of preferences is much harder for the requesters in this case.

In order to find the services that are suitable for a certain task, the inputs and outputs of the requested service  $s_b$  are compared with those of the offered services. This is done according to the following matching rule.

**Definition 4 (Functional Match)** Let  $r_b$  be a request for service  $s_b$  with the corresponding inputs  $\mathcal{I}_b$  and outputs  $\mathcal{O}_b$ . Analogously,  $o_p$  is a Web service offer containing the service  $s_p$  with the inputs  $\mathcal{I}_p$  and outputs  $\mathcal{O}_p$ . Then,  $r_b$  functionally matches  $o_p$  iff  $\mathcal{I}_p \subseteq \mathcal{I}_b$  and  $\mathcal{O}_b \subseteq \mathcal{O}_p$ . A functional match is indicated by the notation  $r_b =_f o_p$ . The set  $\Theta^r \subseteq \Theta$  contains the service offers that functionally match a given request  $r_b$ , i.e.  $\Theta^r = \{o_b \in \Theta | r_b =_f o_b\}$

The intuition behind this approach is that only those Web service offers match that provide at least the requested information while requiring at most the input specified in the request.

Finding the optimal service configuration involves two steps: selecting the best configuration for each provider and choosing the best provider based on the optimal configurations. First, we formulate the optimization problem that allows determining the best configuration  $c \in C_p$  offered by a provider  $p \in \mathcal{P}$ .

The objective function that has to be optimized represents the difference between the score assigned to a certain configuration by the requester and the price of this configuration. The corresponding optimization problem can be formulated as follows:

$$\max_{c_i \in C_p} F_b(c_i) - G_p(c_i) \quad (3)$$

A naive approach to solve this problem is to iterate over all configurations, calculate the individual utilities and rank the configurations accordingly. The overall complexity of such an

algorithm is given by  $|\mathcal{O}| \sum_j |\mathcal{A}_j|$ , where  $|\mathcal{O}|$  is the number of offers and  $\sum_j |\mathcal{A}_j|$  the number of possible configurations. Since the number of configurations is exponential in the number of attributes this approach might be inefficient for very complex services. However, in a first step such a naive approach seems to be appropriate, since current Web service descriptions usually consider only relatively few non-functional properties.

Having determined the optimal configuration  $c_o^*$  and utility  $u_o^*$  for each offer  $o$ , we derive a preference structure as follows:

**Definition 5 (Preference Structure)** *A preference structure on  $\mathcal{O}$  is defined by the complete, transitive, and reflexive relation  $\succeq$ , which defines a weak preference order over the alternatives as follows:  $\forall o_1, o_2 \in \mathcal{O}: o_1 \succeq o_2 \Leftrightarrow o_1$  is preferred to  $o_2$ . Consequently, a preference structure can be constructed from the requester's utility as follows:  $o_1 \succeq o_2 \Leftrightarrow u_{o_1}^* \geq u_{o_2}^*$ .*

Therefore, a reasonable selection rule would be to select  $o^* \in \mathcal{O}$  iff  $\forall o \in \mathcal{O}: o^* \succeq o$ . Of course, depending on the application also other matching approaches might be required. For example, one might want to select the ten best services to invite them for further negotiations.

Based on the abstract selection model introduced above, the next section deals with implementing this model in an open and heterogenous environment using existing standards and tools.

### 3 Ontology-based Representation

In this section, we show how the abstract selection model introduced above can be implemented with a standardized logical formalism providing a common understanding between providers and customers. We realize this by means of ontologies, which became an important technology for knowledge sharing in distributed, heterogeneous environments, particularly in the context of the *Semantic Web*.<sup>1</sup>

#### 3.1 Ontology formalism

An ontology is a set of logical axioms that formally define a shared vocabulary [Gru93]. By committing to a common ontology, software agents can make assertions or ask queries that are understood by the other agents.

In order to guarantee that these formal definitions are understood by other parties (e.g. in the web), the underlying logic has to be standardized. The Web Ontology Language (OWL) standardized by the World Wide Web Consortium (W3C) is a first effort in this direction [W3C04]. OWL-DL is a decidable fragment of OWL and is based on a family of knowledge representation formalisms called *Description Logics (DL)* [BCM<sup>+</sup>03]. Consequently, our notion of an ontology is a DL knowledge base expressed via RDF/XML syntax to ensure compatibility with

---

<sup>1</sup><http://www.w3.org/2001/sw/>

DL Syntax	Semantics
$\top$	$\Delta^I$
$\perp$	$\emptyset$
$C \sqcap D$	$C^I \cap D^I$
$C \sqcup D$	$C^I \cup D^I$
$\forall R.C$	$\{a \in \Delta^I \mid \forall b.(a, b) \in R^I \rightarrow b \in C^I\}$
$\exists R.C$	$\{a \in \Delta^I \mid \exists b.(a, b) \in R^I \wedge b \in C^I\}$
$C \sqsubseteq D$	$C^I \subseteq D^I$

Table 1: Selected DL constructs and their model theoretic semantics (for a full list see [BCM<sup>+</sup>03]).

existing World Wide Web languages. The meaning of the modeling constructs provided by OWL-DL like concepts, relations, datatypes, individuals and data values is formally defined via a model theoretic semantics. The mapping for certain common DL axioms is shown in table 1. The meaning of an axiom defines certain constraints on the model. For example, we can define that the concept *Book* is a subconcept of *Product* (i.e.  $Book \sqsubseteq Product$ ). In this case, the interpretation of *Book* has to be a subset of the interpretation of *Product*, i.e. the set of objects that are books is a subset of the set of objects that are products ( $Book^I \subseteq Product^I$ ). By means of the interpretation  $I$  the model introduced in section 2 can be expressed using Description Logics in a straightforward way as shown in the next sections.

However, we require additional modeling primitives not provided by OWL-DL. For example, modeling triangle relations between concepts is required. In contrast to OWL, rule languages can be used to express such triangle relation. The Semantic Web Rule Language (SWRL) [HPS04, HPSB<sup>+</sup>04] allows us to combine rule approaches with OWL. Since reasoning with knowledge bases that contain arbitrary SWRL expression usually becomes undecidable [HPS04], we restrict ourself to *DL-safe* rules [MSS05]. DL-safe rules keep the reasoning decidable by placing constraints on the format of the rule, namely each variable occurring in the rule must also occur in a non-DL-atom in the body of the rule. This means the identity of all objects referred to in the rule has to be known explicitly. Since we deal only with known instances in our application, this is no restriction to our approach. To query and reason over a knowledge base containing OWL-DL as well as DL-safe SWRL axioms we use the KAON2 inference engine<sup>2</sup>.

For the reader's convenience we define DL axioms informally via UML class diagrams, where UML classes correspond to OWL concepts, UML associations to object properties, UML inheritance to subconcept-relations and UML attributes to OWL datatype properties [BVEL04]. For representing rules we rely on the standard rule syntax as done in [HPSB<sup>+</sup>04, MSS05].

<sup>2</sup>available at <http://kaon2.semanticweb.org/>

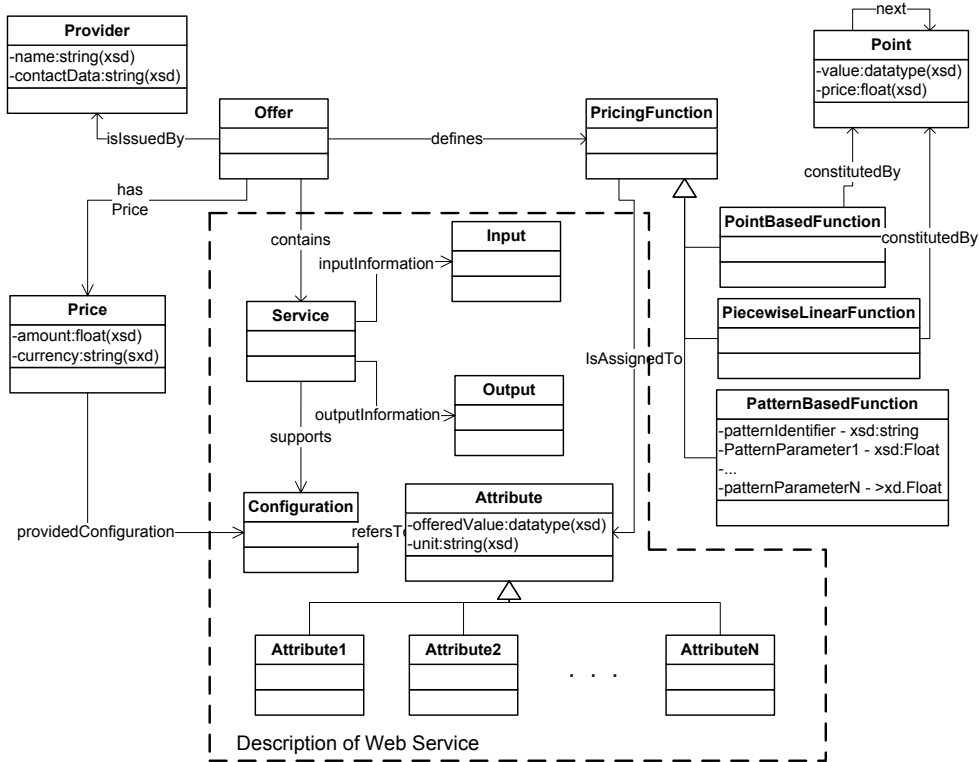


Figure 1: Web Service Offer Ontology

### 3.2 Modeling Web Services

In this section, it is shown how the abstract Web service model specified in Definition 1 can be formalized using OWL-DL. Note that some additional assumptions are required to derive a formally sound model.

Figure 1 sketches the modeling approach. For modeling Web services the classes within the dashed box are relevant. We introduce the concepts *Service*, *Input*, *Output*, *Configuration* and *Attribute* referring to the sets  $\mathcal{S}$ ,  $\mathcal{I}$ ,  $\mathcal{O}$  and  $\mathcal{A}_1$  to  $\mathcal{A}_n$  in Definition 1, respectively. A *Service* is characterized by their *Inputs*, *Outputs* and *Configurations* involved. This is reflected by the relations *inputInformation*, *outputInformation*, and *supports*, which are formally defined by the following axiom:

$$\begin{aligned}
 \text{Service} \sqsubseteq & \top \sqcap \exists \text{inputInformation. Input} \sqcap \forall \text{inputInformation. Input} \sqcap \\
 & \exists \text{outputInformation. Output} \sqcap \forall \text{outputInformation. Output} \sqcap \\
 & \exists \text{supports. Configuration}
 \end{aligned} \tag{4}$$

This axiom makes sure that each service has at least an *Input* and *Output*. In addition, each service has to support at least one *Configuration*. Recall in our abstract model a configuration  $c_i \in \mathcal{C}$  is a vector  $c_i = (a_{11}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{nm})$  containing one value  $a_{ij}$  for each attribute. Hence, we introduce *Configuration* as those individuals that refer to exactly one individual of each

attribute. Assume the concepts  $Attribute1 \sqsubseteq Attribute, \dots, AttributeN \sqsubseteq Attribute$  which refer to the sets  $\mathcal{A}_1$  to  $\mathcal{A}_n$ . Then a *Configuration* is defined as follows:

$$Configuration \sqsubseteq \top \sqcap_{=1} refersTo.Attribute1 \sqcap \dots \sqcap_{=1} refersTo.AttributeN \quad (5)$$

Each *Attribute* has to have at least two datatype properties: one property representing the *offered value* as well as one property defining the *unit* a certain attribute is measured.

This means in the route planning scenario a service would be described by the three object properties *start*, *destination* and *result*, where *start* and *destination* are subproperties of *inputInformation* and *result* is a subproperty of *outputInformation*.<sup>3</sup> Then a route planning service is defined as follows:

$$RoutePlanning \sqsubseteq Service \sqcap_{=1} start.Location \sqcap_{=1} destination.Location \sqcap \exists result.Route \quad (6)$$

Furthermore, the service is described by three *Attributes*: *Weather*  $\sqsubseteq$  *Attribute*, *Traffic*  $\sqsubseteq$  *Attribute* and *RouteType*  $\sqsubseteq$  *Attribute*. Each of them could be instantiated by two attribute values, which leads to eight possible configurations that can be provided.

After introducing the primitives for modeling Web services in the next sections we show how offers and requests for a certain Web service can be formalized.

### 3.3 Offer Specification

According to Definition 2 an offer  $o \in \Theta$  is characterized by a provider  $p \in \mathcal{P}$  offering a service  $s \in \mathcal{S}$  under a certain pricing policy  $G_p(c_i)$ , where  $c_i$  represents an arbitrary service configuration  $c_i \in C_p$ . For modeling the set of offers  $\Theta$  we introduce the concept *Offer* which *contains* a *Service* and *is issued by* a *Provider*. These simple facts are visualized in Figure 1. Furthermore, prices are attached to the various Web service configurations by means of a function  $G_p(c_i)$ . To capture this relations the concept *Price* is introduced that relates an *Offer*, a *Configuration* and the corresponding *amount*. This is required since OWL does not support tertiary relations. The datatype property *amount* is determined by function 1. Such functions are modeled using the concept *Pricing Function*. A thorough discussion how such policies can be modeled using OWL-DL and DL-safe SWRL rules is given in [LAO<sup>+</sup>06]. In the following we focus one of the approaches - called *Point Based Function*.

In case of a *Point Based Function* the pricing function is modeled by specifying sets of points in  $\mathbb{R}^2$  that explicitly map attribute values to prices. This is particularly relevant for nominal attributes. As depicted in Figure 1, *Point Based Functions* are *Pricing Functions* that are *constituted by* a set of *Points*. Thus, the datatype property *value* refers to exactly one attribute

<sup>3</sup>Note that the examples given in this paper are simplified. To be precise one would have to model *Input* and *Output* as roles that are played by information objects representing location or route information. For a more detailed modeling approach based on the foundational ontology DOLCE see [LAO<sup>+</sup>06, OLG<sup>+</sup>06]



value  $a_{jk_j}$  and the datatype property *price* to exactly one price  $g_j(a_{jk_j})$  that is assigned to this attribute value. OWL datatypes mainly rely on the non-list XML Schema datatypes. Depending on the attribute, *value* either points to a *xsd:string*, *xsd:integer* or *xsd:float*. A *price* is represented by a *xsd:float*. The reference to the attribute  $j$  for a function  $g_j$  is defined via the *isAssignedTo*-relation. Having this information the overall price  $G_p(c_i)$  a provider attaches to a certain configuration  $c_i$  can be calculated using formula 1, which can be formalized using the following DL-safe rule:

$$\begin{aligned}
\text{amount}(\text{?}p, \text{?}pr) \leftarrow & \text{Offer}(\text{?}o), \text{hasPrice}(\text{?}o, \text{?}p), \text{providedConfiguration}(\text{?}p, \text{?}c), \\
& \bigwedge_{j \in \{1, \dots, n\}} (\text{Attribute}_j(\text{?}a_j), \text{refersTo}(\text{?}c, \text{?}a_j), \text{offeredValue}(\text{?}a_j, \text{?}av_j), \\
& \text{assignedTo}(\text{?}f_j, \text{?}a_j), \text{constitutedBy}(f_j, p_j), \text{value}(\text{?}p_j, \text{?}v_j), \\
& \text{equal}(\text{?}v_j, \text{?}av_j), \text{price}(\text{?}p_j, \text{?}pr_j)), \text{sum}(\text{?}pr_1, \dots, \text{?}pr_n, \text{?}pr) \quad (7)
\end{aligned}$$

Note that rule 7 is not generic with respect to the number and types of the attributes used. However, a more general rule definition is not possible since this would require allquantification in rule bodies, which is not possible using SWRL. Since the rule is generic with respect to the offers, it is possible to generate the rule once for a certain service type. Hence, we believe that this is no restriction in practice. To improve readability, the conversion of measurement units that might be required is omitted in rule 7. *Point Based Function* thus allow to decrease the number of required price specifications from  $\prod_{j=1}^n |\mathcal{A}_j|$  to  $\sum_{j=1}^n |\mathcal{A}_j|$ . Using other function specifications, like *Pattern-based Functions* or *Piecewise Linear Functions*, further improvements are possible.

Having shown how offers can be specified using OWL-DL and DL-safe SWRL rules, in the next section we focus on formalizing request in a way that allows a customer to derive a set of services ordered according to her preferences.

### 3.4 Request Specification

The aim of this step is to formalize the requester's goals in a way that facilitates the discovery of offers meeting these goals. According to Definition 3, a request defines the properties of an object that is required by a customer in an abstract way, i.e. without referring to a concrete name or identifier. In databases, *queries* are seen as such "intentional" denotations of objects [LL87]. For expressing queries we rely on the emerging standard SPARQL<sup>4</sup>, which provides a protocol and query language for RDF and OWL-DL ontologies. SPARQL is supported by the reasoner KAON2. The discovery of suitable offers has to be sound and complete, i.e. all relevant offers are returned while no irrelevant offers are contained in the result set. In addition, a ranking of the results according to the requesters preferences should be provided. In the following,

<sup>4</sup>SPARQL, W3C Candidate Recommendation (6 April 2006), available at <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

we gradually show how a SPARQL-query is formulated that enables expressing a Web Service Request (Definition 3).

In a first step, we determine the set of suitable services, i.e. those services that provide the right functionality. In this context, we mainly implement the functional matching introduced in Definition 4. A functional match is realized if  $\mathcal{I}_p \subseteq \mathcal{I}_b$  and  $\mathcal{O}_b \subseteq \mathcal{O}_p$ . Consequently, in DL this amounts to checking the entailment of concept subsumption, i.e.  $Input_p \sqsubseteq Input_b$  and  $Output_b \sqsubseteq Output_p$ . This is a very common approach already used for service matching in [PKPS02, NSDM03, LH03]. However, note that this is very restrictive and for some applications better solutions might exist (cf. [GMP04]). The following SPARQL-query formulates the matching rule for our route planning service example.

```
PREFIX wsm: <http://ontoware.org/emo/1.1/>
SELECT ?offer
WHERE {
    ?offer contains ?service . ?start rdf:type wsm:Location .
    ?dest rdf:type wsm:Location . ?result rdf:type wsm:Route .
    ?service wsm:start ?start ; wsm:destination ?dest ; wsm:result ?result . }
```

In the second step, we add constraints to this query in order to reduce the number of returned matches. For each attribute  $\mathcal{A}_j$  the subset  $\bar{\mathcal{A}}_j = \{a_{jk} \in \mathcal{A}_j | f_{bj}(a_{jk}) = -\infty\}$  is determined for which the utility function of a customer is zero. Based on the set  $\bar{\mathcal{A}}_j$  SPARQL-filter conditions are automatically added to the query. For example, assume a requester lives in a very busy quarter of London and he thus mandatorily requires a route planner with traffic information. In this case we would add the following filter condition:

```
SELECT ?offer, ?configuration
WHERE { ...
    ?configuration wsm:refersTo ?traffic .
    ?traffic rdf:type wsm:Traffic ; wsm:offeredValue ?trafficValue .
    FILTER ( ?trafficValue = "yes" ) .
}...
```

A clause in the filter condition is added for all  $a_{jk} \in \bar{\mathcal{A}}_j$  and for all attributes  $j$ . Note that from a functional point of view the filter conditions are not required since configurations, which contain at least one attribute that is valued by  $-\infty$ , are ranked very low and thus are neglected in the selection process. However, by introducing the filter conditions the number of possible configurations that have to be ranked is reduced. This might increase the ranking performance. Finally, to facilitate the selection of a service with the corresponding configuration, we order the set of matches according to the preferences of the user. This means we have to determine which of the configurations  $c \in C_p$  offered by a provider  $p \in \mathcal{P}$  is most advantageous according to the requester's preferences  $F_b(c)$ . Technically there are two possibilities to realize this: First, the query above is issued and the results are sent to the client, where a preference-based selection is executed locally. Although this approach avoids revealing the customer's preferences, it may

lead to a high communication overhead, where in the worst case the entire repository has to be transferred to the requester. We thus opt for the second alternative. Here preferences are included as part of the request and the ranking is done by the server. This allows deriving only the best matches from a high number of suitable services in the repository. Methods for adding rich preferences to a query language are well-known in literature [Kie02, LL87, AW00]. Usually such queries are called *preference queries* and are implemented by database built-ins as well as SQL syntax extensions. The KAON2 system enables preference queries by allowing built-in predicates in the SPARQL query. Therefore, the SPARQL syntax is extended by the “EVALUATE” keyword. Again we exemplify the approach using a *Point Based Function* definition. But this time we encode the function as a *String* in the query rather than adding it to the knowledge base (as done for offers in Section 3.3). In order to realize this approach the predicate *pbF* is introduced. *pbF* takes a *String* representation of the tuples representing the *Point Based Function* and an attribute value. The predicate evaluates the *Point Based Function* and returns the score of the attribute value. The query below illustrates this approach using the three attributes of our route planning example. Note that for simplicity reasons scaling as well as weighting issues are omitted.

```
SELECT ?offer, ?configuration, ?u
WHERE { ...
  ?offer wsm:hasPrice ?price .
  ?price wsm:providedConfiguration ?configuration .
  ?configuration wsm:refersTo ?traffic ; ?weather ; ?routeType .
  ?traffic rdf:type wsm:Traffic ; wsm:offeredValue ?trafficValue .
  EVALUATE ?val1 := pbF("(yes,1),(no,0.3)",?trafficValue).
  ?weather rdf:type wsm:Weather ; wsm:offeredValue ?weatherValue .
  EVALUATE ?val1 := pbF("(yes,0.8),(no,0.6)",?wheaterValue).
  ?routeType rdf:type wsm:RouteType ; wsm:offeredValue ?routeTypeValue .
  EVALUATE ?val1 := pbF("(quickest,0.5),(cheapest,0.5)",?routeTypeValue).
  EVALUATE ?val := sum(?val1,?val2,?val3) .
  EVALUATE ?u := sub(?val,?price) }
ORDER BY DESC(?u)
```

The result of this query is a set of matches ordered according to the preference structure introduced in Definition 5. Thus, the corresponding selection rules can be applied.

In the next section, we present a concrete implementation of our selection algorithm. In addition, we discuss the performance of the algorithm.

## 4 Implementation

The algorithm presented in this paper is implemented within a larger framework consisting of two components: A server component provides a repository for Web service offers. The repository is a DL knowledge base that can be queried using the KAON2 reasoner. KAON2 is

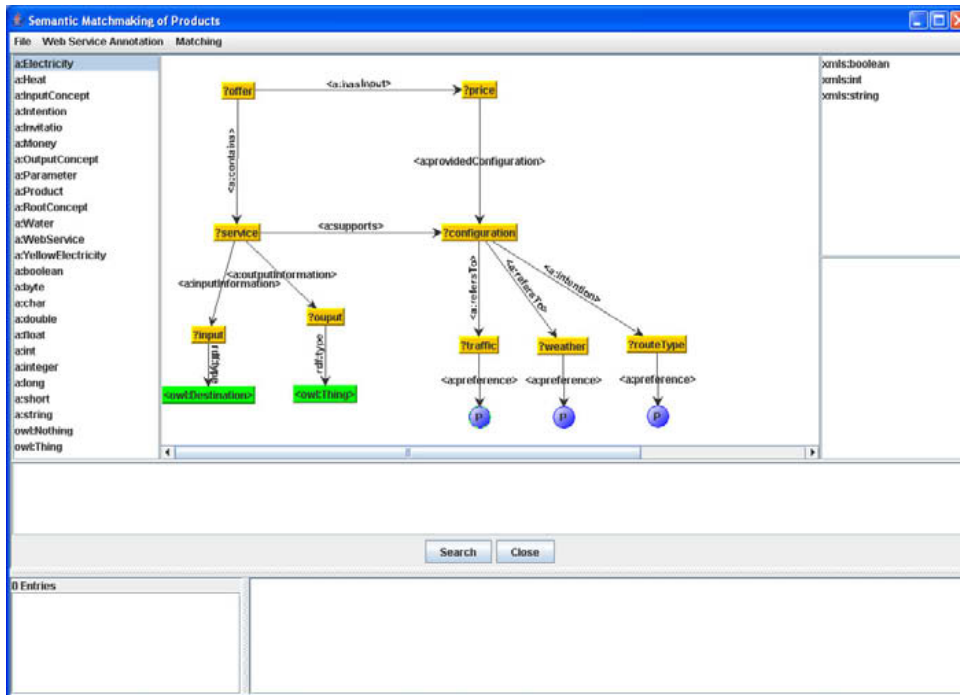


Figure 2: Generation of SPARQL-query.

chosen because it supports the logical fragment required for our offer and request descriptions, while being optimized for query answering [MS06], which is the main focus of the repository. In addition, there are components that transform WSDL and HTML forms to ontology-based descriptions and a Web crawler, which searches the Web for available service descriptions. The second component is a client that facilitates the specification of Web service offers and requests. Since the terminology used by participants might be different, mapping between ontologies can be specified using the formalism presented in [HM05]. Generally, the framework supports more expressive service descriptions than we use in this paper. For example, the service description could include behavioral aspects as presented by Agarwal and Studer [AS06].

Figure 2 shows the request generator which is part of the client tool. It can be used to graphically compose a query. Preferences can be added to all attributes in the query (visualized by a blue circle with a 'P'). By pressing this symbol a window pops up that allows for expressing *Point Based Functions*, *Piecewise Linear Functions* and *Pattern Based Functions*. Once the search button is pressed, the query is formalized using SPARQL and sent to the server. Ranked results are shown and can be browsed using the windows below the search button.

In order to evaluate the performance of the algorithm we conducted a simulation. In this context, offers and requests are randomly generated using a uniform distribution. The set of offers is stored in the knowledge base and the requests are used to generate the queries. The time between sending the query and receiving the result is measured. In order to avoid possible network delays the simulation is done on a single machine. Several simulation runs are conducted with varying

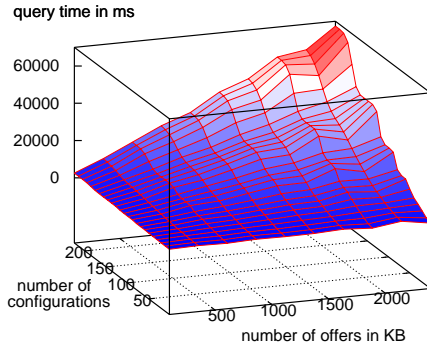


Figure 3: Query time.

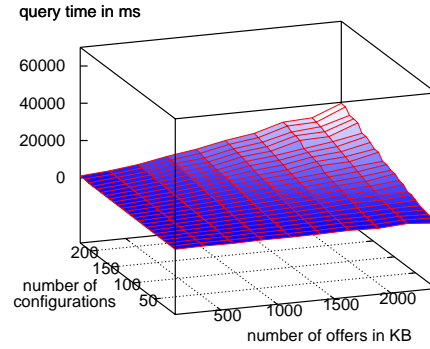


Figure 4: Query time using caching.

number of offers in the knowledge base and varying service complexity. For each setting the average query time is determined based on ten simulation runs. We analyzed the worst case scenario, where all offers functionally match the request, no hard constraints are defined, and all offers provide all configurations. We evaluated two versions of the algorithm:

**Algorithm 1:** In the first algorithm we simply query the knowledge base and calculate the price of an offer using Rule 7. This has to be done for every relevant configuration, i.e.  $|\Theta||C|$  configurations in the worst case.

**Algorithm 2:** To avoid unnecessary repetition of the same evaluations we introduce *caching* of prices in algorithm 2. After calculating the price for a certain configuration according to the pricing policies in the offer, we store this price as an instance in the knowledge base which avoids additional evaluations for further requests. However, this approach increases the size of the knowledge base by additional  $5|\Theta||C| - 4|\Theta|$  axioms compared to Algorithm 1. In a first step, we do not limit the cache size. However, in case of limited storage/memory capacity an adequate caching replacement strategy has to be introduced.

Figure 3 and 4 show the interdependency between the number of offers, the number of configurations in an offer, and the query time for algorithm 1 and 2, respectively. For scenarios with a low number of orders ( $< 500$ ) or a low number of configurations ( $< 100$ ) query answering is realized under five second. However, query answering slows down to 70 seconds with 2500 orders and 250 configurations in the knowledge base, which is mainly due to the high number of price calculations. Therefore, the caching of prices used in Algorithm 2 speeds up service selection considerably. However, one should be aware that Algorithm 2 is significantly more resource demanding.

Generally, the evaluation shows that our selection algorithm might be applicable in scenarios where either the number of offers or the number of configurations per offer is moderate or where the selection performance is not crucial. To improve the performance introducing an instance for each configuration should be avoided and the optimization should be done directly based on the pricing functions, possibly with a built-in predicate implementing a simplex algorithm.

Moreover, we could exploit the additive structure of pricing and scoring functions, perform the maximization per attribute and aggregate the maximal values for all attributes. Thereby, the complexity of the problem can be considerably reduced.

## 5 Related Work

First approaches addressing the configurability of services are policy languages like WS-Policy, EPAL and WSPL. They allow to define which configuration are supported by a provider or desired by a requestor, but no prices or preferences can be attached. WS-Agreement [Gri05] extends WS-Policy in this direction and provides the means for attaching prices and preferences to configurations. However, all these specifications are based purely on XML and thus lack formal semantics. KAOs [UBJ04] and REI [Kag04] are ontology-based approach for expressing policies. However, they also evaluate either to true or false and thus provide no ranking of the alternatives.

In literature we can identify three major branches of work that strive for ranking of suitable services. First, there are logic-based approaches (e.g., [PKPS02], [GMP04], [NSDM03]) that allow for different degrees of matches based on partial or incomplete matches. However, such rankings are typically rather coarse and one can argue that pure logical matchmaking without value reasoning is not sufficient [SRT05, KFKS05]. Second, there are matchmaking approaches purely based on information retrieval techniques like [BK06]. Here rankings are calculated by defining similarity measures for service properties. Klusch and colleagues [KFKS05] extend logic-based matchmaking with syntactic measures. This is similar to our approach, since we use a logic-based approach for matchmaking of service functionality. In addition, similarity measures can be seen as special preference functions. However, our selection approach is not limited to similarity-based preferences. It is also possible to specify the valuation of certain alternatives explicitly. This is also possible in the system presented by Balke and Wagner [BW03]. They use SQL-based preference queries introduced in [Kie02]. However, their work is not based on semantic service annotations. A third branch of work relies on logical rule languages to specify preferences (as in our case SWRL). Prominent examples are SweetDeal [GP03] and the work by Oldham and colleagues [OVSH06]. Although these approaches show how preferences can be formally represented, they currently lack a formal selection model as we presented in section 2.

All approaches above consider only the case of selecting a single service. Approaches beyond this simple case are presented in [SNVW06] and [ZBN<sup>+</sup>04]. [SNVW06] presents an multi-attribute combinatorial auction for grid service markets with multiple sellers and buyers bidding on complex service bundles. Zeng and colleagues [ZBN<sup>+</sup>04] present two methods for selecting a service based on several QoS-criteria. In this context, they consider not only one single service, but optimize the utility for an entire composition of services using integer programming.

However, the problem of service selection for multiple service requests is beyond the scope of this paper.

## 6 Conclusion

The work in this paper addresses a problem that arises with the increasing differentiation of services in electronic markets. This requires mechanisms to describe configurable services and algorithms to discover and select suitable services and configurations. It is shown, how the abstract selection model can be implemented by leveraging standardized web languages, such as OWL-DL, SWRL and SPARQL. This facilitates interoperability in heterogenous and open environments. In a first step, a rather simple optimization algorithm is applied to rank the service offers according to the preferences of a requester. The algorithm is evaluated by means of a simulation. The evaluations indicate that, while being suitable for rather simple service descriptions or small repositories, the system is not yet capable of selecting from a large repository of complex services in run-time. We are currently working on the scalability of the system and plan to add a built-in predicate which efficiently implements the optimization problem. In doing this, iterating over all configurations can be avoided and the number of instances in the repository can be reduced. Moreover, we plan to extend our approach in order to allow specifying preferences also for functional, dynamic and continuous service properties.

## Acknowledgments

This work was funded by the German Research Foundation (DFG) in scope of Graduate School Information Management and Market Engineering.

## References

- [AFJ<sup>+</sup>05] R. Akkiraju, J. Farrell, J. Miller, M. Nagarajan, M. Schmidt, A. Sheth, and K. Verma. Web Service Semantics - WSDL-S, " A joint UGA-IBM Technical Note, version 1.0,. Technical report, April 2005.
- [AS06] S. Agarwal and R. Studer. Automatic matchmaking of web services. In *Int. Conf. on Web Services (ICWS'06)*, Chicago, USA, 2006. IEEE Computer Society.
- [AW00] R. Agrawal and E. L. Wimmers. A framework for expressing and combining preferences. In *SIGMOD '00: Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, pages 297–306, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.

- [BCM<sup>+</sup>03] F. Baader, D. Calvanese, D. McGuinness, D. Nardi, and P. F. Patel-Schneider, editors. *The Description Logic Handbook: Theory Implementation and Applications*. Cambridge University Press, 2003.
- [BK05] M. Bichler and J. Kalagnanam. Configurable offers and winner determination in multi-attribute auctions. *European Journal of Operational Research*, 160(2):380–394, January 2005.
- [BK06] A. Bernstein and C. Kiefer. Imprecise RDQL: Towards Generic Retrieval in Ontologies Using Similarity Joins. In *21th Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC)*, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [BVEL04] S. Brockmans, R. Volz, A. Eberhart, and P. Löffler. Visual modeling of OWL DL ontologies using UML. In S. M. et al., editor, *Proc. of the 3rd International Semantic Web Conference*, pages 198–213, Hiroshima, Japan, November 2004. Springer LNCS.
- [BW03] W.-T. Balke and M. Wagner. Towards personalized selection of web services. In *Proc. of the 12th Int. World Wide Web Conference*, 2003.
- [GMP04] S. Grimm, B. Motik, and C. Preist. Variance in e-business service discovery. In *Semantic Web Services: Preparing to Meet the World of Business Applications, workshop at ISWC 2004*, 2004.
- [GP03] B. Grosz and T. Poon. SweetDeal: Representing agent contracts with exceptions using XML rules, ontologies, and process descriptions. In *Proc. of the 12th Int. Conf. on the World Wide Web (WWW 2003)*, Budapest, Hungary, May 2003.
- [Gri05] Grid Resource Allocation and Agreement Protocol Working Group. Web services agreement specification. <https://forge.gridforum.org/projects/graap-wg/document/WS-AgreementSpecification/en/7>, June 2005.
- [Gru93] T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220, 1993.
- [HM05] P. Haase and B. Motik. A mapping system for the integration of owl-dl ontologies. In A. Hahn, S. Abels, and L. Haak, editors, *IHIS 05: Proceedings of the first international workshop on Interoperability of heterogeneous information systems*, pages 9–16, 2005.
- [HPS04] I. Horrocks and P. F. Patel-Schneider. A proposal for an OWL rules language. In *Proceedings of the 13th International Conference on the World Wide Web (WWW 2004)*, pages 723–731, New York, USA, 2004. ACM Press.



- [HPSB<sup>+</sup>04] I. Horrocks, P. F. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosz, and M. Dean. SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML. W3C Submission, available at <http://www.w3.org/Submission/SWRL>, May 2004.
- [Kag04] L. Kagal. *A Policy-Based Approach to Governing Autonomous Behavior in Distributed Environments*. PhD thesis, University of Maryland Baltimore County, Baltimore MD 21250, November 2004.
- [KFKS05] M. Klusch, B. Fries, M. Khalid, and K. Sycara. Owls-mx: Hybrid semantic web service retrieval. In *Proceedings of 1st Intl. AAAI Fall Symposium on Agents and the Semantic Web*, Arlington VA, USA, 2005. AAAI Press.
- [Kie02] W. Kießling. Foundations of preferences in database systems. In *VLDB'02: Proc. of the 13th Int. Conf. on Very Large Databases*, pages 311–322, 2002.
- [KLP<sup>+</sup>04] U. Keller, R. Lara, A. Pollers, I. Toma, M. Kifer, and D. Fensel. WSMO Web Service Discovery, November 2004. <http://www.wsmo.org/TR/d5/d5.1/v0.1>.
- [KR76] R. L. Keeney and H. Raiffa. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. J. Wiley, New York, 1976.
- [LAO<sup>+</sup>06] S. Lamparter, A. Ankolekar, D. Oberle, R. Studer, and C. Weinhardt. A policy framework for trading configurable goods and services in open electronic markets. In *Proceedings of the 8th Int. Conference on Electronic Commerce (ICEC'06)*, New Brunswick, Fredericton, Canada, August 2006.
- [LH03] L. Li and I. Horrocks. A software framework for matchmaking based on semantic web technology. In *WWW '03: Proceedings of the twelfth international conference on World Wide Web*, pages 331–339. ACM Press, 2003.
- [LL87] M. Lacroix and P. Lavency. Preferences; putting more knowledge into queries. In *VLDB '87: Proceedings of the 13th International Conference on Very Large Data Bases*, pages 217–225, San Francisco, CA, USA, 1987.
- [MM03] D. J. Mandell and S. McIlraith. Adapting BPEL4WS for the Semantic Web: The Bottom-Up Approach to Web Service Interoperation. In D. Fensel, K. P. Sycara, and J. Mylopoulos, editors, *2nd Int. Semantic Web Conference (ISWC)*, volume 2870 of *LNCS*, pages 227–247, Sanibel Island, FL, USA, 2003. Springer.
- [MS06] B. Motik and U. Sattler. A comparison of reasoning techniques for querying large description logic aboxes. In *Proc. of the 13th International Conference on Logic for Programming Artificial Intelligence and Reasoning (LPAR 2006)*, Phnom Penh, Cambodia, November 2006.

- [MSS05] B. Motik, U. Sattler, and R. Studer. Query answering for OWL-DL with rules. *Journal of Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 3(1):41–60, JUL 2005.
- [NSDM03] T. D. Noia, E. D. Sciascio, F. M. Donini, and M. Mongiello. A system for principled matchmaking in an electronic marketplace. In *WWW '03: Proceedings of the twelfth international conference on World Wide Web*, pages 321–330. ACM Press, 2003.
- [OLG<sup>+</sup>06] D. Oberle, S. Lamparter, S. Grimm, D. Vrandecic, S. Staab, and A. Gangemi. Towards ontologies for formalizing modularization and communication in large software systems. *Journal of Applied Ontology*, 1(2), 2006.
- [OVSH06] N. Oldham, K. Verma, A. Sheth, and F. Hakimpour. Semantic WS-Agreement partner selection. In *Proc. of the 15th Int. WWW Conference*, Edinburgh, UK, 2006.
- [PKPS02] M. Paolucci, T. Kawamura, T. R. Payne, and K. P. Sycara. Semantic matching of web services capabilities. In *1st International Semantic Web Conference (ISWC)*, LNCS 2342, pages 333–347, 2002.
- [SNVW06] B. Schnizler, D. Neumann, D. Veit, and C. Weinhardt. Trading grid services - a multi-attribute combinatorial approach. *Forthcoming in European Journal of Operational Research*, 2006.
- [SPAS03] K. Sycara, M. Paolucci, A. Ankolekar, and N. Srinivasan. Automated discovery, interaction and composition of semantic web services. *Journal of Web Semantics*, 1(1), 2003.
- [SRT05] A. P. Sheth, C. Ramakrishnan, and C. Thomas. Semantics for the semantic web: The implicit, the formal and the powerful. *Int. J. Semantic Web Inf. Syst.*, 1(1):1–18, 2005.
- [UBJ04] A. Uszok, J. M. Bradshaw, and R. Jeffers. KAoS: A Policy and Domain Services Framework for Grid Computing and Semantic Web Services. In *Trust Management: 2.d Int. Conference, iTrust 2004, Oxford, UK*, volume 2995 of LNCS, pages 16–26. Springer, 2004.
- [W3C04] W3C. Web ontology language (OWL). <http://www.w3.org/2004/OWL/>, 2004. W3C Recommendation.
- [ZBN<sup>+</sup>04] L. Zeng, B. Benatallah, A. H. Ngu, M. Dumas, J. Kalagnanam, and H. Chang. QoS - aware middleware for web services composition. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 30(5):311–327, 2004.

# **Einführung in den Track**

## **Service Oriented Computing**

**Prof. Dr. Torsten Eymann**

Universität Bayreuth

**Prof. Dr. Manfred Grauer**

Universität Siegen

**Dr. Alfred Geiger**

T-Systems

Service Oriented Computing auf der Basis von Peer-to-Peer (P2P)- und Grid-Technologie ist Gegenstand intensiver weltweiter Forschungstätigkeit. Dabei erfolgt die Realisierung heute in den meisten Fällen mittels Standard-Webservices. Zu den erhofften Vorteilen gegenüber traditionellen Lösungen zählen neben besserer Skalierbarkeit, dezentralem Management, reduzierter Produktentwicklungszeit, höherer Fehlertoleranz und niedrigeren Betriebskosten auch neue Formen und Dimensionen inner- und überbetrieblicher Integration, Koordination und Bereitstellung von Ressourcen.

Service Oriented Computing beschreibt ein neues Paradigma für Distributed Computing, welches das Potential hat, die Erstellung, Architektur, Verteilung und Ausführung von Softwareanwendungen grundlegend zu verändern. Services stellen autonome, plattformunabhängige Softwaremodule dar, die zu kollaborativen SW-Applikationen vernetzt werden können. Standardisierte Protokolle wie die Web-Service Technologie ermöglichen eine übergreifende Beschreibung, Dienstfindung und Orchestrierung dieser Systeme.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Martin Bichler, Technische Universität München

Prof. Dr. Wolfgang Gentzsch, D-Grid-Koordinator und GGF

Dr. Sven Graupner, HP Palo Alto

Prof. Dr. Wilfried Juling, Universität Karlsruhe (TH)

Prof. Dr. Stefan Kirn, Universität Hohenheim

Dr. Jörg Noack, BMW München

Prof. Dr. Detlef Schoder, Universität zu Köln

Prof. Dr. Ulrich Trottenberg, Fraunhofer Institut SCAI und Universität zu Köln

# Negotiations in Service-Oriented Architectures

Falk Kretzschmar

Dept. of Management Information Systems  
Martin-Luther-University Halle-Wittenberg  
Universitätsring 3  
D-06108 Halle, Germany  
kretzschmar@wiwi.uni-halle.de

## Abstract

The software infrastructure of today's enterprises is transforming from monolithic application software into more flexible component-based and modular architectures. In this context Service-Oriented Architectures (SOAs) are discussed as a paradigm where application components can be accessed and exchanged through a service broker. Existing standards for implementing the service broker in SOA only allow searching for services based on functional parameters. Especially in a B2B setting where the involved enterprises are economically independent instances the price for the exchanged services is of particular interest. This causes the increasingly important question of how the economic perspective can be added to SOA. Negotiations between service provider and service requestor are one possible extension to the basic architecture. Subject of these negotiations can be non-functional parameters such as price and Quality of Service (QoS) for the exchanged services.

## 1 Introduction

Negotiations in Service-Oriented Architectures (SOAs) are a current and interdisciplinary field of research. The idea that applications can be automatically composed out of reusable components seems to be very promising for researchers as well as for practitioners. One foundation to achieve this flexible application architecture is to choose the right components based on their functional and non-functional parameters. A further step to a more flexible composition of reusable components is to negotiate the terms of use for these components.

In this article we summarize key concepts for negotiations in general and we discuss their applicability for extending SOA. The article is organized as follows: After a short introduction and the definition of fundamental terms the second part of the article introduces main negotiation concepts for including an economic perspective in SOA. The third part suggests technologies for the implementation of the described negotiations with special emphasis on semantic description for the exchanged services. The article ends with a discussion of the proposed concepts and a short outlook on future work.

The main idea of SOA is to provide the functionality of applications as a service and to allow a simple way to access this service via a web infrastructure. Important goals for using a SOA are reuse of existing components, interoperability, loose coupling, and the possibility to flexibly adjust the applications to the company's business processes [Alon03], [Zimm03]. According to the World Wide Web Consortium (W3C) specification SOA consists of three main parts: The service provider publishes and provides services, the service broker contributes to publishing and finding of the services and the service requestor finds the adequate services. Figure 1 shows the mentioned SOA components and their interaction [W3C104].

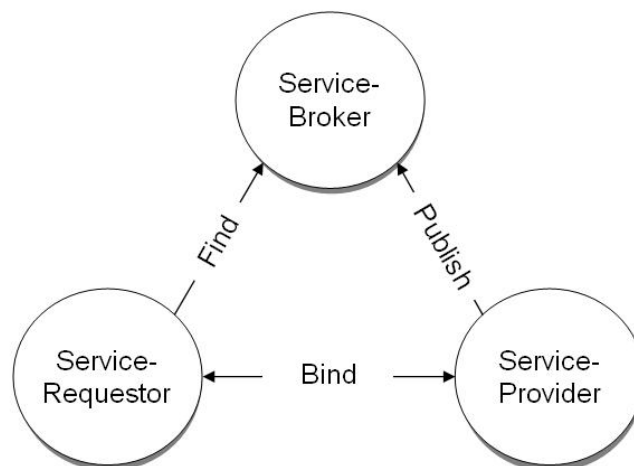


Figure 1: Components of a Service-Oriented Architecture

Web services are currently the most popular technology for implementing a SOA. The basic web services standards are Simple Object Access Protocol (SOAP) for messaging, Web Service Description Language (WSDL) for interface description, and Universal Description, Discovery, and Integration (UDDI) as an optional technology for implementing the service broker. Besides this set of XML-based technologies there exist many extensions to SOA in terms of composition and coordination of services as well as to ensure transactions and security.

In addition to these extensions there exists the approach to use the ideas of the semantic web in SOA. Standards like Web Ontology Language (OWL) and Resource Description Framework (RDF) were developed to describe the semantics of web resources. Web service discovery based on OWL descriptions is a very promising idea, but there is still a lot to be done with regard to the semantic description of services to finally provide an automated semantic search for web services. This automated semantic search is one of the main foundations for negotiations between service provider and service requestor. Before actually implementing a negotiation mechanism in SOA, there needs to be a description of the traded services which is understood by both negotiation parties. This means a common ontology is needed to specify the context of the negotiation and the terms of use for the exchanged services. Currently this is not possible with the basic SOA standards: UDDI allows the search for services based on their functionality. Other search criteria such as price and Quality of Service are not considered, which means the negotiation about economic criteria is still taking place outside the basic architecture in a separate process. This contradicts the above mentioned goals for using SOA, in particular the flexible on-demand access to services and the loose coupling between service provider and service requestor.

## **2 The economic perspective on SOA**

### **2.1 Definition and classification**

From a technological perspective SOA is an architecture for a distributed system that provides the functionality of application components as services. These services are accessed by using the common internet protocols. Whereas in the domain of computer science and information systems the technological aspects of SOA are well researched the economic perspective on SOA is often neglected.

From an economic perspective the service provider is offering a digital service and the service requestor is consuming it on-demand. So compared to the technological perspective on SOA technical interactions become economic transactions.

Negotiations in SOA describe the process of elaborating an agreement between service provider and service requestor based on economic criteria. Besides functional search criteria non-functional criteria such as price and Quality of Service are considered as important negotiation

criteria for exchanging services in SOA [Bole04], [Dan04], [Ludw03], [Sing05]. On the one hand the service provider describes a service offer based on these criteria and on the other hand the service requestor is searching for adequate services based on his search criteria. Negotiating an agreement between service provider and service requestor leads to an economic coordination between the involved negotiation parties. To analyze the economic coordination in more detail it is a common approach to look at the negotiation process using a phase model. Using this model the economic coordination in SOA is a process consisting of four transaction phases. During the information phase the service requestor is getting information about offered services and possible transaction partners. In the negotiation phase the transaction partners are selected and the contract for using the service is elaborated. This contract is called Service Level Agreement (SLA), which is established and agreed upon in the agreement phase. The fulfillment phase finally comprises service delivery, payment and further support. Figure 2 shows the four transaction phases that are similar to the transaction phases in electronic markets [Lind98].

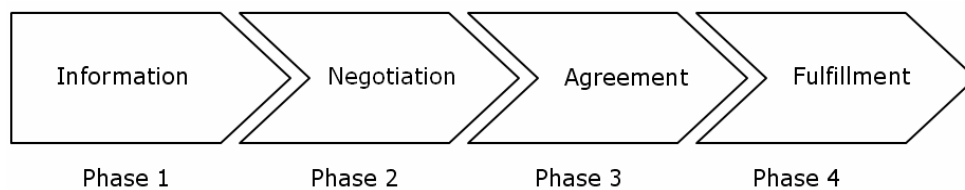


Figure 2: Transaction phases for the economic coordination in SOA

For implementing the negotiation phase there exist many different concepts. Among them are the very prominent auction mechanisms. These negotiation concepts are often referred to as general concepts without an explicit relation to negotiations in SOA. In [Sege99], [Bich01] it is mentioned that simple auctions, extended auctions, negotiation support systems, and agent-based negotiations are main concepts for implementing the negotiation phase. Table 1 shows a classification of negotiation concepts, which considers the architecture, negotiation rules, number of negotiation attributes, and the degree of automation.



Category:	Negotiation concepts:
Architecture	1:1 negotiation, m:n marketplace, brokered marketplace
Negotiation rules, number of negotiation attributes	Simple auction mechanisms: English auction, Dutch auction, Vickrey auction
	Extended auction mechanisms: double, multi-unit, multi-attribute auction
Degree of automation	Negotiation Support Systems, Agent-Based Negotiations

Table 1: Classification of negotiation concepts

These different concepts for implementing the negotiation phase derive from the parameters that characterize a particular negotiation scenario. Many authors state that besides the pure negotiation mechanism the actual setting of a negotiation is of main importance [Kris02], [Milg04]. To describe the setting of negotiation scenarios in SOA we use the parameters that are listed in table 2.

Category:	Negotiation parameters:
Negotiation partners	Number of negotiation partners, Strategic behavior of negotiation partners
Negotiation mechanism	Rules for matchmaking of negotiation partners, Rules for pricing the traded service
Negotiation subject	Properties of the traded service
Technological setting	Network and server performance, Standards and communication protocols, Semantic description of services and negotiation ontology

Table 2: Parameters for the negotiation setting

The above mentioned parameters can be used for a general description of negotiation scenarios. Depending on these parameters the outcome of the negotiation phase varies considerably. For instance the number of negotiation partners influences the negotiation power of one particular

negotiation partner and leads to specific strategic behavior. Changing the number of negotiation partners means that their original strategy is not appropriate anymore. In addition to the strategy derived from the number of participants it is possible to define a basic strategy for each actor or for types of actors. This strategy is based on the rules that are defined in the negotiation mechanism.

We explained earlier that in the negotiation phase transaction partners are matched and the price of the traded service is determined. The second category of negotiation parameters describes the actual matchmaking and the pricing of services. In the case of negotiations between service provider and service requestor the properties of the traded service can be important negotiation parameters as well as technical parameters like network and server performance or the availability of semantic descriptions for services.

## **2.2 Negotiations in SOA and possible architectural extensions**

For the scope of this article the negotiation phase is of special interest. We examine the question of how the transaction partners should be matched and what pricing mechanism should be used for trading services in SOA. In 2.1 we named general concepts for implementing the negotiation phase. In real-world negotiations the different negotiation concepts can occur as a combination of the above mentioned categories. For instance, on a brokered marketplace a multi-attribute auction can be used for negotiating between software agents. Our goal is to adapt the general negotiation mechanisms so that they match with the special setting for negotiations in SOA.

SOA is an architectural concept for application software which is often referred to as software as a service [Elfa04], [Sing05]. So in broad terms the negotiation subject is a service, the negotiation partners are applications or organizations that run these applications and the technological setting is the Internet. Because of the SOA goal to flexibly adjust to a company's business processes by selecting the best suited service for the current task, we need automated selection of services based on a semantic search. For developing a concept for negotiations in SOA this means we also need an approach for automated negotiations. Negotiation Support Systems include a human decision and are therefore not matching with the above mentioned SOA goals and the technological setting. By contrast there are also negotiation concepts that allow automated negotiations between negotiation partners. Agent-based negotiations fall into that category. In agent-based negotiations a strategy based on a fixed set of rules can be

implemented. This means the software agent is able to fulfill the task of an automated search and selection of services.

For the remainder of this article we focus on an extended service broker for automated negotiations in SOA. By definition SOA implies the use of a service broker, but from the technological perspective SOA allows 1:1 negotiation, m:n marketplace as well as a brokered marketplace for negotiations between service provider and service requestor. Until now many companies do not use a service broker when implementing SOA, because it is not necessary for them. Integrating existent applications within a company is usually done without a service broker, although from the technology perspective the service broker can be used for intra-company transactions as well as for inter-company transactions. Despite the fact that the idea of a global marketplace for service has not been implemented yet, we consider the service broker to be a good starting point for extending SOA, because the broker can be used for storing metadata about services and service providers. Extending the service broker leads to a central instance that allows automated negotiations of service parameters. In table 3 main concepts for an extended service broker in SOA are listed. Applying the different pricing models means that the standard service broker is transformed into a simple catalogue, an extended catalogue, a simple auction mechanism, or an extended auction mechanism. Agent-based negotiations can also be used for automated negotiations in SOA, but they do not determine a special pricing model.

Pricing model:	Service broker:
Fixed price, “take it or leave it” offer	Simple catalogue
Fixed price, differentiated price	Extended catalogue
Dynamic pricing	Simple auction mechanisms
Negotiation of price, Quality of Service and other contract parameters	Extended auction mechanisms, Agent-Based Negotiations

Table 3: Concepts for an extended service broker in SOA

The above mentioned concepts for negotiations in SOA describe different pricing models for the traded service. Fixed prices and differentiated prices are a simple way to incorporate the economic perspective in SOA. The service provider is getting paid for the functionality of a software component and for the promise to deliver it on-demand. Ignoring the cost of developing and providing services would mean that the service provider will use other channels to distribute his software components. The problem with fixed prices and differentiated prices is that the service provider needs to know the demand function for the traded services. In real-world scenarios this is often not the case. Incomplete information about the market can be a problem for trading traditional products as well as for trading software services. With the different auction mechanisms the pricing of the traded services is done dynamically and according to the auction type specific rules. The service provider is getting information about the demand function for the traded services and usually earns higher profits.

### **3 Technologies for implementing negotiations in SOA**

#### **3.1 Existing standards**

UDDI is often called a global marketplace for offering web services. In fact it is a catalogue that can be used by service providers to publish their services and by service requestors to find them. Because of the deficit of semantic service description in UDDI, it does not support automated negotiations between the involved transaction partners.

Nevertheless UDDI is a good starting point for extending SOA, since it already implements a structure for storing metadata: “white pages” include provider information, “yellow pages” provider and service information, and “green pages” information for calling the service. How these categories are matched with the UDDI data structure is described in figure 3. In addition to that it is shown that UDDI finally provides the reference to a WSDL document [Sing05].

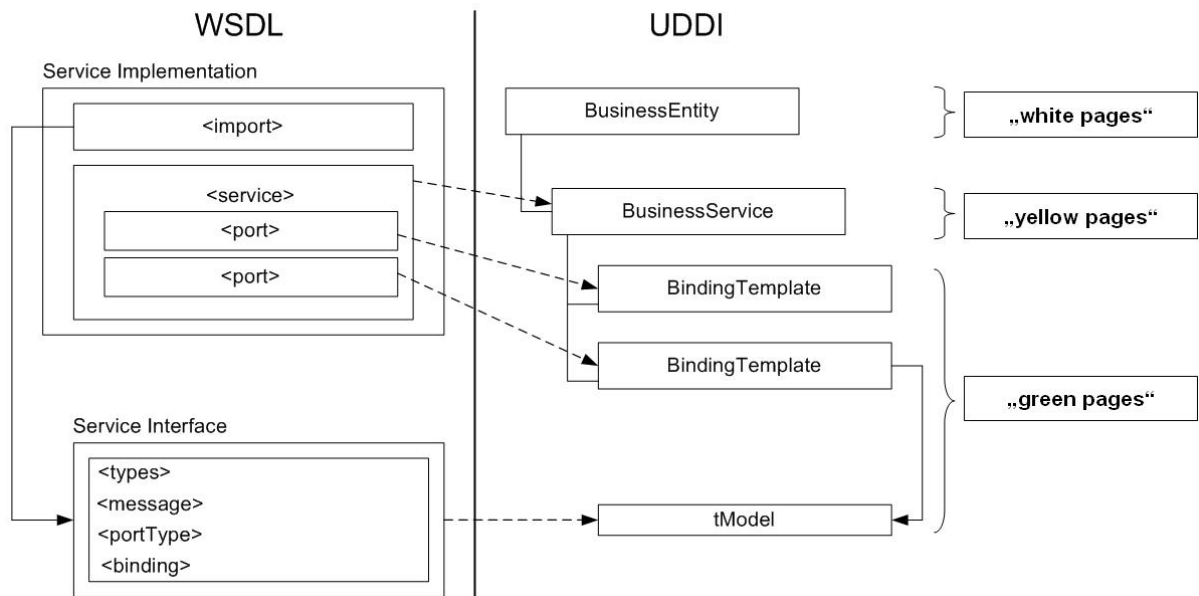


Figure 3: Link between UDDI metadata categories, UDDI data structure, and WSDL

With this reference the binding of the actual service is done through direct interaction between service provider and service requestor. Service binding is done either statically or dynamically. With the static approach services are connected to each other at design time. This can be problematic, in the case of changes of interfaces, messages, transport protocols, and network addresses. Furthermore static binding is an inflexible and in the case of frequent changes costly way to operate a distributed system. By contrast the dynamic approach allows the binding of services at runtime. With this approach UDDI delivers a set of services that implement exactly the same interface.

For automated negotiations in SOA this is not enough, because the same interface does not guarantee the same semantics of two services. In addition to that the metadata about services and service providers in UDDI is not sufficient. For that reason there already exist a number of extensions to the basic architecture. In majority these extensions were developed in research projects and make use of semantic web technologies to extend SOA. We differ between the following two categories:

1. Service broker with semantic extensions
2. Interface description with semantic extensions.

Extending the service broker is a sound method for developing a catalogue that includes more information on services than UDDI. When incorporating negotiation mechanisms like auctions the service broker is the central instance for clearing offers and counteroffers. Research projects and prototypes that fall into the category of a service broker with semantic extensions are UDDIe, OWL-S Matchmaker, and WS-QOS [Shai03], [Chen03], [Srin04], [Paol02], [Gram03]. Interface descriptions with semantic extensions match with SOA implementations that do not use a service broker, because the functional and non-functional parameters of services are described by the interface. In this case lightweight approaches of service discovery like Web Service Inspection Language (WSIL) can be used, but implementing UDDI is not necessary. Research projects and prototypes that fall into the category of interface descriptions with semantic extensions are WSOL, SLang, WSML, WSDL-S, and WSLA [Pate03], [Lama03], [Verh04], [Tian04].

### 3.2 Extended service broker architecture for automated negotiations in SOA

For implementing automated negotiations in SOA we propose the extended service broker architecture. It consists of a standard UDDI registry extended by Web Ontology Language for Services (OWL-S) service profiles, the OWL-S matchmaker and the negotiation mechanism. A conceptual overview of this extended service broker is depicted in figure 4.

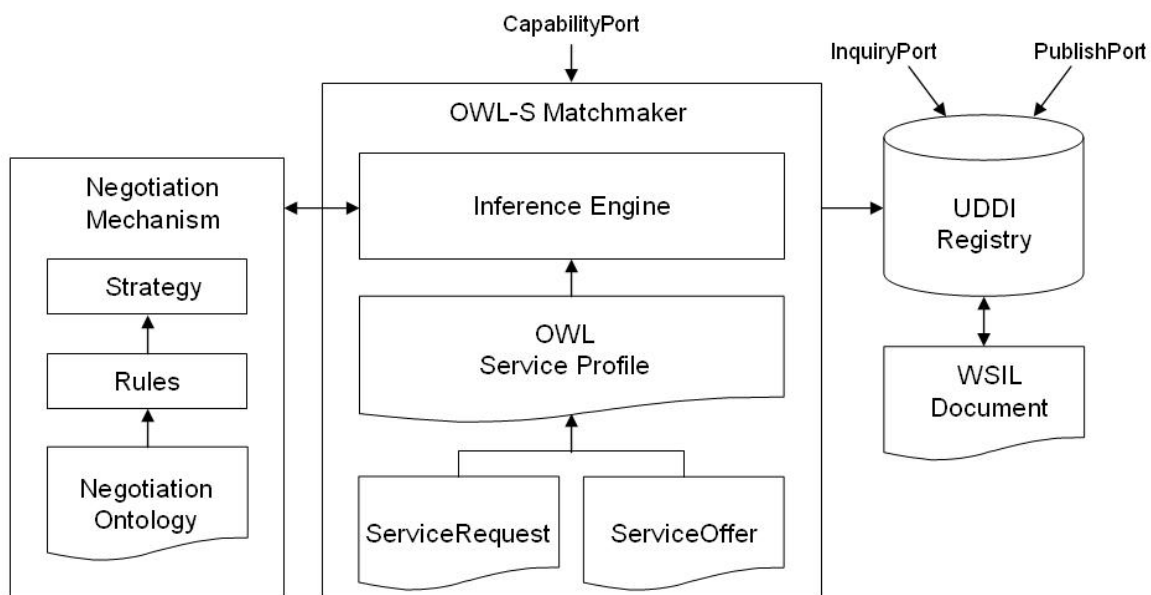


Figure 4: Extended service broker architecture for automated negotiations in SOA

Compared to a standard service broker with this architecture it is possible to describe service profiles. With the help of these service profiles the service requestor can define a service request, which contains parameters the service provider should guarantee. For the service provider the service offer contains service parameters he is able to guarantee. Based on that semantic description of services the inference engine of the OWL-S matchmaker matches the two profiles and by using the UDDI registry or the WSIL document it can finally discover and select the requested service. How the actual matching is done is implemented in the negotiation mechanism that defines the negotiation rules and the negotiation strategy.

An important part of the extended service broker architecture is the negotiation ontology. OWL-S can be used to define an ontology that allows a common understanding of the negotiation subject [Buss02], [Paol02]. For automated negotiations in SOA we propose a negotiation ontology that consists of several non-functional service parameters. Table 4 shows the main non-functional service parameters service price and Quality of Service as well as additional parameters like reputation of negotiation partners or duration of service lease.

Non-functional service parameters:	
Service price	
Quality of Service	Server performance: response time, availability, throughput, reliability Network performance: bandwidth, latency, jitter
Security	
Negotiation mechanism	
Number of negotiation partners	
Reputation of negotiation partners	
Duration of service lease	
Sanctions or penalties in case of non-compliance to the service level agreement	

Table 4: Non-functional service parameters for negotiations in SOA

Negotiating a Service Level Agreement between service provider and service requestor is a complex task. Before the actual negotiation process starts the service profiles for searching

services and for providing services have to be defined. In addition to that for the service provider it is necessary to establish an architecture for measuring and monitoring the service parameters. During the negotiation phase all parameters must be understood by both negotiation parties. The negotiation ontology describes the meaning of the above mentioned non-functional service parameters in a machine-readable way. Using this description the rules of the negotiation mechanism consider the service parameters and their meaning for the negotiation parties.

We argue that for the main non-functional parameters price and Quality of Service it is likely that service provider and service requestor have a common understanding. Furthermore service provider and service requestor know how to measure these service parameters. With the additional non-functional parameters such as reputation of negotiation partners and security it is difficult to come to an agreement. Measuring and monitoring the additional non-functional service parameters is more complex, because it requires a reputation mechanism and policies for secure service delivery.

At this point the proposed extended service broker architecture for automated negotiations in SOA is a conceptual architecture. Semantic service discovery, which is part of the architecture, is a main foundation for implementing automated negotiations in SOA.

#### **4 Discussion and future work**

This article gave a short overview of existing technologies and further concepts for implementing negotiations in SOA. We argued that in the case of economically independent enterprises the economic perspective for exchanging services is of particular interest. We introduced possible extensions to SOA and suggested current technologies for their implementation. The most important extension is an architecture that allows automated negotiations of price and other parameters such as Quality of Service for the exchanged services.

The use of semantic web technologies like OWL-S is a very promising approach to allow an economic coordination in SOA. The proposed extended service broker architecture makes use of a negotiation ontology that allows a common understanding of the negotiation subject. Service profiles are used to describe service requests and service offers that are matched by the inference engine of the OWL-S matchmaker.



For further research it is necessary to work on a SOA specific and more flexible negotiation mechanism. The goal to adapt the mentioned standard negotiation mechanisms so that they match with the technological setting of SOA can be achieved by conducting further research on the outcome of negotiations in SOA. Our future work will include an analysis of design decisions and their impact on profit of service providers, achieved utility of service requestors, and delivery rate of services.

## References

- [Alon03] Alonso, G.: Web Services: Concepts, Architectures and Applications. Springer, 2003.
- [Bich01] Bichler, M.: The Future of E-Markets: Multi-Dimensional Market Mechanisms. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- [Bole04] Boles, D.: Erlösformen für Web Content und Services. Informatik Springer, 2004.
- [Buss02] Bussler, C., Fensel, D., Maedche, A.: A conceptual architecture for semantic web enabled web services. ACM SIGMOD Record, v.31 n.4, December 2002.
- [Chen03] Chen, Z. et al.: UX -An Architecture Providing QoS-Aware and Federated Support for UDDI, ICWS '03, School of Computer Engineering, Nanyang Technological University, 2003.
- [Dan04] Dan, A. et al.: Web services on demand: WSLA-driven automated management. IBM Systems Journal, v.43 n.1, p.136-158, 2004.
- [Gram03] Gramm, A.: WS-QOS - Ein Rahmenwerk für Dienstgüteunterstützung in Web Services, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, 2003.
- [Elfa04] Elfatatry, A., Layzell, P.: Negotiating in Service-oriented Environments. Comm. ACM, 47 (8), 103-08., 2004.
- [Kris02] Krishna, V.: Auction Theory. Academic Press, 2002.

- [Lama03] Lamanna, D. et al.: SLAng: A language for Service Level Agreements, Departement of Computer Science, University College London, 2003.
- [Lind98] Lindemann, M.A., Runge, A.: Electronic Contracting within the Reference Model for Electronic Markets, 6th European Conference on Information Systems (ECIS-98). Aix-en-Provence, France, 1998.
- [Ludw03] Ludwig, H.: Web Services QoS: External SLAs and Internal Policies Or: How do we deliver what we promise? In Proc. of the First Web Services Quality Workshop, IEEE Computer Society, Rome, 2003.
- [Milg04] Milgrom, P.R.: Putting Auction Theory to Work (Churchill Lectures in Economics). Cambridge University Press, 2004.
- [Paol02] Paolucci, M. et al.: Importing the Semantic Web in UDDI, in Proceedings of Web Services, E-business and Semantic Web Workshop 2002.
- [Pate03] Patel, K., Tasic, V.: Web Service Offerings Language (WSOL): Characteristics, Applications, and Tools. 2003.
- [Shai03] Shaikh A. et al.: UDDIe: An Extended Registry for Web Services, Department of Computer Science, Cardiff University, UK, 2003.
- [Sege99] Segev, A., et al.: On Negotiations and Deal Making in Electronic Markets, Information Systems Frontiers, v.1 n.3, p.241-258, October 1999.
- [Sing05] Singh, M., Huhns, M.: Service-Oriented Computing: Semantics, Processes, Agents. Wiley, 2005.
- [Srin04] Srinivasan, N. et al.: Adding OWL-S to UDDI, implementation and throughput, First International Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition, San Diego, California, USA, 2004.
- [Tian04] Tian, M. et al.: A Survey of current Approaches towards Specification and Management of Quality of Service for Web Services. Freie Universität Berlin, Institut für Informatik, 2004.

- [Verh04] Verheecke, B. et al.: AOP for Dynamic Configuration and Management of Web Services, *International Journal of Web Services Research*, 1(3), 25-41, 2004.
- [W3C104] Booth et al.: *Web Services Architecture*. W3C Working Group Note, 2004.  
<http://www.w3.org/TR/ws-arch/>
- [Zimm03] Zimmermann, O., Tomlinson, M., Peuser, S.: *Perspectives on web services: applying SOAP, WSDL, and UDDI to real-world projects*. Springer, Berlin, 2003.



# **Evaluation of Economic Resource Allocation in Application Layer Networks – A Metrics Framework**

Werner Streitberger, Torsten Eymann  
Chair of Information Systems  
University of Bayreuth, Germany  
95440 Bayreuth  
{streitberger,eymann}@uni-bayreuth.de

Daniel Veit  
Chair of Information Systems, E-Business and E-Government  
University of Mannheim, Germany  
veit@uni-mannheim.de

Michele Catalano  
Department for Economics  
University of Ancona, Italy  
catalano@dea.unian.it

Gianfranco Giulioni  
Department of Quantitative Methods and Economic Theory  
University of Chieti-Pescara, Italy  
giulioni@dea.unian.it

Liviu Joita, Omer F. Rana  
School of Computer Science and the Welsh eScience Centre  
University of Cardiff, UK  
{l.joita,o.f.rana}@cs.cardiff.ac.uk

## **Abstract**

Support for economic resource allocation in Application Layer Networks (such as Grids) is critical to allow applications and users to effectively exploit computational and data infrastructure as a utility. The evaluation of resource allocation strategies plays a major part in the selection of a resource allocation method. This paper presents an evaluation framework for resource allocation methods in Application Layer Networks that attempts to support both a technical and an economic evaluation. The model uses a layered metrics pyramid with different aggregation levels and statistical methods.

On top of the pyramid, only one number, the social utility, is able to characterize an economic resource allocation method. This single number may serve to compare different resource allocation strategies. However, one can also determine values obtained for metrics at intermediate levels. We demonstrate using a prototype application how such a metrics pyramid may be deployed in reality, focusing on the implementation of the lower levels of the pyramid.

## **1 Introduction**

An Application Layer Network (ALN) describes an abstraction that integrates different overlay network approaches, like Grid and Peer-2-Peer systems on top of the physical connectivity provided by the Internet. A common characteristic of ALNs is the redundant, distributed provisioning and access to data, computation or application services, while hiding the heterogeneity of the service and resource network from the user. One of the main issues in the development of future ALNs is the efficient exploitation of services and resources available in the network.

A key requirement of ALNs is to support scalable, dynamic, and adaptable allocation mechanisms. This issue is being addressed by a number of Grid and P2P projects such as Globus [FoKe97], Legion [CKKG99], Nimrod/G [BuAG00], CATNETS [EACC05], and Gnutella [AdHu00]. Although considerable progress has been made developing software architectures and allocation methods, which allow clients to obtain services “on demand”, the evaluation of these methods with respect to each other is rarely undertaken. What is missing is a standard set of metrics that could be used as the basis for such an evaluation. It is important that such metrics allow comparison of both the application “behaviour”, along with the infrastructure behaviour.

Currently, no metric framework exists that takes into account the characteristics of applications that may be deployed over ALNs – especially ones that measure the performance of the resource allocation strategy being used. Current Grid and Peer-2-Peer applications often use a service-oriented architecture, which is characterized by dynamic and heterogeneous resources. In such environments one of the key issues is the assignment of resources to services. This paper assumes that resource allocation is being undertaken in a “market” based environment – allowing service users and providers to sell and buy services and resources [ReSE06]. It is also assumed that two concurrent markets co-exist – a “resource market” and a “service market”. A service instance can be provisioned by different possible, even heterogeneous resources; this heterogeneity, however, is shielded from the user, who acquires services on a virtualized, homogeneous service market. The presence of a market allows to use economic concepts with reference to the allocation strategy being adopted [ENRS06], e.g. different auction types, bilateral bargaining, market-oriented programming or computable general equilibrium approaches.

The characteristics of e.g. Grid and P2P applications in ALNs define particular resource allocation requirements which have the following characteristics [MoBa03]:

- **Dynamicity:** There are changing environments and there is a need for adaptation to changes.
- **Diversity:** Requests may have different priorities and responses should be assigned according to them. It is therefore possible for a number of different types of requests to co-exist, and determine how these should be handled becomes significant.
- **Large scale:** There are often a large number of nodes, and it is often necessary to group these elements to create hierarchical organisations.
- **Partial knowledge:** It is not possible to determine at any point in time the full state of the system or network.
- **Complexity:** Learning mechanisms are necessary to adapt to changes in infrastructure, and optimal solutions are not easily computable.
- **Evolutionary:** The system is open to changes which cannot be taken into account in the initial setup.

The goal of the evaluation framework presented here is to define a general set of metrics for performance analysis, which can be used in projects evaluating and comparing the performance of resource allocation mechanisms running in network exhibiting the above characteristics. Such a framework should include both technical parameters (such as quality of service factors – like response time) and economic parameters (such as overall cost of computation or data access), to compare different resource allocation methods with each other.

This paper is structured as follows: Section 2 presents the metrics used for the evaluation framework. Section 3 discusses how these metrics may be used for a technical and economical evaluation. A demonstration of the approach using a Grid prototype application is presented in Section 4, and a summary of the approach is provided in Section 5.

## **2 The Metrics Pyramid**

It is often useful to be able to compare two allocation methods using a single index or number. Such an index provides an aggregated behaviour of an allocation method with reference to a number of features. The application of statistics is necessary to achieve the index, but is useful only in conjunction with a detailed measurement framework. The results of the measurement are intended to allow providing feedback on system behaviour, improve chances of successful adaptation, improve implementation, and increase accountability.

Figure 1 shows the logical structure of data and indices. It sums up the underlying methodology establishing the shape of a pyramid. Data are the basic units of information, collected through technical monitoring of the application layer network. Parameters which are likely to be of significance within the application and the resource allocation mechanism have to be selected for measurement. These parameters define the raw disaggregated data. To ease the analysis of the raw data, they are collected from different experiments (simulation runs) into a database. Disaggregated indicators provide the first stage of evaluation, and may comprise of a number of independently measured values. They help to improve the implementation of the resource allocation mechanisms.

For further evaluation, it is obligatory to take into account a set of characteristics that are not directly comparable because these characteristics correspond to variables of different dimensions and unit of measurement. Thus, they have to be made comparable, e.g. by



normalization, and then grouped into indicators. An indicator is defined as a ratio (a value on a scale of measurement) derived from a series of observed facts, which can reveal relative changes as a function of time. They provide feedback on system behaviour and also allow the analysis of performance and predictions of future performance.

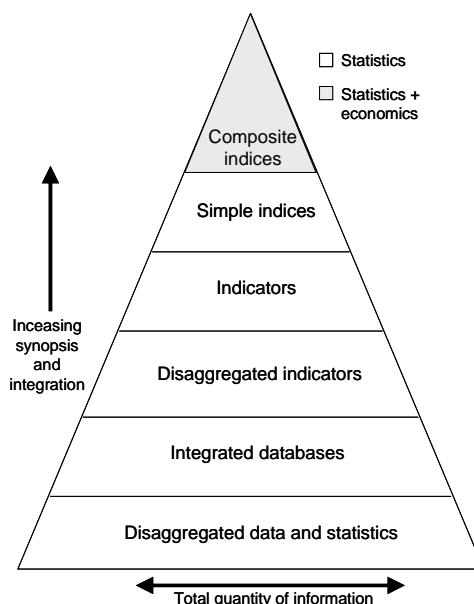


Figure 1: General method to obtain a composite index [PiZC00]

Finally, the simple and composite indices are computed, which represent performance benchmarks. They express information in ways that are directly relevant to the decision-making process. In general, indicators help the assessment, the evaluation, and most important, they help to improve accountability. Examples of applications using these techniques can be found in social sciences and in economics [Horn93][CoHR95][UNDP99].

Although highly aggregated indices are attractive because of their simplicity, they also carry risks. Most of all, aggregates tend to mask real-life complexity and detail for policy-making. Highly aggregated indices are important in giving a view of overall progress, but they should be readily disaggregated into its components that may help to specify reasons for the index going up or down and also answer questions of interest to decision-makers working on lower scales. The pyramid with its different layers supports this analysis progress, it enables both analysis at lower scales and decision-making on highly aggregated indices.

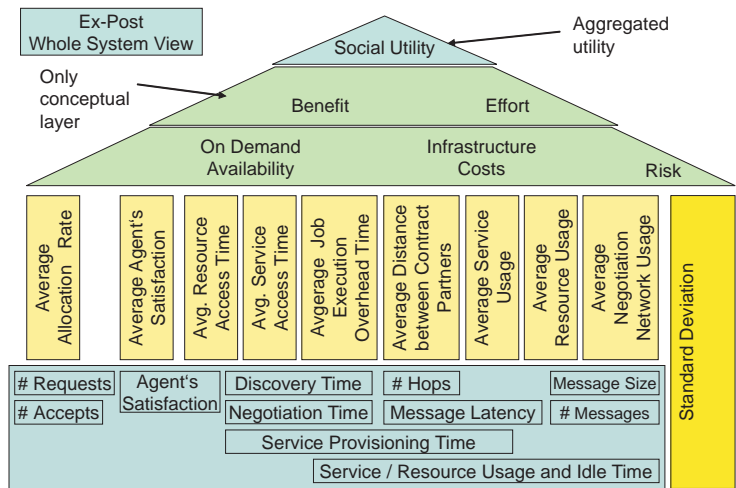


Figure 2: Metrics Pyramid

To support both technical and economic parameters, the evaluation process is divided into two layers. The first uses basic statistical concepts, while the second uses economic principles. The technical parameters, at the lower end of this pyramid, provide the basis for economic parameters that lie higher up in the pyramid, as illustrated in figure 2. A prerequisite is, that the key parameters at the bottom layer can be technically measured in the system to be analysed.

Aggregate indices may be generated out of several of these low level parameters. The parameters at the higher layers of the pyramid have economic semantics and therefore a higher significance. At the top of the pyramid there is a composite index defined as (global) “social utility” – providing a single metric to specify the overall performance of the allocation strategy being used in a particular application.

The selection of the technical parameters, and their aggregation to simple and composite indicators, can vary, depending on the resource allocation method and/or the measurable technical metrics of the application domain. The framework gives the possibility to add and remove metrics to optimize the framework for a special application domain without changing the general concepts used to build up this pyramid.

### 3 Technical and economical metrics

This section defines and illustrates various layers and aggregation steps of the metrics pyramid, (cf. figure 2), as used in the project CATNETS [EACC05] to analyse centralized and decentralized economic resource allocation methods.

The approach to technical metrics focuses on providing generic, easy to measure parameters, which can subsequently be aggregated. Technical layer metrics can be classified into: (I) efficiency measures (e.g. number of requests, number of acceptances); (II) utility measures (e.g. agent satisfaction); (III) time metrics (e.g. discovery time, negotiation time, service provisioning time) which are measures of the rate of change of market processes; and message-based metrics (IV) to measure the activity of users to communicate to find resources and services. The technical metrics include:

- Number of Requests: This metric measures demand, counted as the number of requests for services and resources.
- Number of Acceptance: The number of acceptance measures successfully requested (acknowledged) services and resources.
- Agent Satisfaction: The individual agent satisfaction measures the utility gain of a single transaction, which is the distance between his lowest price willing to pay in this transaction and the final price of the agreement. It is defined as the ratio between the subjective reservation value and transaction price.
- Discovery Time: This metric is used to measure the time to find a set of possible negotiation partners.
- Negotiation Time: The negotiation time measures the time needed to finish the negotiation between one buyer and one or several sellers. The measurement of the negotiation time starts after service discovery has completed, and ends before service provisioning.
- Service Provisioning Time (Effective Job Execution Time): The evaluation framework defines the service provisioning time as the service usage time of one transaction. It optionally includes also setup times, etc.
- Hops: The number of hops describes the distance between a service consumer and a service provider, counting the number of hops a message needs to traverse between them (this may be averaged over all the messages exchanged between a consumer and a provider).
- Message Latency: The message latency measures the time a message needs to arrive at the communication partner. Message latency is a parameter that indicates the performance of the physical network link and its message routing capabilities. It is expected that a large distance (cf. also number of hops) between a service consumer and

service provider should lead to higher message latency. Whether hops or latency is used to measure distance should be decided casually.

- Message Size: This metric is used to measure the message size (e.g. in kilobytes).
- Number of Messages: This value counts the number of messages needed for service allocation. The traffic on a physical network link could be computed by multiplying the message size with the number of messages sent.

These metrics are then used in two aggregation steps, as described below.

### 3.1 Simple indicators first aggregation

This layer defines a set of independent metrics which are normalized between 0.0 and 1.0. This makes it easier to find valid functions for the layers above, such as on demand availability and infrastructure cost. The technical metrics may be combined to obtain a framework that enables evaluation of different service oriented architectures. The aggregated metrics at the simple indicator layer are:

- Allocation Rate: This metric is a measure of the efficiency of the allocation process, which is computed using the number of requests and number of accepts. A buyer can demand services, but there is no guarantee that the allocation mechanism (centralized or decentralized exchange) performs a match between demand and supply.

$$allocation\_rate = accepts/requests$$

- Agent Satisfaction: This metric implicitly shows the average surplus of the service provider or user (agent) in the system (normalized to the interval 0.0 and 1.0). A low value means that an agent has not been able to complete its goals successfully during the negotiation process. A high value means that the agent can constitute good results satisfying its requirements.
- Access Time: This indicator evaluates the time needed from the starting point of discovery until the final delivery of the service.

$$access\_time = discovery\_time + negotiation\_time + provisioning\_time$$

- Job Execution Overhead: This is the additional time needed for negotiation. It refers to the overhead introduced during the service negotiation process. The overhead is the sum of the service access time and the resource access time.

$$job\_execution\_overhead = access\_time\_service + access\_time\_resource$$

- Distance between Contract Partners: Message latency is the messaging time incurred by agents, and it is proportional to the distance between the sending and receiving nodes. The latter would be the ratio between the actual distance and the maximum distance between agents.
- Service/Resource Usage: The network usage will be evaluated by the ratio between provisioning time and the total simulation time. This evaluation would be conducted for both services and resources.

$$service\_usage = provisioning\_time / simulation\_time$$

$$resource\_usage = provisioning\_time / simulation\_time$$

- Network Usage: This metric is used to measure the total number of messages exchanged between two agents.

### 3.2 Composite indicators - second aggregation

Composite indicators are an aggregation of simple indicators, and are closer in scope to the application than to the infrastructure. Simple indicators are normalized between a [0; 1] interval in order to be comparable with each other. From the economics perspective, composite indicators measure the benefit from exchange (on-demand availability), and costs incurred from activities in the market (infrastructure costs). An optimal allocation mechanism would have an on-demand availability value = 1, and infrastructure costs = 0.

On DeMand availability (ODM) is a composite indicator obtained as mean of simple indicators, and may be derived as:

$$ODM = 1/3 (allocation\_rate + agent\_satisfaction + job\_execution\_overhead)$$

Infrastructure Cost (IC) is calculated in the same way. It is also a mean of multiple simple indicators, and may be derived as:

$$IC = 1/4 (distance + service\_usage + resource\_usage + network\_usage)$$

It may be possible to model some of these metrics as stochastic variables, giving a mean and standard deviation over which the given metric varies. In economic applications, variance would be a measure for the overall “risk” to achieve stability of a given metric development.

### 3.3 The social utility - a composite index

To be able to use economic concepts into the evaluation process, a virtual policy maker is introduced, who aims to optimize the allocation. The behaviour of the policy maker is described with a goal function which is to be minimized under some constraints. The constraints are

determined by the structure of the economy, i.e. the underlying laws of the economy. The policy maker does not have complete knowledge of the economy, but uses a model of the economy based on statistical cause-and-effect relations. The policy maker collects all the metrics from the previous layer, has some preferences about ODM and IC and is aware about the distribution of profits and costs. Analogies exist in macroeconomic theory, and are used here with regard to two related models: Barro Gordon [BaGo83] and Poole [Pool70].

Mapping these models to the evaluation framework leads to the goal of improving the utility of society and simultaneously lowering the fluctuation in the economy. If the policy maker minimizes the inverse ODM and IC by reducing the distance to zero of those variables (optimal values), the social utility is improved. Moreover, he knows that inverse ODM and IC are distributed across the population (i.e. he knows the statistical moments of those variables) in a sense that he looks at the distribution of benefits and costs over the agents. A result of the final optimization rule is that the policy maker is interested in minimizing inequality (measured with respect to the metrics defined previously) between agents.

In order to follow this approach for ALNs, a loss function is built using the composite indicators ODM and IC. ODM and IC are taken as stochastic variables and their distribution across a population (the set of service users and providers) by the first and second moments are considered. Renaming the variables for the presentation  $X$  (inverse on demand availability index) and  $Y$  (costs index), the ALN loss function is

$$L = E[\alpha(X - X^*)^2 + \beta(Y - Y^*)^2],$$

where  $\alpha$  and  $\beta$  are weights and  $X^*$  and  $Y^*$  are target values. It is important to give a value to the targets. As  $X$  is the inverse of the On Demand Availability it can be concluded that a lower value of  $X$  is better for the policy maker. Thus, the target value is set equal to zero ( $X^* = 0$ ).  $Y$  is a direct measure of costs so it is natural to choose zero also for this variable ( $Y^* = 0$ ). With this target, the loss function is

$$L = E[\alpha X^2 + \beta Y^2]$$

The random variables can be expressed as

$$X = \mu_x + u \text{ and } Y = \mu_y + z,$$

where  $u$  and  $z$  are random variables with zero means and positive variances ( $\mu_u = 0$ ,  $\mu_z = 0$ ,  $\sigma_u^2 > 0$ ,  $\sigma_z^2 > 0$ ). Note that variances  $\sigma_u^2$  and  $\sigma_z^2$  are the variance across a population.

Subsequently, the final social utility index may be specified as:

$$L = \alpha\mu_x^2 + \alpha\sigma_u^2 + \beta\mu_y^2 + \beta\sigma_z^2.$$

So one possibility for evaluating ALNs is to make use of:

$$\min \alpha\mu_x^2 + \alpha\sigma_u^2 + \beta\mu_y^2 + \beta\sigma_z^2.$$

This means that for the final evaluation of the scenarios, the first and second moments of ODM and IC have to be evaluated, whereas the first moment is the mean of ODM and IC, and second moment the variance of ODM and IC. In fact a policy maker has preference to minimize the inverse of ODM, thereby leading to the minimization of costs and the minimization of variability, i.e. the fair distribution of social utility between agents.

Applying the depicted metrics pyramid, a layered evaluation of different resource allocation methods is possible. The Grid application prototype, which is illustrated in the next section, uses the pyramid for a first evaluation of different scenarios. The focus of the evaluation is to show the relevance of this pyramid when being applied to a real Grid application prototype.

## 4 The Application Prototype

### 4.1 Application prototype description

The proof-of-concept prototype has been developed and named Catallaxy Data Mining (Cat-DataMining) [JPBG04]. Figure 3 shows the prototype components and related software agents as buyers and sellers in the Grid service market and Grid resource market. The prototype is composed of four main components: the Master Grid Service (MGS) – a Complex Service requestor; the Catallactic Access Point (CAP) – the entry point to the Complex Services for the Master Grid Service; the Data Mining Services – as types of Complex and Basic Services (BS); and job execution resources – as computational resources. The Complex Service (CS) agent acting on request of the MGS is the buyer entity in the service market, and the Basic Service is the seller entity in the service market.

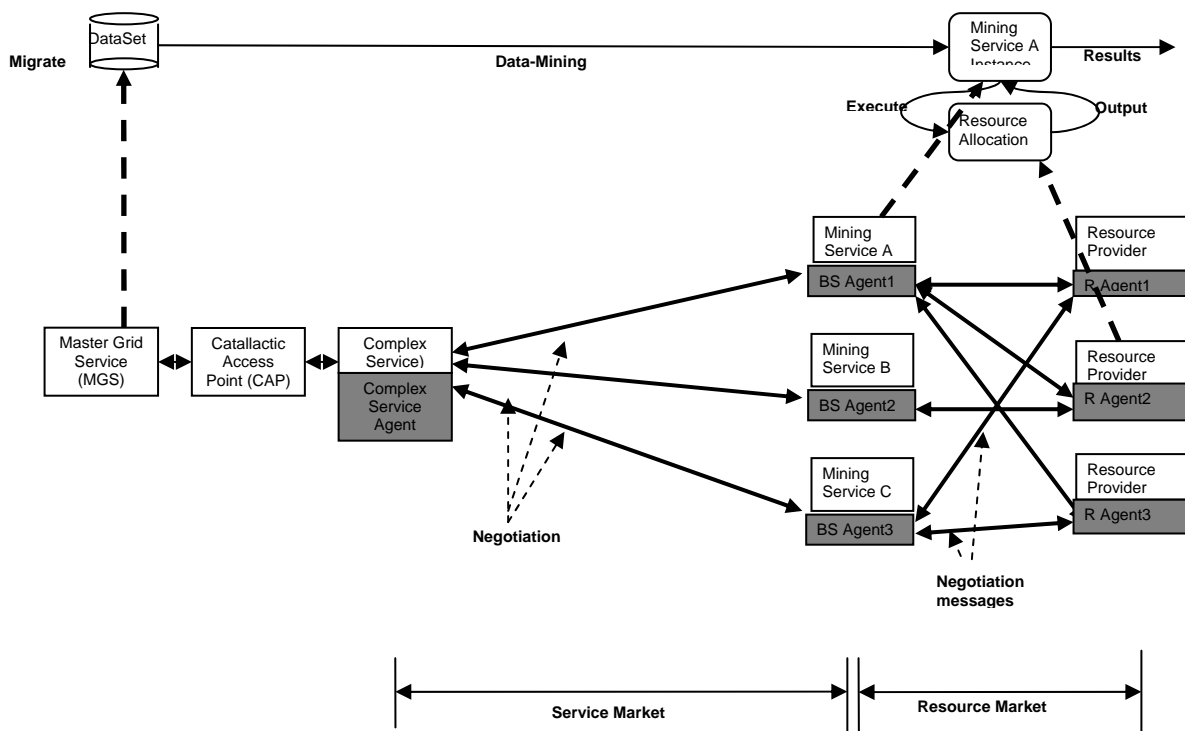


Figure 3: Cat-DataMining prototype – the Catalactic agents and the markets – one service invocation

The BS consists of a data mining job execution environment, which offers the deployment of multiple “slaves” able to execute the data mining task. Within the Cat-DataMining prototype, the data mining BS needs to be able to provide a response time as an important characteristic. With this goal the data mining BS agent buys resources in the resource market. Resource seller entities are able to provide a set of resources via the Local Resource Manager (LRM). The Resource Agents act on behalf of these Local Resource Managers, and provide an interface to the physical resources they manage.

The data mining BS agent is the buyer entity in the resource market, and the LRM agents are the seller entity on the resource market. The main functionalities of BS agents at the resource market are: (I) co-allocation of resources (resource bundles) by parallel negotiation with different resource providers (local resource manager entities); (II) informing the Complex Service about the outcome of resource negotiation.

#### 4.2 Test-beds and preliminary results

We have performed several experiments in a cluster with the current version of the middleware, allowing for a preliminary performance assessment of the Grid Market Middleware (GMM) developed in the CATNETS project [JRCC06]. The goal of the experiments is to evaluate the autonomic behaviour of the GMM in terms of self-organisation, given by decentralized resource



discovery, and in terms of self-optimisation, given by adaptation to load and capacity of the resources.

For these experiments we have used for the economic agents an implementation of the ZIP (Zero Intelligence Plus) agents [PrTo98] which use a gradient algorithm to set the price for resources. Clients initiate negotiations with a price lower than the available budget. If they are not able to buy at that price, they will increase their bids until either they win or reach the budget limit.

Services will start selling the resources at a price which is solely influenced by the node's utilization, following the pricing model presented in [YeBu04]. As services get involved in negotiations, the price will also be influenced by demand. If a service agent is selling its resources, it will increase the price, when resources are sold to identify the price the market is willing to pay. When it no longer sells, it will lower the price until it becomes competitive again or it reaches a minimum price defined by the current utilization of the resource.

In order to test the performance of the market based resource allocation mechanism, we setup controlled experiments deploying several instances of the middleware in a Linux server farm. Each node has 2 CPU Intel PIII 1 GHz and 512 MB of memory. The nodes in the farm are connected by an internal Ethernet network at 100Mbps.

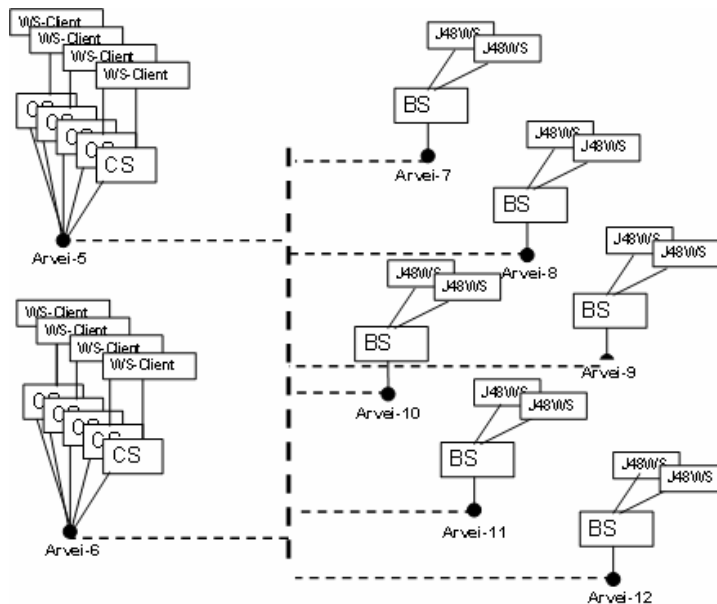


Figure 4: Experiment Setup

We deploy GMM and the Web Services on six nodes (named arvei- $\{7 \dots 12\}$ ). On each node we also deployed a Web Service which performs a CPU intensive calculation on the machines, increasing load. These Web Services are exposed in a Tomcat server. Access to execute these

Web Services on the Resources is what will be negotiated by the Service with the Clients. Figure 4 shows a schematic view of this deployment.

The experiments consisted in launching 2 Clients concurrently from 2 other nodes which were not running the Web Services. We generate a baseline load on all three nodes of 25% of CPU usage to simulate some background activity. Each Client performs 50 requests, in intervals of 10 seconds. Whenever a Client wins a bid with a Service, it invokes the Web Service in the selected node. The complete experiment runs for about 10 minutes. To better test autonomic load balancing, we artificially stressed one of the nodes (arvei-10) up to 95-100% of CPU usage for a short time during the experiment.

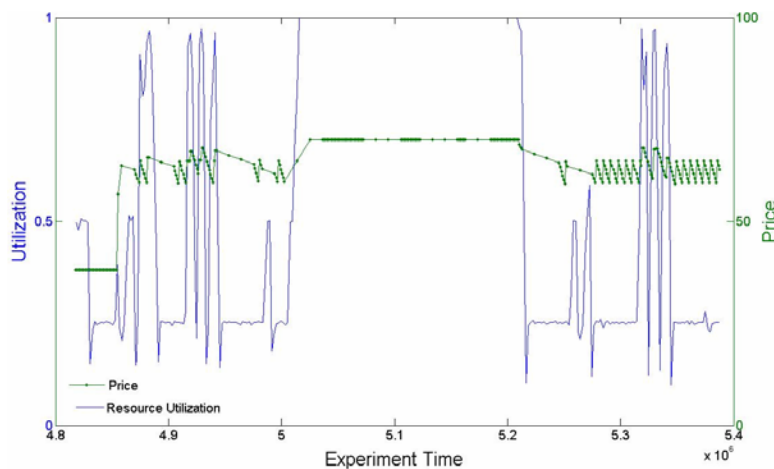


Figure 5: Experiment Results – Price and Utilisation Basic Service at node arvei12

Figure 5 and Figure 6 show the measured results of selected nodes used in the experiment. The measured metric price corresponds to the agent satisfaction of the presented metrics pyramid, the execution time to the provisioning time, and the utilisation metric to the resource usage. The metric negotiation time equals the negotiation time in the metrics pyramid. Both figures show the same experiment time interval. High utilisation of the CPU leads to higher prices of the resource CPU and to higher execution times, whereas the negotiation time doesn't significantly increase. Prices of the CPU are lowered time-delayed; a short increase of the utilisation increases the prices again. As expected, a lower utilisation of the CPU decreases the execution time.

Essentially, each data for each technical metric is referring to a single transaction and it has to be collected by the corresponding agent. Price and utilization data are collected periodically and independently by each transaction, giving a number of observations whereas execution time, negotiation time, and allocation are a dataset of 100 observations, which are collected by the complex services.

The computation works as follows: the first price data that has been collected after the execution data time stamp has been considered. Repeating the above procedure for each execution time, an observation data set of 100 items both for price and utilization has been extracted.

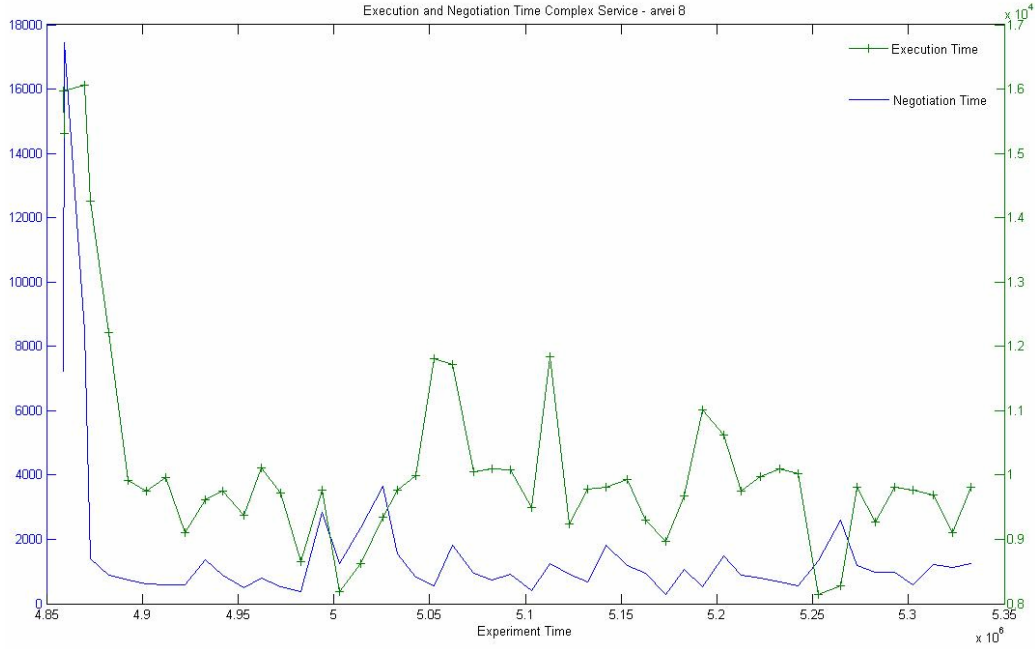


Figure 6: Experiment Results - Execution and Negotiation Time at node arvei8

The first aggregation level contemplates the construction of the normalized metrics set agent satisfaction, access time and resource usage. Agent satisfaction and resource usage are normalized to the interval between 0.0 and 1.0. The access time is normalized as follows:

$$access.time = e^{-\beta(execution.time+negotiation.time)}$$

where the weighting factor  $\beta = 0.00005$  is chosen arbitrarily. The on demand availability is defined the sum of the benefit metrics access time and satisfaction and the infrastructure cost indicator equals the resource usage. Applying the mean and the standard deviation of both on demand availability and infrastructure costs (see Table 1), we obtain the final index like follows:

$$L = \alpha \left[ 1 - 1/2 (\mu_{access.time} + \mu_{agent.sat}) \right]^2 + \alpha (1/2)^2 (\sigma_{agent.sat}^2 + \sigma_{access.time}^2) + \beta (\mu_{resource.usage})^2 + \beta_{resource.usage}$$

<i>Metric</i>	<i>Value</i>	<i>Metric</i>	<i>Value</i>
$L$	0,43508	$\alpha \beta$	0,5
$\sigma_{resource.usage}$	0,32025	$\mu_{resource.usage}$	0,48686
$\sigma_{agent.sat}$	0,015615	$\mu_{agent.sat}$	0,46295
$\sigma_{access.time}$	0,013218	$\mu_{access.time}$	0,080522

Table 1: Experiment Results - Final Index

## 5 Conclusion

The design of a general evaluation framework for resource allocation in ALNs has been presented, which consists of a set of technical and economic parameters. The parameters in the lower levels of the framework provide technical data, while higher level economic parameters could be integrated into business models for decision makers.

However, the implementation and possible refinements of the presented concept is ongoing work which is not yet finalized. An exact definition about how to measure the defined metrics for the framework and integrate them is also ongoing work. A first implementation of the presented metrics framework has been discussed – work undertaken as part of the EU CATNETS project. This project develops a resource allocation architecture based on decentralized economic models, allowing resource management policies to be specified in a decentralized, autonomous and infrastructure independent way. The economic concepts of the CATNETS project uses bargaining mechanisms improving the resource allocation in Application Layer Networks (ALNs). An application example is used to demonstrate how metrics associated with the evaluation framework can be specified.

## Acknowledgements

This work has partially been funded by the EU in the IST programme “Future and Emerging Technologies” under grant FP6-003769 “CATNETS”.

## References

- [AdHu00] Adar, Eytan; Huberman, Bernardo A.: Free riding on gnutella. Technical report, Xerox PARC, 10 Aug. 2000.
- [BaGo83] Barro, Robert; Gordon David: Rules, discretion and reputation in a model of monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 12, No.1, pp. 101–122, 1983.
- [BuAG00] Buyya, R.; Abramson, J.; Giddy D.: Nimrod/G: An architecture for a resource management and scheduling system in a global computational grid. In *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia 2000)*, 2000.
- [CKKG99] Chapin, S. J.; Katramatos, D.; Karpovich, J.; Grimshaw, A.S.: The legion resource management system. In Dror G. Feitelson and Larry Rudolph, editor, *Job Scheduling Strategies for Parallel Processing*, pages 162–178. Springer Verlag, 1999.
- [CoHR95] Cobb, C.; Halstead, T.; Rowe J.: *The genuine progress indicator: Summary of data and methodology*. San Francisco: Redefining Progress, 1995.
- [EACC05] Eymann, T.; Ardaiz, O.; Catalano, M.; Chacin, P.; Chao, I.; Freitag, F.; Gallegati, M.; Giulioni, G.; Joita, L.; Navarro, L.; Neumann, D.; Rana, O. F.; Reinicke, M.; Schiaffino, R.; Schnizler, B.; Streitberger, W.; Veit, D.; Zini F.: *Catallaxy-based grid markets*. In *Proceedings of the First International Workshop on Smart Grid Technologies (SGT05)*, 2005.
- [ENRS06] Eymann, T.; Neumann, D.; Reinicke, M.; Schnizler, B.; Streitberger, W.; Veit D.: *On the Design of a Two-Tiered Grid Market Structure*. *Business Applications of P2P and Grid Computing*, MKWI, 2006.
- [EyPS00] Eymann, T.; Padovan, B.; Schoder, D.: *The catallaxy as a new paradigm for the design of information systems*. In *Proceedings of the 16th IFIP World Computer Congress, Conference on Intelligent Information Processing*, 2000.
- [FoKe97] I. Foster and C. Kesselman. *Globus: A metacomputing infrastructure toolkit*. *The International Journal of Supercomputer Applications and High Performance Computing*, 11(2):115–128, 1997.
- [Horn93] Horn, R.: *Statistical Indicators For the Economic & Social Sciences*. Cambridge University Press, 1993.
- [JPBG04] Joita, L.; Pahwa, J.S.; Burnap, A.; Gray, P.; Rana, O.F.; Miles, J.: *Supporting collaborative virtual organisations in the construction industry via the grid*. In *Proceedings of the UK e-Science All Hands Meeting 2004*, Nottingham, UK, 2004.
- [JRCC06] Joita, L.; Rana, O.; Chacin, P.; Chao, I.; Freitag, F.; Navarro, L. Ardaiz O.: *Application Deployment using Catallactic Grid Middleware*. In: *Proceedings of the 3rd International Workshop on*

Middleware for Grid Computing (MGC 2005), co-located with Middleware 2005, 2005, Grenoble, France.

- [MoBa03] Montresor, A.; Baboglu, O.: Biology-inspired approaches to peer-to-peer computing in bison. In Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent System Design and Applications (ISDA'03), Advances in Soft Computing, pages 515–522. Springer-Verlag, Aug. 2003.
- [PiZC00] Pinter, L.; Zahedi, K.; Cressman D.: Capacity Building for Integrated Environmental Assessment and Reporting. International Institute for Sustainable Development and United Nations Environment Programme, 2000.
- [Pool70] Poole, W.: Optimal choice of monetary policy instruments in a simple stochastic macromodel. Quarterly Journal of Economics, 84:197–216, 1970.
- [PrTo98] C. Preist, M. van Tol, Adaptive agents in a persistent shout double auction. In Proceedings of the First international Conference on information and Computation Economies (Charleston, South Carolina, United States, October 25 - 28, 1998). ICE '98. ACM Press, New York, NY, 11-18.
- [ReSE06] Reinicke, M.; Streitberger, W.; Eymann, T.: Evaluation of Service Selection Procedures in Service Oriented Computing Networks. In: Multi Agents and Grid Systems, Vol. 2, pp. 271-285, 2006.
- [UNDP99] UNDP. Human development report. New York: Oxford University Press, 1999.
- [YeBu04] C.S. Yeo, R. Buyya, Pricing for utility-driven resource management and allocation in clusters. Proceedings of the 12th International Conference on Advanced Computing and Communication (ADCOM 2004), Ahmedabad, India, December 2004. Allied Publisher: New Delhi, India; 32–41.

# Service-Oriented Computing for Risk/Return Management

Wolfgang Hackenbroch, Matthias Henneberger

Competence Center IT & Financial Services

University of Augsburg

86135 Augsburg

{wolfgang.hackenbroch,matthias.henneberger}@wiwi.uni-augsburg.de

## Abstract

Financial applications in the field of risk/return management demand for powerful and at the same time flexible information technology resources. These requirements seem to be highly suitable for service-oriented computing concepts. In this paper we identify promising risk/return management services and analyze the specific value proposition of service-oriented computing in this context. Taking the calculation of covariance matrices as an example we propose a model to quantify the economic value of such a service and thereby make a contribution towards understanding the business value of service-oriented computing. Moreover, our quantification model can be applied for the pricing of services and for the allocation of resources to services in a market-based environment.

## 1 Introduction

Risk/return management (RRM) is an important business function, especially for enterprises in the financial services industry because in an increasingly volatile and competitive market environment financial positions are affected by a high number of interacting economic factors that need to be permanently evaluated. To gain competitive advantage banks and other financial services firms apply sophisticated and complex models for the quantification of risk and the optimization of risk and return of portfolios containing all kinds of investment objects. These tasks are time-critical and therefore demand for powerful computational resources. Service-oriented computing based on grid technologies promises to overcome current restrictions by offering high-end computational capabilities at moderate cost and supporting new ways of intra- and inter-enterprise collaboration.

Although the financial services sector is often mentioned as a key industry for service-oriented computing based on grid technologies, see e.g. [Frie03; Midd04], there is a lack of publications concerning applications in this area and important questions are still to be answered. In this paper we are striving to develop an understanding for the applicability of the general concept of service-oriented computing in the specific area of RRM by answering the following research questions: i) Which business functions and concrete methodologies are promising for the application of service-oriented computing in the area of RRM? What is the specific value proposition of service-oriented computing in this domain? ii) How can benefits and costs of service-oriented computing be quantified? For our analysis we will identify and discuss grid services in the domain of RRM from a management perspective. To answer the second research question we will concentrate on one concrete service – the estimation of covariance matrices – and propose an economic model for the quantification of benefits and costs. Based on this example we will discuss how economic models can be applied in the context of service and resource markets.

The remainder of this text is structured as follows: In section 2 we describe our notion of RRM and provide fundamental principles. Section 3 is dedicated to the concept of service orientation and derives the value proposition of service-oriented computing in the domain of RRM. In section 4 we provide a quantification of benefits and costs for the covariance estimation service.

## **2 Risk/Return Management**

In this section we will first provide basic principles of RRM. We will then describe specific aspects that prove to be complex and resource-intensive in practice.

### **2.1 Definition and Objectives**

Almost all value generating business transactions are associated with some kind of uncertainty and thus contribute to an enterprise's overall risk exposure. Enterprises currently face rising pressure from competition on a global scale, delivered on integrated markets (especially integrated financial markets) where more and more complex products are traded on. Hence, in corporate practice an integrated view on risk and return is mandatory. Considering this integrated view, we propose the following definition: RRM is concerned with identification, quantification and control of risk together with the corresponding return associated with all kinds of corporate investment decisions. It is necessary to point out that accordingly, the scope of RRM is by far



larger than risk management alone. It covers all business functions that are concerned with investment decisions and therefore need to evaluate the risk and return of the available alternatives. Therefore, for example, also portfolio management can be seen as a part of an integrated RRM.

It is an important objective of RRM to satisfy the manifold information demands inside an enterprise. Ex ante decision support for the planning of investment or disinvestment decisions has to be provided, answering the question whether (and to what degree) an intended investment or disinvestment will lead to value added for the enterprise. To this end, accurate and up-to-date risk and return measures have to be quantified on the transactional level as well as on various aggregation levels along the organizational hierarchies like departments or business units. Especially for financial services institutions with their typically high exposure to market and credit risks this can be considered as crucial.

Prominent side conditions of RRM are the growing number of laws, rules and regulations aimed at the prevention of illiquidity and bankruptcy by restricting potential losses resulting from risky investment objects. In the financial services industry, regulations are especially tight (e.g. as in the Basel II or Solvency II accord or in the Sarbanes-Oxley Act) and financial institutions are required to abide by certain well-defined risk limits, see e.g. [Schi97, 505]. They keep significant capital reserves in order to retain their solvency even in extreme market situations. These capital reserves then restrict the overall earnings in terms of return from risky investments. Therefore it is an essential task for an integrated RRM to determine a suitable capital allocation against the background of risks being taken.

## **2.2 Complexity of Risk/Return Management Methods**

RRM is a time-critical and resource-intensive<sup>1</sup> undertaking. It is time-critical, because regulatory constraints as well as internal information needs have to be fulfilled in certain, well-defined time frames, ensuring timeliness and relevance of the information delivered. It is resource-intensive, because there is a general trade-off between timeliness and precision of the underlying methods: Usually it is only possible – ceteris paribus – to improve in one dimension at the expense of the other. Excellence in both dimensions can only be achieved employing powerful resources. In the following we will consider fundamental and resource-intensive procedures in the area of RRM.

---

<sup>1</sup> Here in terms of information technology (IT) resources (see subsection 3).

It is well known that the *estimation of distribution parameters* for risky investment objects is a fundamental problem in RRM, which is in fact often cited as “one of the important problems in finance” [ElGr72, 409]. Many models of portfolio theory or capital market theory require for their practical application the estimation of input parameters, based on empirical values drawing on a multitude of historical data (the “history”). For example, Markowitz’ Portfolio Selection model relies on expectations and covariances of the considered investment objects’ returns in order to select an investor’s optimal portfolio. Since the “true” return distribution parameters are unknown, this constitutes in fact an estimation problem. In this context, higher estimation precision can be achieved only with higher effort, be it by considering longer estimation time intervals or by implementing more complex computation procedures. We refer to e.g. [HuWh98; Kupi95] and the literature referenced therein. [Alex96, 233] provides an overview of techniques used in covariance estimation.

A more specific task is the *estimation of covariance matrices*, containing all pairwise covariances between the investment objects’ returns. In fact, covariances are used for risk quantification and aggregation in almost all areas of RRM, thus constituting a fundamental building block for many financial applications. Depending on the (possibly high) number of investment objects, these matrices typically contain a large count of covariances which all have to be individually estimated. Namely, we have for  $n$  investment objects  $n(n + 1)/2$  covariances, i.e. the number of matrix elements is increasing with approximately  $n^2/2$ . Assuming a history with length  $N=250$  working days per year for each investment object, we have for  $n=1.000$  investment objects already approximately  $2Nn^2/2=Nn^2=250.000.000$  historical values to take into account. It becomes apparent that, depending on the estimation method used, especially the estimation of covariance matrices is a very resource and time intensive problem.

A wide-spread method of RRM to deal with uncertain future values is *historical or stochastic simulation*. The latter is often also called “Monte-Carlo simulation”. In this context both forms have in common, that for a possibly large number of investment objects first the empirical return matrix has to be determined. For  $m$  so called “market factors” with  $N$  empirical (historical) prices each this is a  $m \times N$  matrix. In the case of historical simulation one assumes that future values are independent and identically distributed conforming to the distribution of a representative historical sample. Stochastic simulation closely resembles this approach with the difference that future values are determined stochastically on the basis of an assumed distribution. In order to reduce calculation effort, most often the normal distribution is applied [Völk01, 76]. When a

simulation approach is chosen, one usually relies on the “law of large numbers”, i.e. a very large number of simulation runs has to be performed in order to obtain reliable and statistically significant results. For instance, for  $m=100$  market factors with a history of one year each, the empirical return matrix with daily returns contains  $mN=25.000$  elements (assuming  $N=250$  working days per year). Performing e.g. 100.000 simulation runs this already leads to 2.500.000.000 values whose processing requires not only a lot of storage space but also significant computation capacity. We will point out in the following section how these requirements are addressed by service-oriented computing.

### **3 Service-Oriented Computing in Risk/Return Management**

In academic research as well as in corporate practice a new paradigm for the utilization of information technology resources is en vogue. We use the term “service-oriented computing” in this text to address several (in fact converging) aspects: Elements from different domains like service-oriented architectures (abstract concept of services), grid technologies (grid middleware) or distributed computing (load balancing, scheduling) contribute to enable and facilitate the service-oriented computing principle. Services as well-defined software components are the pivot element of service-oriented architectures, whereas virtualization of infrastructure and resource sharing are primarily in the focus of approaches related to grid technologies or distributed computing. In our view the combination of both aspects sets the frame for service-oriented computing.

#### **3.1 From Service-Oriented Architectures to Grid Services**

According to [DJMZ05, 7] we define service-oriented architectures (SOA) as the “abstract concept of a software architecture with focus on providing, searching and consuming so-called services over a network”. Before we confine our notion of service-oriented computing, it is necessary to characterize two central terms in this context: resource and service. Following [NeHO06, 206] we regard a resource as the representation of a logical or physical entity (like computing or data capacity, software licenses, hardware or network infrastructure). A service on the other hand provides a specific functionality and therefore aggregates the use of different (and in the context of service-oriented computing most often distributed) resources. Accordingly, a service in this sense is a software component designed to enable or support (part of) an

enterprise's business process. It makes sense to distinguish between two types of services: One speaks of "complex" or "composite" services on a high aggregation level in comparison to "basic" or "atomic" services on a low aggregation level as e.g. in [ENRS06, 44; Doda06, 12]. It is characteristic for SOA that services are "loosely coupled" with each other, implying that they can be reused in a manifold way and that business processes can be dynamically configured with suitable, "best-of-breed" services. We will follow this perspective of "coarse granularity" and will provide examples for both service types offered in a SOA that can be used to "orchestrate" business processes, here in the context of RRM.

Regarding the related concept of grid computing, interestingly enough, the available definitions are mostly of descriptive nature and provide little more than certain essential characteristics. They are in most cases based on the seminal papers of [FoKe98; FoKT01]. Various proponents have thereupon agreed that "a computational grid is a hardware and software infrastructure that provides dependable, consistent, pervasive and inexpensive access to high-end computational capabilities". It is an important characteristic, that grid computing reaches beyond administrative domains and thereby defines the so-called "virtual organization" as proposed by [FoKT01]. For grid technologies, an evolution towards service-oriented architectures can be observed [Long04]. We therefore speak of "grid services" in this text, denoting software components that realize resource intensive services based on grid technology. This term also conveys the close relationship between grid services and web services. In fact, grid services are based on specific web service standards, e.g. the specifications (OGSA) and (WSRF). They extend web services insofar as they imply the dynamic, yet for the user transparent, allocation of (physical) resources to services by some kind of a grid middleware.

### **3.2 Services for Risk/Return Management**

In this section we will provide some examples for grid services for RRM and classify them into complex and basic services. From a business perspective, at least two types of services can be distinguished: services for risk quantification and services (using risk/return information) for the management of risk and return, e.g. in the form of portfolio management.

*A risk quantification service* delivers one or several risk measures on different aggregation levels ranging from single investment objects up to the whole enterprise. Which measure should be applied depends on the type of risk (e.g. calculating credit risk differs significantly from calculating market risk) and on the objectives pursued. In corporate practice the probably most wide-

spread risk measure is Value-at-Risk (VaR)<sup>2</sup>, mainly because of its ease-of-use and simplicity. Furthermore, regulatory constraints require a frequent calculation of VaR on the enterprise level. Besides VaR, there exist a variety of other risk measures like variance or down-side risk measures, e.g. semi-variance. In a service-oriented environment a collection of services is conceivable, each calculating a specific risk measure. For trading securities decision support systems not only have to deliver precise up-to-date estimations of market parameters but also need to provide sophisticated optimization algorithms. In a service-oriented environment this could be achieved by a *portfolio optimization service*, after the necessary input parameters, e.g. variances and covariances are determined. This essentially implies the determination of the efficient frontier, which is a NP-hard problem. Nevertheless, a numerical solution can be found for smaller problems using quadratic programming or applying heuristic approaches. The required precision of these heuristics can only be achieved with significant computational effort. Especially on the trading floor it is furthermore mandatory, that information is available in real-time so that traders can quickly analyze different scenarios and react accordingly.

As already stated in section 2, most business functions in RRM rely on fundamental methods like parameter estimation or simulation that could as well be realized as separated services and seized by complex services. For example, VaR can either be deduced analytically from the variances and covariances or can be determined using historical or Monte-Carlo simulation. Concrete examples for *basic services for parameter estimation and simulation* may be a historical data service, delivering e.g. an empirical return matrix consisting of the historical returns of the relevant investment objects, a regression analysis service, a stochastic or historical simulation service, a covariance matrix estimation service or a time series generation service (e.g. on the basis of ARCH or GARCH models). In section 4 we will describe one selected basic service – the covariance matrix estimation service – in more detail, also evaluating its application for the overall risk quantification of the enterprise.

### 3.3 Value Proposition of Service-Oriented Computing

The relevant, yet basic, value proposition of service-oriented computing concepts is almost canonical and to date already numerously stated, see e.g. [Abba04; BeFH03; FoKe98]. It delivers on demand computing power at transparent and relatively low cost (in comparison to dedicated, server-based computing) in combination with increased flexibility, scalability and a robust be-

---

<sup>2</sup> According to [DuPa97, 3] VaR is the “loss in market value over a time horizon H that is exceeded with probability  $1-\alpha$ ”.

haviour against failure. This is achieved by using existing and/or standardized resources which are geographically and/or logically distributed in more or less autonomous units provoking high percentage utilization. In this context, [NeHO06, 206] distinguish between the possibility to perform computational intensive jobs in a reduced time frame, even enabling the solution of problem classes which so far could not be examined, and the possibility to share (not fully utilized) resources across different organizations. Yet, service-oriented computing is not primarily concerned with the utilization of free CPU cycles (which has been scrutinized for about 10 years by the disciplines of cluster computing and distributed computing). Instead, it provides new capabilities for intra- and inter-enterprise collaboration, enabling for example [Grau06, 71] world-wide communication and collaboration, access to high-performance computers for simulation or utilization of remote data sources. In the following we will elaborate on the basis of subsection 2 in more detail the specific value proposition of service-oriented computing in the context of RRM:

1. Because of computational constraints, RRM (especially the quantification of the overall risk position and adjustment of the capital allocation) to date is performed in relatively large and fixed time intervals. For instance, some enterprises are accumulating risk reports containing all relevant risk (and return) information only once every quarter or once a month, as reported by practitioners like e.g. [Midd04]. In other cases regulatory requirements demand that new information is available the next morning (after overnight batch runs) regarding the enterprise's risk position of the day before, as e.g. in [Base04]. Whereas this might be sufficient in special cases, it is considered a disadvantage in general because investment decisions then are based upon outdated information. We figure that with service-oriented computing the necessary underlying calculations can possibly be dramatically accelerated without the need to invest into additional cost-intensive computing infrastructure. In this context we have the following scenario in mind: Because of integrated and possibly highly volatile markets, an integrated and up-to-date RRM is mandatory. It implies "sensitive behaviour" regarding expected and unexpected market reactions as well as real-time determination of the current overall risk position. RRM takes place (not in fixed time intervals but) dynamically and "event-driven", in much shorter time intervals. In fact we envision the "real-time enterprise" which is able to react appropriately almost immediately to all relevant and/or unforeseen market movements because it has timely and accurate risk/return information at its disposal. As soon as one calculation run is completed, immediately

the next calculation starts. Depending on the current capacity of IT involved and the complexity of computation procedures the RRM time intervals are varying over time.

2. The input data needed for parameter estimation and forecasting in RRM is typically geographically and/or logically distributed. For instance, information about the portfolio of a globally investing enterprise might be scattered over several trading units in different locations. A common infrastructure based on grid services standards not only allows sharing the data across organizational boundaries. The distribution of data also matches the fundamental structure of service-oriented computing and thus can be exploited for distributed processing where the data is available. In this case no centralization of data (causing communication and management complexity) is necessary.

3. There is a trend towards higher frequency of input data first observed and published by [Engl00]. Today, for example stock market data is widely available in a granularity down to the transactional level. The analysis of this “Ultra-High-Frequency” market data is a promising new area with implications for risk management not yet fully discovered. Service-oriented computing can contribute its share to storing and processing this huge amount of data providing up-to-date information and comprehensive analyses.

4. Because of the permanent movement and development of (financial) markets the demand for RRM calculations is itself far from constant. Using a dedicated infrastructure the enterprise is therefore committed to provide at any time a computing capacity aligned to the maximum demand during peak times. Additionally there is always the trade-off between RRM and other operations which have to be performed by the resources at hand. This challenge is met when unused resources can be seized at any time for additional speed and/or accuracy and in turn are available for daily operations in “quiet times”.

5. There exists a variety of RRM applications that do not by all means require high-performance computing power at any given time. In contrast to the typical batch-processing mode they can possibly be executed cost-effectively on a service-oriented infrastructure in the background. With the available (and varying) computing capacity they can be performed continuously, including “slow business hours” like e.g. overnight time, and are still incessantly adding value for the enterprise. The key point here is the automatic allocation of resources whenever they are available, increasing flexibility and manageability of existing corporate infrastructure.

6. Grid services offer new possibilities for intra- and inter-organizational collaboration regarding the integration, coordination and usage of resources and services. Concerning the inter-

organizational provision of services and resources we need to clearly distinguish between high-level services that realize specific business functions (e.g. the quantification of risk) hiding the underlying grid-based calculations from the end-user and low-level services providing only the necessary computational capabilities. As [GRCB06, 4] point out, especially for small and medium enterprises low level services are generally not satisfactory as these institutions most often lack the expertise necessary to implement complete RRM algorithms. Nevertheless we argue that in the financial services industry there is room for both approaches: For large financial services corporations that face fluctuating demand for computing capacity as discussed above, it may be interesting to contract additional computing capacity (on demand) from an external provider. Standardized solutions are not appropriate in this case as these institutions precisely try to get a competitive advantage on financial markets by applying proprietary methods and algorithms. Providers like SUN already offer the possibility to use their grid network to run resource intensive calculations on a pay-per-use basis. On the other hand small and medium enterprises demand for standardized high-level services in the area of portfolio management and risk quantification. Financial software or data suppliers like Reuters, Bloomberg and RiskMetrics already offer internet-based services e.g. for the calculation of portfolio risk, see for instance [Risk06]. Summarizing, we can state that service-oriented computing provides a highly suitable basis for the implementation of corporate RRM services. Exploiting the characteristic properties of grid services (like virtualized hardware at geographically distinct locations) an enterprise can benefit from more efficient risk/return calculations.

## **4 The Covariance Estimation Service**

As pointed out above, covariances are an essential prerequisite for all kinds of financial risk calculations. In the following section we will consider a covariance estimation service that provides its user transparently with up-to-date covariance data for the relevant investment universe and propose an economic model for the quantification of benefits and costs that can be attributed to this service.

### **4.1 Economic Value of a Covariance Estimation Service**

We consider an enterprise that frequently recalculates its risk position and therefore employs a service responsible for the estimation of covariance matrices. To this end we assume that the



only purpose of covariance estimation is risk quantification. Thus the service's economic value can be directly derived from the benefits of risk quantification alone. We perceive the enterprise as the weighted "sum" of its investment objects, i.e. its overall risk position is expressed as the portfolio risk, measured by the variance  $\sigma^2$  of portfolio returns. We can calculate portfolio risk, resulting from  $n$  investment objects (numbered from 1 to  $n$ ), using the covariance matrix, as  $\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Cov_{ij}$  with  $Cov_{ij}$  denoting denoting the weighted covariance between investment objects  $i$  and  $j$ .

Since the enterprise is acting in an uncertain and dynamic environment its risk position is changing willingly (by making investment decisions) or unwillingly (by "movement" of the underlying markets). Because the estimation of covariance matrices is time-consuming, the covariances at hand are always significantly outdated and therefore the variance calculated from the covariance matrix does not reflect the current risk position. We are in the following recurring to the fact that enterprises are adjusting their risk position to a value somewhere below a certain threshold thus constituting a "safety margin" (in the regulatory context often also called "haircut", see e.g. [Base04, 29]). They are doing so by using the capital allocation between risky and risk-free investment objects for balancing their overall risk position.<sup>3</sup> Our basic modelling approach is in the following: whenever covariances are available the safety margin can be adjusted immediately in a way that the resulting (and over time changing) overall risk position of the enterprise with high probability does not exceed the given risk limit at any time.

The estimation of one covariance matrix is assumed to take exactly  $T$  periods. The estimation of a new covariance matrix begins immediately after finishing the previous matrix, thus the service can provide a complete covariance matrix every  $kT$  periods ( $k \in \{1,2,3,\dots\}$ ). According to [BFHH05, 7], the benefits  $B$  of risk quantification subject to  $T$  can then be calculated as<sup>4</sup>

$$B(T) = \left( i + \frac{\bar{\sigma}(\mu - i)}{q_\alpha \sigma_\sigma \sqrt{2T}} \right) \cdot K \quad (1)$$

The parameters of the model are defined as follows.  $K > 0$  denotes the enterprise's total capital that is always completely allocated to a portfolio containing risky investment objects and/or a risk-free alternative. The portion of the enterprise's capital allocated to the risky portfolio yields

---

<sup>3</sup> At this point it is important to understand that the model presented here is not addressing the evaluation of the efficient set of investment objects or portfolio optimization (both problems also require the calculation of covariances), but the aggregation and management of the risk position of an enterprise.

<sup>4</sup> This text contains a shortened version of our model. The complete exposition including the assumptions of the model can be found in the working paper [BFHH05, 7] of the same authors.

the expected return  $\mu$ , whereas the risk-free investment pays the time-invariant risk-free interest rate  $i$ . As we assume that always  $\mu > i > 0$ , the enterprise would fully allocate its capital to risky investment objects. Yet the enterprise is required to abide by the given risk limit  $\bar{\sigma} > 0$  and therefore needs to invest a certain share of the available capital into the risk-free alternative, depending on the intended safety margin. The safety margin itself is not modelled explicitly as a separate parameter, but results from the volatility of portfolio risk (denoted as  $\sigma_\sigma$ ) and additionally from the frequency of the estimation, as higher frequency implies a more accurate determination of the current risk position. Consequently, the faster covariance estimations are accomplished (reflected by a smaller  $T$ ), the smaller the safety margin can be, the less capital needs to be invested into the risk-free alternative and, ultimately, the higher are the overall benefits of the enterprise.

#### **4.2 Value Proposition for the Covariance Estimation Service**

We can now analyze our model with respect to the value proposition developed in section 3 and confine our findings for the special case of covariance matrix estimations. The first value proposition we identified was the possibility to generate additional value by accelerating RRM calculations because high-end computing capabilities are available for relatively moderate cost. It is difficult to quantify costs of our grid service. They may comprise (varying) costs of physical resources as well as costs for the implementation, management and maintenance of the service itself, including e.g. user support by business experts. In the following we are only considering computational resources as a cost driver, thus leaving the (end-user) perspective of a coarse granular service. More precisely, we assume costs to be proportional subject to the computing capacity needed for the estimation, reflected by a factor price  $p$ . Additionally, we restrict ourselves to the consideration of the time needed for computation, neglecting e.g. latency or transmission times. It is reasonable to assume that the so defined costs are moderate compared to server-based computing: In the case of covariance estimations the corresponding computations can be distributed on several resources, as all pair wise covariances can be calculated independently from each other. Efficiency losses are low and cost advantages actually take effect, as a number of low cost standardized components can provide the same capacity for covariance calculations than an expensive “traditional” server. Moreover, higher utilization levels can be expected due to on-demand allocation of resources. To analyze the effect of a decrease in costs on the overall benefits we first consider the functional relationship between  $T$  and the comput-

ing capacity  $z > 0$  necessary to complete the covariance matrix within the time frame  $T$ . With  $n(n+1)/2$  covariances and  $w$  denoting the workload per covariance we have

$$T(z) = \left( \frac{n(n+1)w}{2z} \right). \quad (2)$$

A larger  $z$  results in a smaller calculation time frame  $T$  which in turn leads to increasing benefits. Together with the cost side, expressed by  $pz$ , we can formulate the objective function  $Z$  (with decision variable  $z$ ) as the difference of benefits and costs on the basis of equations (1) and (2) as<sup>5</sup>

$$Z(z) := Ki + \frac{K\bar{\sigma}(\mu - i)\sqrt{z}}{q_\alpha \sigma_\sigma \sqrt{n(n+1)w}} - pz \rightarrow \max! \quad (3)$$

Applying the standard optimization procedure (i.e. solving  $Z'(z) = 0$  for  $z$ ) delivers as a distinct solution

$$z^* = \frac{K^2(\mu - i)^2 \bar{\sigma}^2}{4n(n+1)p^2 w q_\alpha^2 \sigma_\sigma^2} \quad (4)$$

Since  $Z''(z) < 0 \forall z$ , the so defined  $z^*$  is a global maximum of the objective function. It also determines – using equation (2) – the corresponding time frame  $T^*$  our service should comply with. Lower costs in equation (4) are reflected by a smaller price  $p$  leading to an increasing optimal capacity  $z^*$  and a shorter calculation time  $T^*$ . Thus it is economically reasonable to allocate more capacity, resulting in increasing overall benefits. More precisely, as the computing capacity depends quadratically on the price  $p$ , even a small decrease of  $p$  has high impact on capacity and calculation time. We therefore expect covariance calculations to be performed more frequently (even real-time), allowing enterprises to better exploit risk limits.

We also observed in section 3 that service-oriented computing is advantageous concerning the processing of high data volumes. This constitutes an important aspect in the case of covariance matrices as well: First, the number of input values for the calculation is substantial as pointed out in section 2. Second, these values are usually distributed within the enterprise, e.g. geographically distributed according to different financial markets where, third, necessary market data is often provided by different information providers, e.g. Reuters or Bloomberg. A service-oriented infrastructure based on common standards facilitates the integration of data across or-

---

<sup>5</sup> The objective function is the result of an analytically necessary and numerically justifiable approximation (see the working paper [BFHH05, 7] for a complete deduction).

ganizational boundaries. Covariances could be calculated independently, e.g. on portfolio level, and then be aggregated as needed.

With our model we can also analyze the effect of changing (market) conditions on the demand for computing capacity (see point 4 and 5 in section 3). As can be observed by equation (4), the demand for computing capacity is influenced by market- or enterprise-specific parameters. For example, the more capital the enterprise has to its disposal the more (in absolute terms) it will invest into risky investment objects. Higher risk exposure in turn increases the importance of RRM which is correctly reflected by a larger value for  $z^*$ . The same argumentation holds when the enterprise faces a higher risk limit  $\bar{\sigma}$ . In this case it should allocate more resources to RRM applications, which is consistently leading to an increasing  $z^*$  in our model. Eventually, when the risk premium ( $\mu-i$ ) rises, investing into risky objects becomes more attractive and profitable, resulting in a larger share of risky capital. In order to manage the consequently more voluminous portfolio our model proposes that additional computing capacity is necessary. In contrast to server-based concepts where resource allocation is fixed (at least for a certain time interval), with service-oriented computing resource allocation can be adjusted dynamically, realizing an optimal allocation at any point in time.

Regarding the possibility of service-oriented infrastructures to provide services across organizational boundaries we argued in section 3, that especially standardized services in the area of risk quantification are well suited. Accordingly we envision a covariance estimation service that can be accessed via a service-oriented environment. As observed by [GRCB06, 8] for the manufacturing industry, such a service-oriented environment needs to fulfill several other requirements, e.g. regarding security, accounting and billing or end-user access.

### 4.3 Model Application

One important characteristic of service-oriented computing is the possibility to share services and resources within and across organizational boundaries. Especially for resource sharing, grid computing concepts propose the application of market mechanisms to ensure an efficient allocation of available resources, see e.g. [WPBB01; BAGS02]. Yet a direct mapping of complex services to resources is not reasonable, as service consumers in general do not have concrete knowledge of the resources necessary to solve the problem at hand. To this end, [ENRS06, 44] propose a two-tiered market. The set of services, together with means for provisioning and pricing, constitute the “service market”. At the same time services demand for different kinds of

resources, which are provided on the corresponding “resource market”. Basic services are responsible for purchasing resources on the resource market.

This is an important application of economic models like the one we described here because for the pricing of services as well as for resource allocation it is necessary to quantify the economic value associated with service and resource consumption. In fact our model perfectly fits in this scenario: Covariance estimation can be regarded as a basic service whose benefits are derived when it is deployed for risk quantification, which may in turn be accomplished by a complex service. On the other hand the covariance estimation service needs to seize physical resources on the resource market to perform its calculations. Here, the model can be employed for resource allocation issues on the resource market. Regarding the pricing of a covariance estimation service it delivers the economic value of covariance estimations depending on the calculation frequency. This can be considered as a quality attribute of the service being the subject of service level contracts. For instance, when the service is provided externally, a concrete calculation time may be contracted. Considering the benefits as an upper bound (an enterprise would not pay more than its benefits), the price of the service is set depending on this calculation time.

## **5 Conclusion**

In this paper we addressed two research questions concerning service-oriented computing and its applications in the field of RRM. First, we argued why complex and resource-intensive RRM calculations are highly suitable to be performed on service-oriented infrastructures: Their specific properties and structure from our perspective almost ideally match with service-oriented infrastructure. We identified a set of potential services off the beaten track, like e.g. the estimation of covariances, to illustrate this close relationship. Second, we provided a model addressing the economic aspects of service-oriented computing.

We moreover argued that our model can be applied in a market-oriented scenario where benefits and costs have to be evaluated. In fact, this in our opinion constitutes a prerequisite for the further development of adequate market-oriented approaches. For instance, auction mechanisms appear to be well-suited to ensure an economically efficient allocation of services and resources on the respective markets [ENRS06, 44]. We are currently working on the transformation of the model results for representing the valuation attributed to covariance estimation by market participants using a bidding language. Thereby we enable the regulation of access to services and

resources depending on the individual priority, measured by the reservation price, ascribed by the service consumer, see [NeHO06, 2007]. Apart from such market-oriented approaches there are open issues that need to be considered. With the exemplary list of services established in this text we intend to foster the development of service-oriented computing in the domain of RRM. Future work is planned to provide the proof-of-concept for basic services (parameter estimation or simulation) as well as for more complex RRM services. Here, problems concerning the technical implementation or security issues still need to be addressed. Additionally, economic effects and new business models resulting from the adoption of service-oriented computing in the area of RRM need to be analyzed. The availability of business applications, e.g. for RRM, is a critical success factor for the wide adoption and further development of service-oriented computing. From our perspective, there is plenty of room for further research in this new area, intertwining some of the most interesting ideas at the intersection of information systems and business domains.

## References

- [Abba04] Abbas, Ahmar: Grid Computing: A Practical Guide to Technology and Applications. Charles River Media, Hingham 2004.
- [Alex96] Carol Alexander: Volatility and Correlation Forecasting. In: Carol Alexander (Hrsg.): The Handbook of Risk Management and Analysis. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex 1996, S. 233-260.
- [Base04] Basel Committee on Banking Supervision: International convergence of capital measurement and capital standards. [http://www.riskglossary.com/articles/basle\\_committee.htm](http://www.riskglossary.com/articles/basle_committee.htm), 2005, accessed on: 2006-10-11.
- [BeFH03] Berman, Fran; Fox, Geoffrey C.; Hey Anthony J. G. (Hrsg.): Grid Computing; making the global infrastructure a reality. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex 2003.
- [BFHH05] Buhl, Hans U.; Fridgen, Gilbert; Hackenbroch, Wolfgang; Henneberger, Matthias: An Economic Model for the Allocation of Grid Resources to Risk/Return Management. <http://www.wi-if.de>, 2005, accessed on: 2006-10-11.

- [BAGS02] Buyya, Rajkumar; Abramson, David; Giddy, Jonathan; Stockinger, Heinz: Economic Models for Resource Management and Scheduling in Grid Computing. In: The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience 14 (2002) Special Issue on Grid Computing Environments, S. 1507-1542.
- [Doda06] Dodani, Mahesh: SOA in an enterprise architecture. <http://www-5.ibm.com/ch/events/soaas/>, 2006, accessed on: 2006-10-11.
- [DJMZ05] Dostal, Wolfgang; Jeckle, Mario; Melzer, Ingo; Zengler, Barbara: Serviceorientierte Architekturen mit Web Services. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 2005.
- [DuPa97] Duffie, Darrel; Pan, Jun: An overview of value at risk. In: Journal of Derivatives (1997) 4 S. 7-49.
- [ElGr72] Elton, Edwin J.; Gruber, Martin J.: Earnings Estimates and the Accuracy of Expectational Data. In: Management Science 18 (1972) 8, S. B409-B424.
- [Engl00] Engle, Robert F.: The Econometrics of Ultra High Frequency Data. In: Econometrica 68 (2000) 1, S. 1-22.
- [ENRS06] Eymann, Torsten; Neumann, Dirk; Reinicke, Michael; Schnizler, Björn; Streitberger, Werner; Veit, Daniel: On the Design of a Two-Tiered Grid Market Structure. In: Lehner, Franz; Nösekabel, Holger; Kleinschmidt, Peter (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006 – Creating and Improving Business with Information Technology. Passau 2006, S. 41-52.
- [FoKe98] Foster, Ian; Kesselman, Carl (Hrsg.): The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco 1998.
- [FoKT01] Foster, Ian; Kesselman, Carl; Tuecke, Steven: The Anatomy of the Grid – Enabling Scalable Virtual Organizations. In: International Journal of High Performance Computing Applications 15 (2001) 3, S. 220-222.
- [Frie03] Friedman, Matthew: Grid Computing: accelerating the search for revenue and profit for Financial Markets. In: Building an Edge (2003), S. 143-145.

- [Gru06] Grauer, Manfred: IT aus der Steckdose und Wirtschaftsinformatik. In: Wirtschaftsinformatik 48 (2001) 1, S. 71-72.
- [GRCB06] Grauer, Manfred; Reichwald, Julian; Christian, Dennis; Barth, Thomas: The potential of service oriented computing for small and medium enterprises – analysis of value chains. In: Lehner, Franz; Nösekabel, Holger; Kleinschmidt, Peter (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006 – Creating and Improving Business with Information Technology. Passau 2006.
- [HuWh98] Hull, John; White, Alan: Incorporating Volatility Updating into the historical Simulation Method for Value-at-Risk. In: Journal of Risk 1 (1998) 1, S. 5-19.
- [Kupi95] Kupiec, Paul H.: Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Management Models. In: Journal of Derivatives 3 (1995), S. 73-84.
- [Long04] Longworth, David: Grid lock-in on route to SOA. <http://www.looselycoupled.com/stories/2004/grid-lock-infr0831.html>, 2004, accessed on: 2006-07-21.
- [Midd04] Middlemiss, Jim: Gearing up for Grid. <http://www.wallstreetandtech.com/showArticle.jhtml?articleID=17603501>, 2004, accessed on: 2006-10-11.
- [NeHO06] Neumann, Dirk; Holtmann, Carsten; Orwat, Carsten: Grid-Economics. In: Wirtschaftsinformatik 48 (2006) 3, S. 206-209.
- [Risk06] RiskMetrics Group: Managed Services. <http://www.riskmetrics.com>, 2006, accessed on: 2006-07-21.
- [Schi97] Schierenbeck Henner: Ertragsorientiertes Bankmanagement – Risiko-Controlling und Bilanzstruktur-Management. 5. Aufl., Gabler, Wiesbaden 1997.
- [Völk01] Völker, Jörg: Value-at-Risk-Modelle in Banken. Berlin Verlag, Berlin 2001.
- [WPBB01] Wolski, Rich; Plank, James S.; Brevik, John; Bryan, Todd: Analyzing Market-Based Resource Allocation Strategies for the Computational Grid. In: International Journal of High Performance Computing Applications 15 (2001) 3, S. 258-281.



# Native Code Security for Java Grid Services

Thomas Frieze

Siemens AG, Corporate Technology, Information and Communications,  
Otto-Hahn-Ring 6, D-81539 Munich, Germany  
E-Mail: th.frieze@siemens.com

Matthew Smith, Bernd Freisleben

Dept. of Mathematics and Computer Science,  
University of Marburg, D-35032 Marburg, Germany  
E-Mail: {matthew, freisleb}@informatik.uni-marburg.de

## Abstract

In modern on demand grid computing scenarios, services from different organisations will potentially run on the same web service engine of a grid node. Secure isolation of data and code of different service instances is a vital requirement in such an environment, since mutual trust cannot be assumed between all involved parties. For Java based Grid applications the Java virtual machine offers sandboxing facilities, however the common occurrence of native code (e.g. C/C++, Fortran) in business and scientific Grid applications leads to a number of security issues which are not handled by the basic Java security mechanisms. In this paper, we analyze the threat scenarios that emanate from native code in a service-oriented Grid scenario. A novel security architecture is presented, which enables a fine grained confinement of native components of Grid applications into a secure environment for protecting the hosting system as well as other service instances. Although our work focuses on Grid services, it is also relevant for any hosting scenario in which multiple web services using native code components are deployed in the same service container.

## 1 Introduction

The service-oriented architecture (SOA) and especially the web service paradigm have been adopted in various fields of distributed systems development. With the advent of the service-oriented Grid computing paradigm (i.e. the Web Service Resource Framework - WSRF), the

web service standards have also been applied in the field of scientific and high performance computing, extending their adoption beyond the fields of enterprise application integration or general business computing.

Java based web service containers have been widely accepted for the provisioning of web services. Services become small self-contained units in this scenario. They encapsulate the business logic represented in the web service, the services use the infrastructure services provided by the service container in which they are deployed.

In previous work [1] the concept of an ad hoc Grid as a possible environment for on demand computing was introduced. A solution to the problem of hot service deployment, which is one of the basic requirements for such a flexible Grid computing environment [2] was presented. The fact that services can be deployed to a number of nodes and migrate freely between them during an applications lifecycle leads to a number of security issues that need to be dealt with. The security domain is divided in two parts related to pure Java implementations of Grid services and non-Java native code.

Current work on security issues in WSRF focuses on the enforcement of access restrictions and protection of message exchanges in transit. Implementations of the WSRF specifications do not address issues concerning intra-engine service security, since providing such mechanisms is not enforced or encouraged. Therefore, it is possible for various service implementations to directly access each other through simple method calls, bypassing the service security mechanisms established for access control. Our work on hot service deployment raised some of the security issues and attack scenarios that we have addressed and solved for pure Java services [3].

Apart from the Java based implementation of web service containers, the .NET environment offers the functionality to provide web services. For service-oriented Grid computing, the dominant middleware frameworks (e.g. Globus Toolkit 4 and Unicore GS) have chosen Java based implementations. Thus, in this paper we focus on a Java based solution.

Many business and scientific applications in Grid computing are based on legacy code bases which cannot be ported to Java for cost and efficiency reasons. The existing legacy solutions are usually wrapped with Java Grid service implementations to make them available to the service-oriented Grid environment. This creates a major security problem since the native code cannot be constrained by the standard Java security facilities.

In this paper, we analyze the threat model induced to the service-oriented Grid by native legacy code and present a solution for imposing fine grained security enforcement on such native

service components. Our solution allows to host different Grid services containing native code in the same hosting environment while ensuring that integrity of the hosting environment cannot be damaged by individual services; the services are kept in 'compartments', such that a service cannot attack another service. The proposed security mechanisms increase the resilience of the service hosting environment against both malicious attacks and erroneous code. Thus, our proposal paves the way for large scale hosting of Grid or web services in commercial scenarios. The paper is organized as follows. Section 2 presents the threats associated with native code in a Grid service environment. Section 3 discusses related work. Section 4 presents our approach to native code security. The changes required by our security approach to the development, deployment and execution of services are described in section 5. Section 6 presents the evaluation of our approach. Section 7 concludes the paper and outlines areas for future research.

## ***2 Analysis of the Native Code Threat Model***

For our threat analysis we consider a shared service hosting environment. The service-oriented ad hoc Grid is such an environment with the most demanding security requirements, since it allows the deployment of foreign services into a running service container. Threats may also arise in more statically configured Grid environments or even web service hosting scenarios. In both cases, a single service container can be used to host more than one service.

The focus of our investigation are the security threats arising from the native code contained within Grid or web services that are deployed into a Java based web service hosting environment. Security threats in the shared hosting environment arise from direct access to the underlying system or direct access to other service instances running in the hosting environment, that cannot be limited by Java security managers or sandboxing.

We distinguish between two types of attacks, the first focusing on data managed by the hosting environment or the other services, and the second one abusing other system resources, for instance network bandwidth or CPU cycles. Examples for each of the resulting attack scenarios are presented in the following:

- **Data attack against hosting environment:** A malicious native service may be used to extract or alter security critical data from the underlying operating system or hosting environment such as the system password files, certificate files or service container configuration. In a common Grid environment, the native part of a service is executed with the user rights of the hosting environment, enabling the malicious service to read the configuration of the hosting

container, and in many cases even allowing the alteration of configuration files (such as the container authorization lists).

- Data attack against other services: A malicious native service may be used to read temporary data or results produced by other services as well as input data used by those other services. If, for example, a pharmaceutical company uses a Grid node for computations in the design phase of a new drug, a competitor may deploy a malicious service that extracts the experimental data used as input of the computation or the resulting outputs.
- Resource attack against hosting environment: A malicious native service may implement a spam bot that is used to send unsolicited bulk emails from the Grid service hosting network node. A number of denial of service attacks also fall into this category. By using native code, an attacker can cause the underlying operating system or hosting environment to crash, evading type safety mechanisms and sandbox constraints of a pure Java environment, effectively performing an internal denial of service attack on the service host.
- Resource attack against other services: A malicious native code may invoke methods from other services directly or use software licenses for 3rd party software that belongs to other service instances.
- Both of the resource attacks can be subdivided into illegal access to resources and denial of service against the local system through excessive resource consumption. Note that participation in a distributed denial of service attack counts as illegal resource access since the host is only used to harm other systems by illegally using the network interface, whereas recursively starting new threads is a denial of service attack against the hosting system.

### **3 Related Work**

Different mechanisms for the protection of UNIX like operating systems such as Linux or FreeBSD, OpenBSD and NetBSD with respect to untrusted applications have been proposed. A very popular mechanism is the virtualization of the entire hardware, allowing a guest operating system to run in a virtual machine environment created by the host operating systems. Such virtual machine systems include Usermode Linux [4] or Xen [5]. The latter system has seen a great increase in popularity for the small performance overhead caused by its virtualisation technology.

Chroot confines file system access of a process run in the chroot environment to a different base in the file system. Some well known mechanisms exist for processes to break out of the chroot

environment and access files outside of this chroot jail. Those vulnerabilities have been addressed by the BSD implementation of the jail system call. Jails partition a BSD environment into isolation areas. A jail guarantees that every process placed in it will stay in the jail as well as all of its descendant processes. The ability to manipulate system resources and perform privileged operations is limited by the jail environment. The accessible file name space is confined in the style of chroot (i.e. access is restricted to a configurable new root for the file system in the jail). Each jail is bound to use a single IP address for outgoing and incoming connections, it is also possible to control what network services a process within a jail may offer. Certain network operations associated with privileged calls are disabled to circumvent IP spoofing or generation of disruptive traffic. The ability to interact with other processes is limited to other processes in the same jail.

Systrace [6] has become a popular mechanism for call restriction as well as privilege elevation on a fine grained scale without the need for running entire processes in a privileged context namely in OpenBSD and NetBSD with ports being available for Linux and FreeBSD as well. It uses system call interposition to enforce security policies for processes run under the control of systrace. Systrace is implemented in two parts, an addition to the kernel that intercepts system calls, comparing them to a kernel level policy map, disabling the call if a negative entry or no entry at all is present. The kernel level implementation is assisted by a user-level part that reads and interpretes policy specifications to hand them to the kernel level policy map, report policy enforcement decisions to the user applications and even call GUI applications for interactive generation of policies.

Janus [7] is one of the first system call interception tools. It uses the ptrace and /proc mechanisms which are claimed not to be a suitable interface for system call interception, since for example race conditions in the interface allow an adversary to completely escape the sandbox [8]. Janus has evolved to use a hybrid approach similar to systrace to get direct control of system call processing in the operating system [9].

The ability to set the effective user id of CGI programs to another user than the user id the calling web server runs under was introduced as the suEXEC capability in Apache 1.2 [10]. Our approach also offers the possibility of using setuid on the native processes, in addition other more fine grained access restriction methods may be used in a mixed Java and native code environment.

Emerging proposals for isolation of different Java threads in the same JVM address security

threats arising from the sharing of a single JVM between different applications [11]. An approach to implement such a shared JVM is actively pursued by Sun microsystems in the form of the multitasking virtual machine (MVM) [12]. While MVM offers mapping of isolated Java threads to operating system processes, only a prototypical implementation for Sparc Solaris has recently been published and would require the availability of the MVM for the hosting system and a switch to this new JVM. Porting a service hosting environment like the Globus Toolkit and Tomcat to the new VM requires substantial efforts to changes those systems [13].

The possibility to decouple native processes from the process space of the Java virtual machine has been investigated in [14] in order to achieve better robustness of Java applications relying on native methods, not to enhance security of a shared Java environment or the underlying operating system. Systems like the Entropia Virtual Machine for Desktop Grids [15] or GridBox [16] propose the application of virtualisation and sandboxing technologies to achieve security for native Grid applications. They can only isolate entire native applications. Applied to the scenario of Java Grid services relying on native components, they cannot provide isolation of different services inside a single JVM.

#### ***4 An Approach to Native Code Security***

Our security architecture addresses countermeasures for attacks stemming from native code used in Grid or web services, that fall into the different classes described in section 2. The technique used is process separation and confinement into secure sandboxes in order to allow for a flexible and fine grained definition of execution policies in an open multiple service environment. Our requirement does not require multiple instantiation of the JVM for isolation of different services, it is also independent of the JVM implementation allowing any JVM to be used to run the Grid or web service hosting environment.

The sandbox for Java classes within the JVM is defined by a security manager. Based on a given policy, the security manager controls access of Java classes to certain resources such as the file system or network interfaces. The Java security manager can block file system access for pure Java classes that must use the File classes of the Java IO packages for file system access. From an operating system perspective, all file accesses from the JVM is performed with the user rights of the owner of the JVM process. Child processes for native code also inherit the user ID of the JVM process. While a fine-grained and policy based restriction of resource access is possible for pure Java code by means of a custom security manager, this restriction of rights is impossible for native parts of a service. The JVM cannot keep the code from opening file handles with the permissions inherited from the JVM process.

Java offers two possible ways of using native code. The first is the creation of a new child process using `Runtime.exec` or `ProcessBuilder.start`, the second is the direct invocation of native method implementations through the Java Native Interface (JNI) [17]. The only means of protection against malicious native code in the standard Java language is the use of a security manager and a policy that prohibits execution of native code as a child process or loading of shared libraries (`System.load`, `System.loadLibrary`). This is not desirable in an environment like the service-oriented Grid, where reliance on native implementations can be expected to occur frequently.

#### **4.1 Confinement of JNI Bound Implementations**

The Java Native Interface specification defines the interface between the JVM and native methods implemented in C/C++. It enables invocation of native method implementations from Java classes and callbacks to Java methods from the native code. The JNI specifies a mapping from names of Java methods declared as native to C/C++ method names as well as mappings between Java types and native types. A sample method native `int intTest(int i);` in the class `test.A` would be mapped to the native method: `Java_test_A_intTest`. The first two arguments of this method are used to pass pointers to the JNI interface and the objects self-reference (`this`) to the native implementation. Followed by other parameters defined in the Java class for the native method.

The JNI interface is organized like a C++ virtual function table. It is passed by reference to the native implementation and managed by the JVM per thread (i.e. a native method may be invoked from different threads and therefore receive different JNI interface pointers, invocations from the same thread are guaranteed to pass along the same pointer). The structure itself contains a reference to an array of function pointers to implementations of the JNI interface methods. Besides passing an invocation result with return, the native method must use those JNI interface functions for access to any method or field in Java classes and objects managed by the JVM. The native methods are compiled into shared libraries and Java code using native implementations loads those shared libraries using `System.loadLibrary`. Native code is then executed in the process space of the JVM which leads to the serious threats described before. The native code cannot be further constrained on a fine grained per-service level, only confinement based on the JVM process owner is possible. Figure 1 shows the relationship and confinement area using a standard approach for interfacing with the native code through the JNI.

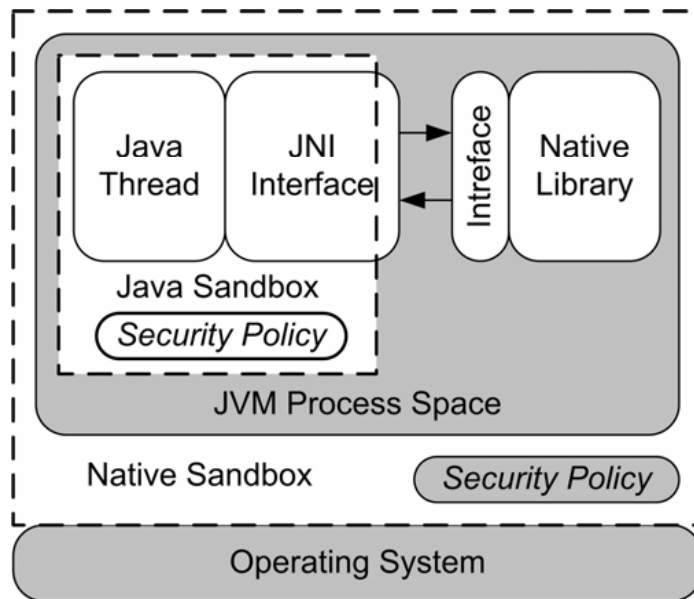


Figure 1: Standard access to native code through the JNI interface.

As a solution to this problem we propose the decoupling of the process spaces by use of an automatically generated transparent proxy intercepting all calls to the native implementation shown in figure 2. The native component of the service is replaced by a generated proxy that exposes exactly the interface of the original component. This proxy now receives all the calls to the native methods from the JVM. Such a call is passed on to the original native implementation that is instantiated in a different process than the JVM and managed by a process server. We refer to the wrapped and sandboxed native process as the I-Process. Creation of the I-Processes for the Java based Grid service hosting environment is managed by a custom process manager. The process server acts like the JVM to the native method implementations, it passes a reference to an altered JNI interface implementation to the original native code. Every reference to the JVM from the original native code is thereby intercepted by the custom JNI interface implementation. The transparent proxy and the process server communicate by means of standard IPC or RPC mechanisms, depending on the security and functionality requirements.



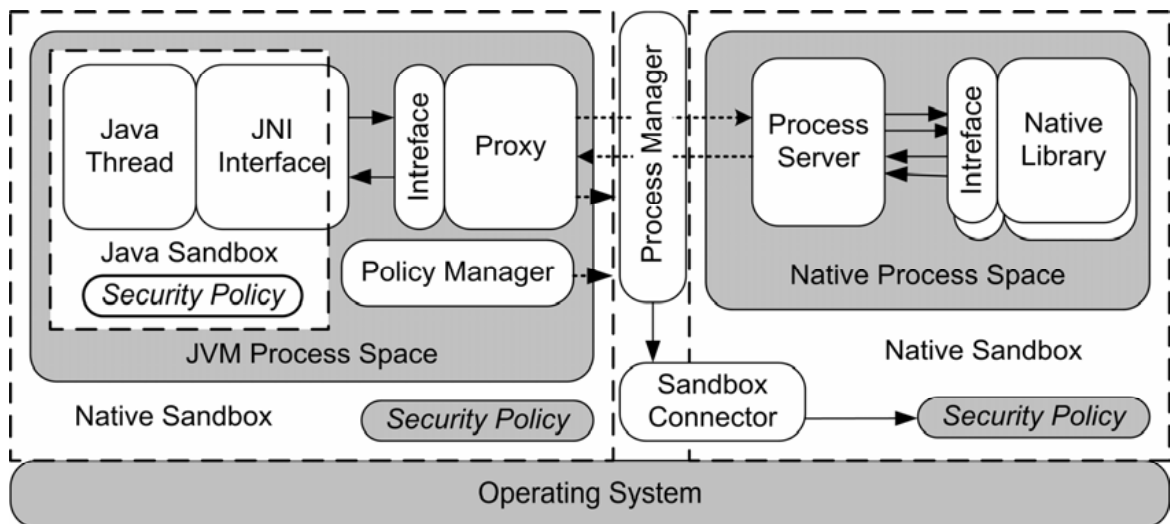


Figure 2: Decoupled process spaces for JNI attached native code, enabling secure isolation of native code.

## 4.2 Confinement of Execute Requests

In the previous section, native code was called via the JNI interface. A second possibility to execute native code from Java is to use the Java Runtime class to create a new shell environment where the native code is then run. The Runtime class uses the ProcessBuilder to create a new shell. The ProcessBuilder itself uses a statically linked JNI native create method to create the operating system shell. Unfortunately the proxy approach cannot be utilized in this case since the create method is integrated into the JVM. It is, however, possible to offer a custom ProcessBuilder which can sandbox a newly created shell on behalf of a service. This feature is currently not implemented in our proof-of-concept solution. To deal with this security issue in the meantime, we use the Java SecurityManager to forbid the ProcessBuilder to create new shells, thus restricting native code to be run via JNI.

## 4.3 Policy and Process Instance Management

In previous work [3], we have proposed a solution to intra-engine service security confining services or groups of services by use of a dedicated Java class loader. We extend this grouping scheme to the native parts of services, allowing the creation of sandboxes for I-Processes per service (or group). The hosting provider can attach a security policy to the service (group) that restricts resource access to the underlying operating system for all I-Processes created by services within this group. All processes started for services within the same service group also share the native sandbox. To be able to securely group different services, our solution to grouping Java services already provides an access control mechanism. A public-private-key pair is generated for a each newly created group. This key is obtained by the group owner (i.e. the creator of the group) who uses the private key to sign service archives containing the service

implementation (GAR files for the Globus environment). If the service implementation is signed using the correct private key, it is admitted to join the service group.

When a Java thread requests access to a native method, the transparent proxy implementation of this method will first of all check whether an I-Process has already been created for the Java thread. If a new I-Process has to be created for the current invocation, the group ID of the service is determined from the service class loader or its parent group class loader. This information can then be used to obtain the security policy that was specified for the service group by the hosting provider from the policy manager. This policy is passed along with the thread ID to the process manager that in turn creates either a new sandbox and an I-Process for the Java thread or only a new I-Process within an existing sandbox for the service group.

Creation of the sandbox environment is delegated to a sandbox connector. This component allows our isolation environment to be implemented for different underlying operating systems or different sandboxing techniques. It handles initial setup of the sandbox, inclusion of all necessary dependencies for a native library, installation and possible mediation of policies. The process manager also uses the sandbox connector for creation of new I-Processes as child processes of the sandbox connector, when such a new I-Process is requested by a Java thread calling into the transparent proxy. The hosting provider can specify the sandbox connector to use along with an access policy for a service group. Attachment of a security and sandbox policy to a service group may happen based on the user ID of the user that initially created the service group. Users may also be grouped allowing the application of a default policy to all service groups created by deployment of services by unknown users.

The Web Service Resource Framework introduces the notion of a so called Web Service Resource (WS-Resource) into the web service framework. A WS-Resource is the combination of a stateless web service and a state capturing Resource Property Document. A client receives a resource address upon creation of a WS-Resource for later reference in subsequent interactions with the WS-Resource. Service instances may attach to the resource property document in order to change the state data starting off from the current state of the WS-Resource. Isolation of the native service components connected to individual WS-Resource instances from each other would require the transparent proxy to identify the WS-Resource corresponding to the Java instance emitting the native call to the transparent proxy. There are many cases that prohibit the identification of the corresponding WS-Resource from the native side if no special precaution has been taken in the original library wrapper.

Such a fine granularity of confinement is only needed if the service implementation is untrusted and there is real concern that the service implementation could be used to exchange data between resource instances created for different users. A solution to this problem is the use of distinct service groups (and the corresponding class loaders) for different instances of the service. In this case, our proposal automatically isolates the I-Processes corresponding to different WS-Resources since they originate from different class loaders.

Our proposed solution can so far protect the hosting environment and other services against data attacks as well as illegal resource access. Depending on the sandbox capabilities, it is also possible for our process manager to monitor resource utilization and constrain e.g. CPU time as well as disk space or network bandwidth used by individual sandboxes. This still allows services to perform denial of service attacks against other service instances running in the same sandbox but leaves the option of shutting down entire sandboxes when they show behaviour that can cause harm to the hosting environment. A problem still remains in effective resource management in the JVM. No widespread solution to the problem of monitoring and managing resource consumption of individual Java threads (belonging to a service instance) is currently available.

#### **4.4 Secure Process Spaces**

A number of different options for the secure execution of native code (i.e. enforcement of access restrictions to the host operating system and isolation of processes against each other) can be used in our architecture. Those approaches have been introduced in section 3. A balanced decision needs to be made between the cost (i.e. instance creation time, computational overhead, increased resource consumption) incurred on the original Java service hosting environment and the strength of security offered by the chosen method. We will now discuss some of the implications of using the different techniques for native code isolation, with the cost and complexity imposed by such systems and the security provided by them.

Dedicated or Virtual Hosts can be used to achieve a very high level of confinement since they add a layer of abstraction for the entire hardware. Instantiation of the native process requires the shared object file to be present in the file system accessible by the new operating system instance that runs the I-Process. While startup times for the guest operating system instances of a virtual host environment can be somewhat leveled by pre-loading a number of guest operating systems that are used on demand, the memory consumption of this method is very high. We therefore favor a more fine grained and lightweight approach to resource virtualization or

compartmentalization of the I-Processes.

Changing the effective user ID of the I-Process provides security based on standard file and resource access control of the operating system. While this method requires no preparation of the sandbox and imposes virtually no performance overhead, it offers only very limited security against exploitable weaknesses in the operating system. A downside of this approach is the need for a pool of user accounts that I-Processes are mapped to by the sandbox manager.

BSD Jails are a way to partition a BSD environment into isolation areas. The jail system call has been developed to explicitly counter well known techniques to escape a similar chroot environment. The overhead created by running a process in a jail is very low. Jailed processes are tagged to belong to a certain jail, the system enforces security by identifying this tag for certain privileged operations, resulting in a very small overhead for only those calls limited by the jail environment.

Systrace offers even more fine grained policy enforcement over processes running under control of systrace. It has become a very popular tool for privilege control for a number of BSD variants. We experienced acceptable performance overhead with a Linux port of systrace. For a first prototypical implementation of the system, we employ a combination of chroot and an extended implementation of systrace as they offer the best balance between overhead and gained level of security. Shared objects and libraries they depend on are either copied mapped by hard linking into the system and can be protected by using systrace to intercept write attempts on the libraries. The (small) memory overhead is limited to the process and sandbox management components.

## ***5 Development, Deployment and Execution***

In this section, we discuss changes that are required by our security approach to the development and deployment process as well as special concerns during the execution of services.

### **5.1 Development**

Using our system does not strictly require changes to the development process of the service containing native components. There is, however, added benefit for service developers and service users in taking a post-development step: specifying a requirement profile for their service. Such a requirement profile can also be derived automatically at deploy time, but specifying the profile beforehand helps the platform to compare requirements against the security policy and determine mismatches that lead to failure of service instantiation or

execution.

The requirement policy can either be specified manually or automatically generated in the following way: Our addition to the hosting environment supports a trace mode that can be used by the developer to install, instantiate and use the newly developed service. The process manager advises the sandbox manager to create the sandbox environment in trace mode that records any resource access of the service instance running inside this sandbox. Since we can assume the developer to trust his or her service implementation, no restrictions are enforced on the service instance. The recorded requirements stemming from a trace run can then be transformed into a generalized requirement profile to be used in the deployment descriptor of the service package. This consolidated policy contains generalizations of libraries that the service depends on, files that the service accessed and network addresses the service connected to. The consolidation operation is used to sort out typical calls that stem from the generated wrappers and standard library handling methods, in order to make the process of customization easy for the developer. Again, the requirement policy does not affect security but performance when searching for a compatible node that can be used to deploy and run the service.

## 5.2 Deployment

Deployment of a service containing native code consists of the following steps:

- Compare the service requirement policy with the security policy specified by the hosting provider (optional)
- Generate a custom transparent proxy for the native components of the service
- Create or join a service group and bind the security policy to the group
- Pre-load secure sandboxes (optional)

These steps must be executed on the target machine since the generated code runs in the privileged hosting environment and as such must not be supplied by the service.

The first step during deployment checks whether the environment into which the service is to be deployed offers sufficient access rights to successfully run the service. Since creating requirement specifications and publishing security policies creates additional costs and is not always required, this step is optional although it is recommended. This allows manual decisions to be made about which machines are suitable. If a service does not specify what requirements it

has, it can be deployed onto any machine, but will fail to execute if any operation is attempted that is not permitted by the secure hosting environment.

Next, for all shared objects a transparent proxy is generated by introspectively analyzing the shared objects to discover which methods contained therein are JNI compliant. Based on this information, the Java classes can be reflectively analyzed to retrieve the method signature since it is not contained in the shared object. From that, a proxy capable of accepting all pre-defined native calls in place of the original shared object is generated. The proxies are registered with the hosting environment to enable run-time monitoring of the sandbox integrity (see section 5.3). This step also includes resolution of dependencies (i.e. identification of other shared objects the service requires to run). These dependencies are recorded and attached as a sandbox descriptor to the transparent proxy.

If it is necessary that different services containing native code interact directly (i.e. not via their Grid service interfaces), the services must be deployed into the same group so they are not separated by a sandbox. The first service creates a group and the hosting environment binds a policy file to the group based on the user id of the service deployer. The service deployer also gets a public/private key pair with which all other services which should be permitted to enter the group are signed. Only properly signed services may enter the group.

The last step of the deployment process prepares the sandbox for operation. This can include the booting of a virtual hosting environment or making certain files accessible inside the sandbox (e.g. include copies or hardlinks of required shared objects in a chroot environment). This step is optional since it uses up system resources and should only be executed if the service requires quick first response times.

The steps required in the development and deployment process are visually summarized in figure 3.

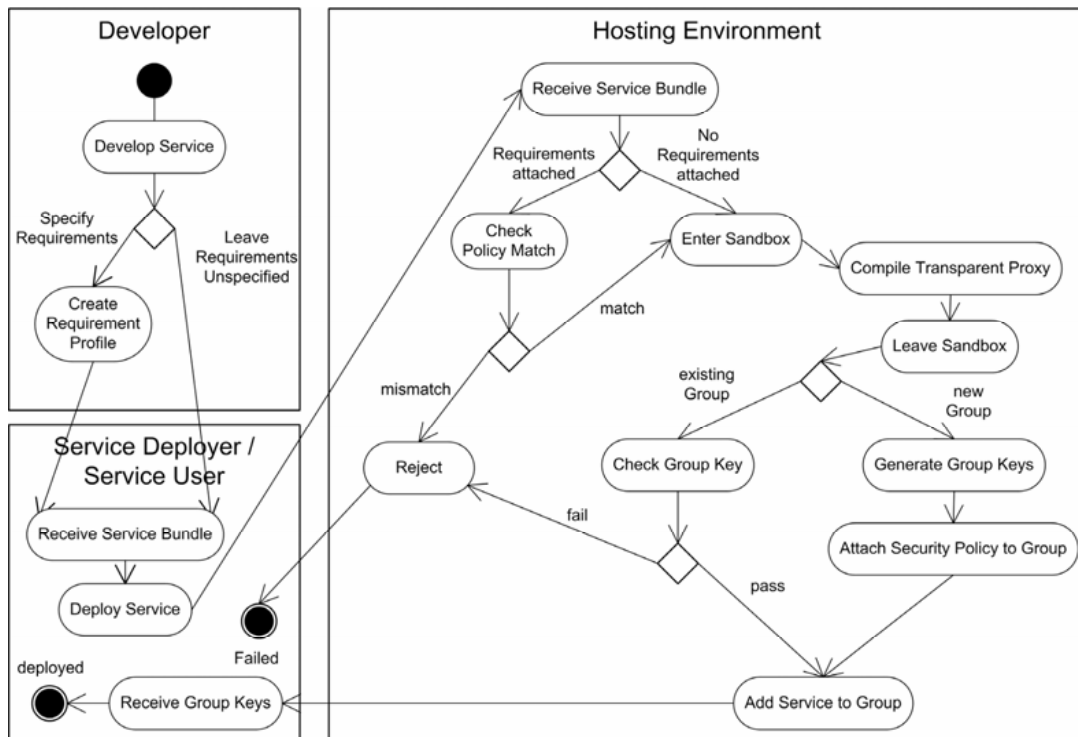


Figure 3: Steps in the development and deployment process. (The service bundle is signed with the group private key for deployment into an existing group.)

### 5.3 Execution

For most services containing native code, the environment is now fully configured and the service is sandboxed. As mentioned above, the proxies responsible for the sandboxing are created through code introspection. This creates the following security risk: If a service contains a shared object in an obfuscated form or generates code on the fly, the introspection process used during deployment will not be able to generate the sandboxing proxies and thus the sandbox would not be safe. To combat this, the Java SecurityManager is extended to check at runtime whether libraries which are to be loaded were processed during deployment and thus the needed proxies were generated. If there is no registered proxy for a given library, it is generated at run-time and substituted for the original shared object. Since only very few legitimate applications require the dynamic generation of code, a warning is sent to the hosting environment informing the administrator that code is being run in the sandbox which did not enter through the deployment process. This code is sandboxed but it should nevertheless be checked by the administrator.

## 6 Evaluation

Two main factors govern the performance of the presented security solution for individual calls to native methods: The overhead imposed by the native sandbox of the operating system and the

overhead imposed by the process dislocation technique that requires local inter process communication.

The cost analysis for native code sandboxing is subject to evaluation by the creators of the various techniques offering a solution in this area and is not covered by the scope of this paper.

In order to obtain an initial result on the performance of the presented solution, the following experiment was conducted to assess the overhead of transparent process dislocation for native code used in a Java service implementation through the JNI. A Java test class was created that uses a native method implemented using C. The absolute time before and after an invocation of the native method in the Java class was measured in a loop of 500 invocations. In the first case, the original native library compiled using gcc 4.0.1 was used. Then, the native library was replaced by a transparent proxy library that used RPC communication to perform method invocation on the original library in a process separate from the JVM. Again, the runtime of the native method invocation in the Java class was measured.

The regular call took 3 microseconds on the average while the call using separate process spaces took 566 microseconds. This increase in time required to perform a native call by a factor of 182 is only acceptable if relatively few native calls are required from the Java code into native libraries. Fortunately this is the normal situation when a Grid service implementation provides a front end to functionality provided by native business or scientific libraries. In this case methods provided by the library are used on a macroscopic level and the service will typically spend substantial amounts of its runtime in the native code alone instead of requiring many native method invocations in the Java implementation.

A benefit of the micro jailing technology lies in the small memory overhead created by the solution. The native process manager and all RPC related components require less than 1 megabyte of main memory. This is a small overhead compared to process isolation by use of dedicated Grid service container instances for different services and users. Using these dedicated Grid service containers, a complete JVM must be instantiated, requiring at least 20 megabytes of memory.

## **7 Conclusions**

In this paper, we have analyzed the threat scenarios that emanate from native code in a service-



oriented ad hoc Grid environment and categorized them into four distinct types: data attack against the hosting environment, data attack against other services, resource attack against the hosting environment and resource attack against other services. To counter those threats, a novel security architecture was presented, which enables confinement of native components of Grid applications into a secure environment. The security framework is based on dynamically created JNI proxies which create a pipe between the secure Java environment and the secure native environment. The security solution is capable of protecting the hosting system as well as services from each other. While our work is focused on the Grid environment, our security solution also offers benefits in a regular shared web service hosting environment.

Future work includes the extension of the policy generation and matching mechanism and further usability tools. A custom ProcessBuilder will be provided to extend the sandboxing capabilities of the system to include `Runtime.exec()` commands as well as JNI calls.

### **Acknowledgements**

This work is supported by the German Ministry of Education and Research (BMBF) (D-Grid Initiative, In-Grid Project)

### **References**

- [1] Smith, M., Friese, T., Freisleben, B.: Towards a Service-Oriented Ad Hoc Grid. In: Proc. of the 3rd International Symposium on Parallel and Distributed Computing, Cork, Ireland (2004) 201–208
- [2] Friese, T., Smith, M., Freisleben, B.: Hot Service Deployment in an Ad Hoc Grid Environment. In: Proc. of the 2nd Int. Conference on Service Oriented Computing, New York, USA, ACM Press (2004) 75–83
- [3] Smith, M., Friese, T., Freisleben, B.: Intra-Engine Service Security for Grids Based on WSRF. In: Proc. of Cluster Computing and Grid, Cardiff, UK (2005)
- [4] Dike, J.: User-Mode Linux. In: Proc. of the 5th Annual Linux Showcase and Conference, Oakland, USA (2001)
- [5] Barham, P., Dragovic, B., Fraser, K., Hand, S., Harris, T., Ho, A., Neugebauer, R., Pratt, I., Warfield, A.: Xen and the Art of Virtualization. In: Proc. of the ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP), Bolton Landing, USA, ACM Press (2003) 164–177
- [6] Provos, N.: Improving Host Security with System Call Policies. In: Proc. of the 12th USENIX Security Symposium, Washington, USA (2003) 257–272
- [7] Goldberg, I., Wagner, D., Thomas, R., Brewer, E.A.: A Secure Environment for Untrusted Helper Applications. In: Proc. of the 6th Usenix Security Symposium. (1996)

- [8] Wagner, D.A.: Janus: an Approach for Confinement of Untrusted Applications. Technical report, CSD-99-1056 (1999)
- [9] Garfinkle, T.: Traps and Pitfalls: Practical Problems in System Call Interposition Based Security Tools. In: Proc. of the ISOC Symposium on Network and Distributed System Security. (2003)
- [10] The Apache Software Foundation: (Apache HTTP Server Documentation: suEXEC) <http://httpd.apache.org/docs/suexec.html>.
- [11] Sun Microsystems, Inc.: Java Specification Request 121: Application Isolation API Specification (2003)
- [12] Czajkowski, G., Daynès, L., Titzer, B.: A Multi-User Virtual Machine. In: Proc. of the USENIX 2003 Annual Technical Conference, San Antonio, USA (2003) 85–98
- [13] Jordan, M., Daynès, L., Czajkowski, G., Jarzab, M., Bryce, C.: Scaling J2EE(TM) Application Servers with the Multi-Tasking Virtual Machine. Technical report, SMLI TR-2004-135, Sun Microsystems Laboratories (2004)
- [14] Czajkowski, G., Daynès, L., Wolczko, M.: Automated and Portable Native Code Isolation. Technical report, 2001-96, Sun Labs (2001)
- [15] Calder, B., Chien, A.A., Wang, J., Yang, D.: The Entropia Virtual Machine for Desktop Grids. In: Proc. of the First ACM/USENIX Conference on Virtual Execution Environments. (2005)
- [16] Dodonov, E., Sousa, J.Q., Guardia, H.C.: GridBox: Securing Hosts from Malicious and Greedy Applications. In: 2nd International Workshop on Middleware for Grid Computing. (2004)
- [17] Sun Microsystems, Inc.: Java Native Interface Specification (2003)

# **A Service-Oriented Grid-Based Infrastructure for Supporting Virtual Prototyping in Manufacturing**

Manfred Grauer, Julian Reichwald and Thomas Barth

Information Systems Institute  
University of Siegen  
57076 Siegen  
{ grauer,reichwald,barth@fb5.uni-siegen.de }

## **Abstract**

Virtual prototyping in manufacturing gains more and more importance, since companies competing in industry noticed the increasing cost pressure alongside higher quality requirements. The utilization of virtual prototyping techniques provides a possibility to reduce the total development costs and the time to market, while simultaneously innovations of both products and processes increase the overall quality of the manufactured parts. The monetary effort and the lack of know-how especially in small and medium sized enterprises which is required to operate such systems lead to a disadvantage in the more and more globalized market. This paper states the problem of supporting virtual prototyping processes in the manufacturing industry and gives a solution approach by utilizing service-oriented architectures and concepts from grid computing. A pilot implementation of the proposed architecture is introduced and evaluated by case studies in various manufacturing domains.

## **1 Introduction**

Companies competing in the manufacturing industry range from small and medium sized enterprises (SMEs) up to global players. They noticed the increasing quality requirements on their products (e.g. allowed tolerances in the product's geometry compared to the specification) alongside the pressure of lowering development and production cost to compete in the market.

Virtual product development, namely the utilization of numerical simulation and optimization techniques, can help to achieve the mentioned business goals. But since the utilization of virtual product development techniques requires dedicated hardware and expensive software systems as well as highly skilled system operators it is nearly unaffordable – especially for SMEs – to efficiently incorporate virtual prototyping in their product research and development. Besides, operating such systems goes far beyond the core competencies of such enterprises and should not be encouraged as an in-house solution.

The grid computing paradigm (s. [BeFH03] or [FoKe04]) has proven to utilize powerful distributed computing and storage resources in different – mainly scientific – scenarios efficiently. Current projects like the Large Hadron Collider Computing Grid [LCG06], dedicated to process and distribute the huge amount of data produced by the Large Hadron Collider which is currently being built at CERN, show the popularity and the acceptance of the approach. Alongside grid computing, service-oriented architectures (SOA) have been of research interest in the past (s. [DJMZ05] or [SiHu05]). The idea of loosely coupling software components while also ensuring a platform-independent and standardized way of communication (e.g. via web services), SOAs are far more flexible than monolithic software systems. Furthermore, process automation can be achieved by utilizing workflow engines which take care of invoking previously specified services in a defined execution order as well as passing necessary arguments to them and receiving their calculation results.

The coupling of service-oriented architectures and grid computing therefore can lead to a highly dynamic approach of interconnecting standardized grid services in an *on-demand* manner, lowering the need (especially for SMEs) to operate costly virtual prototyping resources in-house, but enabling them to access such resources whenever needed (s. [www.migrad.de](http://www.migrad.de)). The effect is a reduction of the total cost of ownership for both IT infrastructure as well as employment costs for the required specialists and a quality improvement for products and manufacturing processes.

This paper is organized as follows: In the next chapter, the process of simulation-based optimization in manufacturing as a basis for virtual prototyping is stated and the problems in supporting such processes adequately by IT systems are figured out. Afterwards, a solution approach based on service-oriented architectures and concepts from grid computing is given and the necessary services for the process support are identified. A pilot implementation of the proposed infrastructure and some of the identified services are given based on de-facto standard middle-

ware for grid computing. The functionality of the implemented system is then evaluated in a case study from the metal casting domain by optimizing a casting process of a gas turbine blade. Additionally, two more scenarios from virtual prototyping in industry are presented: The simulation of a sheet metal deep drawing process and the DMU (Digital Mock Up) kinematics simulation of a deep-drawing process including machinery for transferring parts between different stages of manufacturing. Afterwards, related work is discussed and finally several conclusions and topics for future work are presented.

## 2 Virtual Prototyping – The Problem Presentation

A virtual prototyping process in industrial practice is a lengthy course of action where physical prototypes are built, evaluated, and changed until product and process models are found which suit the predefined needs. Joint multistage optimization problems which commonly appear in the domain of sheet metal forming [GBGR05] or the highly complex tasks in metal casting process optimization [JBRG06] become arbitrarily difficult to solve.

Optimization algorithms coupled with numerical simulations provide a way to apply virtual prototyping on products and processes. The algorithm generates multiple alternative parameter sets of a given input model, thus generating a number of process designs, which are then evaluated. Since a typical model evaluation lasts from hours to days, the designs should be evaluated in parallel for efficiency reasons. At this point, powerful computing resources are required and efficient, scalable optimization algorithms have to be used to assure the highest degree of system load and by that the economic utilization of resources.

The complexity of a virtual prototyping process in manufacturing requires sophisticated know-how and therefore the involvement of various experts (see Fig. 1) and institutions from different problem domains, commonly geographically distributed and in different companies .

- The **domain expert** with the knowledge of the specific manufacturing problem (e.g. metal forming). This person resides in the enterprise and can be seen as an end user or service consumer respectively.
- Specialists from **computational engineering** (having knowledge about the simulation systems used for the numerical calculations as well as the CAD software suites which are used for the geometry models) as well as **experts in numerical optimization** (knowing about the mathematical algorithms). Typically, they are geographically dis-

tributed and do not necessarily belong to the same enterprise. Since these specialists offer their know-how to the end user, they can be seen as service providers in the overall process.

- A **telecommunication engineer** who operates and maintains the required IT infrastructure (hardware, software, local/global networking to handle communication between collaborating partners) and acts as a provider of telecommunication services.
- **Software integrators** which try to integrate domain-specific (e.g. CAD/CAE tools from computational engineering) and generic enterprise functionalities (e.g. Customer Relationship or Supply Chain Management systems) across organizational and technical boundaries in a distributed environment.

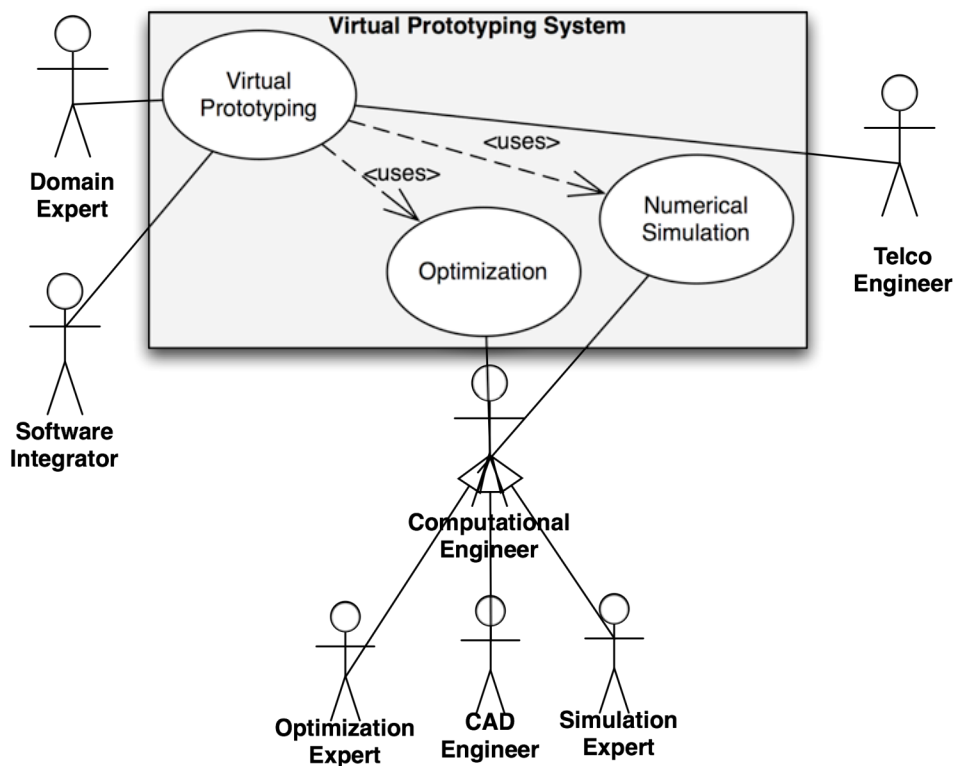


Figure 1: UML Use Case diagram of the incorporated actors in a virtual prototyping process.

As an example, a typical process in the product and process design in manufacturing, especially in the metal forming domain (e.g. sheet metal forming like deep drawing, metal casting), depicted in Fig. 2, will be used and analyzed here. The process can be divided into five phases: In the **first phase**, the real-life metal forming process has to be mapped to a process model, incorporating the specific details of the process (e.g. geometry, materials etc). For this task, not only the domain expert with the appropriate know-how of the real-life process has to be involved.

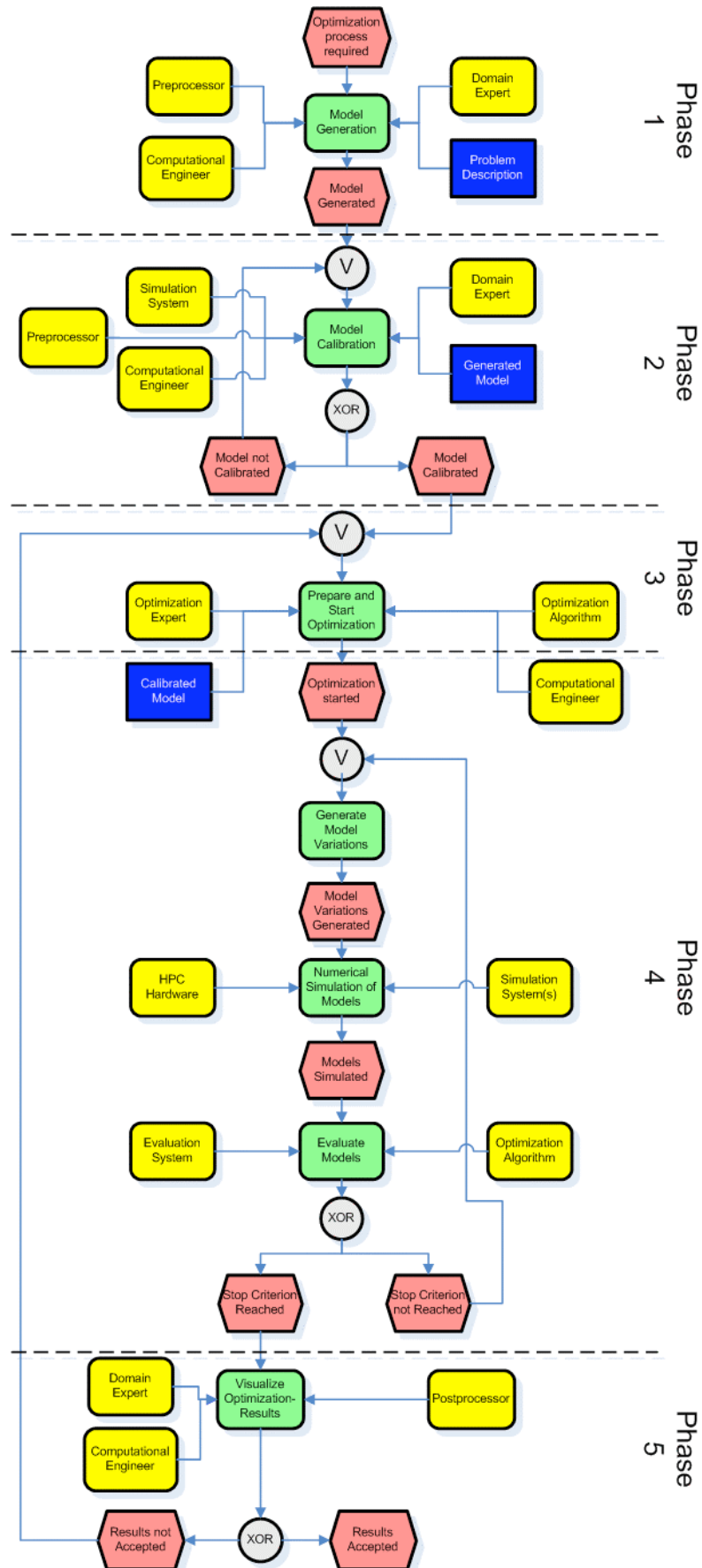


Figure 2: Core Phases of virtual prototyping presented for industrial forming by its business process

Moreover, a computational engineer having knowledge of the simulation software package and the preprocessing tools is needed. When the initial model creation is completed, the **second phase** is entered. The model needs to be calibrated, i.e. model parameters will be adjusted and single simulation runs are made to verify that the model reflects the reality. Again, the domain expert and computational engineer are required in close cooperation to calibrate the previously generated model. Since the calibration process is particularly difficult, the model is continuously checked if it suits the needs. Hence, the output of single simulation runs is permanently reviewed by all participants. The calibration process iterates as long as the model is not yet adequately calibrated. During the **third phase**, preliminary jobs (e.g. transferring the calibrated models to the compute nodes, setting algorithm parameters etc.) for preparing the optimization run are performed. The optimization sub-process in **phase four** is entered next. The optimization algorithm now takes care on generating a number of model parameter sets which need to be simulated and evaluated. As long as the stopping criteria of the optimization algorithm is not yet reached, this sub-process iterates until the model is sufficiently solved. **Phase five** consists of the post processing which incorporates the collaborative viewing between the domain expert and computational engineers. If the resulting model is not sufficient, the optimization cycle is re-entered.

The variety of prerequisites (software systems and competencies) in a geographically distributed scenario in each phase of the process is a challenging task for a sufficient software support. An infrastructure that adequately supports the whole process should be able to handle the tight cooperation among the involved participants. Collaboration aspects have to be respected as well as discovering and handling distributed data-, hard- and software resources. Furthermore, the model parameterization and generation needs to be supported in a generic way so optimization algorithms as well as metal forming simulation packages may be coupled together arbitrarily and in a flexible way without adjusting the code.

Since the whole process is geographically distributed and inter-organizational, heterogeneous resources and various technical (possibly proprietary) infrastructures are typically involved. The problem solving environment has to take notice of that and offer a way to interconnect the enterprises using open standards for communication, hence leading to an open, extensible system.



### **3 Solution Concept for the Virtual Prototyping Grid-Environment**

The specific requirements for the supporting IT system are directly derived from the process shown in figure 2. First, the environment needs to be able to provide the computing capacities of high-end workstations and clusters over a limited period of time. This compute power must be available on demand without remarkable delays. Furthermore, the user must be able to monitor the current state and get intermediate results while the optimization is in progress. To prevent the general distribution of proprietary data and the implied risks, secure data transfer and remote file handling is mandatory. Alongside the computing infrastructure, the technology has to provide support for collaboration, so the geographically distributed experts are able to set up the initial models, calibrate them or discuss the results. Finally, it must be possible to adopt the overall process to changes (e.g. switch to a new simulation system or another optimization algorithm). In phases one, two and five, collaborative aspects between the involved parties dominate the process. Collaborative aspects and grid process generation is already discussed in [FSFR06], so infrastructural topics will be the main focus here.

The utilization of common hard- and software systems showed to be inapplicable to provide an acceptable solution strategy for the aforementioned scenario in the metal forming industry. The excessive runtime of numerical simulations require the utilization of high performance multi-processor machines or compute clusters, which exceed the financial possibilities of SME's. The transformation from fixed costs into variable costs by outsourcing such simulation jobs seem to be an adequate solution, alongside letting the enterprises concentrate on their core competencies. The spatially distributed process across different enterprises therefore requires a supporting IT infrastructure taking notice of the different hard- and software systems as well as the flexible combination of the components.

Service-oriented architectures built with standardized web services while also adopting concepts from grid computing provide a promising way out of the dilemma [BHMN04]. The loose coupling of components provides the high degree of flexibility needed to support the process. Services, which can be seen as single components in the overall software system, are provided by enterprises specialized in this field. These enterprises have to care about the proper functionality of the service they offer as well as service updates or availability. The business logic, knowledge and complexity is encapsulated and hidden by standardized, self-describing interfaces, which can be accessed by service consumers via standard internet connections and by using standard protocols and communication techniques.

The utilization of workflow engines can even more increase the degree of flexibility. By deploying whole workflows as a web service and providing them to others, complex service compositions and choreographies can be reused by other services or workflows. The main characteristics of a web service based service-oriented architecture adopting the grid paradigm lead to a network of services which provides the core services for the aforementioned simulation and optimization process, which are namely

- **File transfer services** which are potentially needed in all phases of the mentioned process, since input models, result files etc. have to be transferred to and from the compute nodes.
- **Services providing the appropriate optimization algorithms.** As stated in [GBGR05], direct search methods capable of constraint handling and with good scalability behaviour in distributed environments are a preferred choice here to ensure the highest possible degree of resource utilization.
- **Services providing the numerical simulation and evaluation.** Since most simulation packages consist of native, closed-source legacy code compiled for a predefined hardware architecture, a way of accessing such software packages in a service-oriented way according to the underlying technology has to be found.

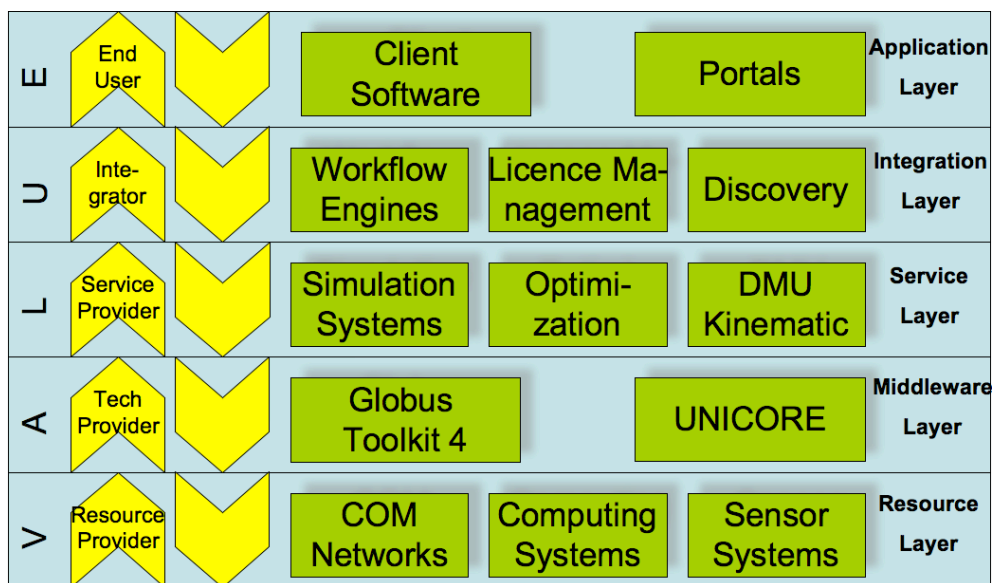


Figure 3: A service-oriented grid-based infrastructure and the corresponding value chain [Por85]

Figure 3 shows the proposed infrastructure split into five layers, according to the key personnel and institutions which are responsible for the system to work. At the same time the corresponding value chain [Por85] is indicated. In higher layers, the amount of value added for the end

user is increasing. Since the scope of this paper is focused on applications and the virtual prototyping process, infrastructural details like security aspects, billing, accounting, licensing or service-level agreements are not considered here.

#### 4 Implementation of the Virtual Prototyping Grid-Environment

To adequately provide a support for the aforementioned process, a grid-based service-oriented infrastructure was designed and implemented. The Globus Toolkit (GT4) [Glob06] is the de-facto standard for building Web Service Resource Framework (WSRF) based grid infrastructures and was chosen as the underlying middleware. GT4 allows the utilization of standard grid services (e.g. the Monitoring and Discovery Service (MDS) or Reliable File Transfer (RFT)), but also the implementation of custom and – due to WSRF – stateful grid services. Since the file transfer and discovery services are already present in the infrastructure, the services for the simulations and the optimization algorithms have to be implemented. Since GT4 is (in its core parts) implemented in Java, the simulation and optimization services were also implemented in that language. First steps of the implementation were already presented in [GBGR05], where a test problem (representing the mixed-integer multistage optimization problem in sheet metal forming) could be optimized by using a client which realized both the optimization algorithm as well as the workflow implementation. A comparison of the problem solving time by using Dis-

Optimization method	# of CPUs	Optimal objective function value $f(x^*, \mathcal{A})$	Number of objective function evaluations	Wall-clock time [seconds]
SQP (Matlab <sup>®</sup> )	1	26.9497	3166	47.16
DPS on SOA Architecture	1	26.9842	19868	927.63
	10			87.85
	50			17.32
	100			10.83
	200			6.24

Table 1: Comparison of DPS (SOA) and SQP (Matlab) when solving the test problem for a mixed-integer multistage sheet metal forming problem [GBGR05], using a service-oriented implementation of DPS

tributed Polytop Search (DPS) on the one hand and the sequential quadratic programming (SQP) implementation of Matlab<sup>®</sup> has been made (see table 1). The table indicates the feasibility of the SOA-implementation and a good scalability of the DPS-method in distributed sys-

tems. Nevertheless, results based on the aforementioned prototype should be seen as proof of concept, and not a comprehensive study on scalability or the quality of optimization algorithms. Next, numerical simulations for manufacturing problems were implemented, furthermore the optimization method has been deployed as a web service as well to allow arbitrary interconnections. Implementation details for the optimization service and for a metal casting service (as one example for a simulation service) are given in sections 5.1 and 5.2.

The whole infrastructure has been deployed on a 296-CPU cluster computer, consisting of 148 compute nodes with 2 CPUs, 2 GB main memory and 80 GB hard drive per node. The operating system for each node is SuSE SLES9.3. A redundant head node as well as a redundant storage node is used for cluster administration, control and storage access. The nodes are interconnected by Gigabit Ethernet.

#### **4.1 The Optimization Service**

This service (s. Fig. 3, “Service Layer”), is an implementation of the distributed polytop search (DPS) which belongs to the class of direct search method (s. [Wri95], [BeTs89]). The DPS was designed regarding efficiency and scalability in distributed systems. During its runtime, it requires an a priori unknown number of evaluations of both the objective function and corresponding constraint functions. The service has to save its state each time an evaluation request occurs, and it passes the data set which is to be evaluated immediately back to the service caller instead of directly invoking the simulation service. This behavior opens the possibility to use workflow engines to keep control over the whole workflow execution. Considering these conditions, the service makes use of the possibilities provided by WSRF. Being instantiated following the factory design pattern, the instance service operates on a set of resources (s. Fig. 3), allowing the service to keep its actual state, even when it is actually not in use. Furthermore, internal state variables checkpoint the calculation state, so the algorithm can be set on hold and resume at a given place in the code [GBGR05].

Besides a service operation which allows a client to set necessary parameters needed by the polytop search, the grid service operation `iterate(IterateRequest)` takes care of starting and resuming the algorithm at the appropriate position - according to its internal state and according to the input data inside the `IterateRequest` data structure. A resulting data set is returned immediately after invoking the operation, telling the client if further evaluations are needed or if the DPS reached a predefined stopping condition.

## 4.2 The Simulation Services for Metal Casting and Sheet Metal Forming

Since the implementation of the sheet metal forming service is analogous to the metal casting service, the casting service is described in detail as an example. The main purpose of this service (s. Fig. 3, “Service Layer”), is to wrap the metal casting legacy software CASTS<sup>®</sup> [LaNS98] as a Grid service. However, the CASTS Service does not only provide a service-wrapped version of CASTS, but it also takes care of the following operations: It is capable of modifying the input model of the casting process according to a set of parameters passed to the service. This parameter set can be the input received from optimization services (e.g. the DPS implementation mentioned above). The service executes the CASTS legacy application on a number of different execution platforms. Since a cluster computer is used in this case, a simulation request is leading the internal execution subsystem to incorporate the local resource manager Torque [TORQ06] and the scheduling system Maui [MAUI06]. The execution state of the cluster job is monitored and exposed by the Casts Service. The execution subsystem is highly modularized so that the service also works on single workstations without local queuing/scheduling. The service also provides functionality to evaluate the simulation result (which is done by CritCASTS, a legacy software system bundled with CASTS) and determining the objective function value as well as the constraint function values, needed for simulation-based optimizations. The utilization of WS-GRAM [Glob06] for the job execution was discouraged because of the aforementioned extra functionality which goes beyond the capabilities of WS-GRAM and leaving the process logic implementation up to the service consumer, which presupposes inexistent know-how.

In the next section, the aforementioned prototypical implementation is used to demonstrate the feasibility of the approach when applying it in the domain of metal casting. Furthermore, additional industrial scenarios from sheet metal forming are described focusing on optimal product (section 5.2) and process design (section 5.3).

## 5 Case Studies from Manufacturing and Results

### 5.1 Virtual Prototyping in Metal Casting

As an example, a casting process of a gas turbine blade was used to evaluate the implemented infrastructure (see figure 3). The evaluation of the simulation results have been done from the following points of view [JBRG06]:

- The probability of local freckle (shrinkhole) information at the surface of the turbine blade. Freckle probability was estimated based on the temperature gradients calculated by the simulator,
- the degree of curvature of the solidification front. It should be as horizontal as possible in order to achieve a high quality directional solidification,
- the ratio  $G/v$  (temperature gradient over solidification speed) must be greater than a critical value and
- the process time.

Goal of the optimization was an improved withdrawal profile (temperature gradient over solidification speed) for the casting process of the turbine blade. The withdrawal process is parameterized by eleven constrained design variables representing withdrawal velocities.

The optimization algorithm service has been parameterized to utilize 16 CPUs by generating 32 new withdrawal sets in each iteration.

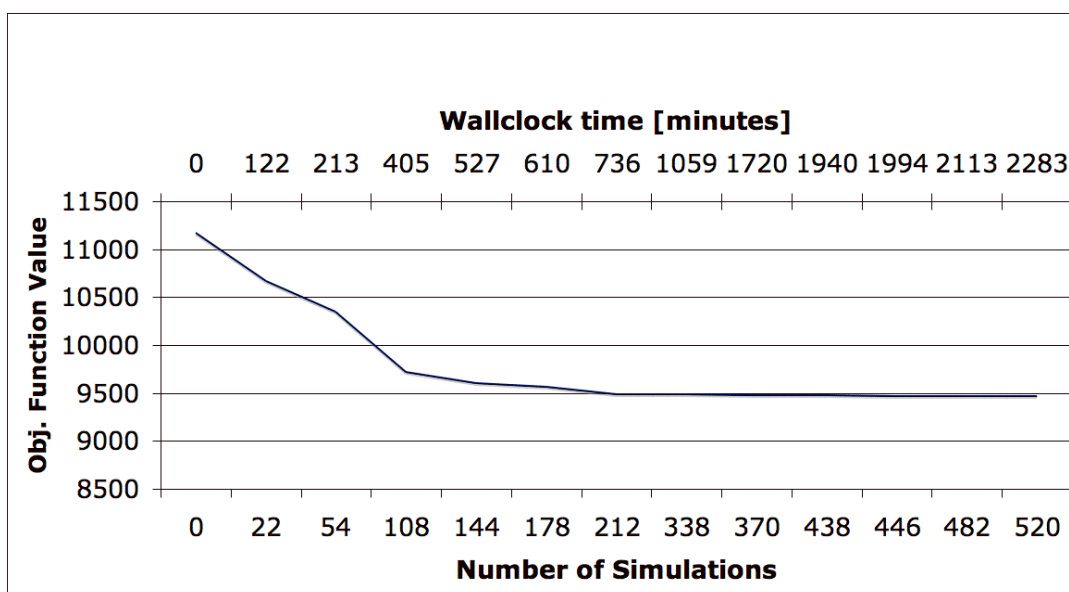


Figure 4: Objective function value in dependence to the total number of simulations and the total time in minutes

Figure 4 shows the objective function in dependence to the total number of simulations needed to yield the function value. Since the global minimum of the objective function is unknown, the calculated quality has to be interpreted by metal casting experts. Nevertheless, an optimization achievement can be noticed by reducing the objective function by 15.24%.

## 5.2 Virtual Prototyping in Sheet Metal Forming

Sheet metal forming copes with the forming process of solid state metal sheets, where the forming process aims on form, surface, and material properties. Risks in planning the manufacturing process can be predicted and reduced immediately and materials can be used in a more efficient and cost-effective way. The software system FETI-INDEED<sup>®</sup> [KWRD01] has been utilized to simulate deep-drawing processes with the ability of partitioning the assembly parts as well as friction observance and rezoning (mesh refinement during simulation runtime).

As an example from sheet metal forming, the calculation of a cylindric cup for the automotive industry was calculated with FETI-INDEED.

As can be seen in figure 5, the cup was partitioned into 16 parts by using the FETI method. A higher processor usage leads to a decreased processing time from 44:34 hours (2 CPUs) down to 06:41 hours (36 CPUs).

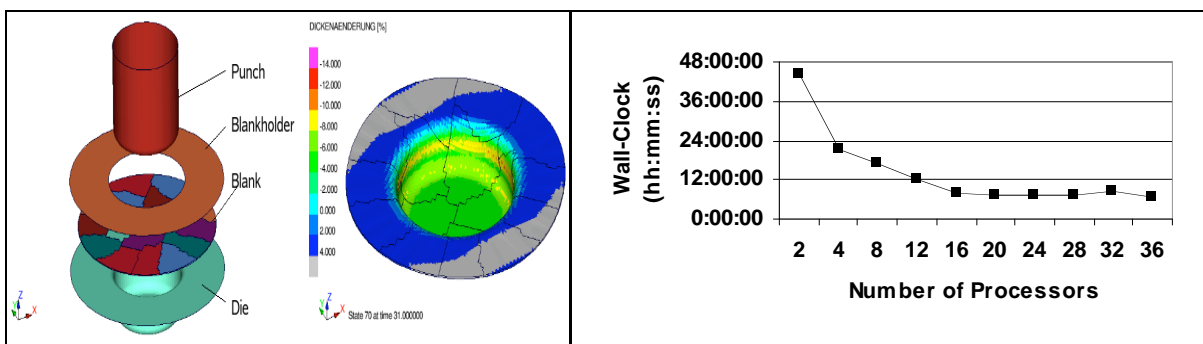


Figure 5: Model of a cylindric cup, subdivided into 16 parts, calculated with FETI-INDEED and according wall clock graph by varying the number of CPUs.

## 5.3 Virtual Prototyping of DMU Kinematics

Beyond sheet metal forming simulations, kinematics of the production process itself and the behavior of automatic transfer equipment can be simulated and visualized ([Cu05], [SchMe06]). The superposition of movements by transferring assembly parts to the next working stage and

the automatic transfer equipment can reduce the overall time needed for the whole process to avoid collisions, which depends on various parameters (e.g. transfer speed, stamp speed, angle etc). A trade-off between collision-free production processes and a maximum turnout has to be found. By utilizing such dynamic simulations, the component delivery to the next working station can be visualized and – if collisions appear – the parameters and tools can be adjusted early in the overall production process to achieve a collision-free manufacturing process again.

Figure 6 shows a simulation of a sheet metal forming press with a 630 tons maximum pressure, 4000 mm x 1700 mm table size and 500 mm maximum travel. Transfer equipment for assembly part movement between the working stations has been applied to the press.

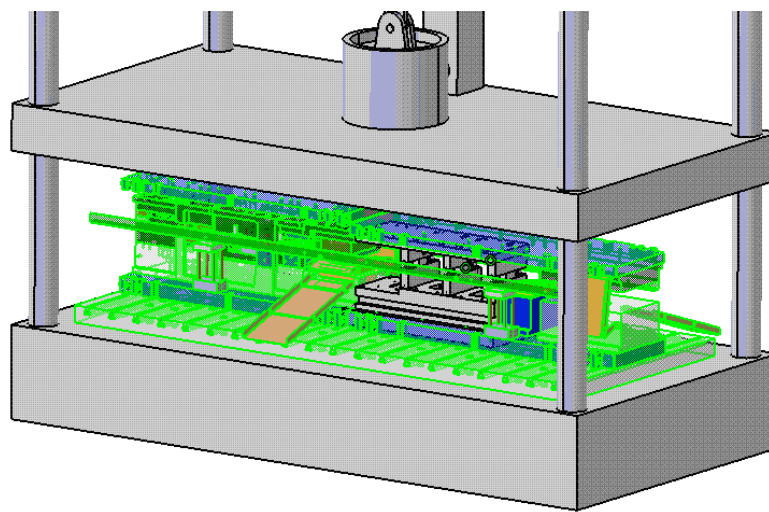


Figure 6: DMU kinematic-simulation of a sheet metal forming press and corresponding transfer equipment, visualized by CATIA V5 [SchMe06]

## 6 Related Work

Supporting business processes with software systems and especially service-oriented architectures realized with web services have received considerable attention in both academia and industry. Several other research projects try to cope with similar subjects in related fields.

The **Geodise** project [XSCK04; SONK04] focuses on optimization, design and fluid dynamics, especially in aerodynamics. Its main goal is to provide a distributed problem solving environment (PSE) for engineers working in the mentioned fields by utilizing e.g. MATLAB and adding Grid functionality to it. Although first Geodise implementations were based on Globus



Toolkit version 2, the core Geodise Toolbox is now part of the managed program of the Open Middleware Infrastructure Institute (OMII) [OMII06].

A **Grid-enabled problem solving environment for engineering** in design where distributed parties are able to collaborate has been introduced by Goodyer et al [GBJS06]. The system enables its users to start Grid jobs on Globus Toolkit based hosts, but the main focus is put on collaborative application steering and result visualization using the gViz library [BDGS04] instead on automatic or semiautomatic simulations (or virtual prototyping respectively).

The **P-GRADE** Portal [SiKa05] aims to be a workflow-oriented computational Grid portal, where multiple clients can collaboratively participate in design, development and execution of a workflow as well as multiple grids may be incorporated in the workflow execution. The P-GRADE Portal is based on Globus Toolkit version 2 for basic grid operations (such as file transfer and job execution), the workflow execution is done by a proprietary implementation. But since P-GRADE does not rely on web service based grid infrastructures, it can be stated that P-GRADE is a system based on proprietary standards and therefore will not provide the high degree of flexibility needed to adequately support the aforementioned virtual prototyping process in an adequate way.

Summarizing, the presented approaches emphasize either technical aspects from domain-specific numerical simulation or workflow management in engineering. Hence, the solution approach presented in this paper is focused on the integration of domain-specific applications from computational engineering, workflow management in engineering, and aspects from enterprise application systems as well. This integration provides the capability to consider technical as well as business aspects simultaneously.

## **7 Conclusions and Future Work**

In this paper, the need for utilizing virtual prototyping techniques in manufacturing industry was shown and the complexity of a virtual prototyping process was indicated with all of the incorporated institutions, key actors and virtual prototyping resources (i.e. hard- and software). A solution approach of a layered service-oriented grid-based infrastructure and the according value chain was proposed to adequately support the virtual prototyping process in manufacturing enterprises. A prototype implementation was presented and computational results from the prob-

lem domains of metal casting, sheet metal forming, and digital mock-up kinematics were shown.

As future work, the single simulation- and optimization runs should be extended and coupled such that a complete production process chain can be simulated in by the system. Beyond the optimization of a process chain the design of the optimal layout of a complete manufacturing cell, a production line comprising multiple manufacturing cells, and finally optimizing the layout of the whole factory is envisaged.

## **Acknowledgements**

Parts of the work presented in this paper are partly supported by a grant from the German Ministry of Education and Research (BMBF) (D-Grid initiative, InGrid Project) and by the Ministry of Science and Research of Northrhine-Westfalia out of the MiGrid-Project. Furthermore we would like to thank our industry partner ACCESS e.V., Aachen, GNS mbH Braunschweig and Co.Com Concurrent Computing GmbH, Siegen for providing both the simulation software systems and the dedicated know-how.

## **References**

- [BeFH03] Berman, F.; Fox, G.; Hey, T. (eds.): Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality, J. Wiley & Sons, Chichester 2003
- [BeTs89] Bertsekas, D., P.; Tsitsiklis, J. N.: Parallel and Distributed Computation – Numerical Methods, Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1989
- [BDGS04] Brodlie, K., Duce, D., Gallop, J., Sagar, M., Walton, J., Wood, J.: Visualization in Grid Computing Environments. In: Proc. of IEEE Visual., pp. 155-162, 2004
- [BHMN04] Booth, D., Haas, H., McCabe, F., Newcomer, E., Champion, M., Ferris, C., Orchard, D.: Web Services Architecture, W3C Working Group Note, <http://www.w3.org/TR/ws-arch> (visited 2006/07/24)

- [Cu05] Culha, B.: Automatic Arrangement of Product Parts, Assemblies and Modules, in: Bouras, A.; Gurumoorthy, B.; Sudarsan, R. (eds.): Product Lifecycle Management PLM 05, Inderscience, Geneve, 2005
- [DJMZ05] Dostal, W.; Jeckle, M.; Melzer, I.; Zengler, B.: Service-orientierte Architekturen mit Web Services – Konzepte-Standards-Praxis (in German), Elsevier Spektrum, München 2005
- [FoKe04] Foster, I.; Kesselman C. (eds.): The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann 2004
- [FSFR06] Friese, T., Smith, M., Freisleben, B., Reichwald, J., Barth, T., Grauer, M.: Collaborative Grid Process Creation in an Engineering Domain”. In: Proc. of the 13<sup>th</sup> IEEE Conf. on High Perf. Comp., Bangalore/India 2006 (to be published)
- [GBJS06] Goodyer, C., Berzins, M., Jimack, P., Scales, L.: A Grid-enabled problem solving environment for parallel Computational Engineering Design. In: Advances in Engineering Software, 37:439-449, 2006
- [GBGR05] Grauer, M., Barth, T., Gerdes, M., Reichwald, J.: On distributed virtual prototyping in the automotive supplier industry using service-oriented computing. In: Hahn, A. and Grauer, M. (Eds): Informations- und Wissensdrehscheibe Produktdatenmanagement (in German), GITO, 2005
- [Glob06] globus.org: The Globus Alliance, <http://www.globus.org> (visited 2006/07/24)
- [JBRG06] Jakumeit, J., Barth, T., Reichwald, J., Grauer, M., Friese, T., Smith, M., Freisleben, B.: A Grid-Based Parallel Optimization Algorithm Applied to a Problem in Metal Casting Industry, BIOMA 2006 (submitted)
- [KWRD01] Kessler, L., Weiher, J., Roux, F.-X., Diemer, J.: Forming Simulation of High and Ultrahigh Strength Steel using INDEED with the FETI Method on a Workstation Cluster. In: Mori, K. (ed.) Proc. of NUMIFORM'01, Balkeman Pub., pp. 399-404, 2001

- [LaNS98] Laschet, G., Neises, J., Steinbach, I.: Micro- Macrosimulation of casting processes. 4<sup>ième</sup> école d'été de Modélisation numérique en thermique, 1998
- [LCG06] cern.ch, Large Hadron Collider Computing Grid Project, <http://lcg.web.cern.ch/LCG> (visited 2006/07/24)
- [MAUI06] clusterresources.com, Maui cluster scheduler, <http://www.clusterresources.com/pages/products/maui-cluster-scheduler.php> (visited 2006/07/24)
- [OMII06] omii.ac.uk. Open Middleware Infrastructure Institute (OMII). <http://www.omii.ac.uk>. (visited 2006/07/24)
- [Por85] Porter, M.: Competitive Advantage, New York, Free Press, 1985
- [SchMe06] Schuth, M., Meeth, J.: Bewegungssimulation mit CATIA V5. Hanser, 2006
- [SiHu05] Singh, M., P.; Huhns, M., N.: Service-Oriented Computing – Semantics, Processes, Agents, Wiley 2005
- [SiKa05] Sipos, G. and Kacsuk, P.: Collaborative workflow editing in the P-GRADE. Proceedings of the MicroCAD Conference, Miskolc, Hungary, 2005
- [SONK04] Song, W., Ong, Y.-S., Ng, H.-K., Keane, A., Cox, S., Lee, B.: A service-oriented approach for aerodynamic shape optimization across institutional boundaries. In: Proceedings of ICARCV, China, Kunming, 2004
- [TORQ06] clusterresources.com, Torque Resource Manager, <http://www.clusterresources.com/pages/products/torque-resource-manager.php>, (visited 2006/07/24)
- [XSCK04] Xue, G., Song, W., Cox, S., Keane, A.: Numerical Optimization as Grid Services for Engineering Design. In: Journal of Grid Computing, 2(3):223-238, 2004
- [Wri95] Wright, M.: Direct Search Methods: Once scorned, now respectable. In: Griffiths, D.; Watson, G. (eds.), Proc. Dundee Biennial Conf. in Num. Analysis, pp. 191 - 208, Addison-Wesley, 1995

# **Entwurf eines Enterprise Architecture Frameworks für serviceorientierte Architekturen**

## **Betrachtung am Beispiel einer erweiterten UN/CEFACT Modeling Methodology**

Philipp Offermann, Christian Schröpfer, Marten Schönherr

Fachgebiet Systemanalyse und EDV  
Technische Universität Berlin  
10623 Berlin

{Philipp.Offermann, Christian.Schroepfer, Marten.Schoenherr}@sysedv.tu-berlin.de

Maximilian Ahrens

Deutsche Telekom Laboratories  
10587 Berlin  
maximilian.ahrens@telekom.de

### **Abstract**

Damit serviceorientierte Architekturen (SOAs) ihr Potential voll entfalten können, müssen neben technischen auch methodische und organisatorische Aspekte betrachtet werden. Enterprise Architecture Frameworks (EAFs) ermöglichen die dazu notwendige ganzheitliche Sicht auf das Unternehmen. Einzelne EAFs sind meist zu spezialisiert, um als Framework für die SOA angewendet werden zu können. Das Metaframework Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology (GERAM) kann jedoch genutzt werden, um die für eine SOA notwendigen Elemente zu identifizieren. Zusätzlich haben wir nachgewiesen, dass das Framework UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) für die Integration von innerbetrieblichen Prozessen geeignet ist. Daher wird die UMM unter Verwendung der GERAM in Hinblick auf die SOA analysiert, um Schwachstellen aufzudecken. Darauf aufbauend werden Erweiterungen der UMM für die SOA vorgeschlagen.

# 1 Einleitung

Während Technologien für serviceorientierte Architekturen (SOA) bereits standardisiert sind und eine gewisse Verbreitung gefunden haben, befinden sich Methoden zur Einführung einer SOA noch im Entwicklungsstadium.

## 1.1 Ziel des Artikels

Der Artikel hat zum Ziel, einen Beitrag zu methodischen Grundlagen für den Entwurf von SOAs zu leisten. Zur Einführung einer SOA gehört eine ganzheitliche Sicht auf das Unternehmen, wie sie gewöhnlich von Enterprise Architecture Frameworks (EAFs) eingenommen wird. Jedoch haben einzelne EAFs jeweils ihren eigenen Kontext und sind meist zu spezialisiert, um ohne weiteres für das Architekturkonzept der SOA eingesetzt werden zu können.

Die Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology (GERAM) stellt ein Metaframework für EAFs da, welches zum Vergleich von existierenden und zur Entwicklung von neuen Frameworks als Referenz benutzt werden kann. Ausgehend von GERAM wird in diesem Artikel die UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) daraufhin untersucht, inwieweit sie sich für den Entwurf einer SOA eignet. Die Untersuchung der UMM unter Bezugnahme auf GERAM soll aufzeigen, welche Probleme sich in Hinblick auf SOAs ergeben, welche zusätzlichen Artefakte benötigt werden und wie die UMM erweitert werden kann, um neben der Geschäftsprozessintegration auch SOAs zu unterstützen.

## 1.2 Methodik

Als wissenschaftliche Methodik wird die Deduktion verwendet [BrHW04, 5]. Ausgehend vom Metaframework GERAM wird abgeleitet, welche Anforderungen an ein Framework für SOAs zu stellen sind. Diese abgeleiteten Anforderungen werden dann mit dem existierenden Framework UMM verglichen, um daraus Erkenntnisse über die Anwendbarkeit der UMM für SOAs und mögliche Erweiterungen abzuleiten. Für die UMM wurde an unserem Fachgebiet bereits unter Anwendung der Methodik der Aktionsforschung [BrHW04, 16-17] nachgewiesen, dass sie für die Integration unternehmensinterner Geschäftsprozesse anwendbar ist [Diet06].

### 1.3 Gliederung

Zunächst werden EAFs eingeführt, um dann das Metaframework GERAM vorzustellen. Zusätzlich wird das Konzept der SOA vorgestellt und eingeordnet, welche Anforderungen an ein EAF für die SOA sich durch GERAM ergeben. Danach wird das konkrete Framework UMM vorgestellt und aufgezeigt, welche Erweiterungen für die innerbetriebliche Service-Orchestrierung notwendig sind. Schließlich wird die UMM in GERAM eingeordnet.

## 2 Enterprise Architecture Frameworks

Als erstes werden Enterprise Architecture Frameworks (EAFs) und die GERAM vorgestellt.

### 2.1 Das Ziel von Enterprise Architecture Frameworks

Unternehmen sind komplexe Gebilde, in denen Menschen in formalen und informalen Strukturen zusammenarbeiten, um ihre jeweiligen Ziele zu erreichen. Heutzutage erfolgt die Unterstützung dieser Strukturen vielfach durch EDV. EAFs helfen dabei, einen Überblick über das komplexe Zusammenspiel von Menschen, Organisationsstruktur und EDV zu erlangen. Für *Schallert und Rosemann* ist die Beherrschbarkeit von Komplexität und Management von Unternehmensintegration das oberste Ziel einer Architekturbetrachtung [ScRo03, 48]. Die International Organization for Standardization (ISO) definiert die Ziele einer Enterprise Architecture allgemein mit der Befähigung eines Teams, umfassend alle Ressourcen eines Unternehmen zu integrieren [ISO00, vii].

### 2.2 Existierende Frameworks

Seit den 80er Jahren wurden viele EAFs entwickelt. Eine Übersicht findet sich in [Sche04] und [Schö04]. Zu den bekanntesten Frameworks zählen CIMOSA, GIM – GRAI, PERA, Zachman, ARIS und DoDAF. Jedes dieser Frameworks hat auf Grund seiner Entstehungsgeschichte einen anderen Fokus.

Angesichts dieser Vielzahl von EAFs hat die *International Organization for Standardization* (ISO) einen Standard publiziert, in dem Anforderungen an EAFs definiert sind [ISO00]. Im Annex des ISO-Standards findet sich die *Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology* (GERAM) der IFAC/IFIP [IFIF99], ein generalisiertes Framework, um konkrete Frameworks vergleichen und bewerten zu können [BeNe97].

## 2.3 GERAM

GERAM besteht aus neun Elementen. Diese sind in Abbildung 1 dargestellt.

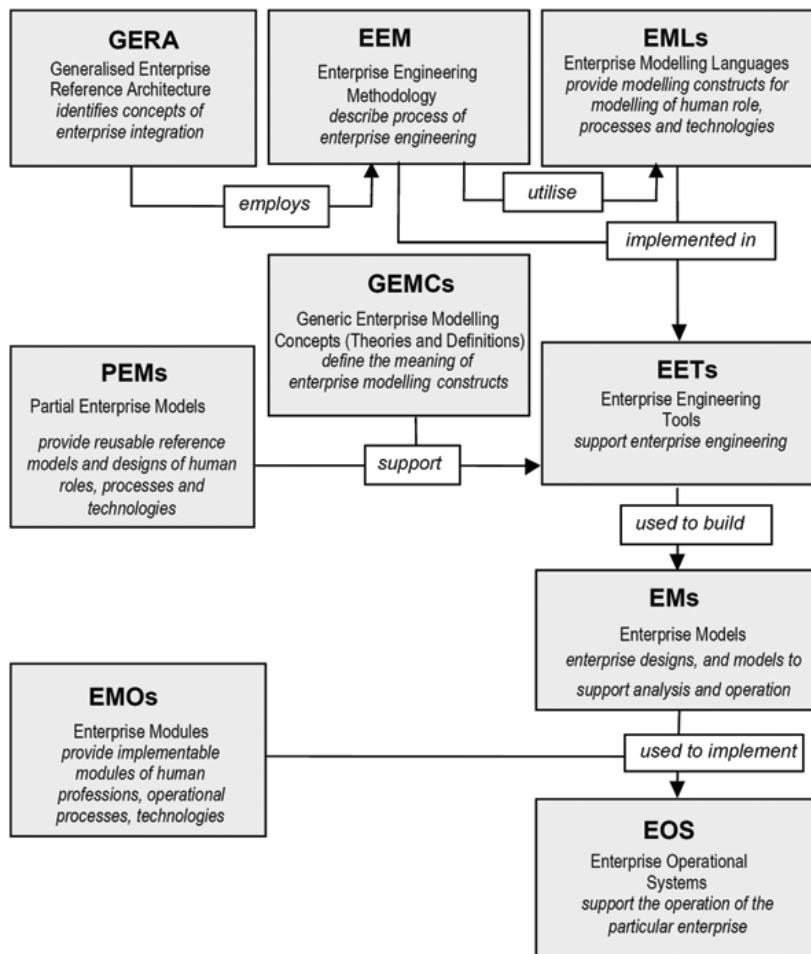


Abb. 1: GERAM Elemente [IFIF99, 5]

Das zentrale Element der GERAM ist die *Generalised Enterprise Reference Architecture* (GERA). In ihr werden allgemeine Konzepte zur Beschreibung eines Unternehmens empfohlen. Die Konzepte werden in drei Klassen unterteilt: mitarbeiterorientierte, prozessorientierte und technologieorientierte Konzepte. Die prozessorientierten Konzepte beinhalten ein Lebenszykluskonzept, welches acht Phasen unterscheidet. Die Phasen sind in Abbildung 2 zu sehen. GERA unterscheidet fünf Entity-Typen, welche Lebenszyklen besitzen können [IFIF99, 15]:

- Strategic Enterprise Management Entity,
- Enterprise Engineering/Integration Entity,
- Enterprise Entity,



- Product Entity und
- Methodology Entity.

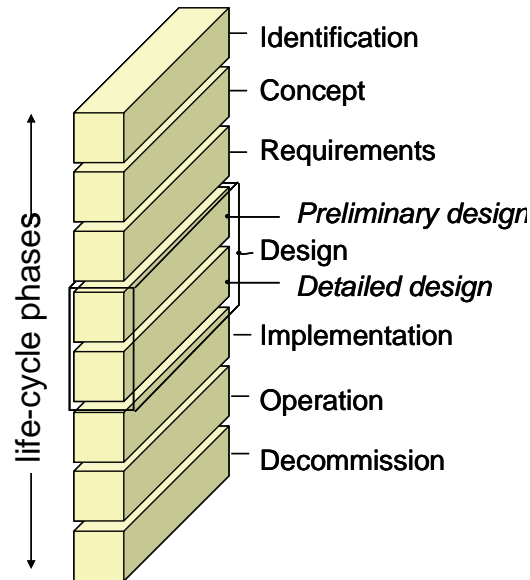


Abb. 2: GERA Lebenszyklusphasen [IFIF99, 10]

Die *Enterprise Engineering Methodology* (EEM) verwendet die abstrakten Konzepte der GERA und beschreibt allgemeine Methoden, die zur Erstellung von konkreten Unternehmensmodellen und dem Management von Unternehmenseinheiten entlang ihrer Lebenszyklen verwendet werden können.

Die Unternehmensmodelle, die durch Anwendung der EEM erstellt werden, müssen festgehalten werden. Hierzu sieht GERAM *Enterprise Modeling Languages* (EMLs) vor. Um die verschiedenen Aspekte eines Unternehmens modellieren zu können, sollte es mehrere unterschiedliche Modellierungssprachen geben. Durch die Integration der verschiedenen Sprachen wird es möglich, ein durchgängiges Unternehmensbild zu schaffen [IFIF99, 25].

Zum Erstellen und Verwalten von Unternehmensmodellen gibt es *Enterprise Engineering Tools* (EETs). Diese ermöglichen die Anwendung der EMLs und unterstützen damit die EEM. Weitere Anforderungen an EETs sind u. a. die Unterstützung von Kollaboration und ein Speicher für wiederverwendbare Modellteile.

Zur Unterstützung der Modellierung mit einem EET führt GERAM *Partial Enterprise Models* (PEMs) ein. Dabei handelt es sich um Referenzmodelle, die in vielen Unternehmen angewendet werden können. Der Vorteil der Benutzung von Referenzmodellen ist, dass die Modellierung

beschleunigt wird und unter Umständen die Referenzmodelle effizienter sind als die tatsächlich im Unternehmen eingesetzten Strukturen.

Für die Modellierung können weiterhin *Generic Enterprise Modeling Concepts* (GEMCs) eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um Glossare, Metamodelle oder Ontologien, welche die Bedeutung der verwendeten Begriffe definieren. Nur durch diese einheitliche Festlegung von Begriffen ist es möglich, konsistente Modelle aufzubauen.

Die EETs werden eingesetzt, um *Enterprise Models* (EMs) zu erstellen. Diese Modelle können als Entscheidungshilfe, gemeinsame Verständigungsgrundlage und Trainingsmaterial sowie zum Betrieb und zur Kontrolle verwendet werden.

Auf Grundlage der EMs kann schließlich die EDV, die *Enterprise Operational Systems* (EOS), implementiert werden. Zur Implementierung können *Enterprise Modules* (EMOs) eingesetzt werden, welche im Unternehmen oder am Markt verfügbare Module zur Umsetzung der EOS sind. Generell sind EMOs Implementierungen von PEMs. Wenn ein Teilunternehmensmodell (PEM) in einem Unternehmensmodell (EM) verwendet wird, kann das entsprechende Unternehmensmodul (EMO) für die Umsetzung des Unternehmensmodells (EMs) in den Unternehmenssystemen (EOS) benutzt werden.

## **2.4 GERAM und serviceorientierte Architekturen**

Mit seinen neun Elementen spannt GERAM einen allgemeinen Rahmen auf, der von konkreten EAF gefüllt wird. Ein konkretes EAF fokussiert sich dabei oft auf bestimmte Aspekte eines Unternehmens, um diese beherrschbar zu machen und ggf. optimieren zu können. Ein solcher Aspekt sind Organisations- und EDV-Strukturen, die das Konzept der serviceorientierten Architektur (SOA) umsetzen.

Es wird zunächst das Konzept der SOA erläutert, um dann an einem konkreten Beispiel aufzuzeigen, welche Anforderungen an ein EAF für SOA im von GERAM aufgespannten Rahmen gestellt werden.

## **3 Serviceorientierte Architekturen**

SOA sind ein aktueller Trend in der EDV-Industrie [Gome06]. Viele große Firmen wie IBM, Microsoft, BEA und SAP unterstützen Standards im Bereich von SOA oder stellen ihre Produkte auf eine SOA um [IBMC06; Micr06; BEAS06; SAPA06]. Auch Organisationen wie das

World Wide Web Consortium (W3C), OASIS und die Object Management Group (OMG) entwickeln und publizieren Standards im Zusammenhang mit SOA [WWWC04; OASI06; OMG06].

### **3.1 Ziel von serviceorientierten Architekturen**

Die Gartner Group definiert eine SOA wie folgt: „SOA is a software architecture that builds a topology of interfaces, interface implementations and interface calls. SOA is a relationship of services and service consumers, both software modules large enough to represent a complete business function. So, SOA is about reuse, encapsulation, interfaces, and ultimately, agility.“ [McNa03]

Die am häufigsten angewendete Technologie zur Implementierung einer SOA sind Web services. Ein Web service ist ein Programm, welches seine Funktionen über definierte Schnittstellen und offene Protokolle anbietet [WWWC04]. Der Unterschied zur klassischen Modularisierung von Programmlogik ist, dass die Funktionalität, welche von den Web services angeboten wird, aus den Aktivitäten des Geschäftsprozesses und nicht aus den EDV-Systemen abgeleitet wird [Szyp98; Schm05; Food05].

Aus diesem Grund beschränkt sich das Konzept der SOA nicht auf die technische Seite, sondern reicht bis in das Geschäftsprozessmanagement hinein [LeRS02]. Indem Web services so entwickelt werden, dass sie Geschäftsprozessfunktionalität abbilden, ist es möglich, die Struktur der Geschäftsprozesse in Übereinstimmung mit der die Geschäftsprozesse unterstützenden EDV zu bringen.

Um zu ermöglichen, die EDV-Struktur an den Geschäftsprozessen auszurichten, ist es notwendig, die Reihenfolge, in der die Web services aufgerufen werden, zu beschreiben. Bei dieser Beschreibung muss sichergestellt werden, dass die Reihenfolge der Serviceaufrufe strukturell gleich ist zur Reihenfolge der Aktivitäten im Geschäftsprozess. Eine solche ausführbare Beschreibung heißt Orchestrierung, wenn die Aufrufe zentral koordiniert werden, und Choreographie, wenn die Koordination dezentral erfolgt [NeLo05, 246].

### **3.2 Anforderungen einer SOA an Elemente der GERAM**

Um sowohl die Organisationsstruktur mit den Geschäftsprozessen als auch die EDV mit den Web services ganzheitlich modellieren zu können, eignen sich EAF sehr gut. Eine SOA stellt jedoch bestimmte Anforderungen an ein EAF, die am Rahmen von GERAM erläutert werden.

Mit dem Ziel, die EOS auf Basis von Services zu bauen, können Implementierungen von einzelnen Web services als EMOs angesehen werden. Das EAF sollte also als EMOs Web services vorsehen. Die Web services können, da sie Geschäftsprozessaktivitäten unterstützen, auf abstrakter Ebene auch als PEMs betrachtet werden.

Web services sollten strukturell in der gleichen Reihenfolge aufgerufen werden, in der auch die Geschäftsprozessaktivitäten ausgeführt werden. Deshalb müssen bei den EMs insbesondere die Geschäftsprozessmodelle beachtet werden. Diese sollten es ermöglichen, unter Verwendung der PEMs und ihrer Implementierung in EMOs automatisch eine Orchestrierung oder Choreographie von Web Services zu erzeugen.

Die EETs sollten es entsprechend unterstützen, die Geschäftsprozessmodelle so zu beschreiben, dass die Prozessmodelle in eine ausführbare Orchestrierung oder Choreographie übersetzt und Web services an die Aktivitäten gebunden werden können. Hierfür müssen wie bereits erwähnt die PEMs Web services und wenn möglich bereits vororchestrierte Prozesse enthalten. Weiterhin sollten, da für eine Bindung der Services an Aktivitäten eine semantische Beschreibung der funktionalen und nicht-funktionalen Eigenschaften der Aktivitäten sowie der Services nötig ist, die GEMCs eine solche Beschreibung unterstützen.

Für die EMLs ist neben den erwähnten Anforderungen an die Geschäftsprozessmodelle insbesondere vorzusehen, dass Rollen im Unternehmen für das Servicemanagement modelliert werden können. Entsprechend müssen in GERA die Konzepte ausgebaut werden, um die Modellierung des Servicemanagements zu ermöglichen.

Wir haben die UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) erweitert und werden an diesem Beispiel zeigen, wie eine konkrete Ausprägung der einzelnen Elemente für SOAs aussehen kann. Hierbei wird die GERAM als Rahmen verwendet, um die Elemente der UMM einordnen und damit die Vollständigkeit des Frameworks bewerten zu können.

#### **4 UN/CEFACT Modeling Methodology für SOA**

Um das Ziel der SOA, das heißt die Anpassung der EDV-Strukturen an die Geschäftsprozesse, zu erreichen, müssen die Prozesse aufgenommen und aus ihnen die Services abgeleitet werden. Die UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) stellt eine Methode und Modelle bereit, um Prozesse aufzunehmen, die für die Prozesse notwendige Kollaboration zwischen verschiedenen Geschäftspartnern zu identifizieren und eine Choreographie für Services zwischen den Ge-

schäftspartnern abzuleiten [UNCE06a]. Der Ursprung der UMM ist die Koordination von kollaborativen Geschäftsprozessen. Wie erwähnt wurde aber bereits nachgewiesen, dass sich die UMM auch zur Integration von unternehmensinternen Geschäftsprozessen eignet [Diet06].

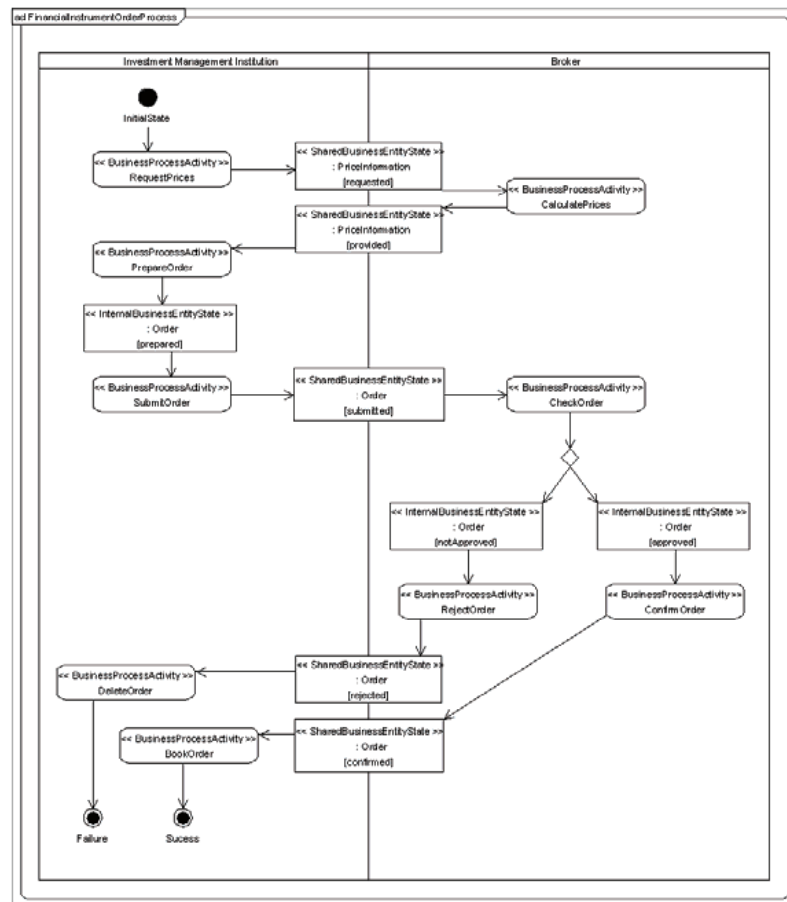


Abb. 3: Beispiel des UMM Business Process View [UNCE06a, 35]

#### 4.1 Die Methodologie

Die UMM basiert auf drei Sichten: Business Domain View, Business Requirements View und Business Transaction View.

Die *Business Domain View* wird verwendet, um Geschäfts- und Prozessfelder zu identifizieren. Für jedes Feld werden dann Geschäftsprozesse und in diese involvierte Interessenten modelliert. Zum Einsatz kommen hierbei auf UML Anwendungsfalldiagrammen basierende Diagramme.

Im *Business Requirements View* werden im nächsten Schritt die im Business Domain View identifizierte Geschäftsprozesse modelliert. Dazu definiert die UMM den *Business Process View*, der auf UML Aktivitätsdiagrammen basiert. Ein Beispiel ist in Abbildung 3 zu sehen. Für die im Business Process View verwendeten Business Entities werden zusätzlich im *Business*

*Entity View* Lebenszyklen festgelegt. Aus dem Business Process View kann der Bedarf an Kollaboration zwischen Unternehmen abgelesen werden. Dieser Bedarf wird im dritten und letzten View des Business Domain Views, dem *Partnership Requirements View*, genauer modelliert.

Nachdem der Business Requirements View modelliert worden ist, ist der *Business Transaction View* der letzte Schritt der Methodologie. Er besteht aus drei Sichten: Business Choreography View, Business Interaction View und Business Information View. Im *Business Choreography View* wird der Ablauf von für eine Kollaboration zwischen Geschäftspartnern nötigen Aktivitäten festgehalten. Einzelne Kollaborationen werden dann im *Business Interaction View* modelliert. Die Informationseinheiten, die bei einer Kollaboration ausgetauscht werden, werden im *Business Information View* spezifiziert.

Vorteilhaft ist es, wenn die Informationseinheiten, die im Business Interaction View ausgetauscht werden, einheitlich verwendet und semantisch beschrieben werden. Hierzu können Core Components, wie auch UMM ein UN/CEFACT Standard, verwendet werden. Konkret können Business Information Entities, die von Core Components abgeleitet sind, die in UMM verwendeten Information Entities realisieren [UNCE06b].

Auf Basis der Business Interaction View und der Business Choreographie View in Verbindung mit den durch Core Components unterstützten Information Entities ist es möglich, eine Choreographie zu erstellen. Mit Hilfe des UMM Plug-Ins [ReUn06] für den Sparx System Enterprise Architect [Spar06] ist es zum Beispiel möglich, aus den Modellen eine Choreographiebeschreibung auf Basis von BPSS [UNCE03] zu erzeugen.

## 4.2 Kritik

Auf Grund ihres Ursprungs ist die UMM für die Integration kollaborativer Geschäftsprozesse gut geeignet. Wie dargestellt ist es sogar möglich, bei entsprechender Werkzeugunterstützung ausführbare Orchestrierungen zu generieren. Schwachstellen ergeben sich jedoch, wenn innerbetriebliche Prozesse betrachtet werden sollen. Diese sind entscheidend, um in einer SOA eine Prozessorchestrierung generieren zu können. Außerdem sind weiterreichende Beschreibungen der Prozessaktivitäten wünschenswert, um aus diesen Anforderungen an Services ableiten zu können. Lösungsvorschläge für diese Schwachstellen haben wir in Form von Erweiterungen der UMM vorgeschlagen.

### 4.3 Erweiterungen der UMM

Wir haben drei Erweiterungen der UMM vorgeschlagen, um neben der Erstellung von Choreographien auch die Erstellung von Orchestrierungen möglich zu machen. Der Vorteil hiervon ist, dass die Umsetzung einer SOA sowohl im Unternehmen als auch zwischen Unternehmen mit einer einzigen Methodologie und einem kohärenten Satz von Modellen möglich ist.

Die erste Erweiterung bezieht sich auf die Verwendung des Business Process View. Wir schlagen vor, die Aktivitäten auf der ersten Ebene nur mit jeweils einer Aktivität pro Geschäftspartner zu modellieren. Erst in den Verfeinerungen sollen die Details der internen Geschäftsprozesse modelliert werden. Hierdurch lässt sich aus der ersten Ebene der Bedarf an Kollaborationen deutlicher ablesen, während weitere Ebenen zur Erstellung von innerbetrieblichen Orchestrierungen verwendet werden können. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 4 zu sehen.

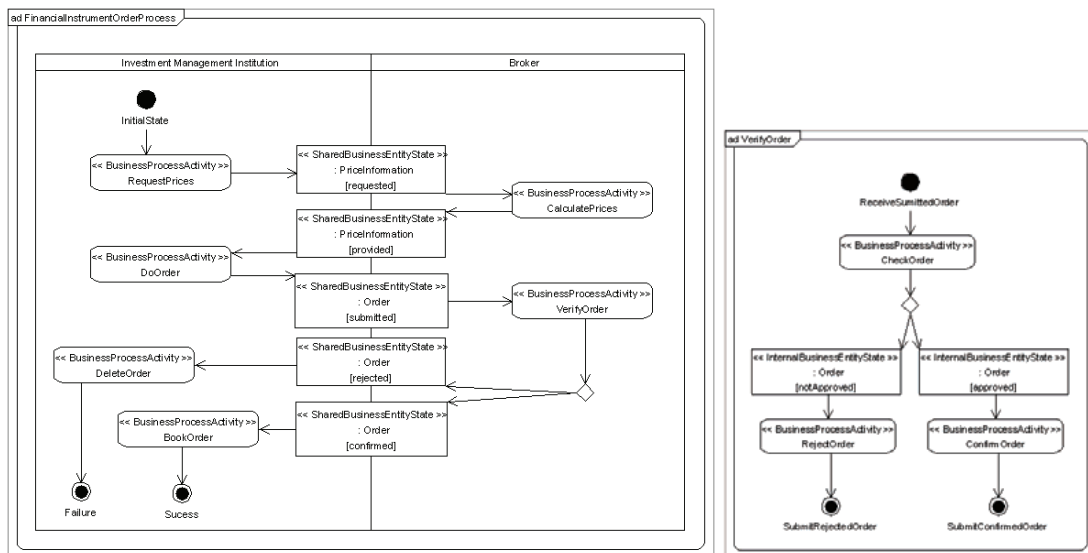


Abb. 4: Geschäftsprozessmodell mit Verfeinerung

Die zweite Erweiterung bezieht sich auf die semantische Hinterlegung der Business Entities, die im Business Process View benutzt werden. Wie beschrieben können die Information Entities, die im Business Transaction View benutzt werden, durch die Core Components mit einer einheitlichen Semantik hinterlegt werden. Für die Business Entities im Business Process View ist dies nicht vorgesehen. Für eine Anbindung von Aktivitäten an Services ist jedoch hauptsächlich der Informationsfluss interessant. Wir schlagen daher vor, eine Verbindung zwischen Information Entities und Business Entities zu schaffen. Da Information Entities an Business Information Entities gebunden werden können, wären damit auch die Business Entities semantisch hinterlegt und der Informationsfluss in der Business Process View semantisch beschrieben.

Als dritte Erweiterung schlagen wir vor, die Diagramme der Business Process View durch Diagramme in der Business Process Modeling Notation (BPMN) [OMG06] zu ersetzen. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 5 zu sehen. Diese Variante hat folgende Vorteile:

- Während viele Konstrukte in BPMN Äquivalente in UML Aktivitätsdiagrammen haben, ist die BPMN, insbesondere was die Fehlerbehandlung und die Transaktionsverwaltung angeht, expliziter.
- BPMN wurde entwickelt, um Geschäftsprozessmodelle in die ausführbare Orchestrierungssprache BPEL [ACDG03] übersetzen zu können. Entsprechend gibt es eine im BPMN-Standard definierte Abbildung von BPMN auf BPEL.
- Während UML Aktivitätsdiagramme der OMG-Standard für die Modellierung von objektorientierter Software sind, ist die BPMN der OMG-Standard für die Geschäftsprozessmodellierung.
- Durch die speziellen Pfeile für den Nachrichtenfluss und die Markierung von Gruppen können notwendige Kollaborationen leichter identifiziert werden als im auf UML basierenden Business Process View.

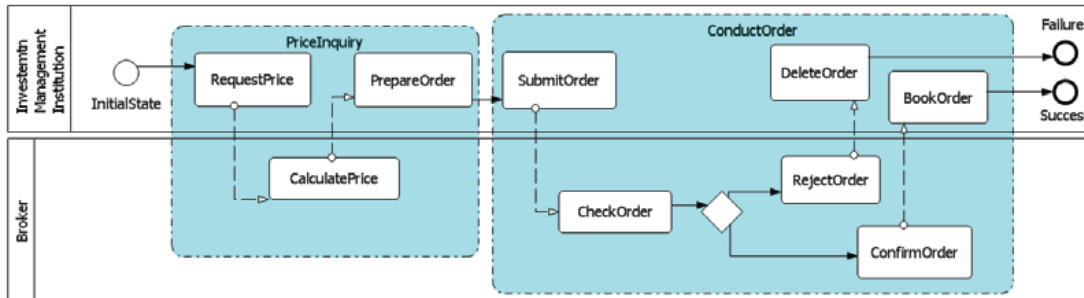


Abb. 5: Geschäftsprozessmodell in der BPMN

#### 4.4 Einordnung der Erweiterung in GERAM

Es stellt sich die Frage, wie die erweiterte UMM die für eine SOA notwendigen Anforderungen der Elemente von GERAM umsetzt.

Für die EMOs ist es erforderlich, dass Web services als Module verwaltet werden können. Hierfür wird ein Web service Verzeichnis benötigt, das die Web services für die Benutzung in den EOS bereitstellt. Während ein solches Verzeichnis nicht Teil der beschriebenen Methodologie ist, gibt es Ansätze wie den UDDI-Standard [Newc02], solche Verzeichnisse zur Verfügung zu



stellen. Auch Verzeichnisse mit semantischen Erweiterungen wurden z. B. in [AVMM04] und [GrJH05] bereits vorgeschlagen.

<b>GERAM-Elemente</b>	<b>Bestandteil</b>	<b>Umsetzung in erweiterter UMM</b>
GERA	Mitarbeiterorientierte Konzepte	In Arbeit
	Prozessorientierte Konzepte	Fokus von erweiterter UMM
	Technologieorientierte Konzepte	Nicht unterstützt
EEM		Methodologie zur Erstellung der Modelle von UMM übernommen
EMLs	Jeder Bereich ist modellierbar	Wird durch UMM Modelle gewährleistet
	Modelle sind miteinander integrierbar	Wird durch UMM Modelle gewährleistet
EETs		Prototyp in Metamodellierungstool entwickelt
PEMs	Partial Human Role Models	Entsprechende Konzepte sind in Arbeit
	Partial Process Models	Referenzmodell-Verzeichnis wird erstellt
	Partial Technology Models	Nicht betrachtet
	Partial Models of IT systems	Insbesondere Web service Verzeichnis
GEMCs		Core Components
EMs		In der Methodologie erstellte Modelle
EOS		Das modellierte Unternehmen
EMOs		Web services

Tab. 1: Erweiterte UMM im Rahmen von GERAM

EMLs sollten insbesondere Geschäftsprozessmodelle vorsehen, die für eine automatische Orchestrierung und Choreographie verwendet werden können. Während mit der UMM die Erstellung einer in BPSS beschriebenen Choreographie möglich ist, gestattet die von uns vorgeschlagene Erweiterung auch die Erstellung von Orchestrierungen. In diesem Bereich werden die Anforderungen an EMLs für eine SOA gut erfüllt.

Im Bereich der EETs haben wir mit Hilfe eines Metamodellierungstools ein Modellierungstool entwickelt, welches alle für die erweiterte UMM notwendigen Modelle abbilden kann. Im Weiteren werden wir eine Core Components Bibliothek im Modellierungstool als GEMC anbinden, sodass der in den Geschäftsprozessmodellen dargestellte Informationsfluss semantisch hinterlegt werden kann. Dies ist notwendig, um eine automatische Bindung von Services an Aktivitäten zu ermöglichen.

Im Bereich der PEMs ist es möglich, Referenzprozesse zu hinterlegen, die bereits durch EMOs unterstützt werden können. Genauso wie für das Web Service Verzeichnis müsste auch für Referenzprozesse ein Verzeichnis geschaffen werden.

Die EEM wird von der UMM übernommen und ist bereits gut für SOA geeignet, da ein starker Fokus auf den Geschäftsprozessen und ihrer Unterstützung durch EDV liegt. Eine Erweiterung ist hier nicht notwendig.

Die Einordnung der Erweiterung in GERAM ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

## **5 Schlussfolgerungen**

Die Schlussfolgerungen beziehen sich zum einen auf die Erweiterung der UMM, zum anderen auf die Verwendung von GERAM als Referenzmodell für ein SOA Framework.

### **5.1 Erweiterung der UMM**

Der Beitrag zeigt, dass die erweiterte UMM in vielen Bereichen der GERAM die durch eine SOA gestellten Anforderungen schon adressiert. Im Bereich von GERA und EML sollten zusätzlich für SOA notwendige Rollen und Lebenszykluskonzepte mit betrachtet werden. Wir arbeiten zurzeit an weiterreichende Modelle für Rollen und Technologien, die den gesamten Service-Lebenszyklus abdecken. Im Bereich der PEMs und EMOs erarbeiten wir im Zusammenhang mit einem Forschungsprojekt geeignete Lösungen in Form von Verzeichnissen, die auch in unser Modellierungstool eingebunden werden.

Durch die Einordnung der Methodologie in die GERAM ist es möglich, Schwachstellen und Stärken der Methodologie besser zu erkennen und somit gezielter zu einer ganzheitlichen Unternehmensmodellierung für eine SOA zu kommen.

### **5.2 Enterprise Architecture Frameworks für serviceorientierte Architekturen**

GERAM stellt einen guten Rahmen zur Verfügung, in dem ein EAF für SOA entwickelt werden kann. Denn die für eine SOA notwendige ganzheitliche Sicht auf ein Unternehmen wird durch die von GERAM spezifizierten Elemente abgedeckt. Ein in diesem Rahmen entwickeltes Framework hat gute Voraussetzungen, die Einführung einer SOA und ihre Verwaltung zu erleichtern.

Wir werden im Rahmen der GERAM weiter an einem Framework arbeiten, dass die Belange einer SOA berücksichtigt. Die hier vorgestellte Erweiterung der UMM ist dabei nur ein erster Schritt zur Modellierung einer auf Services aufbauenden Unternehmensstruktur.

## Literaturverzeichnis

- [AVMM04] *Aggarwal, R.; Verma, K.; Miller, J.; Milnor, W.*: Constraint driven Web service composition in METEOR-S. In: Services Computing, 2004. (SCC 2004). Proceedings. 2004 IEEE International Conference on (2004), S. 23-30.
- [ACDG03] *Andrews, Tony; Curbera, Francisco; Dholakia, Hitesh; Golland, Yaron; Klein, Johannes; Leymann, Frank; Liu, Kevin; Roller, Dieter; Smith, Doug; Trickovic, Ivana; Weerawarana, Sanjiva*: Business Process Execution Language for Web Services Version 1.1. <ftp://www6.software.ibm.com/software/developer/library/ws-bpel.pdf>, 2003, Abruf am 2006-06-12.
- [BEAS06] *BEA Systems*: Dev2Dev Online: Service-oriented Architecture. <http://dev2dev.bea.com/soa/>, 2006, Abruf am 2006-06-21.
- [BeNe97] *Bernus, Péter; Nemes, L.*: The Contribution of the Generalised Enterprise Reference Architecture to Consensus in the Area of Enterprise Integration. <http://www.cit.gu.edu.au/~bernus/publications/articles/iceimt97/iceimt97geram.pdf>, 1997, Abruf am 2004-06-12.
- [BrHW04] *Braun, Christian; Hafner, Martin; Wortmann, Felix*: Methodenkonstruktion als wissenschaftlicher Erkenntnisansatz. [http://www.alexandria.unisg.ch/EXPORT/DL/Martin\\_Hafner/28306.pdf](http://www.alexandria.unisg.ch/EXPORT/DL/Martin_Hafner/28306.pdf), 2004, Abruf am 2006-11-10.
- [Diet06] *Dietrich, Jens*: Nutzung von Modellierungssprachen und -methodologien standardisierter B2B-Architekturen für die Integration unternehmensinterner Geschäftsprozesse (unpublizierte Dissertation). TU Berlin, Fachgebiet Systemanalyse und EDV, 2006.

- [Food05] *Foody, Dan: Getting web service granularity right.* <http://www.soa-zone.com/index.php?/archives/11-Getting-web-service-granularity-right.html>, 2005, Abruf am 2006-06-12.
- [Gome06] *Gomes, Lee: For business-software developers, flexibility can be spelled SOA.* In: *The Wall Street Journal Europe* July 18, 2006 (2006), S. 32.
- [GrJH05] *Grønmo, R.; Jaeger, M. C.; Hoff, H.: Transformations between UML and OWL-S.* In: *European Conference on Model Driven Architecture–Foundations and Applications (ECMDA'05)* (2005).
- [IFIF99] *IFAC/IFIP: Integration, I. I. T. F. o. A. f. E.* (Hrsg.): *Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology Version 1.6.3.* <http://www.cit.gu.edu.au/~bernus/taskforce/geram/versions/geram1-6-3/v1.6.3.html>, 1999, Abruf am 2004-09-11.
- [IBMC06] *International Business Machines Corporation: developerWorks : SOA and Web services.* <http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices>, 2006, Abruf am 2006-06-21.
- [ISO00] *ISO: Industrial Automation Systems - Requirements for Enterprise Reference Architectures and Methodologies.* In: *ISO 15704* (2000).
- [LeRS02] *Leymann, F.; Roller, D.; Schmidt, M. T.: Web services and business process management.* In: *IBM Systems Journal* 41 (2002) Nr. 2, S. 198-211.
- [McNa03] *McCoy, D.; Natis, Y.: Service-Oriented Architecture: Mainstream Straight Ahead.* In: *Gartner Research* (2003) Nr. LE-19-7652.
- [Micr06] *Microsoft Corporation: .NET Architecture Center: Service Oriented Architecture.* <http://msdn.microsoft.com/architecture/soa/>, 2006, Abruf am 2006-06-21.
- [Newc02] *Newcomer, Eric: Understanding Web Services: XML, WSDL, SOAP and UDDI.* Addison-Wesley Longman, Amsterdam 2002.

- [NeLo05] *Newcomer, Eric; Lomow, Greg*: Understanding SOA with Web Services. Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ 2005.
- [OASI06] *OASIS Open*: OASIS Committees by Category: SOA. [http://www.oasis-open.org/committees/tc\\_cat.php?cat=soa](http://www.oasis-open.org/committees/tc_cat.php?cat=soa), 2006, Abruf am 2006-06-21.
- [OMG06] *Object Management Group*: Business Process Modeling Notation Specification. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?dtc/2006-02-01>, 2006, Abruf am 2006-06-12.
- [ReUn06] *Research Studio Austria; University of Vienna*: UMM Add-In. <http://www.ifs.univie.ac.at/ummaddin/>, 2006, Abruf am 2006-06-12.
- [SAPA06] *SAP AG*: SAP - Enterprise Service-Oriented Architecture: Blueprint for Service-Based Business Solutions. <http://www.sap.com/platform/esa/index.epx>, 2006, Abruf am 2006-06-21.
- [ScRo03] *Schallert, M. ; Rosemann, M.*: Issues in the design of enterprise architectures. In: GI-Arbeitskreis EA Frühjahrskonferenz 2003. Universität St. Gallen, St. Gallen 2003, S. 42-49.
- [Sche04] *Schekkerman, Jaap*: How to survive in the jungle of Enterprise Architecture Frameworks. Trafford, Victoria, Canada 2004.
- [Schm05] *Schmelzer, Ronald*: Solving the Service Granularity Challenge. <http://www.zapthink.com/report.html?id=ZAPFLASH-200639>, 2005, Abruf am 2006-06-12.
- [Schö04] *Schönherr, Marten*: Enterprise Architecture Frameworks. In: Aier, S., Schönherr, M. (Hrsg.): Enterprise Application Integration - Serviceorientierung und nachhaltige Architekturen. Gito, Berlin 2004, S. 3-48.
- [Spar06] *Sparx Systems Pty Ltd.*: UML tools for software development and Modelling - Enterprise Architect Full Lifecycle UML modeling tool. <http://www.sparxsystems.com/>, 2006, Abruf am 2006-06-12.
- [Szyp98] *Szyperski, C.*: Component Oriented Programming. Springer, 1998.

- [UNCE03] *UN/CEFACT: UN/CEFACT – ebXML Business Process Specification Schema.*  
[http://www.untmg.org/index.php?option=com\\_docman&task=view\\_category&Itemid=137&subcat=3&catid=63&limitstart=0&limit=5](http://www.untmg.org/index.php?option=com_docman&task=view_category&Itemid=137&subcat=3&catid=63&limitstart=0&limit=5), 2003, Abruf am 2006-06-12.
- [UNCE06a] *UN/CEFACT: UN/CEFACT's Modeling Methodology (UMM).*  
[http://www.untmg.org/index.php?option=com\\_docman&task=view\\_category&Itemid=137&subcat=1&catid=63&limitstart=0&limit=5](http://www.untmg.org/index.php?option=com_docman&task=view_category&Itemid=137&subcat=1&catid=63&limitstart=0&limit=5), 2006, Abruf am 2006-06-12.
- [UNCE06b] *UN/CEFACT: ISO\DTS 15000-5: 2006 Core Components Technical Specification 2nd Edition UN/CEFACT Version 2.2.*  
[http://www.untmg.org/index.php?option=com\\_docman&task=docclick&Itemid=137&bid=43&limitstart=0&limit=5](http://www.untmg.org/index.php?option=com_docman&task=docclick&Itemid=137&bid=43&limitstart=0&limit=5), 2006, Abruf am 2006-06-12.
- [WWWC04] *World Wide Web Consortium: Web Services Architecture.*  
<http://www.w3.org/TR/ws-arch/>, 2004, Abruf am 2006-06-12.

# **Einführung in den Track**

## **Business Intelligence**

**Prof. Dr. Peter Chamoni**

Universität Duisburg-Essen

**Prof. Dr. Bodo Rieger**

Universität Osnabrück

Einreichungen sollen originäre Arbeiten beschreiben, entweder über innovative Methoden, Modelle und Konzepte des Business Intelligence (BI), oder deren praktische Anwendung im Rahmen des integrativen Szenario der Management Support Systeme (MSS). Dies umfasst insbesondere Forschungen über die effektive Anwendung von Mining- und anderer geeigneter, analytischer Technologien auf betriebliche Entscheidungsprobleme, die mehrdimensionale Überwachung der Unternehmens-Performance (Scorecard Modelle), die aktive Beratung von Entscheidern durch modellgestützte, bewertete Handlungsalternativen, und das Sammeln, Verteilen und kooperative Nutzen zugehöriger, qualitativer Informationen im Sinne des Wissensmanagement. Aus Sicht der praktischen Umsetzung sind Konzepte und bewährte, verteilte Multi-layer-Architekturen zur Integration von Data Warehouses, modellgestützten, analytischen Applikationen und individuell oder automatisch anpassbaren Anwenderportalen willkommen.

**Programmkomitee:**

Dr. Wolfgang Behme, Continental AG, Hannover  
Prof. Dr. Peter Chamoni, Universität Duisburg-Essen (track chair)  
Dr. Eitel von Maur, Universität St. Gallen  
Prof. Dr. Roland Gabriel, Universität Bochum  
PD Dr. Peter Gluchowski, Universität Düsseldorf  
Prof. Dr. Norbert Gronau, Universität Potsdam  
Prof. Dr. Dimitris Karagiannis, Universität Wien  
Prof. Dr. Hans-Georg Kemper, Universität Stuttgart  
Prof. Dr.-Ing. Peter Lehmann, Hochschule der Medien Stuttgart  
Dr. Wolfgang Martin, Wolfgang Martin Team, Annecy, France  
Dr. Harry Mucksch, IT-Beratung und Services, Apen  
Prof. Dr. Bodo Rieger, Universität Osnabrück (track chair)  
Prof. Dr. Wolfgang Uhr, TU Dresden



# Kollaboratives Data Warehousing

## Konzeption und prototypische Realisierung flexibler Schema- und Datenintegration

Thomas Matheis, Dirk Werth, Peter Loos

Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)  
im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)  
66123 Saarbrücken  
{thomas.matheis, dirk.werth, peter.loos}@iwi.dfki.de

### Abstract

Die Bedeutung von Geschäftsmodellen des collaborative Business ist gewachsen. Kollaboratives Data Warehousing ermöglicht es den partizipierenden Unternehmen, sich in einem steigenden Wettbewerb strategische Wettbewerbsvorteile zu sichern, und sich damit in den stark umkämpften Kundenmärkten zu behaupten. Vor diesem Hintergrund werden Ansätze zum kollaborativen Data Warehousing vermehrt an Bedeutung gewinnen. Der vorliegende Beitrag stellt auf der Grundlage von föderierten Datenbanktechnologien einen Integrationsansatz zum kollaborativen Data Warehousing vor. Der Ansatz bezieht sowohl die Schemaebene, als auch die Datenebene in den Integrationsprozess ein, und erlaubt es insbesondere, dass ein beliebiges Unternehmen wieder aus der Kollaboration de-integriert werden kann. Über die Konzeption hinausgehend präsentiert der Beitrag auch einen Software-Prototypen, der für den Aufbau, den Betrieb und die Auflösung kollaborativer Data Warehouses eingesetzt werden kann.

### 1 Einleitung

Die fortschreitende Auflösung von Grenzen innerhalb und zwischen Unternehmen, sowie das Fortschreiten des technologischen Wandels, insbesondere der Internettechnologien, hat in den letzten Jahren zunehmend Einfluss auf die Gestaltung wertschöpfender Geschäftsprozesse ausgeübt [Sche+03]. Die dadurch entstandenen neuen Geschäftsmodelle werden unter dem

Schlagwort collaborative Business (c-Business) zusammengefasst und beinhalten Konzepte für die Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg [RöSc01, S. 289-292]. Im Mittelpunkt steht dabei die effiziente und effektive Gestaltung wertschöpfender Geschäftsprozesse, die nicht mehr nur unternehmensintern, sondern vor allem unternehmensübergreifend betrachtet werden. Die zunehmende Integration von einzelnen Unternehmen in global strategische Netzwerke ist eine globale Tendenz und eröffnet den beteiligten Unternehmen enorme Chancen. Nicht mehr einzelne Unternehmen werden künftig miteinander konkurrieren, sondern Netzwerke einzelner Unternehmen. Die Fähigkeit von Unternehmen, sich in kollaborative Netzwerke zu integrieren, stellt daher einen entscheidenden Schlüssel zu ihrem Geschäftserfolg dar [Öste+00]. Data-Warehouse-Systeme sind als Kern entscheidungs-unterstützender Informationssysteme für viele Unternehmen von strategischer Bedeutung [Lint01, S. 47f]. Da Informationen für Unternehmen immer wichtiger werden, um in Zeiten der Globalisierung auf dem Markt schnell reagieren zu können, ist das Vorhandensein aussagekräftiger Fakten für die strategische Entscheidungsfindung von großer Relevanz [AlÖs01]. Traditionelle Data-Warehouse-Lösungen sind in der Regel nur auf die Entscheidungsfindung einzelner Unternehmen ausgerichtet. Eine kollaborative Data-Warehouse-Lösung vereint die Daten mehrerer Unternehmen, die ihre Unternehmensdaten der Kollaboration über einzelne Data-Warehouse-Lösungen zur Verfügung stellen. Den an der Kollaboration beteiligten Unternehmen bietet eine kollaborative Data-Warehouse-Lösung bedeutende Möglichkeiten, um unternehmensübergreifende Entscheidungen zu treffen und strategische Wettbewerbsvorteile gegenüber ihren Konkurrenten zu erzielen [MaWe05].

Dieser Beitrag stellt auf der Grundlage von föderierten Datenbanktechnologien einen Ansatz für die flexible Integration von Data-Warehouse-Lösungen zu einer Data-Warehouse-Kollaboration vor. Kapitel 2 beschreibt die Methodik zur Integration multidimensionaler Datenmodelle, die die Grundlage des kollaborativen Data Warehousings bildet. Anschließend wird in Kapitel 3 die prototypische Realisierung des Integrationsansatzes vorgestellt. Der Beitrag schließt in Abschnitt 4 mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf weitere Forschungsaufgaben.

## **2 Methodik zur Integration multidimensionaler Datenmodelle**

Die Thematik der Schemaintegration ist bereits gut durchdrungen [Böhn01], so dass bei der Entwicklung einer Methode zur Integration multidimensionaler Datenmodelle ein kompletter

Neuentwurf nicht notwendig ist. Vielmehr kann ein bereits existierender Integrationsansatz um multidimensionale Konstrukte erweitert werden. Beispielhaft seien zur Schemaintegration Ansätze wie Upward Inheritance [Conr97], Correspondence Assertion [Spac+92] oder Generic Integration Model [Schm98] genannt. Für eine ausführliche Darstellung über Grundideen und Ansätze weiterer Integrationstechniken sei an dieser Stelle auf [RaBe01; Bati+86] verwiesen. Die zusicherungs-basierte Integration (Correspondence Assertion) ist unter den bestehenden Integrationsansätzen am ehesten geeignet, um als Grundlage für die Integration von multidimensionalen Datenmodellen zu dienen [MaWe05]. Daher wird in diesem Kapitel eine Methode für die Integration multidimensionaler Datenschemata vorgestellt, die auf dem Prinzip der zusicherungs-basierten Integration basiert. Bei diesem Ansatz werden auf der Grundlage eines generischen Datenmodells zwischen den zu integrierenden Schemata Inter-Schema-Korrespondenzen in Form von Zusicherungen definiert. Durch Anwendung von Integrationsregeln kann unter Einbezug der Zusicherungen das integrierte Schema konstruiert werden.

## **2.1 Vorüberlegungen und Voraussetzungen**

Ein kollaboratives Data-Warehouse-System erfordert die Integration von mehreren Data Warehouses und somit die Integration von mehreren multidimensionalen Datenschemata. Ein wesentlicher Unterschied zwischen multidimensionalen Datenschemata und „einfachen“ Datenschemata besteht im Konzept der Summierbarkeit [LeSh97, S. 132-143]. Zentrales Ziel der Summierbarkeit ist es, die Korrektheit von Ergebnissen von Aggregatanfragen über multidimensionalen Daten zu garantieren. Beispielsweise kann die von den meisten multidimensionalen Datenmodellen verwendete Roll-Up-Beziehung, die eine Aggregation der Daten auf eine höhere Granularität beschreibt, nur dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn eine korrekte Summierbarkeit vorausgesetzt werden kann [Lehn03]. Auch wenn vorausgesetzt wird, dass die lokalen Data-Warehouse-Datenquellen eine korrekte Summierbarkeit gewährleisten, das heißt die Bedingungen der Disjunktheit, Vollständigkeit und Typverträglichkeit erfüllen, so wird durch die Integration von mehreren multidimensionalen Schemata die Bedingung der Summierbarkeit in der Regel verletzt. Die dadurch entstehende Problematik im Rahmen der Anfragebearbeitung wird im Folgenden anhand des Beispiels der Abbildung 1 näher erläutert.

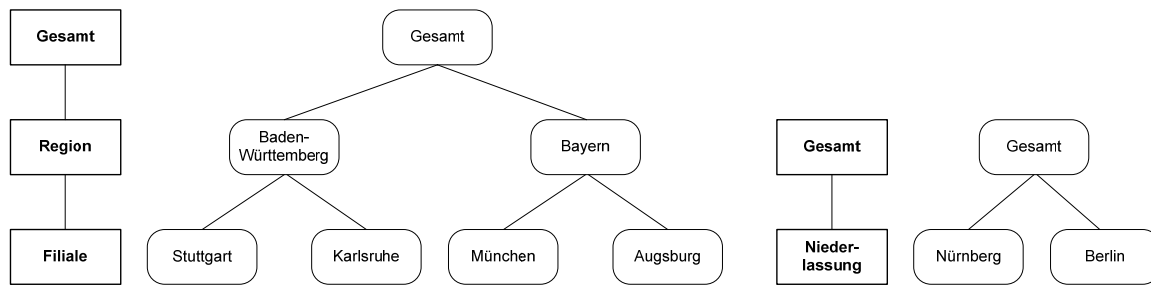


Abbildung 1: Zu integrierende multidimensionale Schemata

Die beiden Schemata der Abbildung 1 weisen die semantisch äquivalenten Schemaelemente 'Filiale' und 'Niederlassung' auf. Das Schemaelement 'Filiale' bzw. 'Niederlassung' wird somit in das integrierte Schema aufgenommen. Auf Instanzebene weist das integrierte Schema alle Instanzen der beiden Schemata auf der Ebene der Filialen bzw. Niederlassungen auf. Aufgrund der funktionalen Abhängigkeit [Lehn03] bestimmt beispielsweise die Instanz 'Stuttgart' die übergeordnete Instanz 'Baden Württemberg' funktional. Es ist allerdings unklar, welche Instanz des Attributes 'Region' von den Instanzen 'Nürnberg' und 'Berlin' funktional bestimmt werden, da das Schemaelement 'Region' im rechten Schema nicht enthalten ist. Diese Information muss bei der Integration erfasst werden, um das Konzept der Summierbarkeit, insbesondere der Vollständigkeit, zu gewährleisten. Die Vollständigkeit kann wieder hergestellt werden, indem die entsprechenden Instanzen den Instanzen der nächsthöheren Hierarchieebene direkt zugeordnet werden beziehungsweise entsprechende Instanzen der nächsthöheren Hierarchieebene neu definiert werden. In diesem Fall ergibt sich folgendes integriertes Schema mit den entsprechenden Instanzen, das in Abbildung 2 dargestellt ist.

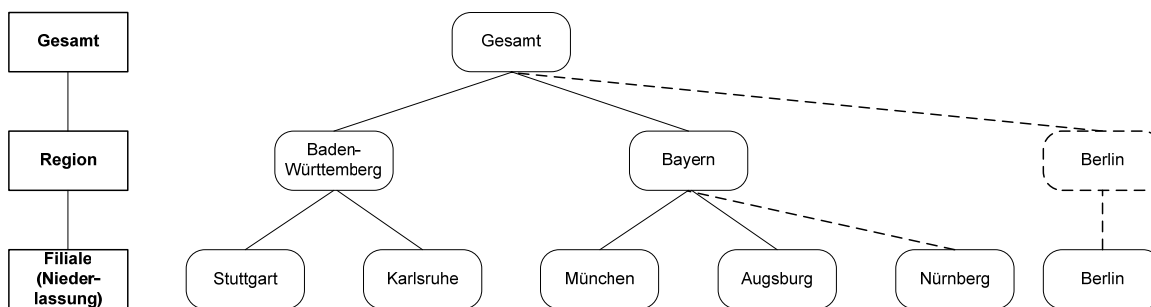


Abbildung 2: Integriertes Schema

Die Zuordnung einer Instanz zu einer Instanz der nächsthöheren Hierarchieebene muss meist manuell erfolgen, da hierfür semantisches Wissen erforderlich ist, das in der Regel nicht automatisch abgeleitet werden kann. Das wesentliche Ziel eines Data-Warehouse-Systems beziehungsweise eines kollaborativen Data-Warehouse-Systems, nämlich die Bereitstellung von aussagekräftigen Informationen zur Entscheidungsunterstützung, kann allerdings nur durch

diese Zuordnung der dimensionalen Instanzen erfüllt werden, da sonst keine aussagekräftigen Informationen bereitgestellt werden können.

Die oben dargestellte Problematik kommt besonders in einem kollaborativen Data-Warehouse-System zu tragen. Da an der Kollaboration eine Vielzahl von Unternehmen teilnehmen, die sich in die Kollaboration integrieren und auch wieder de-integrieren können, kann nicht davon ausgegangen werden, dass diese dieselben Schemaelemente in ihren multidimensionalen Schemata abgebildet haben. Um das Konzept der Summierbarkeit besser berücksichtigen zu können, bezieht der hier vorgeschlagene Integrationsansatz daher nicht nur die Schemaebene, sondern auch die Instanzebene der Dimensionshierarchien in den Integrationsprozess ein. Dabei spielt insbesondere das Konzept der funktionalen Abhängigkeit eine wesentliche Rolle. Durch Einbezug der Instanzebene in den Integrationsprozess erhöht sich zwar der Integrationsaufwand. Allerdings kann nur dadurch gewährleistet werden, dass im Rahmen einer Anfragebearbeitung aussagekräftige Anfrageergebnisse auf der Ebene der Kollaboration erzielt werden können. Durch Einschränkungen der zu integrierenden Daten kann der Integrationsaufwand wesentlich verringert und die praktische Anwendbarkeit des Ansatzes erhöht werden [MaWe05].

Die hier vorgestellte Methode beschränkt sich auf die Integration von multidimensionalen Schemata, die durch Fakten (Basiskennzahlen) und Dimensionen mit einfacher Hierarchie modelliert sind. Auf die Darstellung von abgeleiteten Kennzahlen, nicht dimensional Attributen und Dimensionen mit parallelen Hierarchiepfaden wurde bewusst verzichtet. Diese Konstrukte werden vom vorgestellten Integrationsansatz jedoch nicht ausgeschlossen, sondern können mit Hilfe weiterer Integrationsregeln ergänzt werden. Die Entscheidung für die Einschränkung liegt darin, dass sich mit Fakten und Dimensionen einfacher Hierarchie bereits die wesentlichen Konzepte zur Integration multidimensionaler Datenmodelle zeigen lassen.

## **2.2 Datenmodell**

Um unabhängig von einem konkreten Datenmodell zu sein, werden die Zusicherungen bei der zusicherungs-basierten Integration auf der Grundlage des generischen Datenmodells formuliert. Das generische Datenmodell besitzt für multidimensionale Datenmodelle jedoch eine zu geringe Ausdrucksstärke. Daher wird im Folgenden in Anlehnung an die Arbeit von [Lehn03] ein multidimensionales Datenmodell beschrieben, das als Grundlage für die Formulierung der Zusicherungen und der Integrationsregeln dient.

An dieser Stelle muss zunächst das Prinzip der funktionalen Abhängigkeit erläutert werden, welches in den nachfolgenden Beschreibungen verwendet wird.

*Definition Funktionale Abhängigkeit:* Zwischen zwei Attributen A und B existiert eine funktionale Abhängigkeit ( $A \rightarrow B$ ) genau dann, wenn für jede Instanz  $a \in A$  genau eine Instanz  $b \in B$  existiert. Das Attribut B wird damit von dem Attribut A funktional bestimmt.

*Definition Schwache funktionale Abhängigkeit:* Zwischen zwei Attributen A und B existiert eine schwache funktionale Abhängigkeit ( $A \Rightarrow B$ ) genau dann, wenn für jede Instanz  $a \in A$  höchstens eine Instanz  $b \in B$  existiert.

*Definition Datenwürfel:* Das Schema eines Datenwürfels C besteht aus einer Menge von dimensionalen Schemata D und einer Menge von Fakten F. Dabei gilt:  $C = (D, F) = (\{D_1, \dots, D_n\}, \{F_1, \dots, F_n\})$ .

*Definition Dimension:* Das Schema einer Dimension D besteht aus einer geordneten Menge von dimensionalen Attributen ( $\{A_1, \dots, A_n, \text{TopA}\}; \rightarrow$ ), wobei  $\rightarrow$  die funktionale Abhängigkeit bezeichnet und TopA ein generisches maximales Element in Bezug auf  $\rightarrow$  darstellt. Für zwei dimensionale Attribute  $A_i$  und  $A_{i+1}$  gilt, dass  $A_{i+1}$  von  $A_i$  funktional bestimmt wird. TopA wird von allen dimensionalen Attributen funktional bestimmt. Das dimensionale Attribut  $A_1$  bestimmt alle anderen dimensionalen Attribute und stellt somit die feinste Granularität einer Dimension dar. Dabei gilt:

- $\forall i (1 \leq i < n): A_i \rightarrow A_{i+1}$
- $\forall i (1 \leq i \leq n): A_i \rightarrow \text{TopA}$
- $\exists i (1 \leq i \leq n) \forall j (1 \leq j \leq n), i \neq j: A_i \rightarrow A_j$

Die Definition einer Dimension bezieht neben der Schemaebene die Instanzebene nur indirekt über die funktionale Abhängigkeit ein. Um auch die Instanzebene besser berücksichtigen zu können, wird die Definition einer Dimension wie folgt erweitert. Jedes dimensionale Attribut  $A_i$  besteht aus einer Menge von Instanzen:  $A_i = \{a_1, \dots, a_n\}$ .

Zu beachten ist an dieser Stelle, dass die Definition eines Datenwürfels damit nicht nur die Schemaebene, sondern auch die Instanzebene der dimensionalen Attribute einbezieht.

### 2.3 Korrespondenz-Zusicherungen

Korrespondenz-Zusicherungen setzen die Bestandteile von Datenwürfeln zueinander in Beziehung. Es werden zwei Arten von Korrespondenz-Zusicherungen unterschieden.

Zusicherungen, die über Attribute Dimensionen in Beziehung zueinander setzen, sowie Zusicherungen, die Fakten in Beziehung zueinander setzen. Im Folgenden werden die verschiedenen Korrespondenz-Zusicherungen vorgestellt.

*Dimension-Korrespondenz-Zusicherung:* Seien A und B zwei Dimensionen, wobei A aus dem Datenwürfel C1 und B aus dem Datenwürfel C2 stammt. Es gilt:  $A = (\{A_1, \dots, A_n, \text{TopA}\}; \rightarrow)$  und  $B = (\{B_1, \dots, B_n, \text{TopB}\}; \rightarrow)$ . Dann gibt es zwei Möglichkeiten, um Korrespondenzen zwischen A und B durch Zusicherungen zu formulieren.

- $A \leftrightarrow B$ : Die Dimensionen A und B repräsentieren eine semantisch äquivalente Dimensionshierarchie.
- $A \uparrow$ : Die Dimension A repräsentiert eine Dimensionshierarchie, die zu keiner Dimension des Datenwürfels C2 semantisch äquivalent ist. Diese Zusicherung ermöglicht es, neue Dimensionen in den integrierten Datenwürfel aufzunehmen beziehungsweise einzelne Attribute einer Dimension von A in eine neue Dimension aufzunehmen.

*Attribut-Korrespondenz-Zusicherung:* Seien  $A_i$  und  $B_j$  zwei beliebige Attribute, wobei  $A_i$  aus der Dimension A und  $B_j$  aus der Dimension B stammt. Dann gibt es die folgenden Möglichkeiten, um Korrespondenzen zwischen  $A_i$  und  $B_j$  durch Zusicherungen zu formulieren.

- $A_i \leftrightarrow B_j$ : Die Attribute  $A_i$  und  $B_j$  sind semantisch äquivalent, das heißt sie repräsentieren die gleiche Menge von Instanzen. Die Menge D bezeichnet dabei alle Instanzen der Attribute  $A_i$  und  $B_j$ , die zueinander semantisch äquivalent sind. Es gilt:  $D = \{(a,b) \mid a \in A_i, b \in B_j, a \text{ semantisch äquivalent zu } b\}$ .
- $A_i \rightarrow B_j$ : Das Attribut  $B_j$  wird von dem Attribut  $A_i$  direkt funktional bestimmt. Das Attribut  $A_i$  repräsentiert also eine Menge von Instanzen, die die Menge von Instanzen von  $B_j$  direkt funktional bestimmen.
- $A_i \rightarrow \text{TopB}$ : TopB wird von dem Attribut  $A_i$  direkt funktional bestimmt. Das Attribut  $A_i$  repräsentiert also eine Menge von Instanzen, die von allen Mengen von Instanzen der Attribute aus B funktional bestimmt werden.
- $A_i \uparrow$ : Das Attribut  $A_i$  lässt sich nicht durch eine der vorangegangenen Zusicherungen einem Attribut der Dimension B zuordnen.

Die Attribut-Zusicherungen können den Dimension-Zusicherungen wie folgt angefügt werden:

- $A \leftrightarrow B$  mit  $A_i \leftrightarrow B_j$ ,  $A_i \rightarrow B_j$ ,  $A_i \rightarrow \text{Top}B$  oder  $A_i \updownarrow$
- $A \updownarrow$  mit  $A_i \leftrightarrow A_i$  oder  $A_i \updownarrow$

*Fakten-Korrespondenz-Zusicherung:* Seien  $F1$  und  $F2$  zwei Fakten, wobei  $F1$  aus dem Datenwürfel  $C1$  und  $F2$  aus dem Datenwürfel  $C2$  stammt. Dann gibt es zwei Möglichkeiten, um Korrespondenzen zwischen  $F1$  und  $F2$  durch Zusicherungen zu formulieren.

- $F1 \leftrightarrow F2$ : Die Fakten  $F1$  und  $F2$  repräsentieren eine semantisch äquivalente Basiskennzahl.
- $F1 \updownarrow$ : Das Faktum  $F1$  repräsentiert eine Basiskennzahl, die zu keinem Faktum des Datenwürfels  $C2$  semantisch äquivalent ist.

## 2.4 Integration

Mit Hilfe der folgenden Integrationsregeln kann der integrierte Datenwürfel basierend auf den vorgestellten Zusicherungen schrittweise konstruiert werden. Dabei werden sowohl Veränderungen auf Schema- als auch auf Instanzebene angegeben. Die Dimensionen der zu integrierenden Datenwürfel weisen eine funktionale Abhängigkeit auf, während die Dimensionen des integrierten Datenwürfels durch das Anwenden der Integrationsregeln in der Regel nur eine schwache funktionale Abhängigkeit aufweisen. Deshalb wird auch insbesondere aufgezeigt, welche Integrationsregeln die funktionale Abhängigkeit verletzen können.

Seien die Datenwürfel  $C1$  und  $C2$  gegeben. Der Datenwürfel  $C1$  wird in den Datenwürfel  $C2$ , der zum Beispiel den bestehenden Datenwürfel einer Kollaboration beschreibt, integriert. Die nachfolgend angegebenen Integrationsregeln beschreiben, wie sich der Datenwürfel  $C2$  durch die Integration von  $C1$  verändert. Die Dimension  $A$  repräsentiert dabei eine Dimension des Datenwürfels  $C1$ , die Dimension  $B$  eine Dimension des Datenwürfels  $C2$ .

*Integrationsregel 1:* Alle Fakten, Dimensionen und Attribute des Datenwürfels  $C2$ , zu denen keine Korrespondenz zu dem Datenwürfel  $C1$  besteht, bleiben durch die Integration des Datenwürfels  $C1$  in den Datenwürfel  $C2$  unverändert. Auch die Instanzen der Attribute, die nicht mit dem Datenwürfel  $C1$  korrespondieren, bleiben durch die Integration unverändert erhalten.

*Integrationsregel 2:* Sei die Zusicherung  $A \leftrightarrow B$  mit  $A_i \leftrightarrow B_j$  und der Menge  $D$  gegeben. Die Menge  $\text{DIFF}_A$  bezeichnet die Menge von Instanzen von  $A_i$ , die nicht semantisch äquivalent zu Instanzen von  $B_j$  sind. Es gilt:  $\text{DIFF}_A = \{a \mid a \in A_i, (a_d, b) \in D, a \neq a_d\}$ . Analog bezeichnet die



Menge  $\text{DIFF}_B$  die Menge von Instanzen von  $B_j$ , die nicht semantisch äquivalent zu Instanzen von  $A_i$  sind. Es gilt:  $\text{DIFF}_B = \{b \mid b \in B_j, (a, b_d) \in D, b \neq b_d\}$ . Das Schema der Dimension  $B$  bleibt durch das Anwenden der Integrationsregel unverändert. Auf Instanzebene wird das Attribut  $B_j$  um alle Instanzen der Menge  $\text{DIFF}_A$  erweitert. Die funktionale Abhängigkeit kann bei dieser Integrationsregel in folgenden Fällen verletzt werden.

- Existiert eine Zusicherung der Form  $A_{i+1} \rightarrow B_{j+1}$ , so existieren für alle Instanzen aus  $B_j$ , die zu der Menge  $\text{DIFF}_B$  gehören, keine funktional abhängigen Instanzen aus dem übergeordneten Attribut  $A_{i+1}$ . Dies trifft ebenfalls zu, falls  $B_{j+1}$   $\text{TopB}$  entspricht.
- Existiert ein Attribut  $B_{j+1}$  und keine Zusicherung der Form  $A_{i+1} \leftrightarrow B_{j+1}$  oder  $A_{i+1} \rightarrow B_{j+1}$ , so existieren zu allen Instanzen aus  $B_j$ , die zu der Menge  $\text{DIFF}_A$  gehören, keine funktional abhängigen Instanzen aus  $B_{j+1}$ .

*Integrationsregel 3:* Sei die Zusicherung  $A \leftrightarrow B$  mit  $A_i \rightarrow B_j$  gegeben. Die Dimension  $B$  wird um das Attribut  $A_i$  erweitert, so dass  $B_j$  von  $A_i$  direkt funktional bestimmt wird. Alle Instanzen des Attributes  $A_i$  werden übernommen. Die funktionale Abhängigkeit kann bei dieser Integrationsregel in folgenden Fällen verletzt werden.

- Existiert keine weitere Zusicherung der Form  $A_{i+1} \leftrightarrow B_j$  oder  $A_{i+1} \rightarrow B_j$ , so existieren für alle Instanzen aus  $A_i$  keine funktional abhängigen Instanzen aus  $B_j$ .
- Existiert ein Attribut  $B_{j-1}$  und keine Zusicherung Form  $A_{h,h<i} \leftrightarrow B_{j-1}$ , so existieren für alle Instanzen aus  $B_{j-1}$  keine funktional abhängigen Instanzen aus  $A_i$ . Ausnahme: Existiert zusätzlich eine Zusicherung der Form  $A_{h,h<i} \leftrightarrow B_{k,k<j-1}$  mit  $\text{DIFF}_A$  und  $\text{DIFF}_B$ , so existieren nur für die Instanzen aus  $B_{j-1}$ , keine funktional abhängigen Instanzen aus  $A_i$ , die von den Instanzen der Menge  $\text{DIFF}_B$  funktional bestimmt werden.

*Integrationsregel 4:* Sei die Zusicherung  $A \leftrightarrow B$  mit  $A_i \rightarrow \text{TopB}$  gegeben. Die Dimension  $B$  wird um das Attribut  $A_i$  erweitert, so dass  $\text{TopB}$  von  $A_i$  direkt funktional bestimmt wird. Alle Instanzen des Attributes  $A_i$  werden übernommen. Die funktionale Abhängigkeit kann bei dieser Integrationsregel in folgendem Fall verletzt werden.

- Existiert keine weitere Zusicherung der Form  $A_{h,h<i} \rightarrow \text{TopB}$  und keine Zusicherung der Form  $A_{h,h<i} \leftrightarrow B_n$  für das Attribut  $B_n$ , das  $\text{TopB}$  direkt funktional

bestimmt, so besitzen alle Instanzen des Attributes  $B_n$  keine funktional abhängigen Instanzen aus  $A_i$ . Ausnahme: Existiert zusätzlich eine Zusicherung der Form  $A_{h,h<i} \leftrightarrow B_{k,k<n-1}$  mit  $\text{DIFF}_A$  und  $\text{DIFF}_B$ , so existieren nur für die Instanzen aus  $B_n$  keine funktional abhängigen Instanzen aus  $A_i$ , die von den Instanzen der Menge  $\text{DIFF}_B$  funktional bestimmt werden.

*Integrationsregel 5:* Sei die Zusicherung  $A \leftrightarrow B$  mit  $A_i \downarrow$  gegeben. Die Dimension B bleibt auf Schema- und Instanzebene unverändert. Die Dimension B wird nicht um das Attribut  $A_i$  erweitert, da nur Dimensionen mit einfachen Hierarchiepfaden und somit keine parallelen oder alternativen Hierarchiepfade entstehen sollen. Das Konzept der funktionalen Abhängigkeit bleibt in diesem Fall erhalten.

*Integrationsregel 6:* Sei die Zusicherung  $A \uparrow$  mit  $A_i \leftrightarrow A_i$  beziehungsweise  $A_i \downarrow$  gegeben. Der Datenwürfel C2 wird um die Dimension A erweitert. Das Attribut  $A_i$  wird im Fall von  $A_i \leftrightarrow A_i$  mit in die Dimension übernommen, im Fall von  $A_i \downarrow$  nicht in die Dimension mit aufgenommen. Das Konzept der funktionalen Abhängigkeit bleibt in diesem Fall erhalten.

*Integrationsregel 7:* Sei die Zusicherung  $F1 \leftrightarrow F2$  gegeben. Der Datenwürfel C2 bleibt unverändert.

*Integrationsregel 8:* Sei die Zusicherung  $F \uparrow$  gegeben. Der Datenwürfel C2 wird um das Faktum F2 erweitert.

Im Rahmen der Integration müssen neben den Zusicherungen ferner noch Abbildungsinformationen zwischen dem integrierten Datenwürfel und den lokalen Datenwürfeln festgehalten werden, die notwendig sind, um Anfragen an den integrierten Datenwürfel korrekt auf die einzelnen lokalen Datenwürfel zu transformieren. Die De-Integration eines Datenwürfels aus einem integrierten Datenwürfel, der nach dem vorgestellten Integrationsansatz konstruiert wurde, kann mit Hilfe von De-Integrationsregeln durchgeführt werden. Auf die Darstellung der zu erfassenden Abbildungsinformationen und der Methodik zur De-Integration wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

## 2.5 Beispiel

Die eingeführten Zusicherungen und Integrationsregeln werden anhand des folgenden Beispiels verdeutlicht. Die Abbildung 3 zeigt die Schemata zweier Datenwürfel, die im multidimensionalen E/R-Modell (MERM) [Dete02] modelliert sind, sowie beispielhaft einige dimensionale Instanzen. Der Datenwürfel C1 soll in den Datenwürfel C2 integriert werden.

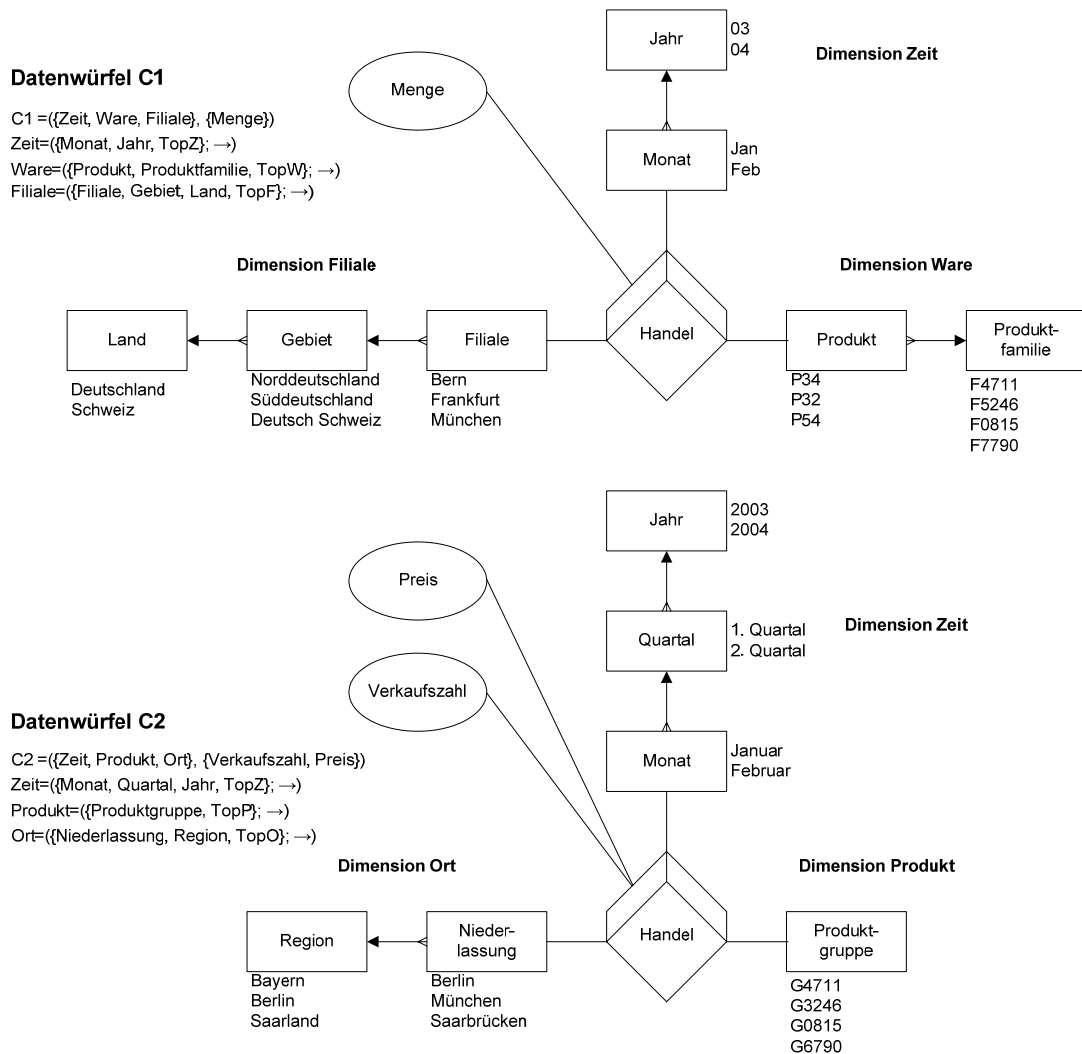


Abbildung 3: Zu integrierende Datenwürfel

Bevor die Integration durchgeführt werden kann, müssen zwischen den beiden Datenwürfeln die Korrespondenzen in Form von Zusicherungen bestimmt werden. Zwischen den beiden Datenwürfeln bestehen die folgenden Korrespondenz-Zusicherungen (siehe Abbildung 4).

- 1)  $C1.Zeit \leftrightarrow C2.Zeit$  mit  $C1.Monat \leftrightarrow C2.Monat$  und  $D = \{(Jan, Januar), (Feb, Februar)\}$
- 2)  $C1.Zeit \leftrightarrow C2.Zeit$  mit  $C1.Jahr \leftrightarrow C2.Jahr$  und  $D = \{(03, 2003), (04, 2004)\}$
- 3)  $C1.Ware \leftrightarrow C2.Produkt$  mit  $C1.Produkt \rightarrow C2.Produktgruppe$
- 4)  $C1.Ware \leftrightarrow C2.Produkt$  mit  $C1.Produktfamilie \leftrightarrow C2.Produktgruppe$  und  $D = \{(F4711, G4711), (F0815, G0815)\}$
- 5)  $C1.Filiale \leftrightarrow C2.Ort$  mit  $C1.Filiale \leftrightarrow C2.Niederlassung$  und  $D = \{(München, München)\}$
- 6)  $C1.Filiale \leftrightarrow C2.Ort$  mit  $C1.Gebiet \uparrow$
- 7)  $C1.Filiale \leftrightarrow C2.Ort$  mit  $C1.Land \rightarrow C2.TopO$
- 8)  $C1.Menge \leftrightarrow C2.Verkaufszahl$

Abbildung 4: Korrespondenz-Zusicherungen

Mit Hilfe der Zusicherungen und unter Anwendung der Integrationsregeln kann nun der Datenwürfel C1 in den Datenwürfel C2 integriert werden. Die Integration wird hierbei am

Beispiel der Dimensionen Ort und Filiale verdeutlicht. Die Integrationsregel 2 wird auf die Zusicherung 5 angewandt. Das Schema der Dimension 'Ort' bleibt erhalten. Auf Instanzebene werden dem Attribut 'Niederlassung' die Instanzen 'Bern' und 'Frankfurt' zugefügt. Da das Attribut 'Region' existiert, aber keine Zusicherung der Form  $\leftrightarrow$  oder  $\rightarrow$ , die sich auf das Attribut 'Region' bezieht, existieren zu den Instanzen 'Frankfurt' und 'Bern' keine funktional abhängigen Instanzen des Attributes 'Region'. Durch Anwenden der Integrationsregel 5 auf die Zusicherung 6 bleibt der integrierte Datenwürfel auf Schema- und Instanzebene unverändert, da das Attribut 'Gebiet' nicht aufgenommen wird. Die Integrationsregel 4 verursacht bei Anwendung auf die Zusicherung 7 folgende Änderungen. Die Dimension 'Ort' wird um das Attribut 'Land' erweitert. 'TopO' wird nun von dem Attribut 'Land' direkt funktional bestimmt. Alle Instanzen des Attributes 'Land' werden übernommen. Da keine weitere Zusicherung für 'TopO' und keine Zusicherung der Form  $\leftrightarrow$  für das Attribut 'Region' existiert, besitzen alle Instanzen des Attributes 'Region' keine funktional abhängigen Instanzen aus dem Attribut 'Land'. Da aber zusätzlich die Zusicherung 5 besteht, tritt die Ausnahme der Integrationsregel 4 ein, so dass nicht alle Instanzen des Attributes 'Region', sondern nur die Instanzen 'Berlin' und 'Saarbrücken' keine funktional abhängigen Instanzen aus dem Attribut 'Land' besitzen'. Das Ergebnis der Integration ist in der Abbildung 5 dargestellt. Die in der Abbildung 5 kursiv dargestellten Bestandteile stellen synonyme Bezeichnungen dar, die im Rahmen der Integration durch die Zusicherungen aufgenommen werden.

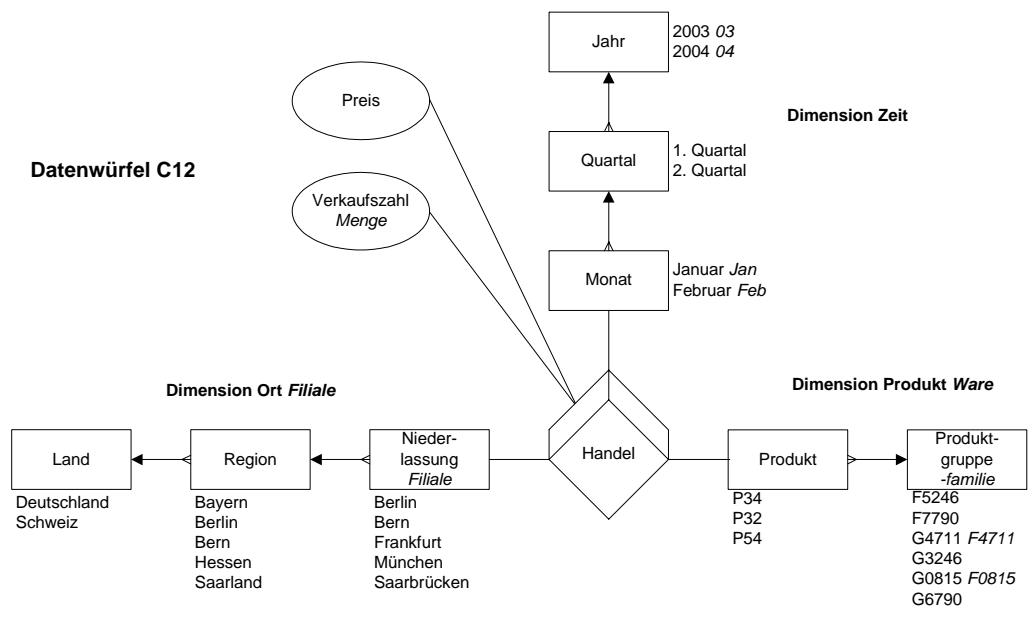


Abbildung 5: Integrierter Datenwürfel

### 3 Prototypische Implementierung

#### 3.1 Architektur

Zur Evaluation der Integrationsmethode wurde das Konzept in einem Software-Prototyp umgesetzt. Dabei wurde von einer organisatorischen Umgebung ausgegangen, in der mehrere Unternehmen unabhängige und autonome Data Warehouses bzw. Data Marts betreiben. Systemseitig impliziert dies eine vollständige Kapselung der Datenquellen. Diese Kapselung sowie die Software-Funktionalitäten, die zum Aufbau, zum Betrieb und zur Auflösung kollaborativer Data Warehouses benötigt werden, sind die Hauptaufgaben des Prototyps. Einen Überblick über die Systemumgebung ist in der Abbildung 6 dargestellt.

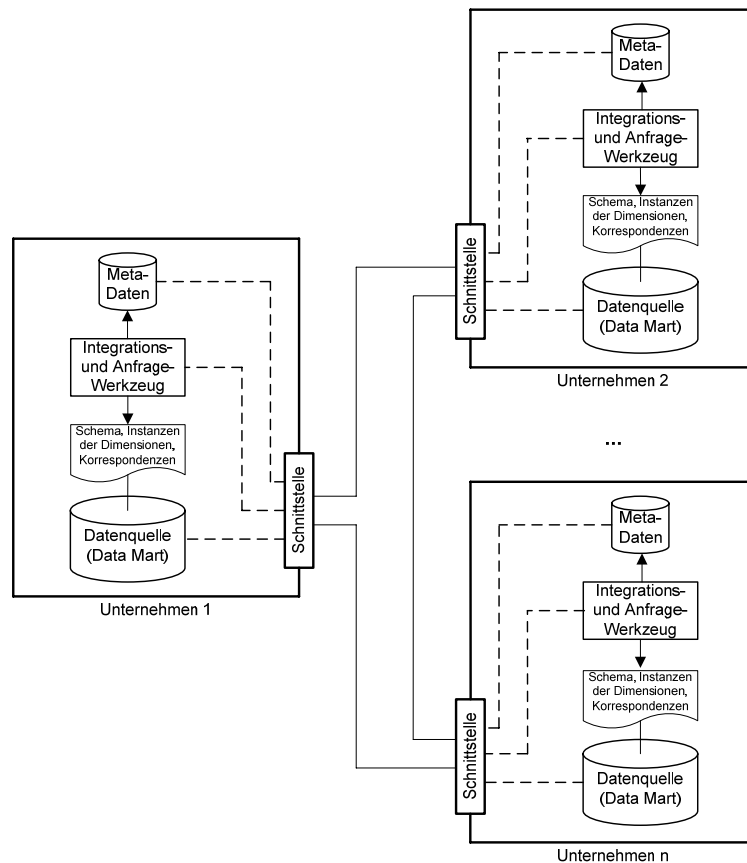


Abbildung 6: Systemumgebung

Jedes an der Kollaboration beteiligte Unternehmen besitzt als zentrale Komponente ein Werkzeug zur Unterstützung des Integrationsprozesses und der Anfragebearbeitung. Tritt ein Unternehmen der Kollaboration bei, so müssen zunächst der zu integrierende Datenwürfel und die zugehörigen Korrespondenzen in Form von XML-Dokumenten erstellt werden. Das Werkzeug liest aus den XML-Dokumenten den lokalen Datenwürfel, die Korrespondenzen sowie aus Metadaten den bereits bestehenden kollaborativen Datenwürfel ein. Unter

Anwendung von Integrationsregeln führt das Werkzeug anschließend die Integration durch. Der aus der Integration resultierende Datenwürfel wird in den Metadaten gespeichert. Entsprechend der Definition eines Datenwürfels werden nicht nur das Schema des kollaborativen Datenwürfels, sondern auch alle Instanzen der dimensional Attribute mit ihren funktionalen Abhängigkeiten in den Metadaten abgelegt. Jedes Unternehmen muss ferner eine Schnittstelle besitzen, über die es seine Daten der Kollaboration verfügbar macht. Auf der Grundlage des in den Metadaten gespeicherten kollaborativen Datenwürfels können im Werkzeug Anfragen an die Kollaboration gestellt werden. Das Werkzeug transformiert die globale Anfrage in Teilanfragen, liest über die entsprechenden Schnittstellen die lokalen Daten ein und transformiert diese zu einem globalen Ergebnis. Im Rahmen der prototypischen Realisierung wird ein Werkzeug zur Unterstützung des Integrationsprozesses und der Anfragebearbeitung realisiert.

Die Abbildung 7 gibt einen Überblick über die System-Architektur des entwickelten Werkzeuges zur Unterstützung des Integrationsprozesses und der Anfragebearbeitung. Die wesentlichen Komponenten der Architektur sind die Integrationskomponente und die Anfragekomponente. Die Integrationskomponente setzt sich aus dem Integrator und der Importkomponente zusammen, die Anfragekomponente aus dem Parser, der Anfragezerlegungskomponente und der Ausführungs- und Auswertungskomponente. Der integrierte Datenwürfel sowie alle benötigten Abbildungsinformationen werden in einer Datenbank abgelegt, so dass sie für die Anfragebearbeitung genutzt werden können. Über das Integrations-Interface kann der Administrator den Integrationsprozess steuern. Der Anwender kann über das Query-Interface SQL-Anfragen in Form von Star-Queries an die Kollaboration stellen. Bei der Entwicklung des Werkzeuges stehen die Anwendung der Integrationsmethode und die Behandlung von Konflikten auf Schema- und Instanzebene im Rahmen der Anfragebearbeitung im Mittelpunkt der Betrachtung. Auf die Entwicklung von Adaptern für unterschiedliche Datenmodelle und Datenbanksysteme wird daher verzichtet.

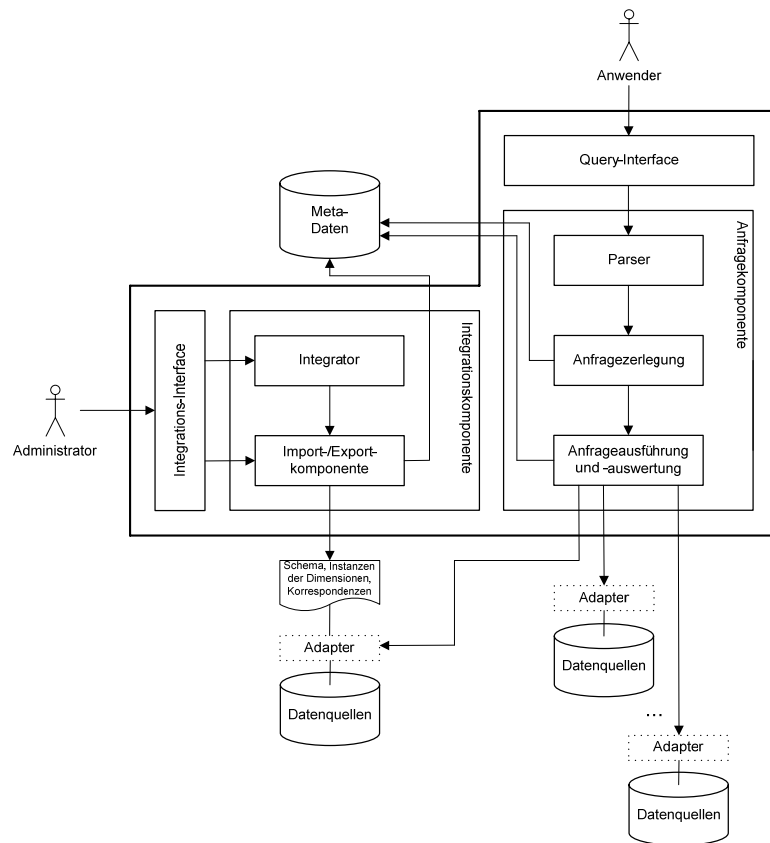


Abbildung 7: System-Architektur

### 3.2 Umsetzung

Die aktuelle Implementierung beinhaltet dieses Werkzeug, das den Anwender bzw. den Administrator bei der Durchführung des Integrations- und De-integrationsprozesses unterstützt sowie Abfragen auf dem Datenbestand des kollaborativen Data Warehouses ausführen kann. Die Korrespondenzen sowie die benötigten Informationen über das lokale Data Warehouse müssen vom Administrator über eine XML-Spezifikation in das Tool geladen werden. Das Tool führt anschließend durch Anwendung der Integrationsregeln die Integration durch. Dabei werden dem Administrator insbesondere auch die Stellen angezeigt, an welchen die funktionale Abhängigkeit innerhalb des Datenwürfels verletzt wird. Zur manuellen Behebung wird der Administrator durch Assistenten unterstützt, die ihn interviewartig durch den Prozess leiten. Die De-Integration kann im Tool mit Hilfe von De-Integrationsregeln durchgeführt werden. Des Weiteren wurde im Tool eine Anfragebearbeitung realisiert. Das Tool bietet dem Anwender dabei die Möglichkeit, Anfragen an die Data-Warehouse-Kollaboration zu stellen. Auf der Basis der Abbildung zwischen globalem Datenwürfel und lokalen Datenwürfeln, die im Integrationsprozess definiert wurde, wird die globale Anfrage des Anwenders in lokale

Teilanfragen zerlegt [Satt+00]. Die lokalen Anfragen werden auf den lokalen Data-Warehouse-Systemen ausgeführt. Die lokalen Ergebnisse werden anschließend anhand der Abbildungsinformationen zu dem globalen Ergebnis zusammengesetzt. Die Abbildung 8 zeigt einen Ausschnitt des Tools.

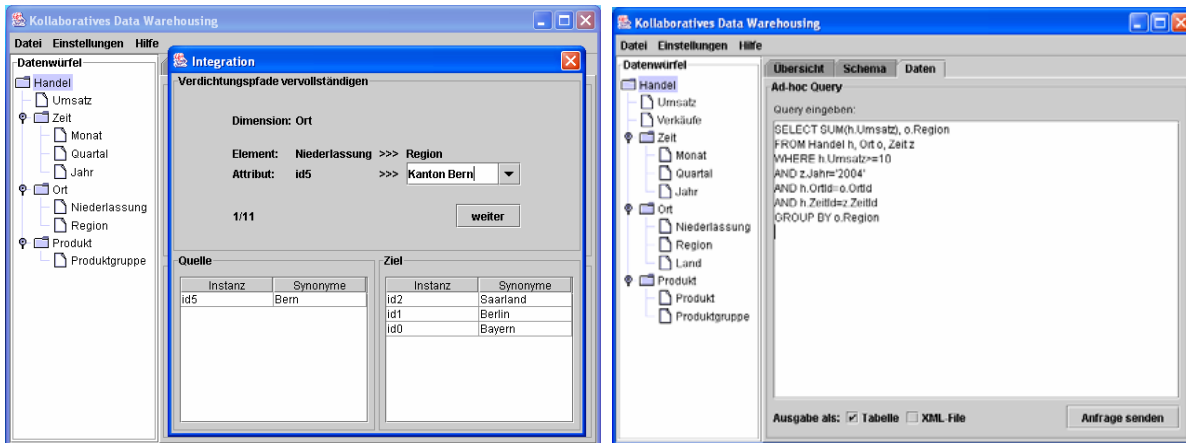


Abbildung 8: Screenshot

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

In dem vorliegenden Beitrag wird auf der Grundlage von föderierten Datenbanktechnologien ein Ansatz für den Aufbau, den Betrieb und die Auflösung einer Data-Warehouse-Kollaboration vorgestellt. Im Mittelpunkt steht dabei der Integrationsansatz. Der Ansatz bietet Unternehmen die Möglichkeit sich flexibel in die Data-Warehouse-Kollaboration zu integrieren. Bestehende unternehmenseigene Data-Warehouse-Lösungen bleiben unverändert. Unternehmensnetzwerke können aus der Kollaboration strategische Informationen gewinnen und dadurch ihre Wettbewerbsposition verbessern.

Im Rahmen zukünftiger Arbeiten sollten noch weitere Aspekte Beachtung finden. Der vorgestellte Integrationsansatz erlaubt nur die Integration von Datenwürfeln, die durch Fakten und Dimensionen mit einfacher Hierarchie modelliert sind. Die Aufnahme weiterer Modellierungsmöglichkeiten bezüglich der Datenwürfel, wie zum Beispiel abgeleitete Kennzahlen oder Dimensionen mit parallelen oder alternativen Hierarchiepfaden, sollten daher noch weiter untersucht werden. Weiterhin sollte die vorgestellte Methodik in ein umfassendes Vorgehensmodell eingebettet werden, das weitere organisatorische und informationstechnische Aspekte des kollaborativen Data Warehousing aufgreift.



## Literaturverzeichnis

- [AlÖs01] Alt, R.; Österle, H.: Real-Time Business: Lösungen, Bausteine und Potenziale des Business Networking. Springer, Berlin et al., 2004.
- [Bati+86] Batini, C.; Lenzerini, M., Navathe, S.: A Comparative Analysis of Methodologies for Database Schema Integration. In: ACM Computing Surveys, 18(4), 1986, S. 323-364.
- [Böhn01] Böhnlein, M: Konstruktion semantischer Data-Warehouse-Schemata. Forschungsbeiträge zur Wirtschaftsinformatik, 1.Auflage, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2001.
- [Conr97] Conrad, S.: Föderierte Datenbanksysteme. Konzepte der Datenintegration. Springer, Berlin et al., 1997.
- [Dete02] Determann, L.: Modellierung analytischer Informationssysteme – Ein Konzept zur multidimensionalen Datenstrukturierung. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 2002.
- [Lehn03] Lehner, W.: Datenbanktechnologien für Data-Warehouse-Systeme. Konzepte und Methoden. dpunkt, Heidelberg, 2003.
- [LeSh97] Lenz, H.-J.; Shoshani, A.: Summarizability in OLAP and Statistical Data Bases. In: Proceedings of the 9th International Konferenz on Statistical and Scientific Database Management, 1997, S. 132-143.
- [Lint01] Linthicum, D.: B2B Application Integration: e-Business-Enable Your Enterprise. Addison-Wesley, Boston et al., 2001, S. 48-51.
- [MaWe05] Matheis, T.; Werth, D.: Konzeption und Potenzial eines kollaborativen Data Warehouse-Systems. In: Loos, P. (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Nr. 185, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2005.
- [Öste+00] Österle, H.; Fleisch, E.; Alt, R.: Business Networking - Shaping Collaboration Between Enterprises. Springer, Berlin et al., 2000.

- [RaBe01] Rahm, E.; Bernstein, P.: A Survey of Approaches to Automatic Schema Matching. In: The VLDB Journal, 10(4), 2001, S. 334-350.
- [RöSc01] Röhrich, J.; Schlögel C.: cBusiness. Erfolgreiche Internetstrategien durch Collaborative Business am Beispiel der mySAP.com. Addison-Wesley, München et al., 2001.
- [Sche+03] Scheer A.-W.; Adam, O.; Hofer, A.; Zangl, F.: Nach Cost Cutting – Aufbruch durch Innovation. In: IM - Fachzeitschrift für Information Management & Consulting, (18), 2003, gleichzeitig Proceedings zur 24. Saarbrücker Arbeitstagung 2003.
- [Schm98] Schmitt, I.: Schemaintegration für den Entwurf föderierter Datenbanken. Dissertationen zu Datenbanken und Informationssystemen DISDBIS, Band 43, infix, Sankt Augustin, 1998.
- [Satt+00] Sattler, K.-U.; Conrad, S.; Saake, G.: Adding Conflict Resolution Features to a Query Language for Database Federations. In: Proceedings of the 3rd International Workshop on Engineering Federated Information Systems, 2000, S. 41-52.
- [Spac+92] Spaccapietra, S.; Parent, C.; Dupont, Y.: Model Independent Assertions for Integration of Heterogeneous Schemas. In: VLDB Journal, 1(1), 1992, S. 81-126.

# **Initialisierung des Dispositionssystems neu eröffneter Einzelhandelsmärkte mit Methoden des Data-Mining**

Jochen Frank, Michael Kohl, Otto K. Ferstl

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbes. Industrielle Anwendungssysteme  
Otto-Friedrich-Universität Bamberg  
96045 Bamberg  
jochen.frank@wiai.uni-bamberg.de

Thorsten Ruffer

GfD Gesellschaft für Datenverarbeitung mbH  
42929 Wermelskirchen  
thorsten.rueffer@gfd.de

## **Abstract**

Bei der Neueröffnung von Einzelhandelsmärkten liegen naturgemäß noch keine historischen Abverkaufsdaten vor. Diese Datenbasis ist jedoch essentiell für eine verbrauchsgesteuerte Disposition, so dass bei der Bedarfsplanung in der Anfangsphase von Einzelhandelsmärkten häufig erhebliche Schätzfehler auftreten. Der vorliegende Beitrag stellt für dieses Problem der Initialisierung von Dispositionssystemen eine Lösung vor, die in Kooperation mit der GfD Gesellschaft für Datenverarbeitung mbH, einem Unternehmen der OBI<sup>®</sup>-Gruppe, entwickelt wurde. Auf Basis von Abverkaufsdaten ausgewählter Referenzmärkte wird mit Methoden des Data-Mining eine fiktive Abverkaufshistorie eines neuen Marktes konstruiert. Damit kann das Dispositionssystem schon bei Markteröffnung auf einer adäquaten Datenbasis arbeiten.

## **1 Problemstellung**

Handelsunternehmen erfüllen beim Warenfluss zwischen Hersteller und Kunde eine zeitliche und räumliche Überbrückungsfunktion. Da im Einzelhandel die Kauftransaktionen seitens der Kunden in der Regel ohne zeitlich vorgelagerten Bestellprozess erfolgen, ist die verbrauchsgesteuerte Disposition eine zentrale Aufgabe des Handels. Unter Berücksichtigung der kon-

fliktären Ziele „Minimierung von Lager- bzw. Beschaffungskosten“ und „permanente Artikelverfügbarkeit“ umfasst die Dispositionsaufgabe alle Tätigkeiten, die mit der Wiederbeschaffung von Artikeln zur Befriedigung der zukünftig erwarteten Kundennachfrage verbunden sind [Götz99, S.22]. Angesichts der im Handel heute üblichen großen Artikelvielfalt wird diese Aufgabe weitestgehend automatisiert durch Dispositionssysteme durchgeführt.

Der Prozess der verbrauchsgesteuerten Disposition gliedert sich in drei Schritte [Hert99, S.268]: (1) Zunächst werden mit der *Bedarfsprognose* auf Grundlage historischer Abverkaufsdaten, die als Indikator für die tatsächliche historische Nachfrage dienen, und aktueller Bestandsdaten die kurzfristigen artikelindividuellen Bedarfe prognostiziert. Die Qualität der Bedarfsprognose besitzt daher wesentlichen Einfluss auf die Zielerreichung der Disposition. Hierbei ist aber zu beachten, dass ein Dispositionssystem auf der Basis von Vergangenheitsdaten arbeitet und folglich konkrete zukünftige Einflussgrößen nicht antizipieren kann. Durch Werbeaktionen veranlasste Nachfrageschwankungen sind hierfür ein Beispiel. Ihr Einfluss wird i. d. R. durch den Disponenten berücksichtigt. (2) Bei der *Generierung von Bestellungen* werden zur Optimierung der Beschaffungskosten die Ergebnisse der Bedarfsprognose mit der Bestellpolitik abgeglichen. (3) Im letzten Schritt erfolgt die *Bestellabwicklung*.

Bei der Neueröffnung von Märkten stoßen Dispositionssysteme an ihre Grenzen, da ohne eine Abverkaufshistorie eines neuen Marktes die Datenbasis zur Erstellung von Bedarfsprognosen fehlt. Insbesondere in den ersten Monaten nach Markteröffnung kann dies zu beträchtlichen systematischen Fehlern bei der Bedarfsprognose führen. Diese Prognosefehler bewirken sowohl zu hohe Bestände und damit Mehrkosten als auch zu niedrige Bestände, die in Out-of-Stock-Situationen von Artikeln resultieren und Fehlmengenkosten bzw. geringere Kundenzufriedenheit mit sich bringen [CoGr04, S.26ff.]. Angesichts des Trends von kleinen Märkten hin zu Großmärkten und der damit verbundenen raschen Expansion großer Einzelhandelsketten ist die beschriebene Problematik aktuell von hoher praktischer Relevanz.

Der vorliegende Beitrag stellt für das beschriebene Problem eine Lösung vor, die in Kooperation mit der *GfD Gesellschaft für Datenverarbeitung mbH*, einem Unternehmen der OBI®-Gruppe, entwickelt wurde. Kapitel 2 beschreibt zunächst die Rahmenbedingungen und Gestaltungsziele, die bei der Entwicklung einer Lösung zu berücksichtigen sind. In den beiden folgenden Kapiteln wird untersucht, wie die genannten Gestaltungsziele sich realisieren lassen. Kapitel 5 stellt die entwickelte Methodik im Einzelnen vor. Die erzielten Ergebnisse sowie sich daraus ergebende Forschungsanstöße sind schließlich Thema des letzten Kapitels 6.

## 2 Rahmenbedingungen

### 2.1 Abverkaufshistorien von Einzelhandelsmärkten

Ziel des zu entwickelnden Lösungsansatzes ist die Bereitstellung einer fiktiven Abverkaufshistorie (AH) für die Initialisierung des Dispositionssystems bei neuen Märkten. Hierbei bezeichnet eine AH die artikel- und tagesgenauen Abverkaufsmengendaten aller in einem Markt geführten Artikel bis hin zur Gegenwart. Da zur Erkennung saisonaler Muster generell Abverkaufszeitreihen über mindestens zwei Jahre nötig sind, muss eine AH mindestens diesen Zeitraum umfassen.

Eine Zeitreihe kann gemäß dem Multiplikativen Modell in *Zeitreihenstruktur (ZRS)* und *Niveauparameter (NP)* zerlegt werden [ScSt01, S.9f]. Der NP ist definiert als Integral einer Zeitreihe über ein endliches Zeitintervall. Bei einem Betrachtungszeitraum von 12 Monaten entspricht der NP der Jahresabverkaufsmenge (JAM) eines Artikels. Die ZRS ergibt sich durch Normierung der Abverkaufszeitreihe auf den Wert 1 mittels Division aller Werte der Abverkaufszeitreihe durch den zugehörigen NP. Bei Wahl gleicher Betrachtungszeiträume – hier normalerweise ein Jahr – lässt sich anhand der ZRS das Abverkaufsverhalten von Artikeln beschreiben und wegen der Normierung miteinander vergleichen. Angesichts im Handel üblicher Bestellzyklen reicht ein Vergleich von ZRS auf Basis des Rasters von Kalenderwochen aus. Abb. 1 zeigt einige markante ZRS, die bei Abverkaufsverläufen verschiedener Artikel identifiziert wurden.

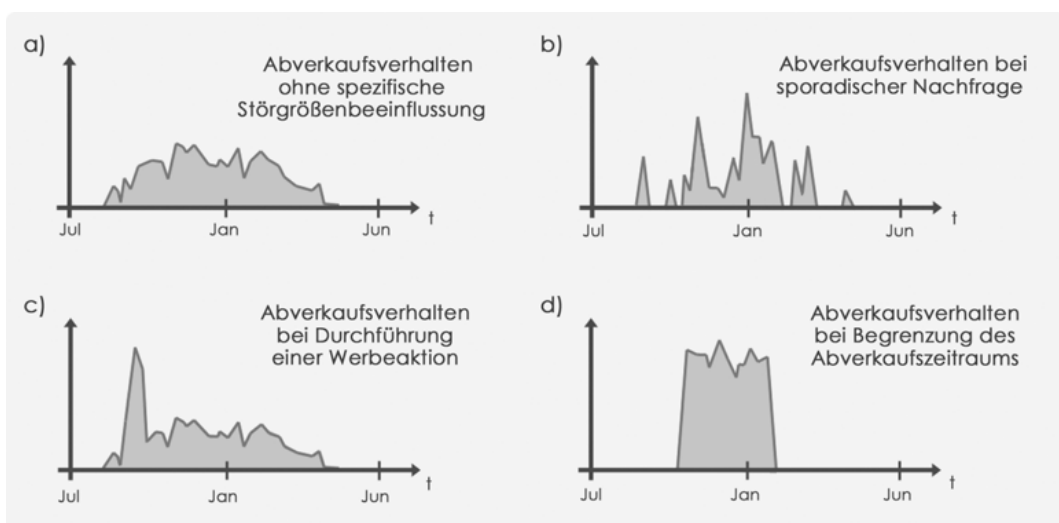


Abb. 1: Markante Zeitreihenstrukturen von Abverkaufszeitreihen wintersaisonaler Artikel eines Einzelhandelsmarktes

Grundsätzlich beeinflusst eine Vielzahl von Faktoren die täglichen Abverkäufe eines Artikels auf Marktebene. Diese Tatsache spiegelt sich in der ZRS wider, ohne dass die Kausalität jeder einzelnen Einflussgröße exakt quantifiziert werden könnte. Unter Berücksichtigung einer allgemeinen Zufallskomponente kann man dennoch häufig bei einem Artikel ein charakteristisches Abverkaufsverhalten wie z. B. ganzjähriger Abverkauf, Sommer- oder Wintersaisonalität erkennen (Abb. 1a). Aufgrund i. d. R. diskreter Verkaufseinheiten ist der Einfluss der Zufallskomponente für die Erkennung von Mustern der ZRS jedoch umso problematischer, je geringer die JAM eines Artikels ist (Abb. 1b). Als spezielle Einflussgrößen sind die Durchführung von Werbeaktionen sowie die angebotsseitige Begrenzung von Abverkaufszeiträumen von Artikeln hervorzuheben. Mit der Durchführung einer Werbeaktion wird eine bewusste Manipulation des Nachfrageverhaltens verfolgt, wodurch sich im Regelfall kurzfristig eine starke Erhöhung der Abverkaufszahlen ergibt, die aber zum Teil nur eine zeitliche Vorverlagerung der Nachfrage bedeutet (Abb. 1c) [Pepe01, S.88]. Eine Begrenzung des Abverkaufszeitraums ist vor allem bei saisonalen Artikeln beobachtbar. Diese werden z. B. aus Gründen der Produktivitätserhöhung der Verkaufsflächen unter Umständen nicht über den kompletten nachfragebedingten Saisonzeitraum angeboten. Die ZRS beschreibt in diesem Fall nur einen Ausschnitt des für den Artikel charakteristischen Abverkaufsverhaltens (Abb. 1d).

## 2.2 Gestaltungsziele für die Konstruktion der Abverkaufshistorie des neuen Marktes

Aus der eingangs beschriebenen Problemstellung lassen sich folgende drei Gestaltungsziele für die zu konstruierende fiktive AH ableiten:

(1) Zunächst muss die AH grundsätzlich den *Anforderungen des eingesetzten Dispositionssystems* genügen. Von Bedeutung sind hierbei Format und Zeitraum der AH. Hinsichtlich des *Formats* ist für jeden einzelnen Artikel eine tagesgenaue und lückenlose Historie der Abverkaufsdaten zu erstellen, die mit der Schnittstelle des Dispositionssystems kompatibel ist. Der *Beginn des Zeitraums* sollte mindestens zwei Jahre (vgl. 2.1) in der Vergangenheit liegen, wobei jedoch für Artikel mit kürzerem Listungszeitraum im Unternehmenssortiment die Abverkaufsdaten erst ab dem jeweiligen ersten Listungstag zu konstruieren sind. Das *Ende des Zeitraums* sollte für einen nahtlosen Übergang zu den zukünftig realen Abverkaufsdaten genau mit dem fiktiv letztmöglichen Verkaufstag vor Eröffnung des neuen Marktes zusammenfallen.

(2) Als zweites Gestaltungsziel ist die *Spezifität der Nachfragesituation des neuen Marktes* zu berücksichtigen. Die täglichen Abverkäufe von Artikeln unterliegen für jeden Markt charakte-

ristischen Einflussgrößen, die hinsichtlich ihrer Wirkung auf ZRS und NP differenziert zu betrachten sind. So spiegelt sich etwa der regional unterschiedliche Beginn der Wachstumsperiode deutlich in den ZRS für Gartenartikel wider. Dagegen hat beispielsweise die Größe eines Marktes (Verkaufsfläche, Sortimentsumfang) hauptsächlich Einfluss auf den NP.

(3) Schließlich sollten in der fiktiven AH die *Abverkäufe unbeeinflusst von Störgrößen* dargestellt werden. Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, unterliegen die Abverkäufe eines Artikels marktindividuell einer Vielzahl von Faktoren. Als Störgrößen werden dabei jene Einflussfaktoren betrachtet, die die Indikatoreigenschaft der Abverkäufe für die tatsächliche Nachfrage verfälschen und somit dem Dispositionssystem des neuen Marktes, das für eine breite Anwendbarkeit des Ansatzes bewusst als Black Box aufgefasst wird, aus den realen Daten nicht ableitbare Muster vortäuschen könnten. Dazu zählen neben der allgemeinen Zufallskomponente insbesondere Werbeaktionen sowie angebotsseitige Begrenzungen des Abverkaufszeitraums. Die Bereinigung dieser besonderen Einflussgrößen, die in Kapitel 4 beschrieben wird, ist in Abb. 2 beispielhaft dargestellt. Eine direkte Konsequenz des letzten Gestaltungsziels ist die Begrenzung der Anwendbarkeit des Ansatzes auf Sortimentsartikel. Allerdings werden für reine Werbeartikel i. d. R. ohnehin eigene Dispositionsverfahren verwendet.

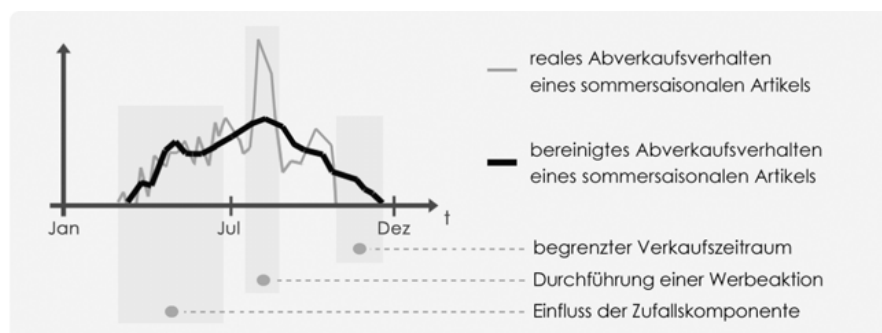


Abb. 2: Beispielhafte Darstellung eines um Störeffekte bereinigten Abverkaufsverhaltens eines sommersaisonalen Artikels

### 2.3 Anforderungen an die systemtechnische Umsetzung der Konstruktionsmethodik

In funktionaler Hinsicht wird aufgrund der Artikelvielfalt zunächst eine weitestgehende Automatisierung der Konstruktionsmethodik gefordert. Das System zur Konstruktion der fiktiven AH erhält dabei als Input die Parameter des neuen Marktes inklusive der Stammdaten aller im neuen Markt gelisteten Artikel sowie für die Konstruktionsmethodik notwendige Daten anderer Märkte. Der Output besteht aus einer fiktiven Abverkaufshistorie gemäß den Ge-

staltungszielen (vgl. 2.2). Die Ergebnisse eines Systemlaufs sollten bereits einige Zeit vor der Eröffnung des neuen Marktes verfügbar sein, damit noch genügend Zeit für organisatorische Vorarbeiten bleibt. In qualitativer Hinsicht sind insbesondere Performance, Zuverlässigkeit sowie – im Rahmen des Einsatzes zur Managementunterstützung – die Nachvollziehbarkeit von Ergebnissen von Bedeutung [KiK177, S.36ff.].

### **3 Klassifikation des Problems und des Lösungskonzeptes**

Bei der Neueröffnung eines Einzelhandelsmarktes liegen naturgemäß noch keine historischen Abverkaufsdaten vor, sondern lediglich Strukturinformationen zu Marktaufbau (z. B. Verkaufsfläche, Sortiment) und Standort (z. B. Einzugsgebiet, Kaufkraft der Region) sowie Abverkaufsdaten weiterer, bereits existierender Märkte. Die Erstellung einer AH des neuen Marktes wird als Konstruktion des Verhaltens eines Systems auf der Grundlage festgelegter Strukturmerkmale des Systems sowie anhand der Verhaltensspektren ähnlicher Systeme interpretiert. Es wird postuliert, dass die Struktur und das Verhalten des neuen Systems den Strukturen und den Verhaltensspektren einer Referenzgruppe existierender Systeme ähnlich sein sollen, wobei die Mitglieder dieser Referenzgruppe ebenfalls untereinander Ähnlichkeit bezüglich Struktur und Verhalten aufweisen. Die Struktur des neuen Systems wird vom Marktgestalter ähnlich zur Struktur der Referenzgruppe festgelegt. Bei der Generierung der Abverkaufsdaten ist dann ein Verhalten zu konstruieren, das den Verhaltensspektren der Mitglieder der Referenzgruppe ebenfalls ähnlich ist. Da bei einer Einzelhandelskette Daten einer Vielzahl bereits bestehender Märkte verfügbar sind, ist zu untersuchen, welche Märkte in diese Referenzgruppe passen.

Für den Strukturvergleich muss eine möglichst feingranulare Aggregationsebene gewählt werden, für die aber hinreichend Strukturdaten verfügbar sind. Diese Ebene wurde beim betrachteten Unternehmen in Form der so genannten Sortimentshauptgruppen (SHG) gefunden. SHG sind unternehmensweit einheitliche Einteilungen des Sortiments, die in den Märkten in entsprechenden räumlich getrennten Verkaufsbereichen angeboten werden (z. B. Gartenartikel im Baumarkt). Märkte sind daher modular aus SHG aufgebaut. Strukturvergleiche werden daher nur auf Ebene der SHG – und nicht der Märkte insgesamt – angestellt.

Bei der Auswahl geeigneter Parameter für den Strukturvergleich ist deren möglicher Bezug zum Verhalten der SHG, also zur Gesamtheit aller Abverkaufszeitreihen, zu prüfen. Da das



Verhalten der SHG von Angebot und Nachfrage beeinflusst ist, wurden im Rahmen einer Kausalitätsanalyse systematisch Angebots- (z. B. Sortimentsumfang) und Nachfrageparameter (z. B. Kaufkraft des Einzugsgebiets) auf Plausibilität untersucht.

Im Rahmen einer umfassenden Analyse wurden Korrelationen zwischen Struktur und Verhalten der SHG erkannt und als Hypothese für die weitere Untersuchung zugrunde gelegt. Bei Zerlegung der Zeitreihen in ZRS und NP zeigte die Analyse beispielsweise, dass Lageparameter (z. B. Region, Wirtschaftsraum) vor allem die ZRS beeinflussen, während Größenparameter (z. B. Verkaufsfläche, Sortimentsumfang) sich primär auf den NP auswirken. Beim Konstruktionsverfahren für das Systemverhalten, d. h. für die zu generierenden Abverkäufe, wurde daher angenommen, dass die Korrelationsbeziehungen der existierenden SHG auch in den SHG des neuen Marktes zumindest näherungsweise bestehen. Um die Referenzgruppe zu bestimmen, sind bereits bestehende SHG zu finden, die den SHG des neuen Marktes in der Struktur ähnlich sind. Aus dem Verhalten dieser SHG in der Vergangenheit wird dann die fiktive Abverkaufshistorie des neuen Marktes konstruiert.

Da im Vorfeld der Ähnlichkeitsanalyse keine Hypothesen über die Ähnlichkeit bestimmenden Merkmale von Märkten und ihren SHG bestehen, liegt ein hypothesenfreies und somit datengetriebenes Datenanalyseproblem vor. Als Analysemethoden für diese Art von Problemen bieten sich insbesondere Data-Mining-Verfahren an, deren Zielausrichtung, die Aufdeckung unbekannter, komplexer Muster in großen Datenbeständen, zu den beschriebenen Eigenschaften der vorliegenden Untersuchungssituation passt [Fers79, S.43; NeKn05, S.81f]. Die im Rahmen der Lösung eingesetzten Data-Mining-Verfahren werden in den nächsten beiden Kapiteln beschrieben.

## **4 Behandlung von Störgrößen**

Für das Gestaltungsziel einer von Störgrößen möglichst unbeeinflussten AH (vgl. 2.2) sind noch Vorüberlegungen zur Extraktion und Transformation der verfügbaren Abverkaufszeitreihen anzustellen.

### **4.1 Eröffnungseffekt**

Nach der Eröffnung eines Marktes zeigen die Abverkäufe ein bestimmtes Verhalten, das hier als Eröffnungseffekt bezeichnet werden soll. Bei diesem Phänomen (Abb. 3) können idealty-

pisch drei Phasen abgegrenzt werden. Anfangs besteht in Phase I aufgrund von Werbemaßnahmen, Verkaufsaktionen und Unterhaltungsangeboten ein besonderes Kundeninteresse, das in erhöhten Verkäufen von Sortiments- und vor allem Werbeartikeln resultiert. Phase II zeichnet sich durch einen Rückgang der Abverkäufe aus, der sich zum Teil durch eine Nachfrageverlagerung in Phase I erklären lässt. Bei einem Teil des Sortiments machen sich aber auch Out-of-Stock-Situationen bemerkbar, deren Ursachen in Kapitel 1 beschrieben wurden. Phase 3 ist vom Ausklingen des Eröffnungseffektes, d. h. einer allmählichen Normalisierung der Abverkäufe gekennzeichnet. Untersuchungen im Unternehmen haben gezeigt, dass für die ersten beiden Phasen ein Zeitraum von maximal sechs Monaten anzusetzen ist.

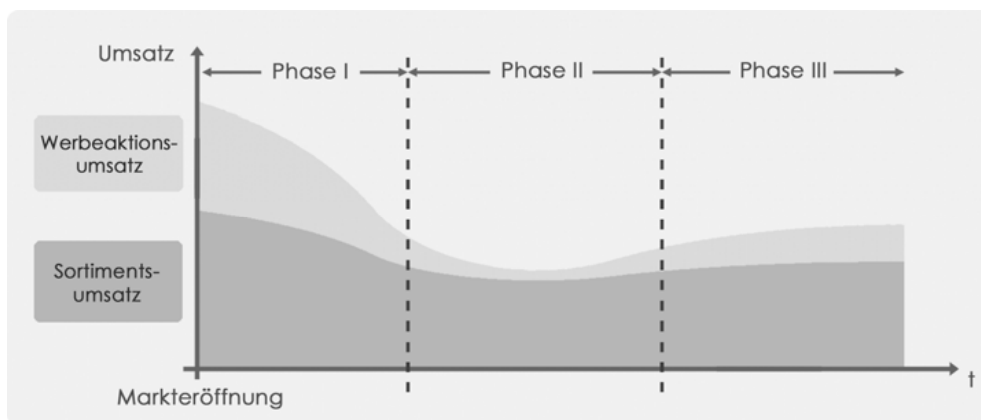


Abb. 3: Phasen des Eröffnungseffekts

Der Eröffnungseffekt verfälscht den Indikator Abverkäufe, so dass die Abverkaufsdaten kürzlich eröffneter Märkte unbrauchbar sind. Für den Lösungsansatz ist er im Weiteren nicht relevant, da er in Phase I primär auf die hier nicht berücksichtigten reinen Werbeartikel wirkt (vgl. 2.2) und die Probleme in Phase II gerade durch den Lösungsansatz verhindert werden sollen. Im Übrigen können Dispositionssysteme mit einer geeigneten AH – wie sie hier konstruiert werden soll – den Eröffnungseffekt als spezielle Werbemaßnahme berücksichtigen.

## 4.2 Glättung der Zufallskomponente

Die Zufallskomponente beeinflusst vor allem die ZRS, während beim NP durch die Aggregation von Tagesabverkäufen gemäß dem Gesetz der großen Zahlen automatisch ein Glättungseffekt eintritt [Sach04, S.129]. Die Glättung der Zufallskomponente für Artikel bestehender Märkte kann daher prinzipiell durch Mittelwertbildung über mehrere ZRS erreicht werden. Um aber den marktspezifischen Charakter der bereinigten ZRS zu erhalten, kann die Mittel-

wertbildung nicht über gleiche Artikel verschiedener Märkte, sondern nur über Artikel desselben Marktes erfolgen.

Zur Gruppierung der Artikel, deren Zeitreihen durch Aggregation geglättet werden sollen, liegt angesichts der Sortimentsstrukturhierarchie des Unternehmens zunächst die oberhalb der Articlebene angesiedelte Ebene der Warengruppe (WG) nahe. Diese böte die Möglichkeit, die Glättung über eine größere Anzahl von Artikeln mit gemeinsamen Merkmalen durchzuführen. Die Artikel einer WG weisen jedoch teilweise ein sehr unterschiedliches Abverkaufsverhalten auf. Dies ist erklärbar, da in einer WG beispielsweise Gebrauchsgüter (z. B. Rasenmäher) mit zugehörigen Verbrauchsgütern (z. B. Klingen) eingeordnet sein können. Eine Glättung auf Ebene der WG würde daher auch zu einer nicht gewünschten Eliminierung des charakteristischen Abverkaufsverhaltens der Artikel führen. Für eine zweckmäßigere Gruppierung der Artikel wird daher die Ebene der virtuellen Warengruppen (vWG) zwischen WG und Artikel eingeführt.

Die Artikel innerhalb einer WG werden mittels eines Clusterverfahrens, das die aus normierten Werten bestehende ZRS der Abverkäufe auf Unternehmensebene und damit unabhängig von individuellen Einflussfaktoren einzelner Märkte vergleicht, in vWG eingeteilt. Gegen eine Clusterung aller Artikel auf einer höheren Sortimentshierarchieebene (z. B. SHG) spricht der damit einhergehende Informationsverlust, da gerade die Einordnung von Artikeln in WG aufgrund gemeinsamer Merkmale dieser Artikel erfolgt und die WG-Zugehörigkeit anderenfalls nur noch als nominal skaliertes Merkmal in die Clusterung einginge.

Zur Erkennung saisonaler Muster bei der Bildung von vWG wäre eine möglichst große Zeitspanne wünschenswert. Die Ähnlichkeitsanalyse von ZRS setzt jedoch deren einheitliche Länge voraus, so dass Artikel, die innerhalb des Vergleichszeitraums neu gelistet wurden, ausselektiert werden müssen. Je länger der Zeitraum gewählt wird, desto geringer ist folglich die Datenbasis. Unter der empirisch überprüften Annahme, dass das jahressaisonale Abverkaufsverhalten der Artikel hinreichend stabil ist, werden für den Input des Clusterverfahrens die letzten 52 Kalenderwochen (Rolljahr) vor dem Stichtag des Datenabrufs verwendet. Als der Analysesituation angemessenes Clusterverfahren wurde die Self Organizing Map (SOM) [Koho01; Pete05, S.26] gewählt. Die SOM benötigt keine Vorgabe hinsichtlich der Anzahl der zu bildenden Cluster, welche lediglich durch die vorher festgelegte Kartengröße nach oben beschränkt wird, und toleriert bei entsprechender Algorithmik auch fehlende Werte im Inputvektor [CoLe05]. Falls Cluster mit einer für die Glättung der Zufallskomponente nicht

ausreichenden Zahl an Artikeln entstehen und somit als vWG ungeeignet sind, werden diese nachfolgend mit einem bestehenden Cluster mit minimaler Distanz zwischen den zugehörigen Kartenneuronen zusammengefasst.

Jeweils individuell für jeden Markt erhalten alle Artikel einer vWG die gleiche geglättete ZRS. Den vor der Clusterung ausselektierten neu gelisteten Artikeln, die folglich keiner vWG zuordenbar sind, wird ersatzweise die über alle Artikel ihrer WG geglättete ZRS zugewiesen.

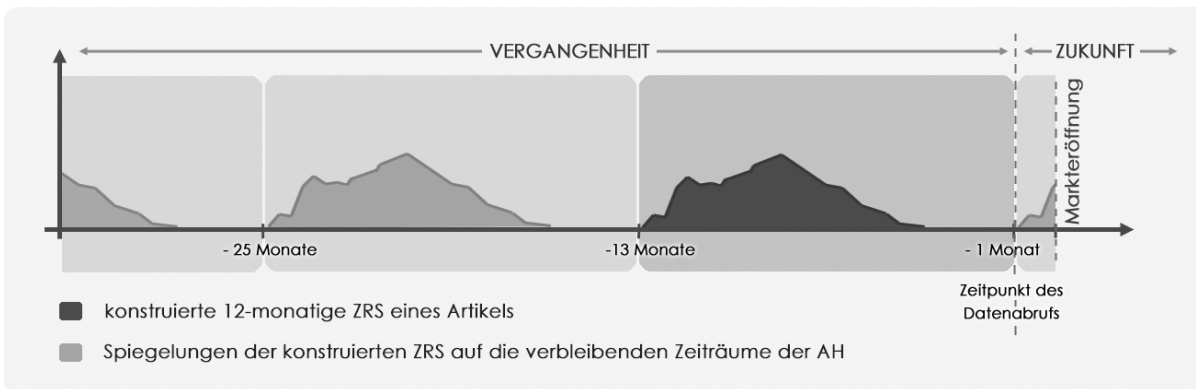


Abb. 4: Konzept der Spiegelung der ZRS

Um die geforderte Abverkaufshistorie von mehr als zwei Jahren zu erhalten, wird die bisher nur für das aktuelle Rolljahr ermittelte ZRS gespiegelt (Abb. 4). Diese Spiegelung ist sowohl in die Vergangenheit als auch in die Zukunft möglich und bietet somit zusätzlich den Vorteil, dass für die unvermeidbare zeitliche Lücke zwischen dem Datenabruf bei den bestehenden Märkten und der Eröffnung des neuen Marktes Abverkaufszeitreihen konstruiert werden können. Als nachteilig ist bei diesem Vorgehen anzusehen, dass durch die Spiegelung mehrjährige Trends vom Dispositionssystem anhand der Datenbasis nicht mehr erkannt werden können. Zudem bleiben bewegliche Feiertage der Vorjahre unberücksichtigt, und einmalige, unternehmensweit auftretende Einflussfaktoren innerhalb des 12-monatigen Abfragezeitraums, wie z. B. anhaltende, extreme Wetterlagen, werden eventuell generalisiert. Eine Lösung dieser Probleme erscheint möglich, jedoch müsste man die Prämisse von der Unabhängigkeit des hier vorgestellten Verfahrens vom eingesetzten Dispositionssystem aufgeben.

### 4.3 Begrenzte Abverkaufszeiträume

Die auf Marktebene vor allem bei saisonalen Artikeln beobachtete angebotsseitige Verkürzung des Verkaufszeitraums (vgl. 2.1) verfälscht grundsätzlich die Indikatoreigenschaft der Abverkäufe für die Nachfrage. Die Auswirkungen dieses Vorgehens können durch einen Ver-

gleich der ZRS eines betroffenen Artikels auf Markt- und Unternehmensebene untersucht werden. Dabei zeigt sich, dass in den meisten Fällen der damit verbundene Prognosefehler vernachlässigbar ist. Dies ist nachvollziehbar, da die Verkürzung meist ganz bewusst auf den umsatzschwachen Anfangs- bzw. Endzeitraum eines Saisonartikels gerichtet ist. Die relativ kleine Anzahl an Artikeln mit merklichen Abweichungen wird bei diesem Vergleich erkannt und ausselektiert.

#### **4.4 Bereinigung der Effekte von Werbemaßnahmen**

Bei der Bereinigung der Effekte von Werbemaßnahmen wird versucht, deren direkte Auswirkungen auf die Abverkäufe des beworbenen Artikels bzgl. ZRS und NP näherungsweise zu glätten. Mögliche positive oder negative Rückkopplungen auf die Verkäufe anderer Artikel werden dabei nicht berücksichtigt.

Zunächst sind jene wenigen Artikel zu identifizieren, bei denen auf Marktebene der Anteil der Abverkäufe während einer Werbeaktion an der Jahresabverkaufsmenge (JAM) wesentlich höher ist als auf Unternehmensebene. Die Daten dieser Artikel sind wegen ihrer durch die Werbemaßnahmen induzierten extremen Abverkaufsspitzen zur Glättung der ZRS innerhalb ihrer vWG ungeeignet und werden ausselektiert. Für die übrigen Artikel erweist sich das in Kapitel 4.2 beschriebene Verfahren zur Bereinigung der Zufallskomponente auch für die Werbemaßnahmen als ausreichend.

Beim NP gestaltet sich die Bereinigung um Werbeeffekte aufwendiger, weil abzuschätzen ist, welcher Anteil an der JAM eines Artikels dem Einfluss von Werbemaßnahmen zuzuschreiben ist und somit nicht zu den gewünschten nachfragebedingten Abverkäufen gehört. Zur Lösung dieses Problems bietet es sich an, auf die ZRS der vWG zurückzugreifen, da auf dieser Ebene die Störeffekte der Werbemaßnahmen bereits eliminiert sind, wie der Vergleich mit der ZRS eines beworbenen Artikels zeigt (Abb. 5a). Diese Erkenntnis wird genutzt, indem man für den Zeitraum der Werbeaktion die ZRS des Artikels durch diejenige der zugehörigen vWG ersetzt und so näherungsweise eine um die Werbeabverkäufe bereinigte ZRS konstruiert (Abb. 5b). Das Verhältnis der Integrale von modifizierter und originärer ZRS des beworbenen Artikels entspricht in diesem Sinne dem Anteil der reinen Sortimentsabverkäufe ohne Werbeabverkäufe an der JAM und kann als Faktor zur Bereinigung des NP um Werbeeffekte verwendet werden.

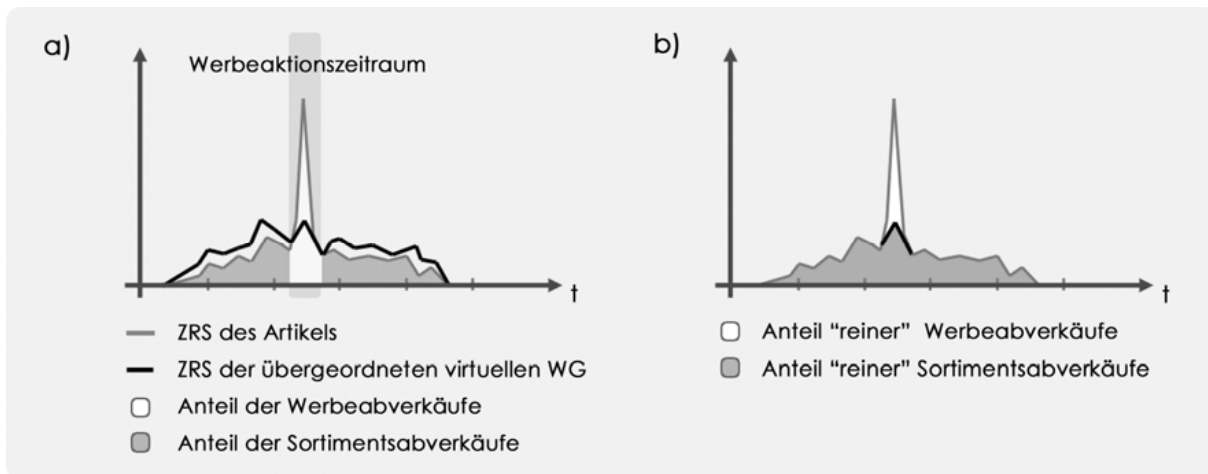


Abb. 5: Bereinigung des NP um Werbeeffekte

## 5 Konstruktionsverfahren der Abverkaufshistorie

Auf Basis des in Kapitel 3 beschriebenen Lösungskonzeptes und der Überlegungen zur Behandlung von Störgrößen aus Kapitel 4 wird nun das aus drei Schritten bestehende Verfahren zur Konstruktion einer fiktiven AH (Abb. 6) vorgestellt. (1) Zunächst erfolgt die *Generierung der Zeitreihenstruktur* aller Artikel des neuen Marktes auf Grundlage der Abverkaufsdaten möglichst ähnlicher Referenzmärkte. Dies sind Märkte mit einer AH von mindestens 18 Monaten, so dass sie über eine Datenbasis von mindestens einem Rolljahr verfügen, die nicht mehr vom Eröffnungseffekt (vgl. 4.1) beeinflusst ist.



Abb. 6: Teilschritte des Konstruktionsverfahrens

(2) Danach werden mit der *Bestimmung des Niveauparameters* die fiktiven JAM dieser Artikel ermittelt. (3) Schließlich werden bei der *Konstruktion der fiktiven Abverkaufshistorie* die Ergebnisse der ersten beiden Schritte zusammengeführt und mit Hilfe eines Historienkalenders in die gewünschte Abverkaufshistorie transformiert. Die ersten beiden Teilschritte wer-

den dabei für den Zeitraum eines Rolljahres durchgeführt, während durch Spiegelung (vgl. 4.2) die Abverkaufshistorie für einen beliebig langen Zeitraum konstruiert werden kann.

## 5.1 Generierung der fiktiven Zeitreihenstruktur

Die Generierung der fiktiven ZRS (Abb. 7) beginnt mit der *Bereinigung der ZRS auf Basis der Abverkaufsdaten der Referenzmärkte* (Abb. 7a). Dabei werden von Störgrößen bereinigte ZRS aller vWG erzeugt (vgl. 4.2), und zwar sowohl auf Markt- als auch auf Unternehmens-ebene. Letztere werden immer dann verwendet, wenn auf Marktebene sporadisches Abverkaufsverhalten [Nowa05, S.61ff.] vorliegt.

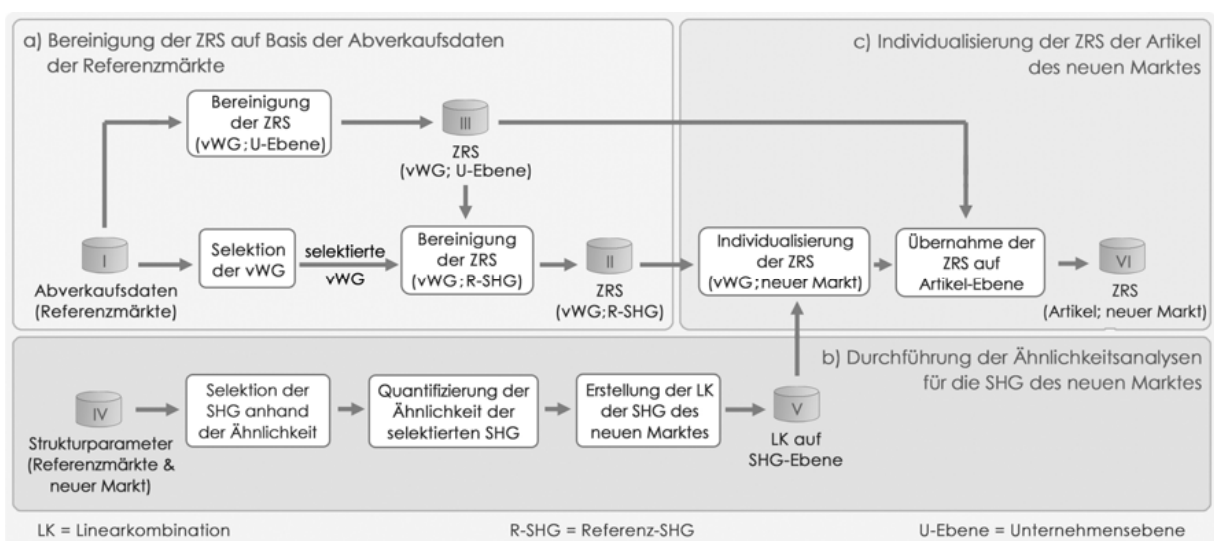


Abb. 7: Generierung der fiktiven Zeitreihenstruktur

Gemäß dem in Kapitel 3 vorgestellten Ansatz basiert die Konstruktion der fiktiven AH des neuen Marktes auf historischen Abverkaufsdaten von Märkten, die in ihrer Struktur möglichst ähnlich sind. Dazu wird eine dreistufige *Ähnlichkeitsanalyse der Märkte auf Ebene ihrer SHG* (Abb. 7b) durchgeführt. (1) Zunächst erfolgt mittels Clusteranalyse die *Selektion der SHG* jener Referenzmärkte, welche zur korrespondierenden SHG des neuen Marktes eine möglichst hohe strukturelle Ähnlichkeit aufweisen. Analog zu den Überlegungen in Kapitel 4.2 wird hier erneut SOM als Clusterverfahren gewählt. Angesichts der zahlreichen verwendeten Inputvariablen verschiedenartigen Charakters – z. B. als Lage- oder Größenparameter (vgl. Kapitel 3) – bietet sich hier jedoch die vorherige Anwendung eines dimensionsreduzierenden statistischen Verfahrens an. Bei einer Clusteranalyse führt ansonsten die Existenz von Korrelationen und Redundanzen innerhalb des Inputvektors dazu, dass die durch mehrere Variablen

repräsentierten Informationen eine unverhältnismäßig hohe Wirkung auf die Clusterbildung besitzen [HiSc01, S.613ff.]. Dieser Effekt lässt sich durch Vorschalten einer Faktorenanalyse vermeiden. Dabei werden die metrischen Inputvariablen standardisiert, über eine Analyse der Korrelationen in Gruppen zusammengefasst und durch Faktoren repräsentiert. Als Extraktionsverfahren wird dabei eine Hauptkomponentenanalyse in Verbindung mit einer Rotation der extrahierten Faktoren eingesetzt [KüKa01, S.186]. (2) Nach der Clusteranalyse wird mit einem adäquaten Proximitätsmaß – hier aufgrund metrischer Merkmale die Euklidische Distanz – die *Ähnlichkeit der selektierten SHG* zu den SHG des neuen Marktes mit Distanzwerten *quantifiziert*. (3) Zuletzt werden *Linearkombinationen (LK) zur Beschreibung der SHG* des neuen Marktes erstellt (Abb. 8). Hierfür transformiert man die Distanzwerte in Gewichte, die zu den Distanzwerten in einem reziproken Verhältnis stehen und in ihrer Summe auf 1 normiert sind.

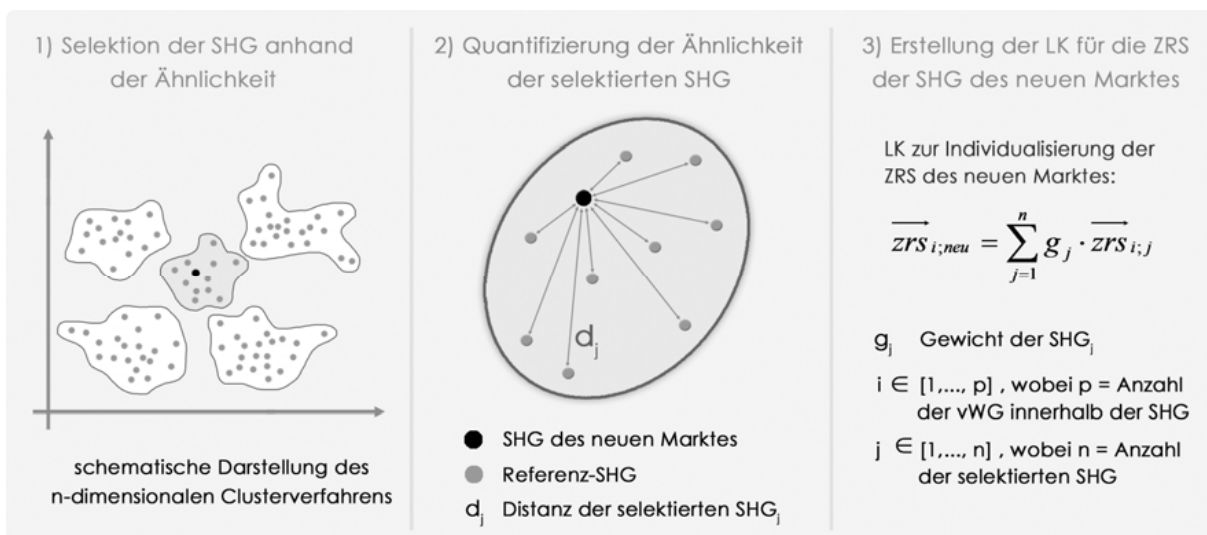


Abb. 8: Teilschritte der Ähnlichkeitsanalyse

Zur *Individualisierung der ZRS von Artikeln des neuen Marktes* (Abb. 7c) werden die für die vWG der Referenz-SHG ermittelten ZRS gemäß der durch die LK bestimmten Gewichte zu den fiktiven ZRS der vWG des neuen Marktes kombiniert. Bei vWG ohne marktindividuelle ZRS aufgrund sporadischen Abverkaufsverhaltens erhalten die vWG des neuen Marktes die auf Unternehmensebene bestimmten ZRS. Im letzten Schritt wird jeweils die ZRS der vWG auf die zugehörigen Artikel übertragen, so dass alle Artikel einer vWG des neuen Marktes die gleiche ZRS besitzen.



## 5.2 Bestimmung des fiktiven Niveauparameters

Analog zur ZRS-Generierung werden auch bei der Bestimmung des fiktiven NP relevante Störgrößeneffekte auf die Abverkaufsdaten bereinigt (Abb. 9). Hierfür erfolgt zunächst für jeden Referenzmarkt nach Artikeln getrennt eine *Selektion der JAM-Daten*, die für die Bestimmung der JAM des neuen Marktes geeignet sind. Nicht ausgewählt werden insbesondere Abverkaufsdaten von Artikeln, bei denen der Abverkaufszeitraum eingeschränkt (vgl. 4.3) oder der Anteil der Werbeabverkäufe zu hoch ist (vgl. 4.4). Anschließend werden die selektierten JAM-Daten – sofern es sich um beworbene Artikel handelt – durch die *Bereinigung der JAM-Daten* um den Anteil der „reinen“ Werbeabverkaufsmengen reduziert (vgl. 4.4).

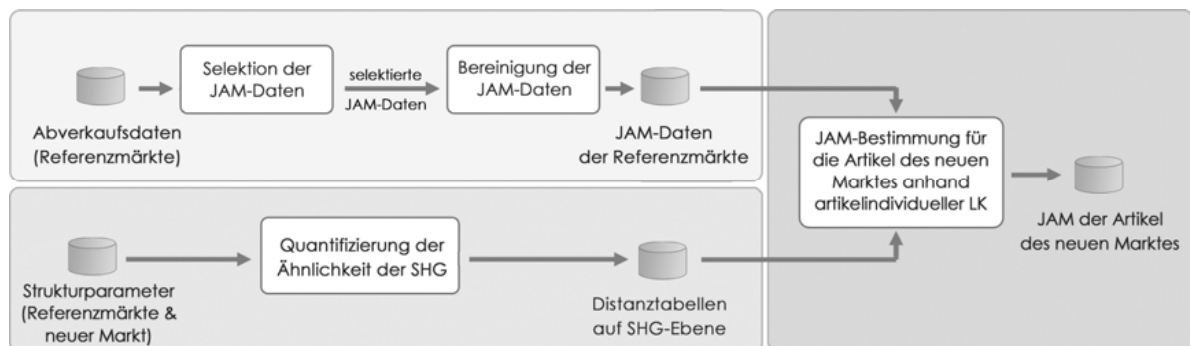


Abb. 9: Bestimmung des fiktiven Niveauparameters

Im Gegensatz zur ZRS-Generierung können die JAM-Daten nicht auf Basis einer SHG-einheitlichen, sondern ausschließlich auf einer artikelindividuellen Auswahl ähnlicher Referenzmärkte ermittelt werden. Angesichts des Sortimentsumfangs bei Einzelhandelsketten ist jedoch für jeden einzelnen Artikel eine Ähnlichkeitsanalyse mit einem Clusterverfahren nicht praktikabel. Statt dessen wird mit Hilfe der Euklidischen Distanz die Ähnlichkeit der Referenz-SHG für jede SHG des neuen Marktes quantifiziert. Pro SHG des neuen Marktes erhält man somit eine Distanztabelle, welche die SHG der Referenzmärkte mit absteigender Ähnlichkeit auflistet.

Für die artikelindividuelle Erstellung der LK kommen grundsätzlich diejenigen SHG in der Distanztabelle in Frage, deren JAM-Daten für den betreffenden Artikel die eingangs beschriebenen Selektionskriterien erfüllen. Von diesen werden – ähnlich zu der im Rahmen der ZRS-Generierung ermittelten Anzahl von SHG je Cluster – die jeweils  $n$  ähnlichsten ausgewählt und ihre Distanzen in Gewichte transformiert. Diese Gewichte fließen schließlich in die LK für jeden Artikel zur Bestimmung der fiktiven JAM des neuen Marktes ein.

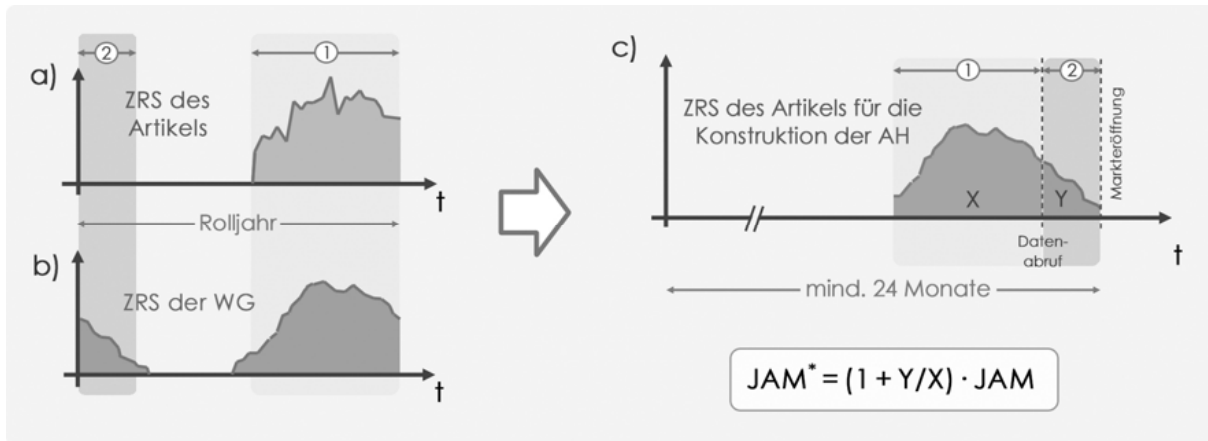


Abb. 10: Modifikation der JAM neu gelisteter Artikel

Eine Ausnahme bilden neu gelistete Artikel, für die noch keine Abverkaufsdaten über das gesamte letzte Rolljahr vorliegen (Abb. 10a). Ihnen wird daher, wie in Kapitel 4.2 dargelegt, die ZRS der zugehörigen WG zugeordnet (Abb. 10b), so dass bei der Konstruktion der AH auch das Abverkaufsverhalten im Zeitraum zwischen Datenabruf und Markteröffnung beschrieben werden kann (Abb. 10c). Die fiktiven JAM-Daten hingegen können für jeden Artikel nur über ihren tatsächlichen Verkaufszeitraum bestimmt werden und beziehen sich folglich auf eine kürzere Zeitspanne als die ZRS. Die JAM wird daher im Verhältnis des Flächenzuwachses erhöht, der sich durch die Erweiterung der ZRS ergeben hat.

### 5.3 Konstruktion der fiktiven Abverkaufshistorie

Nachdem nun die fiktiven ZRS und NP der Artikel des neuen Marktes für den Zeitraum des letzten Rolljahres vorliegen, sind die betreffenden Teilergebnisse gemäß den Anforderungen des eingesetzten Dispositionssystems (vgl. 2.2) zu kombinieren. Hierfür werden die bisher auf Kalenderwochenebene verdichteten ZRS des Rolljahres durch Spiegelung (vgl. 4.2) auf den gewünschten Zeitraum erweitert. Dies bezieht sich zum einen auf die Zeit zwischen dem Datenabruf und dem letzten fiktiven Verkaufstag vor Markteröffnung. Zum anderen muss der Zeitraum über das Rolljahr hinaus auf die vom Dispositionssystem geforderte maximale Länge der AH bzw. bis zum jeweiligen unternehmensweiten Listungsdatum der Artikel erweitert werden.

Im letzten Schritt müssen die bisher auf Kalenderwochen aggregierten fiktiven Abverkäufe für das Dispositionssystem auf Wochentage heruntergebrochen werden. Dazu wird über den Zeitraum eines Rolljahres für jede Warengruppe eine Gesamtverteilung der Abverkäufe auf

Wochentagbasis ermittelt. Gemäß dieser Struktur erfolgt die Aufteilung der fiktiven Abverkäufe von Kalenderwochen zu Kalendertagen.

## 6 Ergebnisse

Bei Vorliegen ausreichender Referenzdaten werden mit dem beschriebenen Verfahren fiktive AH für neue Märkte erstellt, die vom Dispositionssystem zur Bedarfsplanung genutzt werden können. Die Voraussetzung ausreichender Referenzdaten ist bei Einzelhandelsketten mit flächendeckender Marktpräsenz durchaus gegeben, so dass der Lösungsansatz z. B. auch auf den Elektronik-, Textil- oder Lebensmittelhandel übertragbar ist. Darüber hinaus beschränkt sich der Anwendungsbereich nicht allein auf die Neueröffnung von Märkten. Auch auf eine Standortverlagerung, eine umfassende Sortimentsveränderung oder eine Angebotserweiterung bestehender Märkte einer Handelskette ist das Verfahren übertragbar.

Das Verfahren ist systemtechnisch bereits umgesetzt und kann, bis auf Überwachungs- und Korrekturschritte, automatisiert durchgeführt werden, so dass die praktische Anwendbarkeit selbst bei Sortimentsbreiten von mehreren zehntausend Artikeln sichergestellt ist. Aufgrund der Neuheit kann über längerfristige Einsatzerfahrungen noch nicht berichtet werden. Bereits in der laufenden Erprobungsphase zeichnet sich aber eine positive Abschätzung für die Verbesserung der Bedarfsplanung in der Anfangsphase von Einzelhandelsmärkten ab.

## Literaturverzeichnis

- [CoGr04] Corsten, D.; Gruen, T.: Stock-Out Cause Walkouts. Harvard Business Review, Mai 2004, S.26-28.
- [CoLe05] Cottrell, M.; Letrémy, P.: Missing Values: Processing with the Kohonen Algorithm. Proc. ASMDA, 2005, Brest 2005, S.489-497.
- [Fers79] Ferstl, O. K.: Konstruktion und Analyse von Simulationsmodellen. Verlag Hain, Königsstein 1979.
- [Götz99] Götz, N. D.: Automatische Dispositionssysteme für den Handel. Joseph Eul Verlag, Köln 1999.

- [Hert99] Hertel, J.: Warenwirtschaftssysteme – Grundlagen und Konzepte. 3. Auflage, Physica-Verlag, Heidelberg 1999.
- [HiSc01] Hippner, H.; Schmitz, B.: Data Mining in Kreditinstituten – Die Clusteranalyse zur zielgruppengerechten Kundenansprache. In: Hippner, H. u. a. (Hrsg.): Handbuch Data Mining im Marketing – Knowledge Discovery in Marketing Databases. Vieweg Verlag, Wiesbaden 2001, S.607-622.
- [KiK177] Kirsch, W.; Klein H. K.: Management-Informationssysteme. Band 1 – Wege zur Rationalisierung der Führung, Kohlhammer, Stuttgart 1977.
- [Koho01] Kohonen, T.: Self-Organizing Maps. 3. Auflage, Springer, Berlin 2001.
- [KüKa01] Küsters, U.; Kalinowski, C.: Traditionelle Verfahren der multivariaten Statistik. In: Hippner, H. u. a. (Hrsg.): Handbuch Data Mining im Marketing – Knowledge Discovery in Marketing Databases. Vieweg Verlag, Wiesbaden 2001, S.131-192.
- [NeKn05] Neckel, P.; Knobloch, B.: Customer Relationship Analytics – Praktische Anwendung des Data Mining im CRM. dpunkt.verlag, Heidelberg 2005.
- [Nowa05] Nowak, A.: Prognose bei unregelmäßigem Bedarf. In: Mertens, P.; Rässler S. (Hrsg.): Prognoserechnung. 5. Auflage, Physica-Verlag, Heidelberg 2005, S.61-72.
- [Pepe01] Pepels, W.: Kommunikations-Management – Marketing-Kommunikation vom Briefing bis zur Realisation. 4. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 2001.
- [Pete05] Petersohn, H.: Data Mining – Verfahren, Prozesse, Anwendungsarchitektur. Oldenbourg Verlag, München 2005.
- [Sach04] Sachs, L.: Angewandte Statistik – Anwendung statistischer Methoden. 11. Auflage, Springer, Berlin 2004.
- [ScSt01] Schlittgen, R.; Streitberg, B.: Zeitreihenanalyse. 9. Auflage, Oldenbourg Verlag, München 2001.

# Konzeption des Unternehmensreportings

## Ein modellgestütztes Vorgehensmodell zur fachkonzeptionellen Spezifikation

Jörg Becker, Stefan Seidel, Christian Janiesch

European Research Center for Information Systems (ERCIS)

Universität Münster

48149 Münster

{becker, seidel, janiesch}@ercis.de

### Abstract

Die strukturierte Konzeption des Reportings als Grundlage für dessen Umsetzung und Optimierung stellt eine Herausforderung dar, die von der der Einführung operativer Softwaresysteme abweicht. Es werden nicht nur aussagekräftige Modellierungssprachen benötigt, die als Diskussionsgrundlage für Fachanwender und Systementwickler dienen, sondern auch detaillierte Vorgehensmodelle, die auf Basis theoretisch fundierter Methoden einen Lösungsweg bieten. Die Einführung von Business-Intelligence-Systemen mithilfe konzeptioneller Modelle verspricht Kosten- und Zeiteinsparungen, indem Iterationen des sonst üblichen prototypischen Vorgehens ausgelassen werden können. Das hier vorgestellte Vorgehensmodell umfasst die vier Phasen Initialisierung, Ist-Analyse, Soll-Konzeption und Wartung. Es wird anhand von Kurzbeispielen aus einem Evaluationsprojekt illustriert.

## 1 Anforderungen an ein modernes Reporting

Das Berichtswesen<sup>1</sup> ist die Schnittstelle zwischen strategischem Controlling, operativem Controlling und der Ausführungsebene. Folglich kommt dem Berichtswesen eine wichtige Rolle im Hinblick auf die Erreichung der Ziele des Controllings zu. Trotz dieser großen Bedeutung ist festzustellen, dass effiziente Berichtswesen heute eher die Ausnahme als die Regel sind [Wani02]. Ein wesentlicher Grund hierfür ist darin zu sehen, dass dem Management häufig nicht diejenigen Informationen zur Verfügung stehen, die für eine bestmögliche Entscheidungs-

---

<sup>1</sup> Die Begriffe Berichtswesen und Reporting werden in diesem Beitrag synonym verwendet.

findung nötig sind. Gleichzeitig kommt es oft zur so genannten Informationsüberflutung – d. h., den Entscheidungsträgern steht eine so große Menge an Informationen zur Verfügung, dass es kaum noch möglich ist, die relevanten herauszufiltern. Daraus ergibt sich die Forderung nach einer möglichst umfassenden Ermittlung und Spezifikation der Informationsbedarfe, um diese Defizite zu vermeiden.

Eine strukturierte Konzeption des Berichtswesens als Grundlage für die Umsetzung und Optimierung stellt somit eine Herausforderung für Unternehmen dar. Dabei werden nicht nur aussagekräftige Modellierungssprachen, die auch als Diskussionsgrundlage für Fachanwender und Systementwickler dienen, benötigt, sondern auch detaillierte Vorgehensmodelle, die auf Basis theoretisch fundierter Methoden einen Lösungsweg bieten.

Zu diesem Zwecke werden zunächst die notwendigen Grundlagen für das Vorgehensmodell erarbeitet: Nach Bestandsaufnahme moderner Berichtssysteme für das Unternehmensreporting und Grundlagen der Informationsbedarfsanalyse wird die dem Vorgehensmodell zugrundeliegende Modellierungssprache H2 kurz eingeführt. Das eigentliche Vorgehensmodell umfasst die Phasen Initialisierung, Ist-Analyse, Soll-Konzeption und Wartung. Es wird anhand von Kurzbeispielen aus einem Evaluationsprojekt illustriert.

## **2 Informationsbedarfsanalyse und Modellierung für Reporting-Systeme**

### **2.1 Moderne Reporting-Systeme und Einordnung in das Controlling**

Dem vorliegenden Beitrag wird die *koordinationsorientierte* Controlling-Konzeption von Küpper zugrunde gelegt [Küpp01]. Dieses Verständnis umfasst die Funktionen der *informationsorientierten* sowie der *planungs- und kontrollorientierten* Controlling-Konzeptionen [Meng95]. Die koordinationsorientierte Controlling-Konzeption geht darüber hinaus und betrachtet die Koordination aller *Führungsteilsysteme*. Führungsteilsysteme sind z. B. das *Planungssystem*, das *Kontrollsystem*, das *Personalführungssystem*, das *Organisationssystem* und das *Informationssystem*. Die Zerlegung der IT in Führungsteilsysteme ist aufgrund der wachsenden Komplexität der Führungsaufgaben notwendig [Koch94]. Gleichzeitig erwächst aus dieser Zerlegung die Notwendigkeit der Koordination, da zwischen den einzelnen Teilsystemen Interdependenzen bestehen. Diese erfordert die Ermittlung des Informationsbedarfs der einzelnen Systeme, die Gestaltung der Informationserzeugung sowie eine anwenderorientierte Informationsbereit-

stellung durch das *Berichtswesen* [Küpp01]. Dieses stellt somit das „Bindeglied des Informationssystems zu anderen Subsystemen der Führung“ [Glad03] dar. *Berichte* sind „unter einer übergeordneten Zielsetzung, einem Unterrichtszweck zusammengefasste Informationen“ [Blohm80].

Weder eine weitgefaste Definition des Reportings, welche alle Informationsübermittlungsprozesse der Unternehmung als Berichtswesen versteht (z. B. Blohm [Blohm70; Blohm80]), noch eine eng gefaste Definition, die lediglich die Übermittlung von Informationen in Form von Berichten als Gegenstand des Berichtswesens betrachtet (z. B. Horváth [Horv03]) ist treffend. Eine bedarfsgerechte Informationsversorgung der Entscheidungsträger kann in der Regel nur durch die Ergänzung herkömmlicher Berichte durch geeignete Analyse- und Auswertungssichten erfolgen. Folglich wird dieser Arbeit eine eigene Definition zugrunde gelegt: Das Berichtswesen ist der Teil des betrieblichen Informationssystems, welcher der Übermittlung und Bereitstellung von Informationen für innerbetriebliche Empfänger mittels Berichten im oben definierten Sinne sowie der Bereitstellung geeigneter Analyse- und Auswertungssichten auf einen verdichteten Datenbestand, der alle für den operativen und strategischen Geschäftsbetrieb relevanten Informationen enthält, dient.

Demzufolge werden heute neben herkömmlichen Standardberichten vor allem auch ein so genanntes Exception-Reporting sowie die Möglichkeit von Ad-hoc-Auswertungen und weiteren Analysen gefordert. Einfach zu bedienende, moderne Führungsinformationssysteme sowie ihnen zugrunde liegende Technologien wie Data-Warehousing und Online Analytical Processing (OLAP) bieten die entsprechende technische Grundlage für komplexe multidimensionale Analysen. Diese können jedoch nur dann erfolgreich sein, wenn die Datenbasis und die Kriterien, nach denen ausgewertet wird, richtig und widerspruchsfrei spezifiziert sind.

## **2.2 Informationsbedarfsanalyse**

Um den oben genannten Anforderungen an ein Berichtswesen gerecht zu werden, ist die Kombination verschiedener Verfahren der Informationsbedarfsanalyse nötig. Zum einen müssen angebotsorientierte Verfahren eingesetzt werden, in deren Rahmen eine Analyse des Ist-Zustandes durchgeführt wird. Dies ist notwendig, um Schwachstellen zu identifizieren und eine Kommunikationsgrundlage für Entwickler und Fachanwender zu schaffen.<sup>2</sup> Daneben müssen

---

<sup>2</sup> Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden: Golfarelli und Rizzi [GoRi98] verstehen unter angebotsorientierten Verfahren solche, bei denen ausgehend von einer Analyse der bestehenden operativen Systeme logische und semantische Schemata abgeleitet werden. Dabei handelt es sich um ein Vorgehen, das auf die Bestimmung des objektiven In-

nachfrage- oder aufgabenorientierte Verfahren verwendet werden, die der Ermittlung des Soll-Bedarfes dienen. List et. al. [LBMS02] begründen die Notwendigkeit der aufgabenorientierten Informationsbedarfsanalyse insbesondere damit, dass nur durch die Berücksichtigung zukünftiger Informationsbedarfe auch eine lange Lebensdauer für das zu entwickelnde System zu erwarten ist. Nachfrageorientierte Verfahren sind dabei in der Regel verhältnismäßig einfach durchzuführen und verbessern die Akzeptanz des zukünftigen Systems seitens der Systemnutzer.

Aufgrund der Verschiedenartigkeit von Projekten und der jeweils unterschiedlichen Rahmenbedingungen ist nicht davon auszugehen, dass ein Verfahren, das anhand bestimmter Kriterien als „das Beste“ identifiziert wurde, auch immer eingesetzt werden kann. Daher wird hier vorgeschlagen, grundsätzlich verschiedene Verfahren in Betracht zu ziehen und im konkreten Fall zu entscheiden, welches Verfahren bzw. welche Verfahren eingesetzt werden.

Die Informationsbedarfsanalyse muss darüber hinaus die fachkonzeptionelle Spezifikation der Informationsbedarfe unterstützen. Zur Explikation der Informationsbedarfe ist daher eine Methode nötig, die sowohl von den Berichtsempfängern als auch von Entwicklern verstanden wird, um eine reibungslose Kommunikation und somit eine zielführende Diskussion der entwickelten Modelle zu ermöglichen, da ein Hauptproblem darin zu sehen ist, dass die späteren Benutzer des Systems selten in der Lage sind, ihre Informationsbedarfe konkret auszudrücken und zu spezifizieren [Stra02; StWi02]. Im Folgenden wird zunächst eine entsprechende Modellierungsmethode, H2, vorgestellt, deren Anwendung im Rahmen eines Vorgehensmodells dann in Abschnitt 3 erläutert wird. Zur Auswahlentscheidung zugunsten von H2 und zum Unterschied zu vergleichbaren Modellierungsmethoden vgl. [BJPS06; KnSJ06].

### **2.3 Modellierung mit H2**

Die H2-Methode basiert auf dem Prinzip, dass Kennzahlen (bspw. Gewinn, Lagerreichweite, Produktionskosten) und Dimensionen (bspw. Zeit, Produkte, Organisationsstruktur) unabhängig voneinander definiert werden können und aus der Kombination dieser Bausteine der Inhalt von Datenwürfeln (Cubes) sowie konkreten Berichten beschreibbar ist [BJKM07]. Dabei ergibt sich ein konkreter Fakt (bspw. Gewinn der Filiale Karlsruhe im Warenbereich Kleinuhren im aktuellen Geschäftsjahr) aus der berichtsspezifischen Zuordnung von Bezugsobjekten zu einer Kennzahl. Um festzulegen, welche Bezugsobjekte für einen bestimmten Analysezweck vonnöten

---

formationsbedarfes abzielt. Im vorliegenden Beitrag wird im Rahmen der Ist-Analyse das Informationsangebot des Ist-Zustandes des Berichtswesens betrachtet. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine Dokumentenanalyse zur Bildung semantischer Schemata.



sind, werden Ausschnitte aus Dimensionen gebildet (Dimensionsausschnitte) und diese zu mehrdimensionalen Dimensionsausschnitt-Kombinationen (Bezugsgrößen) kombiniert. Die Methode erlaubt weiterhin, Fakten als Operanden in so genannten Faktberechnungen zu verwenden. Auf diese Weise können beispielsweise Abweichungsanalysen und Anteilsrechnungen abgebildet werden. Die Dokumentation erfolgt bei der H2-Methode in Form eines grafischen Modells basierend auf hierarchischen Strukturen. Vgl. Abb. 1 für ein kurzes Beispiel eines Datenwürfels sowie eine Legende der verschiedenen Elemente (Faktberechnungen sind nicht enthalten); Berichte werden auf ähnliche Weise modelliert.

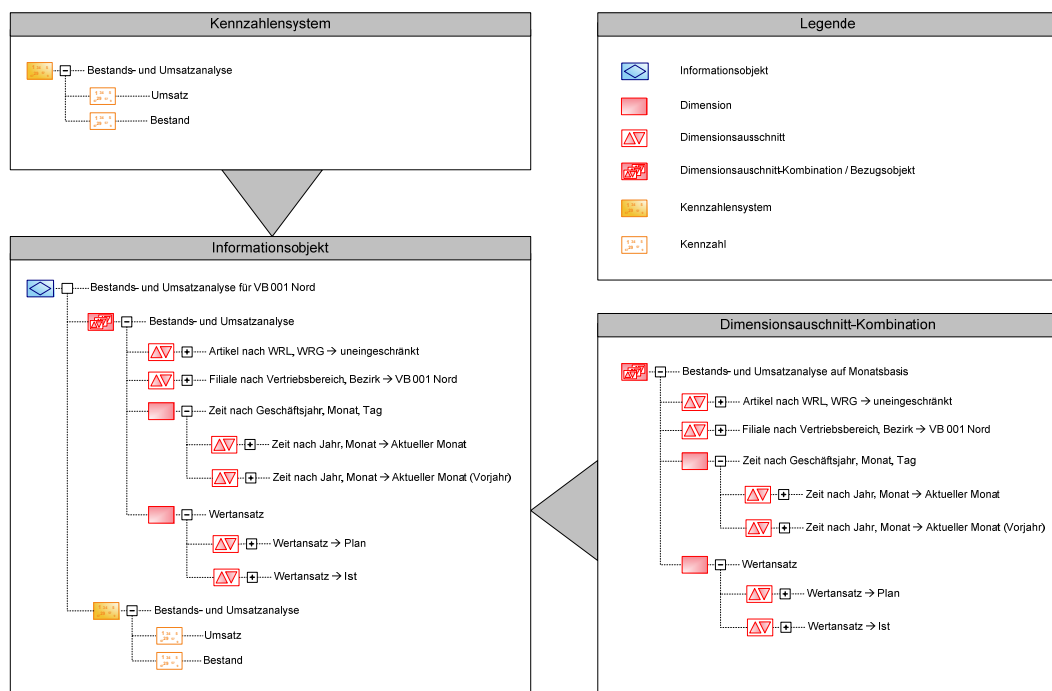


Abb. 1: H2-Modell

Die Anwendung dieser Methode im Rahmen eines entsprechenden Vorgehensmodells (vgl. Abb. 2) führt zu einer eindeutigen und transparenten Dokumentation der verwendeten Kennzahlen und Dimensionen im Bericht; Interpretationsspielräume werden minimiert. Die fachkonzeptionellen Modelle bilden dabei zum einen die Grundlage für die Diskussion zwischen Fachanwendern und IT-Entwicklern [Holt03a]. Zum anderen besitzen sie einen Formalitätsgrad, der die Überführung in logische Data-Warehouse-Schemata sowie die Implementierung eines konkreten Reporting-Systems unterstützt [Holt03b].

### 3 Vorgehensmodell zur Gestaltung des Unternehmensreportings

#### 3.1 Übersicht

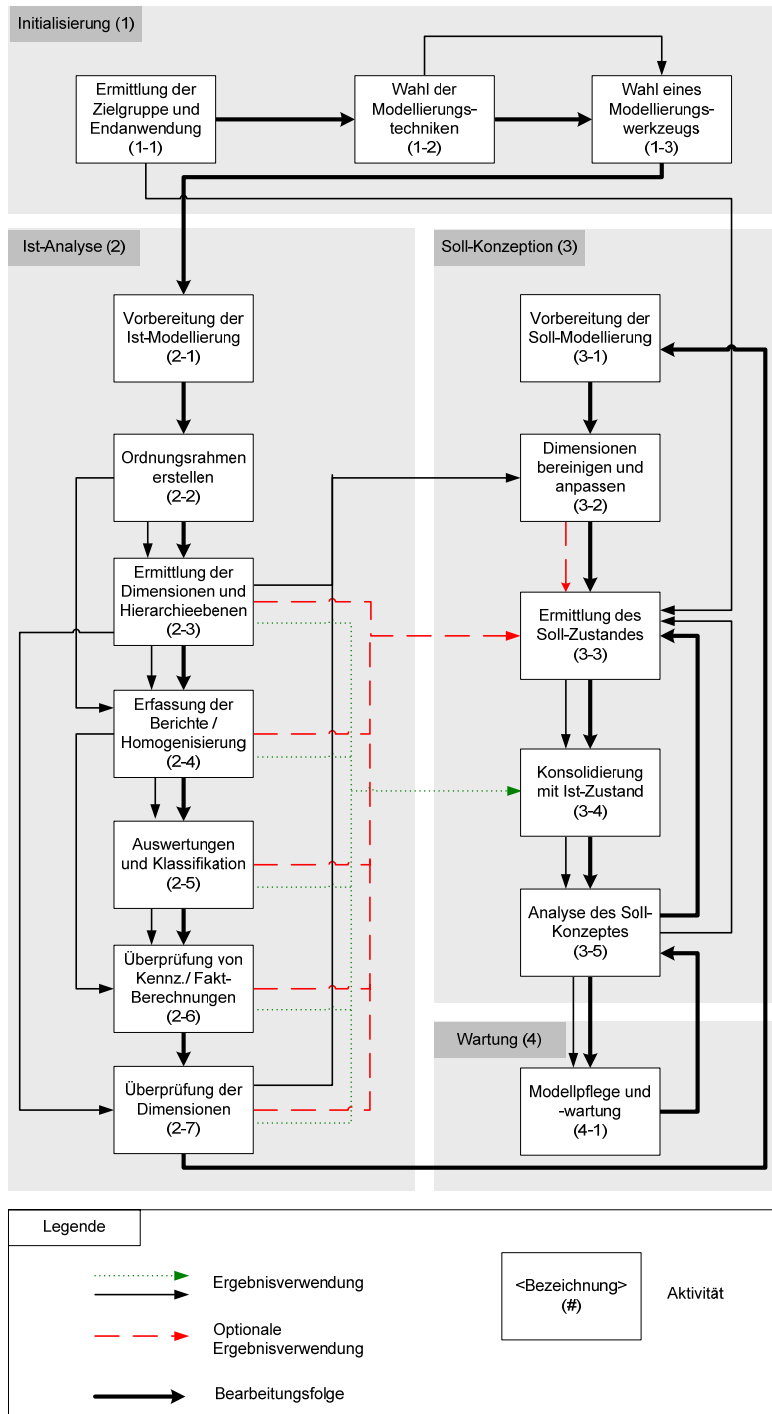


Abb. 2: Phasen und Aktivitäten des Vorgehensmodells<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Der Übersichtlichkeit halber wurden nicht alle Ergebnisverwendungen mit aufgenommen. So haben die Ergebnisse der Vorbereitung der Ist-Modellierung beispielsweise Auswirkungen auf nahezu alle Aktivitäten der Phase der Ist-Analyse. Gleiches gilt für die Vorbereitung der Soll-Modellierung. Aus Platzgründen werden im Folgenden nur die Phasen 2 und 3 detailliert dargestellt. Die Modellierungsentscheidung zugunsten H2 wird vorausgesetzt.

Das Vorgehensmodell umfasst die Phasen *Initialisierung*, *Ist-Analyse*, *Soll-Konzeption* und *Wartung*. Die einzelnen Phasen werden weiter unterteilt in *Aktivitäten*. In der Initialisierungsphase werden grundsätzliche Fragen bzgl. der bestehenden und neu zu entwickelnden Systeme behandelt. Im Rahmen der Ist-Analyse erfolgt eine – mehr oder weniger – detaillierte Erfassung des Ist-Zustandes. Dabei werden sowohl Stammdaten wie z. B. Produktstrukturen als auch Metadaten über die einzelnen Berichte erfasst. Das so entstandene fachkonzeptionelle Informationsmodell des Berichtswesens kann dann für Analysezwecke ausgewertet werden. Im Rahmen der Soll-Konzeption werden verschiedene Verfahren der Informationsbedarfsanalyse eingesetzt, um den Soll-Zustand des Berichtswesens zu bestimmen. Dabei können – abhängig vom Projekt – die Ergebnisse der Ist-Analyse als Grundlage für die Soll-Konzeption herangezogen werden. Darauf folgt eine Konsolidierung mit den Ergebnissen aus der Ist-Erhebung, in der das Soll-Fachkonzept verfeinert und ergänzt wird. Gegenstand der Phase der Wartung ist schließlich die kontinuierliche Pflege und Anpassung der Modelle. Diese sind im Zeitablauf immer wieder auf ihre Qualität hin zu überprüfen, was durch den Pfeil in Richtung der Analyse des Soll-Konzepts ausgedrückt wird. Die gestrichelten Verbindungslinien in Abb. 2 deuten an, dass die Verwendung der Ist-Modelle bzw. deren Auswertungen für die Soll-Konzeption optional sind. In jedem Fall aber ist eine Konsolidierung von Ist- und Soll-Zustand im Anschluss an die Soll-Konzeption vorzunehmen, um sicherzustellen, dass Fehler, Schwachstellen und Inkonsistenzen des Ist-Zustandes vermieden und gleichzeitig keine relevanten Informationen vergessen werden. Die Aktivitäten haben jeweils eine Nummer, diese bilden die Reihenfolge der Durchführung der einzelnen Aktivitäten ab und dienen als Orientierungshilfe.

Zur Illustration einzelner Phasen werden Beispiele aus einem Evaluationsprojekt mit der Christ Juweliere und Uhrmacher seit 1863 GmbH (im Folgenden Christ) verwendet. Im Rahmen dieses Reporting-Projekts wurde sowohl der Aufbau des Vorgehensmodells bestätigt als auch die Verwendbarkeit der fachkonzeptionellen Informationsmodelle überprüft. Kern des Projekts ist die Neugestaltung des Reportings und die Überführung des alten proprietären Berichtswesens (CHRIST A) in ein integriertes Data Warehouse, das in Zukunft laufend durch Daten des neuen Warenwirtschaftssystems Lawson (Intentia) Movex gefüllt werden soll. Zur Darstellung der Berichte werden Produkte der Firma Cognos eingesetzt werden: Cognos ReportNet für das Standard-Berichtswesen und Cognos Powerplay für die deskriptive, multidimensionale Datenanalyse per OLAP. Das Projekt befindet sich derzeit in der Implementierungsphase, die fachkonzeptionelle Spezifikation ist abgeschlossen.

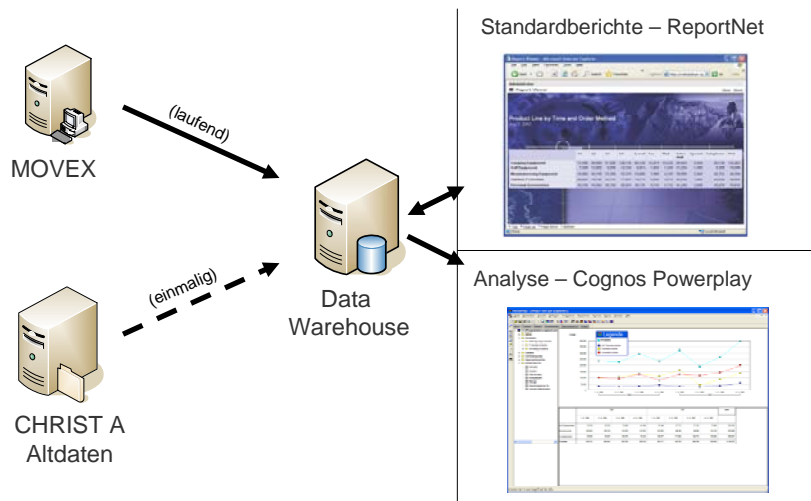


Abb. 3: Vorgehen bei der Christ Juweliers und Uhrmacher seit 1863 GmbH

### 3.2 Initialisierung

*Ermittlung der Zielgruppe und Endanwendung (1-1), Wahl der einzusetzenden Methoden und Modellierungstechniken (1-2) und Wahl eines Modellierungswerkzeugs (1-3)*

Es muss zunächst der Anwendungszweck bestimmt werden. In diesem Zusammenhang müssen vor allem die Zielgruppen des neuen Systems festgelegt werden. Dazu ist zu klären, wer die Berichtsempfänger sind und in welchen Positionen sie sich befinden. Unter Umständen ist es sinnvoll, sich aus Gründen der Komplexitätsverminderung zunächst auf einen Teilbereich des Unternehmens zu beschränken [Stra02]. Neben der Unterstützung der eigentlichen Modellierung und der Pflege und Wartung der Modelle sollten auch Werkzeuge zur Definition, Ausführung, Darstellung und Überwachung von Vorgehensmodellen zur Verfügung stehen.

### 3.3 Ist-Analyse

*Vorbereitung der Ist-Modellierung (2-1) und Erstellung eines Ordnungsrahmens (2-2)*

Die Ist-Modellierung kann mit einem hohen Aufwand verbunden sein. Bevor die Ist-Modellierung durchgeführt wird, ist entsprechend festzulegen, mit welcher Genauigkeit und Detaillierung dies geschehen soll. Insbesondere spielt hier die Einschätzung darüber eine Rolle, in welchem Maße Teile des Ist-Zustandes in die Soll-Konzeption übernommen werden können. Zu Vorteilen der Ist-Modellierung vgl. [BeKR05; Stra02], die Zweckmäßigkeit einer detaillierten Ist-Modellierung muss daher am Umfang des prognostizierten Handlungsbedarfes festgemacht werden [BeKR05; BeSc04; Rose00].

Daneben sind Modellierungskonventionen festzulegen. Durch die Reduktion von Freiheitsgraden bei der Modellierung wird eine Vergleichbarkeit der Modelle gewährleistet und Inkon-

sistenzen werden vermieden. Dies ist insbesondere auch in Bezug auf die Vergleichbarkeit von Soll- und Ist-Modellen zu fordern. Weiterhin muss der zu betrachtende Bereich des Berichtswesens systematisiert und zerlegt werden. Idealerweise wird an dieser Stelle ein *Ordnungsrahmen* erzeugt. Den am Projekt Beteiligten wird somit ermöglicht, den eigenen Arbeitsbereich in den Gesamtzusammenhang einzuordnen.

### *Ermittlung der Dimensionen und Hierarchieebenen (2-3)*

Ziel dieser Aktivität ist es, die Dimensionen, die zum Zeitpunkt der Ist-Erhebung in den Berichten verwendet werden, zu erfassen. Existierende Dokumentationen sowie eine Betrachtung der Berichtsdefinitionen bzw. -outputs können eine Ausgangsbasis darstellen. Ebenso ist eine Betrachtung der entsprechenden Stammdaten in den operativen Systemen möglich. Existiert in der Unternehmung bereits ein Data Warehouse, so können auch die entsprechenden Data-Warehouse-Strukturen Aufschluss über den Aufbau der Hierarchien geben.

Bei der Erhebung der Informationsräume von Christ wurde die Struktur der über 100 Berichte untersucht und so die bislang übliche Dimensionierung der Berichte des Altsystems als auch der Excel-Berichte erfasst. Die übliche Dimensionierung der *Artikel* und *Filialen* des Altsystems sind auf Typ- und Instanzebene in Abbildung 4 dargestellt. Hierarchieebenen dienen der Strukturierung der Dimensionen. Die detaillierte Darstellung der Dimensionen kann häufig automatisiert aus den Altsystemen ausgelesen werden (bspw. mit SQL) und unterstützt die Kommunikation mit dem Fachpersonal besser als die abstraktere Darstellung der Hierarchieebenen.

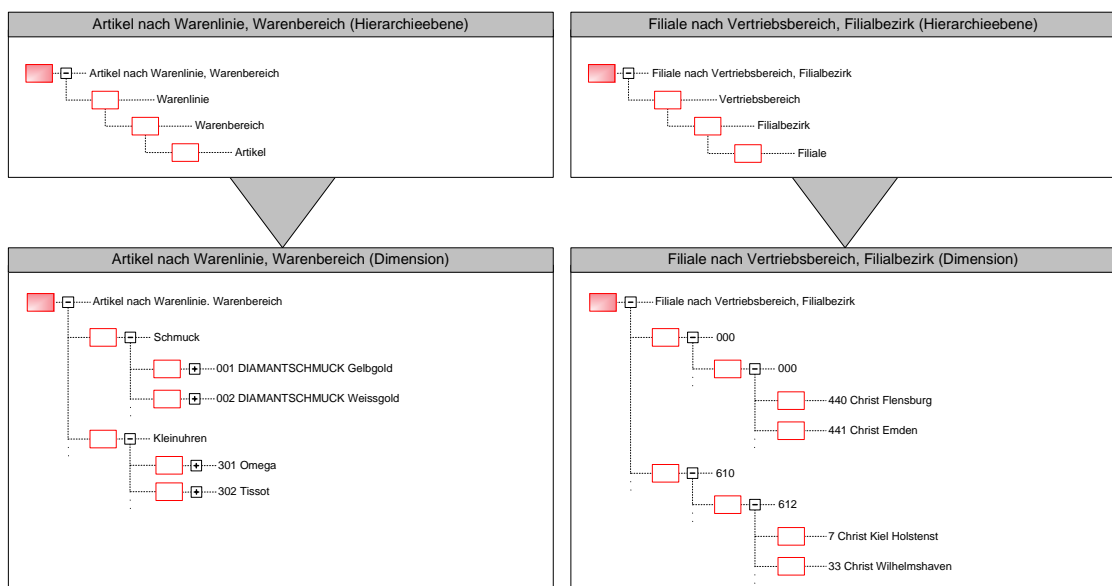


Abb. 4: Erfassung der Dimensionen und Hierarchieebenen

### *Erfassung der Berichte und Identifikation von Synonymen und Homonymen (2-4)*

Berichte werden aufgenommen und strukturiert in einem Informationsmodell abgebildet. Von den Berichtsverantwortlichen ist eine Übersicht über die von ihnen erstellten Berichte bzw. Auswertungen zu erstellen [Stra02]. Die Metadaten über die einzelnen Berichte bilden die Grundlage für verschiedene Analysezwecke. Folgende Metadaten sind insbesondere relevant: Bezeichnung, Kurzbeschreibung, Kennzahlen sowie zugehörige Dimensionen, Berichtsempfänger, Berichtsverantwortlicher, Periodizität und die Anwendung, die den Bericht erzeugt.

Auch die Erfassung von synonymen und homonymen Bezeichnungen für Kennzahlen und Dimensionen wird im Rahmen der Berichtserfassung durchgeführt. Jeweils synonyme Bezeichnungen sind dabei durch eindeutige Begriffe für inhaltlich gleiche Objekte zu ersetzen. Homonyme liegen dann vor, wenn derselbe Begriff mit unterschiedlicher inhaltlicher Bedeutung verwendet wird. Hier müssen zwei verschiedene Bezeichnungen gefunden werden.

Es fanden sich bei Christ einige Beispiele, die jeweils von anderen Empfängern oder Berichtserstellern gepflegt wurden: *VK % erz.* und *Marge in %* standen beide für die erzielte Marge, auch *Lagerbestand* und *Bestand Stk.* wurden bspw. synonym verwendet. Homonyme fanden sich eher unabsichtlich durch Abweichungen im Berechnungsausdruck.

### *Auswertungen und Klassifikation (2-5)*

Die verschiedenen Modellelemente des Informationsmodells des Ist-Zustandes können zu Auswertungen herangezogen werden. Diese führen zu einer so genannten *Informationslandkarte* [Stra02]. Sie kann im Rahmen der Soll-Konzeption als Diskussionsgrundlage für die Modellierung oder zur Aufdeckung von Redundanzen verwendet werden. Die Auswertungen bieten für sich genommen keine Möglichkeit, Aussagen über die inhaltliche Qualität des Ist-Berichtswesens zu treffen. Um festzustellen, inwieweit dieses bedarfsgerecht ist, muss eine Informationsbedarfsanalyse durchgeführt werden – dies ist Gegenstand der Soll-Konzeption.

Bereits eine einfache quantitative Analyse der Kennzahlenverteilung in den Berichten (vgl. Abbildung 5) zeigt deutlich, dass es eine kleine Anzahl von Kennzahlen gibt, die häufig verwendet wird und eine überwiegende Anzahl von Kennzahlen nur sehr selten, bspw. in Jahresabschlüssen, erhoben wird. Die Betrachtung dieser Kennzahlencluster gibt Aufschlüsse darüber, welche Kennzahlen zukünftig im Data Warehouse vorberechnet werden sollten und welche Kennzahlen zur Laufzeit berechnet werden können. Weiterhin kann die Auswertung Entscheidungsunterstützung für die zukünftige Darstellung von Synonymen und Homonymen leisten.

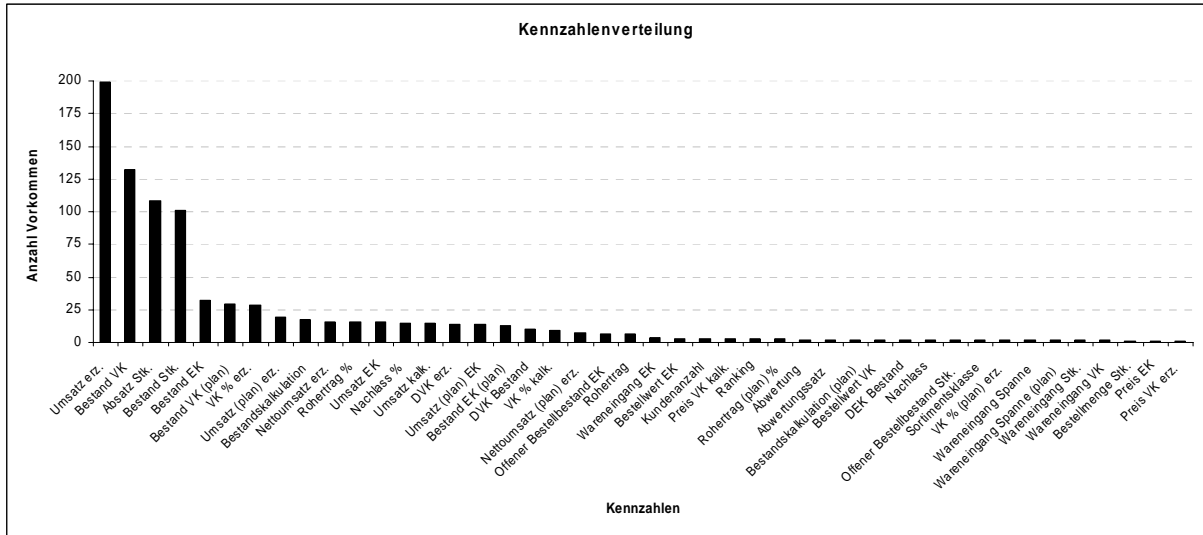


Abb. 5: Quantitative Analyse der Kennzahlenverteilung

### Überprüfung von Kennzahlen (2-6)

Für berechnete Kennzahlen und sonstige Berechnungsausdrücke werden die Formeln auf inhaltliche Richtigkeit hin untersucht. Dies erfordert in der Regel die Zusammenarbeit mit den Fachbereichen – unter Umständen kann es erforderlich sein, bis auf Quellcodeebene zu gehen.

Bei Christ wurde neben Berechnungsmängeln im Detail, die im Rahmen eines Berichtswesens auf Excelbasis und einem gewachsenen, proprietären System kaum auszuschließen sind, insgesamt eine relativ hohe Datenqualität festgestellt. Zur genaueren Identifikation der Mängel wurde bspw. auch detailliert der Aufbau der einzelnen Kennzahlen analysiert und Zusammenhänge herausgearbeitet. Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt der Berechnung üblicher Kennzahlen unter Verwendung von Basiskennzahlen. Inhaltsgleiche Kennzahlen dieser Darstellung sind in grau schattiert und werden konsolidiert.

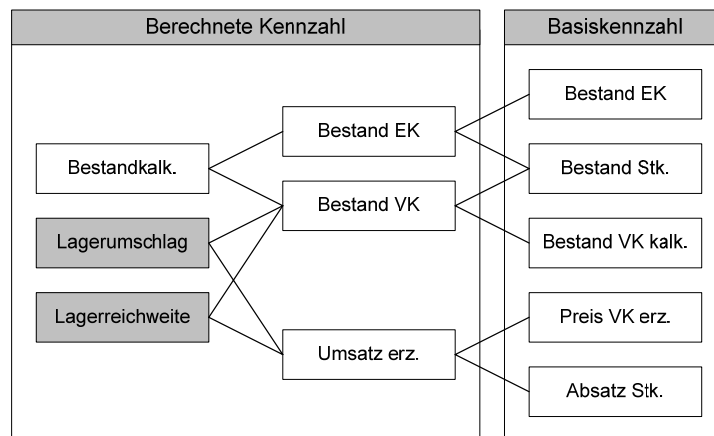


Abb. 6: Kennzahlenanalyse

### *Überprüfung der Dimensionen (2-7)*

Die erfassten Dimensionen müssen die tatsächlichen Gegebenheiten im Unternehmen abbilden.<sup>4</sup> Dies kann z. B. im Rahmen einer Diskussion des Berichtswesen-Analysten mit den Berichtsverantwortlichen und -empfängern überprüft werden, aber auch durch eine Untersuchung der Quellsysteme. In einer Mängelliste werden die unzureichend bzw. falsch abgebildeten Sachverhalte geführt.

Bei Christ entstanden durch die strukturierte Darstellung der Informationsräume bereits an dieser Stelle viele Ideen und Hinweise, was bei der Darstellung im neuen System ergänzt und verändert werden sollte.

## **3.4 Soll-Konzeption**

### *Vorbereitung der Soll-Konzeption (3-1)*

Analog zur Ist-Modellierung ist auch bei der Soll-Modellierung der Detaillierungsgrad zu wählen. Die Soll-Modelle bilden dabei die Grundlage für ein Berichtswesen-Inventar, das kontinuierlich zu pflegen ist. Je detaillierter die Soll-Modellierung erfolgt, umso teurer wird folglich auch die Pflege des Berichtswesen-Inventars. Andererseits ermöglicht ein hoher Detaillierungsgrad eine genaue Spezifikation der Informationsbedarfe und erleichtert die Umsetzung des Fachkonzepts. Wie im Rahmen der Ist-Modellierung werden für die Soll-Modellierung Modellierungs- und Namenskonventionen festgelegt, um die Lesbarkeit des Gesamtmodells zu erhöhen.

### *Dimensionen bereinigen und anpassen (3-2)*

Ziel dieser Aktivität ist es, die im Rahmen der Ist-Analyse erfassten und analysierten Dimensionen zu bereinigen und anzupassen. Das bedeutet, dass z. B. Widersprüchlichkeiten beseitigt oder Bezugsobjekte, die nicht mehr existieren, entfernt werden müssen. Ziel dieser Aktivität ist es nicht, den Soll-Zustand zu erheben, sondern sachliche Fehler aus den Modellen des Ist-Zustandes zu entfernen.

Im Altsystem von Christ fanden sich zahlreiche Artikel, Filialen etc. die inzwischen ausgelaufen sind bzw. geschlossen wurden. Um nur aktuelle bzw. relevante Daten in das neue Data Warehouse zu übernehmen, wurden diese Dimensionen bereinigt. Abbildung 7 zeigt dies am Beispiel der Dimension *Filiale*. Nicht mehr existierende Filialen wurden aus Filialbezirken entfernt.

---

<sup>4</sup> Dies bedeutet nicht, dass die Dimensionen tatsächliche Produkt- oder Organisationsstrukturen darstellen müssen. Es kann sich um Analyse- und Auswertungssichten handeln. Diese müssen jedoch inhaltlich richtig sein.



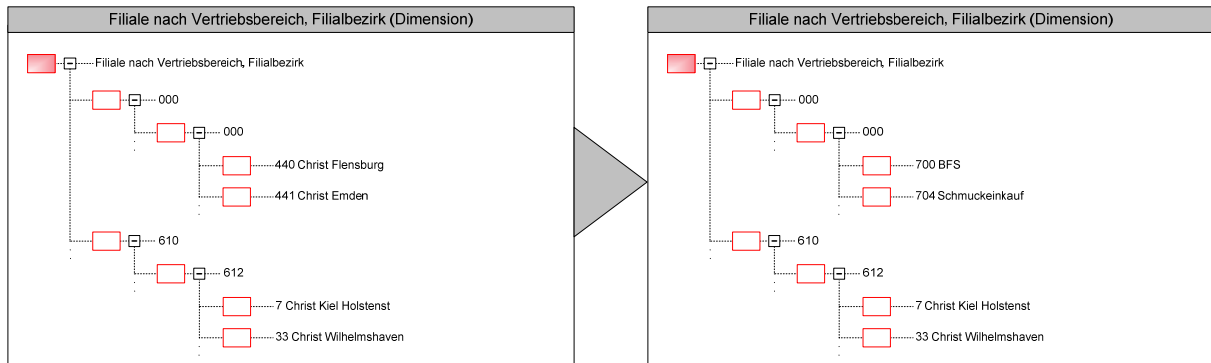


Abb. 7: Dimensionsbereinigung

### *Ermittlung des Soll-Zustandes (3-3)*

Für die Ermittlung des Soll-Zustandes können verschiedene Verfahren der Informationsbedarfsanalyse zum Einsatz kommen. In welchem Maße die Modelle des Ist-Zustandes für die Ermittlung des Soll-Zustandes herangezogen werden, muss individuell entschieden werden. Sie können direkt als Ausgangsbasis für die Erstellung des Soll-Konzepts dienen.

Unabhängig davon, welche konkreten Verfahren angewendet werden, sind die folgenden Konstruktionsaufgaben im Rahmen der Ermittlung des Soll-Zustandes durchzuführen:

- *Konzeption der Informationsräume*

Im Rahmen der Konzeption der Informationsräume sind zunächst die für die Berichtsempfänger relevanten Basisobjekte zu identifizieren und diese (hierarchisch) in Dimensionen zu ordnen.

- *Identifikation von Kennzahlen und Konzeption der Kennzahlensysteme*

Es werden Basiskennzahlen und daraus berechneten Kennzahlen unterschieden. Auf ihrer Basis können Kennzahlensysteme gebildet werden. Kennzahlensysteme müssen keine algebraischen Zusammenhänge ausdrücken, sondern können auch Kennzahlen nach ihrer Wichtigkeit für die Analysezwecke ordnen [Holt03a].

- *Konzeption von bedarfsgerechten Sichten auf die Informationsräume*

In Abhängigkeit von den individuellen Informationsbedarfen der Berichtsempfänger werden Sichten auf Dimensionen definiert und zu (Teil-)Informationsräumen kombiniert. Aus den (Teil-)Informationsräumen und Kennzahlensystemen können Berichte (Informationsobjekte) zusammengesetzt werden (vgl. Abbildung 1).

Es ist bei der Konzeption zu vermeiden, dass neue Synonyme bzw. Homonyme entstehen. Dies wird durch die Pflege des Glossars gewährleistet. Wenn neue Elemente benötigt werden, ist

zunächst zu prüfen, ob diese bereits Bestandteil des existierenden Soll-Modells sind. Um das Ziel eines konsistenten Berichtswesens zu erreichen, werden hier die folgenden Vorgehensweisen zur Ermittlung des Soll-Zustandes vorgeschlagen:

- *Ermittlung der Informationsbedarfe auf Basis von Ist-Modellen*

Der nachfrageorientierte Ansatz basiert auf typischen benutzerorientierten Techniken wie dem Interview oder der Fragebogenmethode. Auf diese Weise können jedoch lediglich subjektive Informationsbedarfe ermittelt werden. Den Ausgangspunkt für die Diskussion mit den Entscheidungsträgern bilden Berichtsmengen, die aufgrund verschiedener Klassifikationsmerkmale gebildet wurden, und die Auswertungen der Ist-Analyse (z. B. um redundante Informationen zu identifizieren).

- *Ermittlung der Informationsbedarfe aus Unternehmenszielen*

Informationsbedarfe von Entscheidungsträgern lassen sich auch aus den Unternehmenszielen ableiten [BeDR03]. Die abstraktesten Ziele werden in Geschäftsstrategien definiert. Ein Hauptproblem von Geschäftsstrategien ist häufig in deren nicht-operationalem Charakter zu sehen. Für operationale Ziele müssen daher eine Zielgröße, ein Zielniveau, ein Bezug und ein Zeitrahmen definiert sein [Adam96]. Da Geschäftsstrategien in der Regel nicht messbar sind, müssen diese zunächst in operationale Ziele heruntergebrochen werden.

- *Verwendung von Referenzmodellen*

Der Einsatz von Referenzmodellen hat sich z. B. bei der Entwicklung operativer Informationssysteme für den Handel als erfolgreich erwiesen [BeSc04]. Auch für die Konzeption von Führungsinformationssystemen kann die Verwendung geeigneter Referenzmodelle förderlich sein.

- *Angebotsorientierter Ansatz*

Unter angebotsorientierten Ansätzen kann nicht nur der Einbezug des Informationsangebots in Form des bestehenden Berichtswesens verstanden werden, sondern auch eine Analyse operativer Informationssysteme [GoRi98].

Bei Christ wurde häufig ein Export der Standardberichte nach Excel vorgenommen, um die Berichte mit anderen, nicht im System enthaltenen Daten anzureichern und neu zu formatieren. Ein prägnantes Beispiel für eine wiederkehrende Anreicherung findet sich in der Dimension *Artikel* (vgl. Abbildung 7).

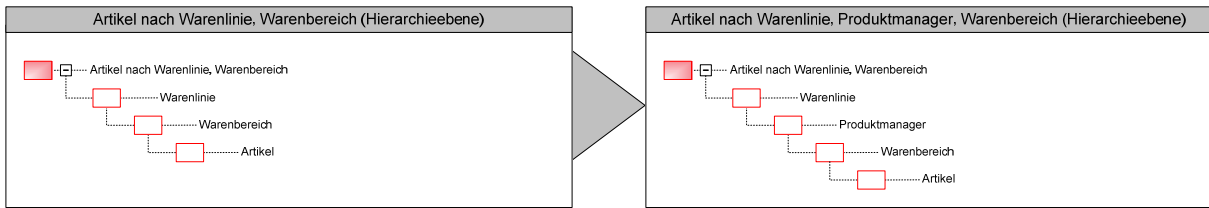


Abb. 8: Soll-Konzeption der Dimensionen

Artikel werden in Warenbereichen geführt, die wiederum Warenlinien zugeordnet sind. Für eine Auswahl mehrerer Warenbereiche einer Warenlinie ist ein Produktmanager zuständig. Dieser wurde im Altsystem nicht geführt. In fast allen Excelauswertungen wurde diese Hierarchieebene aber eingefügt. Daher wurde sie in das Soll-Konzept aufgenommen.

#### *Konsolidierung mit Ist-Zustand (3-4)*

Ziel der Konsolidierung von Ist- und Soll-Zustand ist vor allem, dass relevante Informationen, die im Ist-Zustand bereits berücksichtigt wurden, im Soll-Konzept nicht vergessen werden.

Die Schwachstellen des Ist-Berichtswesens, insbesondere Fehler, Inkonsistenzen und Redundanzen können dabei vermieden werden, da diese bereits im Rahmen der Ist-Analyse identifiziert und in entsprechenden Mängellisten vermerkt wurden. Es besteht allerdings die Gefahr, dass nicht-relevante Information im Rahmen der Konsolidierung in die Soll-Konzeption aufgenommen werden und so zu einer neuerlichen Informationsüberflutung führen.

Im Rahmen der Soll-Konzeption sind in der Regel neue Kennzahlen und Dimensionen definiert worden. Folglich sind die gewählten Bezeichnungen noch einmal mit den Entscheidungsträgern sowie den Berichtsverantwortlichen abzustimmen. Ziel dieser Zusammenführung ist es, ein Konzept zu erarbeiten, das die überflüssigen Standardbereiche eliminiert und Kapazitäten schafft, ein konsolidiertes, flexibleres Berichtswesen zu etablieren. Neben der Basis aus Standardberichten ist dann Raum für Ad-hoc Auswertungen und ein Exception Reporting

#### *Analyse des Soll-Konzepts (3-5)*

Bei der Analyse des Soll-Konzepts wird ähnlich vorgegangen wie bei der Analyse des Ist-Zustandes. Sie ist als eine Qualitätsprüfung zu verstehen, in der das erstellte Fachkonzept mit den im Vorfeld identifizierten Zielen verglichen wird. Wurden die Ziele nicht erreicht, muss es in einem iterativen Prozess entsprechend überarbeitet werden. Hier bietet sich unter Umständen ein Vorgehen basierend auf Prototypen an. Dabei ist das Fachkonzept in den jeweiligen Iterationsschritten anzupassen.

### **3.5 Wartung**

#### *Modellpflege und -wartung (4-1)*

Die Entwicklung des Berichtswesens ist nicht mit der erfolgreichen Einführung abgeschlossen. Der sich ständig ändernde Informationsbedarf der Entscheidungsträger macht eine laufende Anpassung und Pflege des Berichtswesens erforderlich. Das Fachkonzept sollte daher nicht nur Grundlage für die einmalige Implementierung des Berichtswesens sein, sondern muss kontinuierlich gepflegt werden und ein ständig aktuelles Berichtswesen-Inventar sein. Viele der Ursachen, die zu einem nicht bedarfsgerechten Berichtswesen führen, können durch eine solche kontinuierliche Dokumentation vermieden werden. Bei sich ändernden Anforderungen muss überprüft werden, ob das Berichtswesen diese Informationen bereits an anderer Stelle bereitstellt. Nach größeren Änderungen sollte eine Analyse vorgenommen werden, um mögliche neu entstandene Schwachstellen in Form von Redundanzen und Inkonsistenzen zu identifizieren.

## **4 Zusammenfassung**

Die strukturierte Konzeption des Berichtswesens stellt eine Herausforderung dar. Moderne Reportingsysteme können nur dann erfolgreich eingesetzt werden, wenn die Datenbasis und die Kriterien, nach denen ausgewertet werden soll, richtig und widerspruchsfrei spezifiziert sind. Die Nutzung aussagekräftiger Modellierungssprachen zur Diskussion mit den Fachanwendern unter Verwendung detaillierter Vorgehensmodelle, kann die Konzeption und anschließende Implementierung erleichtern.

H2 ist eine Methode, die die Spezifikation dieser Datenbasis und Kriterien erlaubt. In einem mehrstufigen Vorgehensmodell kann diese Methode effizient eingesetzt werden: Im Rahmen der Ist-Analyse wird das existierende Berichtswesen modelliert und analysiert. Ziel der Soll-Konzeption ist die fachkonzeptionelle Spezifikation des zukünftigen Berichtswesens. Diese ist mit dem im Rahmen der Ist-Analyse erhobenen Informationsangebot zu konsolidieren. Die Grundlage für die Konzeption des Soll-Zustandes bilden – soweit vorhanden – die Modelle und Auswertungsergebnisse der Ist-Analyse. Es schließt sich eine kontinuierliche durchzuführende Phase der Wartung und des Change Management an.

Das zentrale Artefakt des Vorgehensmodells ist dabei ein Informationsmodell, das den Ist- und Soll-Zustand des Unternehmens-Reportings abbildet. Das Informationsmodell bildet die Grundlage für verschiedene Auswertungen, die im Rahmen der Ist- und Soll-Analyse durchzuführen

sind. Neben den Auswertungen ist die Klassifikation von Berichten sowie Kennzahlen ein wichtiges Analyse-Werkzeug.

Es hat sich als essentiell herausgestellt, die Modellierung softwaretechnisch zu unterstützen. Nur bei konsistenter Erhebung und Pflege der Modelle ist es möglich, eine widerspruchsfreie Spezifikation zu erarbeiten. Zukünftige Entwicklungen des Vorgehensmodells und der Modellierungsmethode müssen sich auf die Weiterverwendung der Modelle zur semi-automatischen Konfiguration von Data Warehouses und Reporting-Software konzentrieren, um einen quantifizierbaren Mehrwert zu generieren, der bislang nur qualitativ zu messen ist.

## Literaturverzeichnis

- [Adam96] Adam, D.: Planung und Entscheidung. Modelle - Ziele - Methoden. 4. Aufl. Gabler: Wiesbaden, 1996.
- [BeDR03] Becker, J.; Dreiling, A.; Ribbert, M.: Using Management Objectives to specify Management Information Systems - A Contribution to MIS Success. In: Proceedings of the Wirtschaftsinformatik 2003. 2003, S. 313-323.
- [BJKM07] Becker, J.; Janiesch, C.; Knackstedt, R.; Müller-Wienbergen, F.; Seidel, S. (2007). H2 for Reporting - Analyse, Konzeption und kontinuierliches Metadatenmanagement von Management-Informationssystemen. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik No. 115 (J. Becker, H. L. Grob, S. Klein, H. Kuchen, U. Müller-Funk and G. Vossen Eds.), Münster.
- [BJPS06] Becker, J.; Janiesch, C.; Pfeiffer, D.; Seidel, S.: Evolutionary Method Engineering - Towards a Method for the Analysis and Conception of Management Information Systems. In: Proceedings of the 12th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2006). Acapulco, 2006, S. 3922-3933.
- [BeKR05] Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M.: Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. 5. Aufl. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 2005.
- [BeSc04] Becker, J.; Schütte, R.: Handelsinformationssysteme. 2. Aufl. Moderne Industrie: Landsberg/Lech, 2004.
- [Bloh70] Blohm, H.: Die Gestaltung des betrieblichen Berichtswesens als Problem der Leitungsorganisation. Herne, Berlin, 1970.

- [Blo80] Blohm, H.: Berichtssysteme. In: Handwörterbuch der Organisation. Grochla, Erwin: Stuttgart, 1980, S. 315-320.
- [Glad03] Gladen, W.: Kennzahlen- und Berichtssysteme. 2. Aufl. Wiesbaden, 2003.
- [GoRi98] Golfarelli, M.; Rizzi, S.: A Methodological Framework for Data Warehouse Design. In: Proceedings of the ACM First International Workshop on Data Warehousing and OLAP (DOLAP 98). Washington D.C., 1998, S. 3-9.
- [Holt03a] Holten, R.: Integration von Informationssystemen - Theorie und Anwendung im Supply Chain Management. Habilitationsschrift, Universität Münster, 2003.
- [Holt03b] Holten, R.: Specification of Management Views in Information Warehouse Projects. *Information Systems* 28(7), 2003, S. 709-751.
- [Horv03] Horváth, P.: Controlling. 9. Aufl. München, 2003.
- [KnSJ06] Knackstedt, R.; Seidel, S.; Janiesch, C.: Konfigurative Referenzmodellierung zur Fachkonzeption von Data-Warehouse-Systemen mit dem H2-Toolset. In: Proceedings of the DW2006 - Integration, Informationslogistik und Architektur. Friedrichshafen, 2006, S. 61-81.
- [Koch94] Koch, R.: Betriebliches Berichtswesen als Informations- und Steuerungsinstrument. Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, 1994.
- [Küpp01] Küpper, H.-U.: Controlling. 3. Aufl. Stuttgart, 2001.
- [LBMS02] List, B.; Bruckner, R. M.; Machaczek, K.; Schiefer, J.: A Comparison of Data Warehouse Development Methodologies - Case Study of the Process Warehouse. In: Proceedings of the 13th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2002). Aix-en-Provence, 2002, S. 203-215.
- [Meng95] Mengele, A.: Controlling, Konzeptionen. In: Küpper, H.-U.; Weber, J. (Hrsg.) *Grundbegriffe des Controlling*. Stuttgart, 1995, S. 59-62.
- [Rose00] Rosemann, M.: Using Reference Models in the ERP Lifecycle. *Australian Accounting Review* 10(22), 2000, S. 19-30.
- [Stra02] Strauch, B.: Entwicklung einer Methode für die Informationsbedarfsanalyse im Data Warehousing. Dissertation, Universität St. Gallen, 2002.
- [StWi02] Strauch, B.; Winter, R.: Vorgehensmodell für die Informationsbedarfsanalyse im Data Warehousing. In: von Maur, E.; Winter, R. (Hrsg.) *Vom Data Warehouse zum Corporate Knowledge Center*. Heidelberg, 2002, S. 359-378.
- [Wani02] Waniczek, M.: Berichtswesen optimieren. Frankfurt, Wien, 2002.

# Designing Open Source Business Intelligence for Public Administrations

Björn Niehaves, Felix Müller-Wienbergen

European Research Center for Information Systems (ERCIS)

Universität Münster

48149 Münster

{bjoern.niehaves | felix.mueller-wienbergen}@ercis.uni-muenster.de

## Abstract

Business intelligence approaches are standard in private organisations. In public administrations, however, only first steps towards such intelligent managing support are undertaken. Deficits become apparent especially in the move of implementing new public management approaches, such as new accounting systems or an output-oriented management. While public administrations are often obliged to implement such approaches in order to collect management-relevant data, there is little support regarding how to employ these new structures in terms of an intelligent business management. Here, balanced scorecards (BSC) can provide a valuable business intelligence instrument. Core problems that such an approach faces in the domain of public administrations are domain specific requirements, data collection problems in a heterogeneous systems environment, and financial limitations due to budgetary restrictions. Our design science-oriented case study on BSC implementation in public administrations introduces a solution which bases on an open source approach and addresses the problem of data collection by BSC and project management software integration. A case study analysis identifies generalisable issues which can potentially be applied to other situational and organisational contexts.

## Summary of Arguments

- Paradigmatic changes in public administration management, for instance, regarding the accounting system (Neues Kommunales Finanzmanagement) or output-oriented management (Neues Steuerungsmodell), reveal severe *deficits in strategic thinking in public agencies*.
- *Balanced Scorecards* (BSC), if adapted to the specific context of public administrations, are a valuable instrument for implementing strategic thinking in these organisations.

- An *integration of project management and BSC software* can be a feasible solution to the central problem of data collection in a heterogeneous information systems environment, such as in public administrations.
- *Open Source Software (OSS)* is a practicable, low-cost, and flexible alternative to proprietary solutions for business intelligence in public administrations.

## 1 Introduction

*There is a high demand for business intelligence solutions (concepts and software) in public administrations.* New Public Management (NPM) and Electronic Government (eGovernment) are widely applied approaches to modernise public administrations into IT-based, networked, and market- and citizen-oriented organisations [Falc02; ScPr03; ScEi03; TrWi01]. In recent years, German public administrations have been obliged to introduce concepts as product-oriented budgeting (*Produktorientierter Haushalt*) or double-entry accounting (*Neues Kommunales Finanzmanagement*) which basically aim at providing data and improving the environment for an output-oriented management. Implementing these concepts is for most German public administrations, by law, obligatory (e.g., in Northrhine-Westfalia by 2009, in Lower Saxony by 2010). On the other hand, however, the beneficial perspective, how to use this data and how to actually implement and benefit from output-oriented strategic management [ScPr03], is underemphasised in public administrations with a strategy deficit being the consequence.

BSC have been established as a valuable instrument addressing major management problems in private and public organisations [KaNo96a; KaNo00; OIRW99]. An empirical study conducted in major US-enterprises [KaNo96] has shown, for instance, that there exist significant deficits in actually aligning the business strategy and business operations, that classical financial measures often run too short when it comes to strategic management decisions, or that controlling and reporting systems are often perceived as too complex but insufficient when it comes to ad hoc requests. These and other significant problems in management practice have lead to developing BSC as a strategy management and controlling instrument [Horv01]. Hence, BSC aims at balancing performance measurement between strategy and operations, taking into account various types of measures, e.g. qualitative and quantitative, and including different stakeholder perspectives, e.g. customer or employee perspectives [KaNo96]. BSC is the most known and applied performance measurement concept [GüGr02] while its IT support is seen as a major success



factor [Buyt01; GüGr02]. Hence, a BSC establishes a possible conceptual basis for business intelligence and management information systems [Buyt01; OIRW99].

*Implementing BSC in public administrations is confronted with severe problems.* While the BSC approach provides a valuable conceptual basis for business intelligence solutions in public administrations, major problems arise when it comes to an operative implementation:

- The need for domain specific adaptations is often underestimated [Busc04]: While BSC is originally derived from the private sector, characteristics of public organisations are habitually not fully appreciated [Alt04].
- A heterogeneous information systems environment regularly leads to problems in systems interoperability [BADF05] and, thus, in (automatically) collecting BSC-relevant data.
- Budgetary restrictions, as omnipresent as in the majority of (German) public administrations, necessitate low-cost solutions.
- Technological know-how deficits and a latent change resistance in the public sector domain [Fisc02; ScPr03] suggest a technologically evolutionary, rather than a revolutionary approach.

Hence, the research question we seek to address within this paper is *how to design an integrated open source BSC system in public administrations?* The line of argumentation addresses the following sub-questions:

- What are BSC principles and their domain specific adaptations and what basic functionalities are to be covered within a BSC implementation process? (Sec 2)
- Regarding a design science case study, how can a web technology and open source approach resolve major problems of BSC implementation in public administrations? (Sec 3)
- What is the value added by integrating BSC and project management software? (Sec 3)
- Which aspects of the design science case study can potentially be generalised and support further related business intelligence projects? (Sec 4)

Addressing this research objective, the methods chosen are that of conceptual and empirical research. We will hence provide theoretical-logical arguments as well as empirical evidence by (briefly) conducting and analysing a BSC implementation case study in a public organisation. We consider the paper to contribute to and to be part of design science research in information systems [Bola89; HMPS04; MaSm95; Simo81; WaWE92]. We will therefore provide a brief

summarising assessment of this research, complying with the guidelines for evaluating design science in IS research [cf. HMPS04], within the concluding section (Sec 5).

## 2 Balanced Scorecards in Public Administrations

*BSC is a performance measurement instrument which aims at balancing strategy and operations.* It has been developed as a response to the discovery that, for instance, there exist significant deficits in actually aligning the business strategy and business operations, that classical financial measures often run too short when it comes to strategic management decisions, or that controlling and reporting systems are often perceived as too complex but insufficient when it comes to ad hoc requests [Horv01; KaNo96]. BSC aims, as the name of the concept reflects, at maintaining a balance “between short- and long-term objectives, between financial and non-financial measures, between lagging and leading indicators, and between internal and external performance perspectives” [KaNo96a, p. viii].

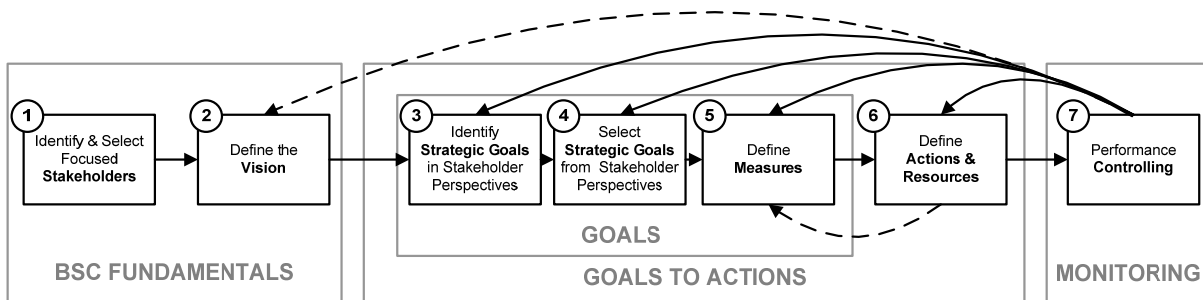


Figure 1: Schematic Balanced Scorecard Implementation Process

*The BSC implementation process has several phases, each of them rendered by a specific task and concern.* Literature provides us with a multitude of BSC implementation approaches [KaNo96], often featuring different granularity and practicality levels. Figure 1 outlines a schematic and archetypal BSC implementation procedure which takes into account the most common process features:

- 1) *Identify and Select Stakeholder Groups.* BSC seeks to balance between diverse stakeholder perspectives, including external and internal stakeholders. Starting the implementation process, it has to be decided upon which stakeholder perspectives ought to be taken into account. Financial perspective (‘How to deliver value to the shareholders?’), customer perspective (‘How to satisfy the customer needs?’), internal business perspective (‘Are we working effectively and efficiently?’), or innovation and learning perspective (‘What are emerging opportunities and challenges?’) are frequently taken into consideration. However, when it

comes to, for instance, BSC in public administrations, often the political or the citizens' perspective are considered as equally essential [Sche02]. Furthermore, it appears to be appropriate to differentiate between distinct 'customer' perspectives. As a consequence, five plus one perspectives are identified for a public organisation-wide BSC approach: Financial, employees, structures and processes (internal business perspective) in analogy to the original BSC concept. Additionally, the customer perspective has been differentiated into the citizens' and the businesses' perspectives. Furthermore, a political perspective was identified which varies from the other perspectives in the sense that the political perspective, as primacy of representative democracy, is 'superior' to the other perspectives (see also Point 3, Figure 2).

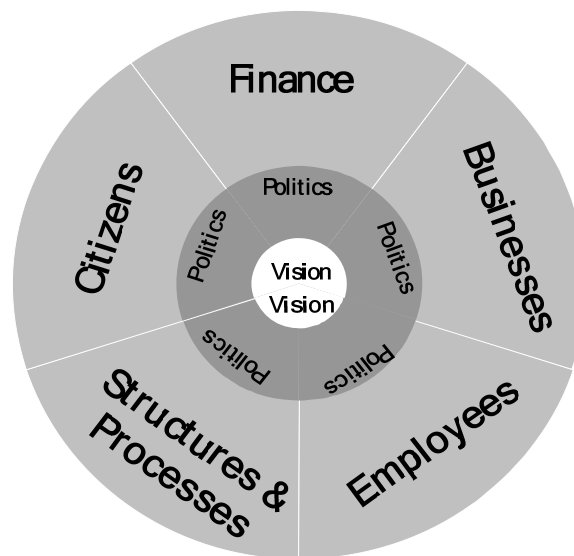


Figure 2: Balanced Scorecard Stakeholders

- 2) *Define the Vision.* The corporate vision is the first step towards policy within BSC: How does the organisation picture itself in a positive scenario in the long run? The vision functions as reference point for policy making, e.g. for defining strategic goals. Also with regard to the selected stakeholder groups, the goal here is to create a vision that is agreed on and widely accepted within the organisation. In many public administrations, the step of creating a common vision first opens the process of strategic thinking. At this point, often very divergent perspectives on the future development of a public administration become evident. Often two perspectives of the vision are differentiated from another: the internal perspective deals with the organisation, the public administration, itself while the external perspective is concerned with the public community (see again Figure 2).
- 3) *Identify Strategic Goals in Stakeholder Perspectives.* With regard to the corporate vision, policy making is taken one step further by identifying and discussing strategic goals that

ought to be pursued by the organisation. Here, the different stakeholder perspectives regularly frame the discussion of strategic goals, meaning: What are the strategic goals (abstract ‘demands’ at this point) stakeholder group X holds (implicitly and explicitly) with regard to the organisation? So-called goal landscapes for each stakeholder perspective can facilitate the discussion. Within public administrations, the defined perspectives (for instance, businesses) are still very heterogeneous. For instance, retail companies or agricultural companies might pursue very different goals regarding desirable infrastructures. Thus, it appears as very fruitful to conduct workshops with a selected group of representatives that defines such goal landscapes. As a second step, these goal landscape can be ‘filled’ with the help of specific workshops, interviews, questionnaires, document analyses etc. Here, identifying strategic goals (within stakeholder perspectives) is the first step to select certain goals.

- 4) *Select Strategic Goals from Stakeholder Perspective.* Based on the strategic goals identified within the stakeholder perspectives, certain goals have to be discussed, aligned, and selected to become part of the organisational policy. Often the goals identified are conflicting. However, some goal conflicts can be solved via discussion while other goals remain conflictory. In public administrations, this is a process that is regularly conducted by politics (democratic representative). In some cases, decisions can also be undertaken relying on direct democratic instruments.
- 5) *Define Measures.* BSC also features controlling characteristics. Thus, the definition of suitable measures for measuring if and how well particular goals have been achieved is the next step. As these measures are also sought to provide a motivational aspect, not only management representatives, but also employees responsible for achieving the goals are involved in defining them.
- 6) *Define Actions and Resources.* Defining measures and actions heavily depends on each another. Certain actions can efficiently be measured in only a certain way, some measures cannot be considered, if there is no data available. Therefore, a feedback loop is commonly recommendable. The group deciding upon actions and resources is often the same that defines certain goal measures. However, deciding upon what should be the ‘right’ things to do and what should be the ‘right’ resources for that is regularly an especially critical issue. In public administrations, one can regularly find evidence that these actions supporting BSC strategic goals often base on projects. As a consequence, project management and the definition of BSC-related actions are often strongly intertwined.

7) *Performance Controlling*. BSC aims at continuity. Therefore, a continuous performance controlling analyses if and how well the goals have been achieved according to the measures defined. Mostly in cases when problems occur, for instance, the measures have not been met, the resource limits have been exceeded, or the strategic goal has proven to be questionable, a problem analysis seeks to stimulate improvements. This often results in redefining goals, measures, actions, or resources. Besides these problem-driven improvements, also proactive steps can be taken, for instance, in terms of analysing and discussing on a regular basis if the strategic goals are still suitable or if environmental circumstances have changed. As a consequence of the strong interconnection between BSC and project management, performance controlling often heavily relies on project controlling.

The tasks to be performed within a particular phase of the BSC implementation are often interconnected with each other so that several feedback loops can be compulsory. Furthermore, the parties involved within the particular steps vary, however, stimulating and guiding a discussion among these parties is constantly the critical but often the least methodologically supported concern. An interconnection with project management can be a valuable way to save extra work, in the sense that project management is conducted anyways and thus provides relevant performance data to the BSC system.

### **3 Open Source BSC Software for Public Administration – A Design Science Case Study**

*Information Systems supporting the BSC implementation process have become an obligatory, in that valuable, part of almost every BSC project [Buyt01; GüGr02].* Systems of this kind allow for an efficient documentation and versioning of an enterprise BSC and foster its development process by providing graphical means illuminating a scorecard structure. Furthermore, they offer a technical infrastructure granting communication of a scorecard among all organisational entities of an enterprise. Moreover, providing means for real time monitoring of key performance indicators is one of the main advantages of a BSC software tool. Contemporary tools integrate data from operative systems or data warehouses for keeping objective compliance under surveillance and foster a real time exception handling and irregularity escalation.

*Aside from the exigency to adapt the BSC concept to the specific context of public administration, the application of BSC software tools in this sector has to accomplish some domain specific requirements, as well.* In the course of this section, we will pinpoint these context specific

needs and demonstrate how utilising web technologies, developing software on the basis and under the licence model of OSS, and integrating BSC and project management may help to meet these requisitions. Furthermore, the presentation of a case study is subject matter of this section. Here we demonstrate how former findings aided the successful conduction of a BSC implementation project for a medium-sized German public administration.

### 1) *Web technologies*

*Applying web technologies for the development of a BSC software tool in the domain of public administration meets the prevailing situation of shrinking budgets in this sector.*

First, most of the components necessary for setting up a web information system are free of charge. For instance, the Apache web server, being the most popular system of its kind, may be used without paying any licence fees. Second, as almost every public administration is hosting a web site the IT infrastructure necessary for operating a web information system is already in place. Therefore, the complexity of additional maintenance efforts is kept to a minimum. This aspect also holds good as the centralized architecture of web information systems limits administration and maintenance tasks to the web server side. As contemporary operation systems already provide web browsers, the installation of a web based software tool does not impose any further requirements on the client systems.

*Extending the repository of every day software tools in public administrations on the basis of web technologies lowers user acceptance barriers.* Especially in a surrounding characterised by latent change resistance as such in public administration [Fisc02; ScPr03], implementing a system which easily integrates with users' existing working environment fosters their acceptance. This holds good for web information systems. As users can handle a web based BSC software tool by using well-known concepts like navigation via back and forth navigation keys and setting bookmarks, convincing them of supporting the BSC idea and inducing commitment for the new strategic initiative becomes easier.

### 2) *Open Source Software*

*Budgetary limitations in the public administration sector and the early status of the BSC adaptation process to this particular domain favours reverting to OSS and developing tools under Open Source licences.* The term Open Source describes a software concept which comprises a particular licensing model, distribution model, and development model. In the context of OSS, several licensing models exist. Most of them accord to the Open Source Definition (OSD) which was developed by the Open Source Initiative (OSI)

[FeFi02]. Core issues are the right of unrestricted editing and adaptation, free distribution and use regarding the software as well as the source code [Reit04]. Every user (and developer) has the right to copy the software as often as needed. Furthermore, licenses allow to take the source code, to derive a new software product from the former, and to redistribute the new software using the same label [Schi02]. OSS development is a communicative process often characterised by a lack of central control [Koch03]. An OSS-community normally comprises several developers which regularly work independently from each other developing particular parts of the software. Moreover, an incremental and rapid publication of new releases is symptomatic for an OSS development process. Raymond stressed this fact by characterising open source development with the phrase “Release early, release often” [Raym99]. Thus, altered requirements or identified bugs are converted into new releases instantaneously. All in all the community-like OSS development process leads to the fact that several ideas as well as interests are considered during software development pursuing a best-of-breed approach. Open source code is generally more open to program testing and bug fixing. Another advantage of OSS is the fact that most developers are highly motivated due to their often intrinsic motivation as they often use their own software.

Against this background, the motivation for applying OSS in the area of public administration is manifold [BeRS04; Marq04]. The most obvious reason is related to the monetary dimension [DüWe04]. OSS may be employed free of charge and the internet offers an abundant source for gratuitous documentation and assistance for solving installation and maintenance issues. However, a sufficient degree of technical know-how within public administration is necessary to revert to OSS. Opposed to commercial software tools, OSS still requires kind of a do-it-yourself attitude for successfully harnessing its potential. In addition to the monetary advantages, the characteristics of its development process also militate in favour of applying OSS to meet the public administration particularities. Due to the recency of aligning BI concepts to the demands of the public administration sector, readjustment of developed IT solutions is in all probability. Aligning the BSC concept to the particular context of public administration will probably take course in a trail and error process of adaptations. Due to its incremental and rapid development process, the application of OSS supports flexible reaction to altered requirements [Fitz06]. As the development of BI tools looms large in the OS community [Klei06], it is in all likelihood that there will be a sufficient group of programmers promoting the flexible development of a BSC OSS tool.

### 3) *Integration of BSC and project management*

*Integrating BSC and project management software tools makes for an efficient and effective way of deriving and automatically collecting BSC relevant measures.* An effective provision of management relevant information necessitates a comprehensive business intelligence infrastructure comprising a data warehouse and ETL (extract, transform, load) interfaces to the data providing operative systems. However, the prevailing ‘backwardness’ of contemporary public administration’s IT infrastructure hinders the automatic surveillance of BSC goal compliance. Both public administration processes lacking a sufficient support by information systems and the application of proprietary stand-alone software solutions [BADF05] impede self-controlled provision of data for BSC measurement. In order to ease the measure maintenance in an environment like this the integration of ratios derived from project management provides a fruitful loophole out of this problematic situation. As actions defined to accomplish BSC objectives often show features characteristic for projects, ratios reflecting whether actions are conducted properly can be utilised for BSC measurement. In this regard supporting the execution of specified BSC actions via a project management software tool offers the ability to automatically obtain BSC relevant data and bypasses the lack of an extensive business intelligence infrastructure. However, information on whether a project is on time and budget do not entirely substitute the original BSC measures but provide a fruitful source for additional strategic monitoring.

*The Integration of BSC and project management software tools fosters user acceptance and commitment to the BSC strategic management approach.* Assigning projects to organisational objectives explains the contribution the participating employees make to the fulfilment of the overall vision. Every-day operative work becomes directly linked to strategic targets preventing the BSC concept from being misunderstood as an abstract concept out of touch with reality. On the whole, the integration approach serves for a tighter interlocking of operative and strategic management.

The former findings served as guidelines for a BSC software tool development project we accomplished for a German public administration in 2005. The environmental conditions for this project resemble the situation described in Section 1. The public administration faced the challenge of adopting the BSC concept to its own domain specifics to pave the way for output-oriented strategic management. A BSC software tool should support the entire implementation process as sketched in Section 2. However, due to budget limitations, utilising a commercial



tool for this purpose was not feasible and therefore applying OSS became the favoured solution. Furthermore, the existing information system environment consisted of a heterogeneous pool of autarkic applications hardly interconnected.



Figure 3: BASIS cockpit

A preceding evaluation revealed that there was no open source BSC solution so far. Therefore, it was decided to start a new open source development project named BASIS – BALanced Scorecard Based Information System. It was benefited from basing the project on existing open source solutions and reusing the framework of an available open source application. For the development of the web system the open source scripting language PHP<sup>1</sup> was chosen. Our development environment comprises of the open source database management system MySQL, the Apache web server, and the integrated development environment PHPeclipse.<sup>2</sup> Due to the employment of a database abstraction layer and sticking with the W3C HTML standard<sup>3</sup> different database management systems and web servers are also supported by our application. In order to design business logic and user interface independently from each other, the PHP template engine smarty<sup>4</sup> was utilised. The generic framework of the open source project management tool dotProject<sup>5</sup> was adopted for realising a modular software architecture. Furthermore, dotProject provided some software artefacts serving as a starting point for the development of the project management module to be integrated with the BSC solution.

<sup>1</sup> See <http://www.php.net>.

<sup>2</sup> See <http://www.mysql.com>, <http://httpd.apache.org>, and <http://www.phpclipse.net>. PHPeclipse is based on the open source platform-independent software framework eclipse (<http://www.eclipse.org>).

<sup>3</sup> See <http://www.w3.org/MarkUp>.

<sup>4</sup> See <http://smarty.php.net>.

<sup>5</sup> See <http://www.dotproject.net>.

BASIS provides a wide range of functions presented by a clearly structured user interface. As explicitly demanded by the public administration and consistent with the propositions stated above, the tool comprises a tight integration of BSC and project management functionality. The overall compliance with the defined BSC objectives is illustrated on a cockpit-screen serving as an entry point to the system (see Figure 3). Besides system and BSC administration functions, time recording, storage and maintenance of both contacts and events, the administration and monitoring of projects comprises a further corner stone of BASIS. The progress of tasks as well as the adherence to budget and time restrictions is supervised and evaluated by the system. On this basis performance indicators are derived pointing out possible negative effects on the attainment of BSC goals.

Both the specification of a BSC adhering the particularities of the public administration and the development of a conformable OSS BSC and project management tool took eight months in total. In this regard falling back on existing OS solutions and related assisting resources on the internet considerably saved time. At present the developed BSC and the supporting tool are successfully used in every-day business of the public administration. Although the developed web system does not act as an all-embracing BI solution it serves as a good starting point to gradually evolve IT infrastructure for backing public administration on its move to market- and output-oriented management.

#### **4 Case Study Analysis and Results**

According to Lee [Lee89] we will add a brief case study analysis in order to address the questions of repeatability and generalisability of the case study (results). Here, we will refer to four core questions in case study research:

*1) What is the initial setting in the organisation (case study data) and in how far is it bound to specific situational and historical circumstances?*

A core issue in the case study setting was the need for business intelligence systems resulting from severe societal, legal, and information-technological changes. Constraints for designing the desired system were mainly interoperability problems in a heterogeneous system environment (about 40 different information systems), budgetary restrictions, and a latent resistance to (technological) change. The described situation is not expected to alter significantly within a five year horizon; merely certain efforts to reduce the heterogeneity in the system landscape have been undertaken.

2) *Which (design) conclusions are drawn from the case study data and in how far are these conclusions bound to specific situational and historical circumstances?*

The main design decisions consist of pursuing the BSC concept, an open source approach, an integration of project management functionalities, and a web technology implementation. Here, especially the BSC concept can be understood as an initial approach to strategic management and business intelligence for public administrations [Alt04; Busc04; Sche02]. It is expected that, over time, other management functionalities can provide valuable extensions to this single-concept approach. Anyhow, still BSC is expected to be the major conceptual basis for business intelligence efforts in the organisation within a five year horizon. The open source approach, even if being considered as better-quality solution, will still have to practically prove its positive network effects in this particular setting.

3) *In how far do other settings (here: public administrations) show similar features and, thus, in how far is the case study setting generalisable?*

Especially medium-sized German public administrations share major features with the described case study setting. Not only that the services and processes that these organisations have to provide are existentially similar by law, they also have major problems in common, for instance, budgetary restrictions, heterogeneous systems environments [BADF05], or latent change resistance [Fisc02; ScPr03]. This being the overall trend, individual differences do evidently exist. However, especially their business intelligence maturity can be expected similar as, for instance, legal changes in accounting systems (*Neues Kommunales Finanzmanagement*) will affect most public administration within the same time horizon (depending on the state/Bundesland in most cases 2009 or 2010).

4) *Are the (design) conclusions made in the case study setting transferable to other organisational settings?*

The major design decisions in the case study setting consist of pursuing the BSC concept, an open source approach, an integration of project management functionalities, and a web technology implementation. Especially the integration of BSC and project management had major advantages in the particular case study setting (see again Sec 3). Firstly, project management software support was explicitly demanded by several employee(s)/(groups). Secondly, the given public administration had restricted resources available for the project so that a feasible and practicable alternative to a huge information systems integration (comprising, for instance, the population register, land register, (diverse) accounting systems, external data-

bases, finance monitoring system, council information system, etc.) was found. However, other BSC implementation projects chose dissimilar paths [Sche02], mainly against the background of different resource alimentations.

As a consequence, the case study setting can be – regarding its business intelligence maturity – considered as typical medium-sized German public administration. Major features affecting the design decisions will be apparent in most organisations of this kind within a five year time horizon. However, major differences in resource availability and financial support may affect design decisions, for instance, the open source approach or an integration of project management functionalities.

## **5 Conclusions and Future Research**

There exists a high demand for strategic management and business intelligence solutions in public administrations. Here, BSC – adapted to the specific domain of public administrations – has proven to be a valuable approach enacting strategy and vision in daily operations. At this juncture, several key success factors were identified for the domain of public administrations:

- A strong involvement of employees and stakeholder representatives is crucial to the BSC project success. Defining the corporate vision (phase 2) is often the first step towards manifesting strategic thinking in public administrations. Very heterogeneous perspectives often become evident at this point of time which requires rich conceptual and motivational support. A conceptual combination of BSC-based business intelligence systems and project management can contribute to solving the data problem, avoid additional work, increase employee acceptance.
- OSS is in most cases low-cost and a valuable alternative to proprietary software products, also for business intelligence systems in public administrations.
- Applying web technologies for public administration information systems has proven to be a low-cost, but effective solution which is accompanied by a relatively high user acceptance also due to its recognition effect.

At this juncture, a brief paper self-assessment seeks to bring further clarity to presenting our research findings and follows Hevner et al.'s (2004) guidelines for design science research evaluation (see Table 1).

<b>Guideline</b>	<b>Addressed in the paper</b>
<b>Epistemological Positioning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ The epistemological position taken is that of linguistic interpretivism. Assuming that a real world' exists, the perceptions of it are influenced by the subject. The reason for such subjective perceptions of reality is assumed to be language differences, as languages not only provide representative means, but also form perceptions and constitute a differentiation instrument [in IS, see also Ortn04]. As a consequence, an aim is to create a language community relating to the issue of interest [BeNi07; KaLo73].</li> </ul>
<b>Addressing a relevant problem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ The need for domain specific adaptations of BSC is often underestimated: While BSC is originally derived from the private sector, characteristics of public organisations are habitually not fully appreciated.</li> <li>▪ A heterogeneous information systems environment regularly leads to problems in systems interoperability and, thus, in (automatically) collecting BSC-relevant data.</li> <li>▪ Budgetary restrictions, as omnipresent as in the majority of (German) public administrations, necessitate low-cost solutions.</li> <li>▪ Technological know-how deficits and a latent change resistance suggest a technologically evolutionary, rather than a revolutionary approach.</li> </ul>
<b>Making a research contribution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Design, case study implementation, and analysis of an integrated BSC and project management software which is based on an open source approach, employs web technologies and enacts a domain-specific BSC concept for public administrations</li> </ul>
<b>Choosing an adequate research method</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conceptual and theoretical-argumentative method as well as empirical case study implementation</li> </ul>
<b>Addressing the question of research rigour</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ It was sought to rigorously apply the conceptual and theoretical-argumentative method by remaining a high clarity of argumentation. Furthermore, empirical data collection within the case study was conducted rigorously against the background of the underlying linguistic interpretivist epistemology.</li> </ul>
<b>Designing an artefact</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BASIS software as design artefact; an implementation of a BSC-based business intelligence system</li> </ul>
<b>Research evaluation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ The first steps of research evaluation, implementing and evaluating the BASIS software in a medium sized German public administration in terms of a design science case study, yet indicated its feasibility. However, further evaluation is necessary.</li> </ul>
<b>Adequate communication of research</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clarity of argumentation was primary goal for research communication (see above)</li> <li>▪ The business intelligence community on WI2007 is considered as adequate audience, potentially providing further feedback on special business intelligence issue, also from other domains than public administrations.</li> </ul>

Table 1: Design Science Research Assessment

In order to provide evidence supporting the concept feasibility, a case study implementation was conducted. Following the case study implementation, further evaluation is necessary. For further future research, an analysis of OSS capability for other application areas in the field of eGovernment is to be conducted. Furthermore, OSS applications, such as the presented BASIS, should be made open to the public in order to facilitate a discussion of advantages, disadvantages, and application experiences. As the application of OSS looms large in the area of business intelligence at present [heis06; Klei06], further effort in integrating the BASIS application with existing OSS solutions is projected. Here, especially the connection with OSS data warehouses is in the focus of our endeavour to also foster the automatic provision of measures unre-

lated to project monitoring. Additionally, further management-oriented perspectives on OSS in PA are needed, for instance addressing Total-Cost-of-Ownership analyses.

## References

[Alt04] *Alt, J.M.*: Balanced Government - Die Eignung der Balanced Scorecard als Organisationsentwicklungsprozess in der Öffentlichen Verwaltung. In: *Scherer, A.G.; Alt, J.M. (Eds.)*: Balanced Scorecard in Verwaltung und Non-Profit-Organisationen. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2004.

[BeRS04] *Becker-Pechau, P.; Roock, S.; Sauer, J.*: Open Source Software für die Softwareentwicklung. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 238 (2004), pp. 19-25.

[BADF05] *Becker, J.; Algermissen, L.; Delfmann, P.; Falk, T.; Niehaves, B.*: Identifikation von Best Practices durch Geschäftsprozessmodellierung in öffentlichen Verwaltungen. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 41 (2005), pp. 86-96.

[BeNi07] *Becker, J.; Niehaves, B.*: Epistemological Perspectives on IS Research – A Framework for Analysing and Systematising Epistemological Assumptions. In: Information Systems Journal 17 (2007).

[Bola89] *Boland, R.D.*: The Experience of System Design: A Hermeneutic of Organizational Action. In: Scandinavian Journal of Management 5 (1989) 2, pp. 87-104.

[Busc04] *Busch, V.*: Wettbewerbsbezogene Controllinginstrumente im Rahmen des New Public Management. Vahlen, München 2004.

[Buyt01] *Buytendijk, F.*: Balanced Scorecard Tools: Comparing Apples and Oranges. Gartner Group Research Note DF-12-8143 2001.

[DüWe04] *Dürr, C.; Weske, D.*: Einfluss von Open-Source-Software in kommerziellen Softwareprojekten. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 238 (2004), pp. 72-82.

[Falc02] *Falck, M.*: Business Process Management - As a Method of Governance. In: *Lenk, K.; Traunmüller, R. (Eds.)*: Proceedings of the First International Conference on Electronic Government (EGOV'02). Aix-en-Provence, France 2002, pp. 137-141.

[FeFi02] *Feller, J.; Fitzgerald, B.*: Understanding Open Source Software Development. London, U.K. et al. 2002.

- [Fisc02] *Fisch, R.*: Widerstände gegen Veränderungen in Behörden - Sozialpsychologische Perspektiven. In: *König, K. (Ed.): Deutsche Verwaltung an der Wende zum 21. Jahrhundert. Nomos, Baden-Baden 2002.*
- [Fitz06] *Fitzgerald, B.*: The Transformation of Open Source Software. In: *MIS Quarterly* 30 (2006) 3, pp. 587-898.
- [GüGr02] *Günther, T.; Grüning, M.*: Performance Measurement-System im praktischen Einsatz. In: *Controlling* 14 (2002) 1, pp. 5-13.
- [heis06] *heise online*: Acht Millionen Dollar für Open Source Business Intelligence. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/75528>, Date of Access: 2006-10-08.
- [HMPS04] *Hevner, A.R.; March, T.S.; Park, J.; Sudha, R.*: Design Science in Information Systems Research. In: *MIS Quarterly* 28 (2004) 1, pp. 75-105.
- [Horv01] *Horváth, P.*: Balanced Scorecard umsetzen. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2001.
- [KaLo73] *Kamlah, W.; Lorenzen, P.*: Logical Propaedeutic. Pre-School of Reasonable Discourse. 1<sup>st</sup> ed., University Press of America, Lanham/MD 1973.
- [KaNo96a] *Kaplan, R.S.; Norton, D.P.*: The balanced scorecard: translating strategy into action. Harvard Business School Press, Boston/MA 1996.
- [KaNo96] *Kaplan, R.S.; Norton, D.P.*: Using the BSC as a Strategic Management System. In: *Harvard Business Review* 74 (1996) 1, pp. 75-85.
- [KaNo00] *Kaplan, R.S.; Norton, D.P.*: The balanced scorecard: measures that drive performance. Harvard Business School Press, Boston/MA 2000.
- [Klei06] *Kleijn, A.*: Business Intelligence mit Open Source. <http://www.heise.de/open/artikel/73725>, Date of Access: 2006-10-08.
- [Koch03] *Koch, S.*: Das Open-Source-Entwicklungsmodell: Grundprinzipien, Fragen und Erfahrungen. In: *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* 231 (2003), pp. 55-62.
- [Lee89] *Lee, A.S.*: A Scientific Methodology for MIS Case Studies. In: *MIS Quarterly* 13 (1989) 1, pp. 33-52.
- [MaSm95] *March, T.S.; Smith, G.*: Design and Natural Science Research on Information Technology. In: *Decision Support Systems* 15 (1995) 4, pp. 251-266.

- [Marq04] *Marquardt, C.*: Open-Source-Software-Strategie der deutschen Verwaltung. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 238 (2004), pp. 58-61.
- [OIRW99] *Olve, N.G.; Roy, J.; Wetter, M.*: Performance drivers: a practical guide to using the balanced scorecard. Wiley, Chichester 1999.
- [Ortn04] *Ortner, E.*: Anthropozentrik und Sprachbasierung in der (Wirtschafts-) Informatik. In: *Hammwöhner, R.; Rittberger, M.; Semar, W. (Eds.): Wissen in Aktion - Der Primat der Pragmatik als Motto der Konstanzer Informationswissenschaft. Festschrift für Rainer Kuhlen. Hochschulverband für Informationswissenschaft 2004*, pp. 141-152.
- [Raym99] *Raymond, E.S.*: The Cathedral and the Bazaar. O'Reilly, Sebastopol, CA 1999.
- [Reit04] *Reiter, B.E.*: Wandel der IT: Mehr als 20 Jahre freie Software. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 238 (2004), pp. 83-91.
- [ScPr03] *Schedler, K.; Proeller, I.*: New Public Management. UTB, Bern et al. 2003.
- [Sche02] *Scherer, A.G.*: Besonderheiten der strategischen Steuerung in Öffentlichen Institutionen und der Beitrag der Balanced Scorecard. In: *Scherer, A.G.; Alt, J.M. (Eds.): Balanced Scorecard in Verwaltung und Non-Profit-Organisationen. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2002*, pp. 3-26.
- [ScEi03] *Scherlis, W.L.; Eisenberg, J.*: IT research, innovation, and e-government. In: *Communications of the ACM 46 (2003) 1*, pp. 67-68.
- [Schi02] *Schiffner, T.*: Open Source Software. Freie Software im deutschen Urheber- und Vertragsrecht. München, Germany et al. 2002.
- [Simo81] *Simon, H.A.*: The Sciences of the Artificial. MIT Press, Cambridge/MA 1981.
- [TrWi01] *Traunmüller, R.; Wimmer, M.*: Directions in E-Government: Processes, Portals, Knowledge. In: *Proceedings of the DEXA International Workshop "On the Way to Electronic Government"*. Los Alamitos, CA 2001, pp. 313-317.
- [WaWE92] *Walls, J.; Widmeyer, G.; El Sawy, O.*: Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. In: *Information Systems Research 3 (1992) 1*, pp. 36-59.



# **Move-to-the-User? Eine Analyse der verlagernden Wirkung von Business Intelligence im Controlling**

Michael Samtleben und Thomas Hess

Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
D-80539 München  
{samtleben, thess}@bwl.uni-muenchen.de

## **Abstract**

Mittels Fallstudien wird in diesem Beitrag die verlagernde Wirkung von Business Intelligence auf eine unternehmensinterne Aufgabe, das Controlling, untersucht. Im Vordergrund der Betrachtung steht dabei die Allokationsveränderung controllingspezifischer Aufgaben zwischen verschiedenen Aufgabenträgern im Unternehmen. Für ein theorieorientiertes Vorgehen bieten Kompatibilitätskalküle dazu ein passendes Analysewerkzeug. Im Ergebnis zeigt sich, dass der Einsatz von Business Intelligence zu einer Delegation controllingspezifischer Aufgaben von der Controlling- und der IT-Abteilung in die Fachabteilung führt und insbesondere das interne Berichtswesen verlagert wird.

## **Keywords:**

Business Intelligence, technological imperative, Controlling, Delegation, Fallstudien

## 1 Einführung

Die betriebliche Nutzung von Business Intelligence Technologien (BI-Technologien) wurde in den letzten Jahren intensiv untersucht. Dabei standen die Identifikation neuer Anwendungsfelder und Leistungsverbesserungen der Technologie im Mittelpunkt. In der Praxis zeigt sich nun, dass diese Technologien auch die Organisation eines Unternehmens verändern können. Ein paar Unternehmen haben diese Idee schon aufgegriffen und zum Beispiel eigene BI-Abteilungen gegründet, andere stehen vor diesbezüglichen Entscheidungen. Allerdings ist noch unklar, welche Wirkung BI auf Aufbau- und Ablauforganisation haben wird. In der nachfolgenden Analyse greifen wir diese Fragestellung auf. Wir konzentrieren uns dabei auf das Controlling als eines der traditionell wichtigsten BI-Anwendungsfelder.

Analysen zur Wirkung neuer Technologien auf das Unternehmen haben mittlerweile schon Tradition. Im Sinne von Markus und Robey [MaRo88] folgen wir mit der Analyse der Wirkung der BI-Nutzung auf die betriebliche Organisation dem „technological imperative“. In diesem Feld sind wiederum zwei Gruppen von Forschungsarbeiten zu unterscheiden: einerseits zu den Auswirkung der Informationstechnologie auf Unternehmensgrenzen und zwischenbetriebliche Beziehungen [PiRW03], andererseits zum Einfluß der Informationstechnologien auf die interne Organisationsstruktur [WyMa96]. Arbeiten zu den Auswirkungen der IT auf die Verteilung von Controlling-Aufgaben wären im zweiten Feld zu suchen, finden sich aber nur ansatzweise. So postulieren Gehra et al. BI ein hohes Potenzial für den Einsatz in verschiedenen Fachbereichen sowie zahlreiche nicht in der Controllingabteilung angesiedelte User [GeGH05]. Die Wirkung von Business Intelligence auf die Allokation controllingspezifischer Aufgaben wird daher Gegenstand dieses Beitrags sein. Im zweiten Abschnitt geben wir einen Überblick über die wichtigsten Grundlagen. Unter Rückgriff auf die Organisationstheorie entwickeln wir in Kapitel drei Thesen zur Wirkung von BI auf die Aufgabenverteilung im Controlling. Im vierten Kapitel folgen dann die Fallstudien, deren Ergebnisse im fünften Kapitel verglichen und interpretiert werden. Das letzte Kapitel rundet diesen Beitrag mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf ab.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Business Intelligence und seine Anwendung im Controlling

Business Intelligence umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Werkzeuge bzw. Systeme, die das Management bei Planung, Steuerung und Kontrolle unterstützen. Chamoni und Gluchowski zählen hierzu alle Werkzeuge und Anwendungen mit entscheidungsunterstützendem Charakter, die zum besseren Verständnis der Mechanismen relevanter betriebswirtschaftlicher Wirkungsketten beitragen [ChGl04, S. 120]. Wird dieser Zuordnung gefolgt, so können mittels eines zweidimensionalen Ordnungsrahmens drei gängige Typen zur Einordnung von BI-Technologien vorgenommen werden (vgl. Abb. 1). Während die horizontale Achse den Fokus auf die Sichtweise des derzeitigen Diskussionsschwerpunkts richtet, werden auf der vertikalen Achse die jeweiligen Phasen der analytischen Datenverarbeitung, von der Datenbereitstellung bis zu deren Auswertung, aufgetragen.

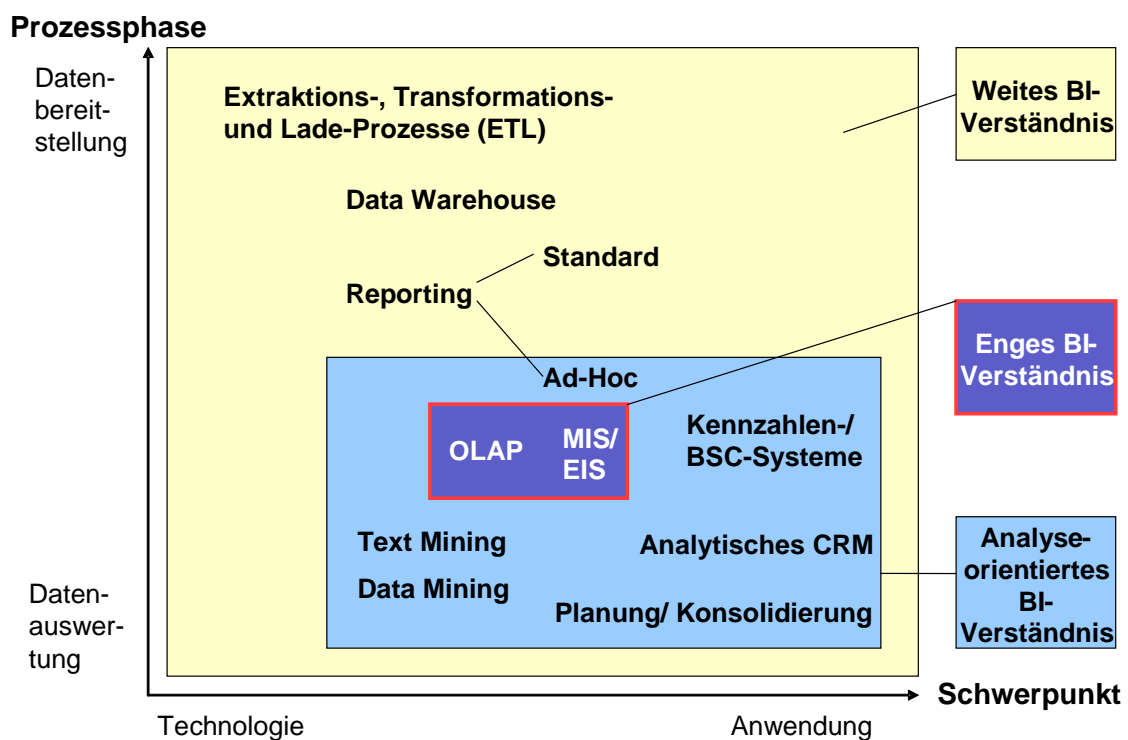


Abb. 1: Übersicht über die Einordnung von BI-Technologien [Gluc01, S. 7]

Nach dem engen BI-Verständnis werden lediglich einige wenige Kernapplikationen als BI verstanden, die die Entscheidungsfindung unmittelbar unterstützen. Diese sind zum einen das Online Analytical Processing (OLAP), zum anderen das Managementinformationssystem (MIS) bzw. das Executive Information System (EIS). Das analyseorientierte BI-Verständnis umfasst dagegen bereits mehrere Technologien. Eingeschlossen werden sämtliche Anwendungen bei denen der Entscheider unmittelbar am System arbeitet und somit einen direkten Zugriff auf die

Benutzeroberfläche mit interaktiven Funktionen besitzt. Es geht dabei um die zielgerichtete Analyse von vorhandenem Datenmaterial [ChGl04, S. 120]. Neben OLAP und MIS/EIS fallen darunter auch Text- und Data Mining, Ad-hoc-Reporting, IT-gestützte Balanced Scorecards (BSC), analytisches Customer Relationship Management (CRM), sowie Systeme zur Unterstützung von Planung und Konsolidierung [Hess03]. Unter das weite BI-Verständnis fallen alle direkten und indirekten zur Entscheidungsunterstützung eingesetzten Anwendungssysteme [KeMU04, S. 3-4]. Damit sind alle Systemkomponenten gemeint, „die operatives Datenmaterial zur Informations- und letztlich zur Wissensgenerierung aufbereiten und speichern sowie Auswertungs- und Präsentationsfunktionalitäten anbieten“ [ChGl04, S. 120]. Innerhalb dieses Beitrags wird das BI-Verständnis im engeren Sinn zu Grunde gelegt.

Ein wichtiges Anwendungsfeld von BI ist traditionell das Controlling. Vereinfachend verstehen wir unter Controlling nachfolgend alle Aufgaben, die den Management-Prozess der Zielfindung, Planung und Steuerung gestalten und planen. Dabei ist die Rolle des Einzelnen, für Strategie-, Ergebnis-, Finanz- und Prozesstransparenz zu sorgen und die Wirtschaftlichkeit zu steigern [Webe04, S. 20]. Die wichtigsten Aufgaben des Controllings sind das interne Berichtswesen, Kontrolle/Abweichungsanalysen, Budgetierung, operative und strategische Planung, internes Rechnungswesen und Investitionsrechnung [SaHe06]. Business Intelligence dient bei verschiedenen Aufgaben der Informationsbeschaffung und Aufbereitung sowie der Bewertung und Präsentation der Information. Konkrete Einsatzfelder der Technologie sind einerseits analytische Auswertungen wie im Marketingcontrolling oder Investor Relations Management, aber auch klassische Anwendungsfelder wie das interne Berichtswesen oder die Abweichungsanalyse [Hess03]. Der Einsatz von Business Intelligence wird dabei insbesondere durch die wachsende Sammlung im Unternehmen anfallender Daten, wie Markt-, Rechnungswesen- oder Kundendaten, begünstigt [GeGH05].

## **2.2 Ökonomische Kalküle zur Aufgabenallokation**

Zur Analyse der technologieinduzierten Veränderungen bietet sich das Kompatibilitätskalkül nach Laux und Liermann an [LaLi05, S. 238ff], wobei wir uns auf die Anforderungskompatibilität konzentrieren und die von der IT weniger tangierte Frage der Anreizkompatibilität ausklammern. Die Anforderungskompatibilität lässt sich wiederum in Informations- und die Kalkülkompatibilität zerlegen, auf die wir nachfolgend eingehen. Als informationskompatibel gelten Aufgabenträger, wenn sie die Fähigkeit besitzen, die Menge der Handlungsalternativen ausreichend zu berücksichtigen und die Informationen entsprechend wahrzunehmen. Kalkülkompatibilität baut auf der Informationskompatibilität auf und stellt Anforderungen an die Fähigkei-

ten eines Individuums bezüglich Prognosebildung, Ergebniseinschätzung und Entscheidungsmodell.

Sowohl bei der Informations- als auch bei der Kalkülkompatibilität sind für die Eignung eines Akteurs im Wesentlichen die Aufgabenmerkmale Strukturiertheit, Variabilität und Umfang einer Aufgabe ausschlaggebend – und diese können sich wiederum durch IT ändern [LaLi05, S. 242-251; PiDF05, S. 226-227]. Strukturiertheit, auch Komplexität oder Analysierbarkeit einer Aufgabe genannt, bezeichnet ganz allgemein, inwieweit die Umsetzung genauestens präzisiert bzw. die Lösungsschritte weitestgehend vorgegeben sind. Mit Variabilität oder Dynamik wird das Ausmaß beschrieben, inwiefern während der Umsetzung einer Aufgabe einzelne Entscheidungsgrößen verändert werden müssen. Als Umfang einer Aufgabe wird das erwartete Volumen bzw. die Menge der zu treffenden Entscheidungen bezeichnet. Neben diesen Kriterien können noch Aufgabeninterdependenzen im Unternehmen auftreten, die sich insbesondere dann ergeben, wenn Controllingaufgaben auf mehrere Aufgabenträger verteilt werden. Interdependenzen mit anderen Aufgaben, die durch die Abhängigkeiten zwischen Aufgaben verschiedener Mitarbeiter entstehen, wirken sich erhöhend auf die Gesamtkomplexität der Koordination aus. Je höher diese wird, desto genauer muss eine Abstimmung zwischen den Mitarbeitern erfolgen, was Transaktionskosten in Form von Informations- und Entscheidungskosten verursacht [Jost01, S.330].

Ein konkretes Anwendungsbeispiel dieser Kriterien auf eine controllingspezifische Aufgabe, wenn auch ohne IT-Bezug, stellt die Diskussion um den Wandel der Budgetierung von der klassischen bis hin zu Beyond Budgeting dar [Webe04, S. 374-380]. Dabei eignen sich abhängig von der Komplexität und Dynamik der Aufgabenanforderung unterschiedliche Formen der Budgetierung. Die klassische Budgetierung vermag gering dynamische und hoch komplexe Kontexte zu bewerkstelligen, während dies bei Beyond Budgeting genau umgekehrt der Fall ist.

### **3 Theoretische Analyse**

Zu untersuchen ist nun, inwiefern Business Intelligence Einfluss auf die einzelnen Aufgabenmerkmale nimmt und inwiefern es zu einer Aufgabendelegation vor dem Hintergrund veränderter Transaktionskosten kommen kann. Aufgrund höherer Anforderungskompatibilität und reduzierter Motivations- oder Koordinationskosten ist eine Delegation oder Redelelegation einer controllingspezifischen Aufgabe womöglich effizienter. Für die fortführenden Betrachtungen muss an dieser Stelle festgehalten werden, dass Controlling primär eine entscheidungsunterstützende Funktion für das Management darstellt. Für die Untersuchung beziehen wir daher in die arbeits-

teilige Erbringung der Controllingleistung den Controller, die IT-Abteilung und Fachabteilungen ein. Der Controller sorgt dabei im Unternehmen für die nötige Managementunterstützung mittels transparenter und aufbereiteter Informationen und besitzt diesbezüglich notwendiges Methodenwissen. Die IT-Abteilung ist im Rahmen des Controlling für die Informationstransparenz verantwortlich und Fachabteilungen besitzen die fachliche Verantwortung über ihre operativen Tätigkeiten. Die Unternehmensführung wurde dabei nicht näher betrachtet, da der Fokus auf die Managementunterstützung gelegt wird. Abbildung zwei stellt schematisch die Beziehung zwischen den befragten Aufgabenträgern und die Wirkung von Business Intelligence auf die Allokation controllingspezifischer Aufgaben dar.

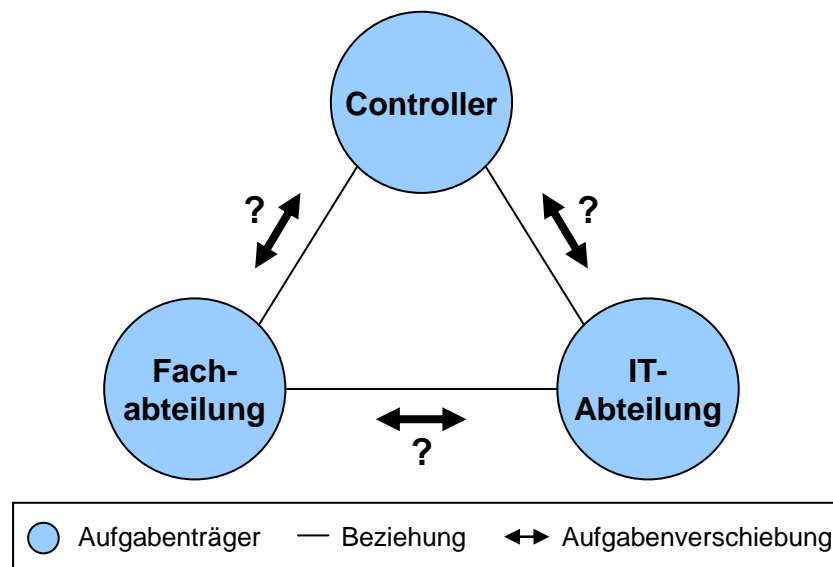


Abb. 2: Aufgabenträgermodell

Business Intelligence bietet die Möglichkeit, Daten zu analysieren und nach vorgegebenen Kriterien zu strukturieren. Des Weiteren erlauben BI-Systeme eine bessere Informationsversorgung höherer Hierarchieebenen und zeichnen sich durch Visualisierung und rollengerechte Aufbereitung sowie Verwaltung der Informationen aus [Geor00]. Aus diesem Grund wird sich die Anforderungskompatibilität verändern, indem durch eine Verringerung des Information Overload beim Aufgabenträger die Informationskompatibilität steigt oder einfach zu bedienende Analysewerkzeuge zu einer höheren Kalkülkompatibilität führen.

Werden nun die Aufgabenmerkmale des theoretischen Kalküls für die Formulierung der Thesen herangezogen, können interessante Aussagen zur Wirkung von Business Intelligence getroffen werden. Zur Strukturiertheit lässt sich beispielsweise die Informationsbeschaffung anführen, die von ihrem Bedarf und ihrer Beschaffungsquelle abhängig ist. Wenn diese Variable verändert wird, indem sich durch BI die Beschaffung der Information erleichtert, dann wird die Informationsbeschaffung und damit das Gesamtausmaß der Aufgabe strukturierter. Dies ist beispiels-

kurzfristig ermöglicht, individuelle Reports zu gestalten und in diesen zu slicen und dicen. BI erhöht demzufolge die Strukturiertheit einer Aufgabe. Bei der Variabilität gilt es, die Menge der Handlungsalternativen zu betrachten. Wenn ständig neue Handlungsalternativen aufgrund von andauernden Ausnahmefällen gesucht werden müssen, damit eine Aufgabe gut erfüllt wird, dann ist die Variabilität der Handlungsalternativen hoch. BI dämmt die Ausnahmefälle aufgrund der besseren Informationsbasis und der damit verbundenen schnelleren Reaktionsfähigkeit ein. Somit ist die Variabilität der Menge der Handlungsalternativen als auch die Variabilität der Gesamtaufgabe geringer. Kurzum: BI verringert die Variabilität einer Aufgabe. Wie viele und welche Entscheidungsvariablen der Entscheidungsträger bei seiner Entscheidung berücksichtigt, ist nicht objektiv vorgegeben und bleibt ihm überlassen. Um eine gute Entscheidung bei einer umfangreichen dispositiven Aufgabe zu treffen, ist tendenziell viel Zeit zur Beschaffung und Verarbeitung der Information nötig. Komplexe, umfangreiche Aufgaben sind deshalb häufig unstrukturiert. Je größer die Variabilität der einzelnen Primärdeterminanten, umso größer ist tendenziell auch der Umfang der Aufgabe. Eine subjektive Entscheidungsvariable des Umfangs könnte bspw. die Zeit sein. Wenn diese Variable verändert wird, indem BI die Beschaffung und Verarbeitung der Information beschleunigt, dann wird auch der Umfang einer gesamten Aufgabe verringert. Daraus folgt: BI verringert den Umfang einer Aufgabe.

Insbesondere die systematische Analyse und Aufbereitung großer Datenbestände durch BI führt dazu, dass sich durch die Erhöhung der Strukturiertheit und die Verringerung der Variabilität das Ausmaß der Kompatibilität zwischen Aufgabenträger und Aufgabe verändert. So kann unter Umständen auf Methodenwissen verzichtet werden und Aufgabenträger, die sich nicht im Kern mit Controlling beschäftigen, sind in der Lage, die Aufgabe umzusetzen. In diesem Fall ändern sich entscheidende Aufgabenmerkmale, so dass es je nach Ausprägung zu einer Umverteilung der Aufgaben bzw. zur Bildung funktionaler Stabsstellen kommen kann. Verbesserungen bei Visualisierung und Personalisierung sowie einfacher bedienbare Anwendungssysteme ermöglichen den Fachabteilungen, controllingspezifische Informationen selber aufzubereiten. Aufgrund steigender Akzeptanz für Informationssysteme und einfachere Handhabung lautet daher unsere erste These: Business Intelligence verschiebt Controllingaufgaben von der IT-Abteilung in Richtung Fachabteilung. Dabei stehen insbesondere systemseitige Auswertungen für das Reporting im Vordergrund, die früher noch auf Endlospapier bei der IT-Abteilung in Auftrag gegeben wurden.

Neben der Verbesserung auf technischer Seite sind in aktuellen Business Intelligence Systemen methodische Fähigkeiten hinterlegt. So konnte früher eine Delegation von Analysetätigkeiten in die Fachbereiche nur erfolgen, wenn Mitarbeiter statistische Verfahren beherrschten. Heutzuta-

ge reduzieren die Systeme die methodische Komplexität, so dass eine Delegation eher infrage kommt. Darunter fällt neben der Sammlung notwendiger Informationen auch die Analyse und Bereitstellung. Die zweite These lautet demnach: Business Intelligence verschiebt Aufgaben von der Controllingabteilung in Richtung Fachabteilung und IT-Abteilung.

Wenn BI die Abstimmung zwischen den Aufgabenträgern durch eine gemeinsame Informationsbasis verbessert, so werden Datenbrüche vermieden. Der geringere Abstimmungsbedarf zeigt sich einerseits in verringerten Informations- und Entscheidungskosten, und andererseits in einer reduzierten Gesamtkomplexität der Koordination. Auch hier besteht ein Anreiz, die Arbeit durch bessere Abstimmungsmöglichkeiten zu erleichtern. Folglich verringert BI Interdependenzen mit anderen Aufgaben. Darin spiegeln sich auch schon erste Auswirkungen von BI auf die Transaktionskosten wider. So kann der Einsatz integrierter Standardsoftware zu einer Reduzierung der Koordinationskosten führen, da beispielsweise die Kosten für die Informationsbeschaffung durch den Einsatz eines Data Warehouses oder die Abstimmungskosten durch Groupware sowie verkürzte Kommunikationswege sinken [SaSH06].

Beide Thesen formulieren einen starken Trend der Delegation in die Fachabteilungen, was auf die Studie von Samtleben und Hess zurückzuführen ist. Darin zeigt sich, dass die Betrachtung der Fachabteilung als Aufgabenträger im Controlling nicht vernachlässigt werden darf [Sa-He06]. Während in der gängigen Controllingliteratur hauptsächlich das Zusammenspiel von Controller und Manager betrachtet wird, wurde hier bewusst die Aufgabenverschiebung in Richtung Fachabteilung fokussiert.

#### **4 Darstellung der Fallstudien**

Zur Überprüfung der zwei Thesen haben wir die Einführung von BI-Technologien in zwei Fallstudien analysiert. Für die Erhebung der Fallstudien wurden insgesamt zehn Interviews mit Personen aus dem Controlling, der IT-Abteilung sowie aus Fachabteilungen geführt und um Informationen aus Dokumenten ergänzt. Da die Aufgabenträger aus unterschiedlichen Organisationsbereichen innerhalb eines Unternehmens stammen, wurden rollenspezifische Interviewleitfäden entwickelt. Eine Vergleichbarkeit der beiden Fallstudien wird erreicht, indem Aufgabenträger mit gleicher bzw. ähnlicher Funktion in beiden Unternehmen befragt wurden.



## **4.1 Fallstudie: Einführung eines OLAP-Systems bei Knorr Bremse**

### *4.1.1 Hintergrund*

Die Knorr Bremse AG (KB AG), mit Hauptsitz in München, ist Hersteller von Bremssystemen für Schienen- und Nutzfahrzeuge und kam im Jahr 2005 auf einen Umsatz von 2,74 Mrd. Euro. Weitere Produktfelder, in denen sich die Knorr Bremse etabliert hat, sind On-Board-Systeme und Bahnsteigtürsysteme für Schienenfahrzeuge, sowie Drehschwingungsdämpfer für Nutzfahrzeuge. Die Steuerung des Konzerns erfolgt regional. Dadurch sollen die jeweiligen Markt- und Kundenanforderungen in den drei großen Regionen Europa, Amerika sowie Asien/Australien bestmöglich berücksichtigt werden. Derzeit sind bei der KB AG ca. 12.000 Mitarbeiter beschäftigt. Durch die fortschreitende Internationalisierung des Konzerns war Ende der 90er Jahre sowohl eine neue Organisationsstruktur als auch deren technologische Unterstützung notwendig. Zur Unterstützung der regionalen Steuerung führte die KB AG im Jahr 1999 das OLAP-System Hyperion Essbase ein, was inzwischen aus konzernstrategischen Gründen durch SAP BW ersetzt wurde. Die nachfolgende Darstellung bezieht sich auf die Einführung von Hyperion.

### *4.1.2 Veränderung von Aufgabenmerkmalen*

Die konkreten Aufgabenmerkmale haben sich durch das OLAP-System in unterschiedlicher Art und Weise verändert. Durch die bessere und vor allem einzige Informationsbasis des OLAP-Systems, als auch durch die kontinuierliche Verbesserung der technologischen Prozesse innerhalb des OLAP-Systems, lassen sich Aufgaben Schritt für Schritt besser bearbeiten. Grund hierfür ist die schnellere und detailliertere Betrachtung der Zusammenhänge, als auch die Vereinfachung und Beschleunigung der Aufgabenschritte durch ihre technologische Unterstützung. Durch die transparentere Zerlegung der Problemstellung und Überführung in vorgegebene Lösungsschritte hat sich bei allen befragten Aufgabenträgern die Strukturiertheit durch das OLAP-System erhöht. Was den Grad der Variabilität bei der Aufgabenbewältigung betrifft, so müssen die Ausnahmefälle genauer betrachtet werden. Jeder einzelne Aufgabenträger greift auf eine detailliertere Informationsbasis zu und hat damit eine schnellere Reaktionsfähigkeit, wodurch die Anzahl der Ausnahmefälle sinkt. Der Menge an unvorhersehbaren Ereignissen bei der Aufgabenbearbeitung kann demnach durch die Datenbasis entgegengewirkt werden. Allerdings ist dies bei der KB AG nur eingeschränkt der Fall, da gerade bei Ausnahmefällen stets eine Verifizierung der Daten, Zusammenhänge und Ergebnisse nötig ist. Ein ausschließliches „sich auf das System verlassen“ gibt es nicht. Die Variabilität einer Aufgabe sinkt demnach bei der KB AG, aber nicht in dem Ausmaß wie eingangs vermutet. Das zeitliche Ausmaß der Aufgabenbewälti649

gung wird sowohl in der Controlling- als auch in der Fach- und IT-Abteilung reduziert. Daraus folgt eindeutig das Ergebnis, dass der Umfang der Aufgaben bei allen Befragten durch das OLAP-System gesunken ist. Ob das System neben diesen ersten Merkmalsänderungen auch transaktionskostensenkend wirkt, wird anhand der folgenden Ausführungen geklärt. Informationen sind seit der OLAP-Einführung leichter zugänglich, was sich hinsichtlich der Informationskosten bemerkbar macht. Durch OLAP werden zumindest diejenigen Informationskosten reduziert, die durch die automatische Verarbeitung und Aufbereitung der Daten eingespart werden. Bezüglich Entscheidungen bzw. Entscheidungskosten werden Veränderungen differenziert betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass theoretisch selbständiges Entscheiden durch die bessere Informationsbasis des Systems verstärkt möglich ist, praktisch aber dennoch Hierarchien eingehalten werden müssen. Auch wenn in der KB AG eine flache Hierarchiestruktur vorherrscht, welche die Delegation von Verantwortung auf kleine organisatorische Einheiten mit großer Sachkompetenz zulässt, so werden dennoch Rangfolgen befolgt. Entscheidungskosten treten auf, wenn Mitarbeiter zusammen Entscheidungen treffen. Ob diese gesenkt werden, lässt sich aufgrund der Ergebnisse nicht klar sagen und ist eher zu verneinen. Was sich aber deutlich zeigte, ist die Verbesserung der Entscheidungsqualität. Schlechte oder gar falsche Entscheidungen kommen sowohl in geringerem Ausmaß, als auch in geringerer Anzahl vor. Kosten durch nicht konforme Entscheidungen lassen sich demzufolge eindeutig reduzieren. Aufgrund des Ergebnisses, dass OLAP weder eine Kontrolle noch eine Leistungsbewertung über den jeweiligen Aufgabenbeitrag der einzelnen Aufgabenträger zulässt, und so eine Messbarkeit der Leistung nicht gegeben ist, lassen sich weder Kontroll- und Überwachungskosten, noch Kosten der Leistungsbewertung reduzieren.

#### *4.1.3 Organisatorische Veränderung*

Durch die OLAP-Einführung werden in den Fachabteilungen vermehrt ganze Aufgabenprozesse selbständig bearbeitet, da mehr Transparenz für einen größeren Teil von Mitarbeitern möglich ist. Des Weiteren hat sich durch die OLAP-Einführung eine neue Abteilung im Bereich Finance und Controlling gebildet, welche rein technologisch für OLAP zuständig war. Aufgrund des ständigen Wachstums und der inzwischen weit über die ursprünglichen Controllingaufgaben hinauswachsenden Systemlandschaften wurde diese Abteilung aber vor ca. ein- einhalb Jahren in die zentrale IT-Abteilung als Shared Services für Business Intelligence eingegliedert. Aufgaben dieser Abteilung liegen in der konzernweiten Verantwortung für BI, in der Umsetzung von globalen betriebswirtschaftlichen Berichtsanforderungen, in der Entwicklung,

dem Betrieb und der Weiterentwicklung des Konzernberichtswesens, sowie in der Sicherstellung der Datenintegrität.

## **4.2 Fallstudie: Einführung eines Managementinformationssystems bei der Deutsche Bahn**

### *4.2.1 Hintergrund*

Die Deutsche Bahn AG (DB AG), mit Hauptsitz in Berlin, ist mit einem Umsatz von 25 Mrd. Euro im Jahr 2005 der führende Mobilitäts- und Logistikdienstleister Deutschlands. Die ca. 216.000 Mitarbeiter sind an den jeweiligen Standorten ihrer Büros, auf dem 35.000 km langen Schienennetz sowie auf den 5.700 Bahnhöfen Deutschlands tätig und wirken so am Transport von Personen, Gütern und Sendungen mit. Die Systemlandschaft der DB AG ist überwiegend inhomogen und die Anzahl der Schnittstellen ist damit sehr hoch. Innerhalb des Konzerns gibt es unterschiedlichste MIS, welche größtenteils nicht konzernweit, sondern nur in einzelnen Bereichen zum Einsatz kommen. Diese Fallstudie konzentriert sich auf das MIS von Hyperion mit der Bezeichnung „MIS FaSt“ (Managementinformationssystem Fachdienst Steuerung). Das MIS FaSt wurde im Jahr 1997 ursprünglich in den Bereichen DB Konzern, DB Cargo, DB Reise und Touristik sowie DB Traktion, welcher noch zum Jahresende 1997 zu DB Regio eingegliedert wurde, eingeführt. Aufgrund mehrerer Umorganisationen ist MIS FaSt derzeit bei DB Regio, DB Railion und DB Fernverkehr im Einsatz.

### *4.2.2 Veränderungen von Aufgabenmerkmalen*

Durch MIS FaSt teilweise verändert sind Daten in gewünschtem und benötigtem Umfang schneller und besser abrufbar, wodurch die Controller eine höhere Informationsversorgung besitzen, mittels dessen sie ihre Aufgaben schrittweise effizienter erledigen können. Durch die verbesserte Abgrenzung der Problemstellung hat sich durch MIS FaSt die Strukturiertheit der Aufgaben erhöht. Unvorhersehbare Ereignisse lassen sich mittels MIS FaSt dennoch nicht einfacher bewältigen. Aufgrund der begrenzten Aktualität der Daten wird keine schnelle Reaktion auf die Veränderlichkeit der Aufgaben festgestellt. Damit ergibt sich keine Senkung der Variabilität, da die Unsicherheit nur mit zeitlicher Verzögerung reduziert wird. Was den Arbeitsaufwand der Aufgaben betrifft, so muss dieser differenziert betrachtet werden. Bei Controllern und Fachabteilungen ist aufgrund der MIS FaSt-Einführung ein verminderter Umfang an Controllingaufgaben festzustellen. Aufgrund der schnelleren Informationsabfrage durch MIS FaSt reduziert sich der notwendige Zeitaufwand zur Bearbeitung der Aufgaben. Die Anzahl der zu berücksichtigenden Entscheidungsvariablen wird dahingehend reduziert, dass die entstehenden

zeitlichen Kapazitäten auf das eigentliche Problem gelenkt werden. Diese Konzentration führt zu einem verminderten Arbeitsumfang. Bei der IT-Abteilung war allerdings das Gegenteil zu beobachten. Aufgrund der Systemvielfalt in der DB AG muss DB Systems verstärkt auf die Datenintegration und Kompatibilität zu den Schnittstellen der einzelnen operativen Systeme achten. Dennoch soll hier der Fokus auf die Benutzung und nicht die Bereitstellung von MIS FaSt gelegt werden, so dass aufgabenträgerübergreifend in begrenztem Ausmaß von einem verminderten Umfang gesprochen werden kann. Nach der Betrachtung der konkreten Aufgabenmerkmale wird nun auf die Transaktionskosten eingegangen. Dabei ist festzustellen, dass die Informationskosten eindeutig gesenkt werden, da vor allem eine Reduktion der Suchkosten erfolgte. Der Informationsabruf „per Knopfdruck“ erleichtert und beschleunigt die Bearbeitung der Controllingaufgaben enorm. Auch die Übermittlung, Verarbeitung oder Anweisung für Teilaufgaben fällt geringer aus, da sich jeder Aufgabenträger aufgrund der gemeinsamen Informationsbasis selbständig informieren kann. Dagegen werden Entscheidungskosten durch das MIS FaSt nicht direkt tangiert. Generell werden durch MIS Entscheidungsprozesse mittels der verbesserten Informationsbereitstellung beschleunigt, was wiederum individuelle Entscheidungen fördert und erleichtert. Allerdings hat dies bei der DB AG keine Kompetenzerweiterung zur Folge. Auch wenn eine Entscheidungsdezentralisation in der DB AG unterstützt wird, werden durch die Komplexität und Fachlichkeit des Konzerns nur vermindert Entscheidungen allein gefällt. Kosten, die durch die Abstimmung in Gremien oder Gruppen auftreten, werden durch das MIS FaSt damit nicht reduziert. Ob sich zumindest die Qualität der Entscheidungen verbessern konnte, geht aus den Ergebnissen nicht klar hervor. Generell wird von einem qualifizierteren Entscheidungsniveau durch eine gemeinsame Informationsbasis ausgegangen. Dennoch führen die Befragten dies nicht auf das MIS FaSt zurück. Kosten durch nicht konforme Entscheidungen konnten anhand der Ergebnisse damit nicht signifikant reduziert werden. Das MIS FaSt unterstützt technologisch gesehen weder eine Kontrolle noch eine Leistungsbewertung, womit die Aufgabenträger des Controllings kontrolliert oder bewertet werden. Aussagen bezüglich Kontroll- und Überwachungskosten bzw. Kosten der Leistungsbewertung werden damit nicht getätigt. Alles in allem war durch die Einführung des MIS FaSt nur eine Senkung der Koordinationskosten und somit letztendlich eine geringe Reduzierung der Transaktionskosten festzustellen.

#### *4.2.3 Organisatorische Veränderung*

Die MIS FaSt-Einführung hat in gewisser Weise auch eine organisatorische Änderung mit sich gebracht. Aus Sicht von DB Systems werden nun Controlling-Aufgaben zusätzlich von Fachab-

teilungen bearbeitet. Die Zentralen der Geschäftsbereiche werden so hinsichtlich Controlling und Monitoring gestärkt. Die Folge ist eine zunehmende Dezentralisierung von Entscheidungsbefugnissen mit dem Ziel, die operative Schlagkraft und wirtschaftliche Flexibilität der Regionen durch zusätzliche Reporting-Aktivitäten auf den einzelnen Ebenen zu erhöhen. Die einfache Bedienung erlaubt es jedem unkompliziert Auswertungen durchzuführen. Darüber hinaus wurde bei DB Systems eine Organisationseinheit eingerichtet, welche unmittelbar für Business Intelligence zuständig ist. Diese Organisationseinheit ist allerdings nicht neu und hat sich eher durch eine interne Umstrukturierung gefestigt. Business Intelligence wirkte dabei aber zumindest unterstützend, da Methodenwissen gebündelt wurde.

## **5 Interpretation und Einordnung der Fallstudien**

Organisatorisch betrachtet ist in beiden Fällen eine Aufgabendelegation zu beobachten. Zur Managementunterstützung wird festgehalten, dass diese in beiden Konzernen nach dem gleichen Schema abläuft, auch wenn die Aufgaben unterschiedlich sind. Bei den Aufgabenmerkmalen lässt sich festhalten, dass Business Intelligence messbaren Einfluss auf diese besitzt. Die KB AG kann aufgrund der Aktualität der Daten besser auf unvorhersehbare Ereignisse reagieren. Dennoch bleibt bei Ausnahmefällen eine zusätzliche Verifizierung unerlässlich. Aufgrund der begrenzten Aktualität der Daten bestätigen sich diese Rückschlüsse bei der DB AG nicht, was den Unterschied bei der Variabilität von Aufgaben erklärt. Die Reduktion des Arbeitsumfanges ist bei der KB AG eindeutiger ausgefallen. Dies liegt an der Systemvielfalt in der DB AG, wodurch ein höherer Aufwand seitens der IT-Abteilung vorzuweisen ist. Bezüglich der Transaktionskosten sind in beiden Konzernen nur bestimmte Arten gesunken. Die Informationskosten reduzieren sich sowohl bei der KB AG als auch bei der DB AG, da Business Intelligence die Informationssuche und die Abstimmung zwischen den Aufgaben aufgrund der besseren Informationsbasis erleichtert. Kosten durch nicht konforme Entscheidungen werden aufgrund der besseren Entscheidungsgrundlage nur im Fall der KB AG reduziert. Die DB AG geht von einem qualifizierteren Entscheidungsniveau aus, führt allerdings bessere Entscheidungen nicht direkt auf Business Intelligence zurück. Grund hierfür ist mangelnde Messung und Quantifizierung [Walt99, S. 449]. Bezüglich der Motivationskosten kann nur insofern eine Aussage getroffen werden, dass in beiden Unternehmen diese als unabhängig von der Business Intelligence Einführung gesehen werden und daher kein Einfluss beobachtet werden kann.

Nach diesem synoptischen Vergleich stellen wir nun die beiden Fälle unseren in Abschnitt 3 aufgestellten Thesen gegenüber. Sieht man von kleineren Unterschieden ab ergibt sich ein glei-

ches Bild. In beiden Fällen konnte sowohl die Anforderungs- als auch die Anreizkompatibilität verbessert werden. Dies ist einerseits auf die gestiegene Qualifikation der Aufgabenträger und andererseits auf das gesunkene Arbeitsleid durch Business Intelligence zurückzuführen. Die ersten beiden Thesen, die Aufgabenverschiebung von der IT-Abteilung in die Fachabteilung, sowie von der Controllingabteilung in die Fachabteilung lassen sich damit bestätigen. Lediglich eine Verschiebung von der Controllingabteilung zur IT-Abteilung konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden. Bezüglich der Transaktionskosten kann nur begrenzt eine Aussage getroffen werden. Generell lässt sich eine Reduzierung einzelner Transaktionskosten feststellen, deren Anzahl bei der KB AG stärker ausfällt. Ein klarer Trend zeichnete sich allerdings nur bei der KB AG ab. Abbildung 4 zeigt die beobachteten Veränderungen der Allokation durch Business Intelligence.

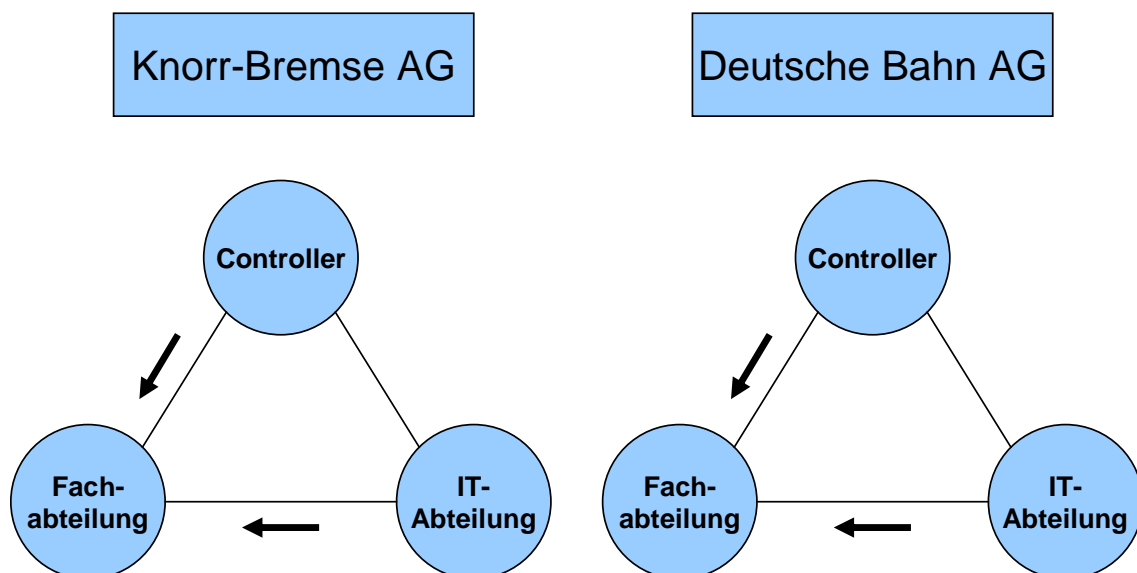


Abb. 3: Wirkung von Business Intelligence auf die Aufgabenverteilung

Zur Bewertung der Güte der hier dargelegten empirischen qualitativen Befunde sind drei Aspekte anzusprechen. Generell werden qualitative Verfahren daran gemessen, inwieweit sie die Kriterien Objektivität, Reliabilität (Zuverlässigkeit) und Validität (Gültigkeit) erfüllen [ScHE05]. Offene Fragestellungen sowie die Interpretation der Antworten hängen zwar von der jeweiligen Untersuchungsperson ab. Dennoch ist davon auszugehen, dass bei der Durchführung eine Objektivität besteht, da keine Beeinflussung durch Interaktion stattgefunden hat und die in dieser Analyse dargestellten Aussagen von anderen überprüfbar sind. Reliabilität ist gesichert, da die Resultate der beiden Fallstudien gut übereinstimmen. Qualitative Fragebögen stellen ein gutes Mittel dar, um Thesen zu überprüfen, wenn sie in ausreichender Menge durchgeführt werden. Inwiefern die Daten in den vorliegenden Fallstudien valide sind, ist aufgrund der gerin-

gen Anzahl der Befragten in den einzelnen Abteilungen fraglich, aber anzunehmen [ScBr05, S. 45; Yin03, S. 33-39].

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

Alles in allem haben die Untersuchungen gezeigt, dass Business Intelligence den Aufwand für die durchzuführenden Controllingaufgaben reduziert und den Ablauf verkürzt. Dies führt bei den Mitarbeitern in den Fachabteilungen dazu, vermehrt Controllingaktivitäten selber wahrzunehmen („Selbstcontrolling“). Dem Einfluss von Business Intelligence kann insgesamt keine Reduzierung des Controllingbedarfs beigemessen werden, wohl aber eine Veränderung ihres Aufgabenspektrums, was sich unmittelbar auch auf das der übrigen Aufgabenträger des Controllings auswirkt. Eine Verschiebung der Controllingaufgaben von der Controlling- und der IT-Abteilung in Richtung Fachabteilung ist in den Einzelfallstudien festzustellen. Dabei hat sich auch gezeigt, dass insbesondere das interne Berichtswesen in einem höheren Ausmaß von Fachabteilungen erbracht wird. Des Weiteren finden Analysen nun vermehrt in den Fachbereichen statt, da diese einerseits durch die einfache Bedienbarkeit der Systeme dazu befähigt werden und andererseits direkt vor Ort Controllingaufgaben ausüben können. Die zunehmende Delegation hat demnach auch den Controllingbereich erfasst. Unsere Ergebnisse passen damit ins Bild des Wandels des Controllers hin zum Berater [WeDP01].

Neben dem in der controllingrelevanten Literatur anzufindenden Wandel des Controllers stützen die beiden Fallstudien, wenn auch mit Einschränkungen, die Auffassung eines „technological imperative“ im Controlling. Um diese Aussage aber noch zu spezifizieren, bedarf es weiterer Forschungsarbeiten. Dafür erscheint die Betrachtung des Aufgabenträgermodells bestehend aus den drei Akteuren zu restriktiv, so dass eine um die Unternehmensführung erweiterte Untersuchung sinnvoll erscheint. Dies sollte auch in einer höheren Anzahl von Fallstudien überprüft werden, damit eine ausreichende Validierung gewährleistet werden kann.

## **Literaturverzeichnis**

- [ChGI04] Chamoni, Peter; Gluchowski, Peter: Integrationstrends bei Business-Intelligence-Systemen - Empirische Untersuchung auf Basis des BI Maturity Model. In: Wirtschaftsinformatik 46 (2004) 2, S. 119-128.

- [GeGH05] Gehra, Bernhard; Gentsch, Peter; Hess, Thomas: Business Intelligence for the Masses - Datenaufbereitung und Datenanalyse für den Controller im Wandel. In: Zeitschrift für Controlling und Management 49 (2005) 3, S. 236-242.
- [Geor00] Georges, Patrick M.: The Management Cockpit - the human interface for management software: reviewing 50 user sites over 10 years of experience. In: Wirtschaftsinformatik 42 (2000) 2, S. 131-136.
- [Gluc01] Gluchowski, Peter: Business Intelligence - Konzepte, Technologien und Einsatzbereiche. In: Hildebrand, Knut (Hrsg.): HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik. Heidelberg 2001, S. 5-15.
- [Hess03] Hess, Thomas (Hrsg.): Anwendungssysteme im Controlling. In: Zeitschrift für Controlling und Management, 47 (2003) Sonderheft 2.
- [Jost01] Jost, Peter-Jürgen: Innerbetriebliche Koordination. In: Jost, Peter-Jürgen (Hrsg.): Der Transaktionskostenansatz in der Betriebswirtschaftslehre. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2001, S. 301-326.
- [KeMU04] Kemper, Hans-Georg; Mehanna, Walid; Unger, Carsten: Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen : eine Einführung in die IT-basierte Managementunterstützung. Vieweg, Wiesbaden 2004.
- [LaLi05] Laux, Helmut; Liermann, Felix: Grundlagen der Organisation - die Steuerung von Entscheidungen als Grundproblem der Betriebswirtschaftslehre. 6. Auflage, Springer, Berlin 2005.
- [MaRo88] Markus, M. Lynne; Robey, Daniel: Information Technology and Organizational Change: Causal Structure in Theory and Research. In: Management Science 34 (1988) 5, S. 583-598.
- [PiDF05] Picot, Arnold; Dietl, Helmut; Franck, Egon: Organisation: eine ökonomische Perspektive. 4. Auflage, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2005.
- [PiRW03] Picot, Arnold; Reichwald, Ralf; Wigand, Rolf: Die grenzenlose Unternehmung: Information, Organisation und Management. 5. Auflage, Gabler, Wiesbaden 2003.



- [SaHe06] Samtleben, Michael; Hess, Thomas: Aufgabenverteilung und Nutzung der Informationstechnologie im Controlling - Ergebnisse einer empirischen Studie. In: Controlling 18 (2006) (im Druck).
- [SaSH06] Samtleben, Michael; Stadlbauer, Florian; Hess, Thomas: Anwendungssystemintegration im Controlling - aktueller Stand und wichtige Trends. In: Zeitschrift für Controlling und Management 50 (2006) 2, S. 86-93.
- [ScBr05] Schäffer, Utz; Brettel, Tanja: Ein Plädoyer für Fallstudien. In: Zeitschrift für Controlling und Management 49 (2005) 1, S. 43-46.
- [ScHE05] Schnell, Rainer; Hill, Paul B.; Esser, Elke: Methoden der empirischen Sozialforschung. 7. Auflage, Oldenbourg, München 2005.
- [Walt99] Walterscheid, Heinz: Systembewertung und Projektmanagement bei analytischen Informationssystemen. In: Chamoni, Peter; Gluchowski, Peter (Hrsg.): Analytische Informationssysteme: Data Warehouse, On-Line Analytical Processing, Data Mining. Berlin 1999, S. 427-451.
- [Webe04] Weber, Jürgen: Einführung in das Controlling. 10. Auflage, Schäffer Poeschel, Stuttgart 2004.
- [WeDP01] Weber, Jürgen; David, Ulrich; Prenzler, Carsten: Controller Excellence - strategische Neuausrichtung der Controller. WHU-Otto-Beisheim-Hochschule Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, Vallendar 2001.
- [WyMa96] Wyner, George M.; Malone, Thomas W.: Cowboys or Commanders: Does Information Technology Lead to Decentralization? International Conference on Information Systems (1996). Cleveland, S. 63-79.
- [Yin03] Yin, Robert K.: Case Study Research: Design and Methods. 3. Auflage, Sage, Thousand Oaks, California 2003.



# **Einführung in den Track**

## **Business Process Engineering**

**Prof. Dr. Dimitris Karagiannis**

Universität Wien

**Prof. Dr. Markus Nüttgens**

Universität Hamburg

**Dr. Peter Küng**

Credit Suisse, Zürich

Die Gestaltungspotenziale von Wertschöpfungsnetzwerken sind ein kritischer Erfolgsfaktor zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Organisationen. Mit dem Einsatz prozessorientierter Methoden und Werkzeugen können die resultierenden Szenarien und Zielkonflikte frühzeitig abgebildet und weiterentwickelt werden. Geschäftsprozessmodelle fungieren hierbei als Bindeglied zwischen Strategie und IT-gestützter Implementierung.

Ziel des Tracks ist es, wissenschaftlich abgesicherte Konzepte und Fallstudien aus praxisnahen und anwendungsbezogenen Forschungsarbeiten unter ökonomischen, organisatorischen und IT-technischen Aspekten zu thematisieren.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Rainer Alt, Universität Leipzig

Dr. Jan vom Brocke, Universität Münster

Prof. Dr. Jörg Desel, KU Eichstätt

Prof. Dr. Otto Krickl, Universität Graz

Prof. Dr. Frank Rump, FH Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven

Oliver Thomas, Universität Saarland/DFKI

Prof. Dr. Mathias Weske, HPI Potsdam

Bernd Oestereich, oose Innovative Informatik GmbH, Hamburg

# Supporting Inter-Business Collaboration via Contract

## Negotiation and Enactment

Peter Rittgen

University College of Borås  
501 90 Borås, Sweden  
peter.rittgen@hb.se

### Abstract

The increasing complexity of products and services encourages more and more companies to form collaborative networks. As these companies are independent organizations there is often an issue of governance. We suggest a possible architecture for such a business network that proposes a contract as the principal means of coordination and describes how such a contract can be designed and enacted.

### 1 Introduction

Today we can witness two seemingly opposed trends in the cooperation between businesses: On the one hand companies are forced to concentrate on their core competencies and to outsource all activities that lie outside the core. On the other hand customers demand that a supplier covers an increasing range of products and services. They want to buy a complete solution from only one supplier instead of buying bits and pieces from many. This latter point seems to suggest an increased amount of “insourcing”. The solution to both is that companies have to engage in closer cooperations, each concentrating on its area of expertise, but jointly offering a complete suite of related products and services that are well matched (one face to the customer). But this scenario represents an enormous challenge both in terms of organization and regarding the information system support.

Companies that want to engage in a closer cooperation, e.g. a value network, a virtual enterprise or the like, bring into this cooperation not only their different organizational cultures but also

different, often incompatible, information systems. A successful cooperation therefore requires the alignment or integration of both the business processes and the information systems to a certain degree. In some industries, such as the automotive industry, this can go as far as the customer forcing the suppliers to introduce the ERP system of the customer's choice (e.g. SAP). But on the whole it is more common that the organizations involved will strive for some kind of mutual adaptation of their business processes and information systems. In a very simple case this could be the introduction of a file transfer accompanied by suitable import and export functionalities and some organizational measures for providing and handling the new data. In more advanced cases it will imply substantial reorganization of business processes and changes to existing information systems and/or introduction of new ones.

Our goal is to support the set-up and operation of a business network. The first phase consists mainly of the design of a contract that can be used to coordinate the behavior of network actors. The design process is cooperative, i.e. the actors negotiate this contract among themselves. Such negotiations can be either bilateral or multilateral but both types will contribute to creating one common contract that is binding for all parties involved. We also call this negotiation process a co-design process. Negotiation is a social process that can be supported by a negotiation support system. This eliminates the need for partners to meet face to face and contributes to a flexible set-up of the business network. It implies that the lead-times for setting up the network are relatively short and replacing members that have left and adding new ones can be done with a minimum of effort. These are crucial issues for a business network.

The second phase, operation, consists of enacting the behavior specified in the contract. Here the business logic concerning the coordination of actors is incorporated into the communication network. In this this we phase "translates" from the business network to the communication network by managing the respective message exchange via the technical network and a coordination server. We have used this approach to improve the governance of an existent network that consisted of three partners: the headquarters of a retail chain in the home textile and home decoration industry, the shops of this chain and a third-party logistics provider. Although this is a minimal case of a business network it nevertheless provides fundamental insights into the workings of such networks.

The contribution of our work consists in outlining a method for governing business networks by negotiating and enacting contracts that take the form of business process models. It is based on existing methods for contract negotiation, business process modeling and workflow manage-

ment. Apart from combining these methods we also enrich them, e.g. by extending the concept of a trade contract to cover process aspects.

The remaining chapters are structured as follows. We first address the issue of coordination in organizational networks in general and business networks in particular, which leads us to the identification of a suitable class of contracts, namely behavior-based contracts. The next sections study the negotiation process and a language for formulating behavioral contracts. We then proceed by describing the enactment of the formalized contract based on a communication network and a coordination server. We conclude this paper by summarizing the major findings and presenting an outlook on future research.

## **2 Coordination in a Business Network**

In a business network organizations strive for the provision of complex products and services by coordinating their activities in an “intelligent” way. This implies that the coordination effort is much higher than in a conventional supply chain. In the latter an individual company can focus on managing the relation to a few immediate major suppliers for creating a product or service. In a business network this is not enough but coordination is also required among the suppliers. Theoretically we move from a tree structure to a graph topology which implies that we have to hit a new balance between market and hierarchical coordination. The general problem behind this is quite old and several theories have been advanced to explain the use of a particular form of coordination, most notably Agency Theory [AlchianDemsetz'72; JensenMeckling'76; Ross'73; Wilson'68] and Transaction Cost Economics [Coase'37; KleinCrawfordAlchian'78; Williamson'75, '81, '85]. Based on these theories the internal and external coordination costs can be determined [GurbaxaniWhang'91]. High external costs favour centralization, high internal costs promote decentralization. It is typically assumed that organizations in a supply chain choose their organizational structure and network of trading partners in such a way that the sum of both costs is minimized. There has also been some debate on the impact of information technology (IT). Early work by Malone et al. [MaloneYatesBenjamin'87] suggested that IT will lower transaction costs and therefore, *ceteris paribus*, lead to an increase in market coordination. Later work posited that organizations will “move to the middle”, i.e. to “more outsourcing, but from a reduced set of stable partnerships” [ClemonsReddiRow'93] if non-contractible issues (e.g. quality and trust) play an important role. Empirical evidence [HollandLockett'97] shows

that companies often operate in a “mixed mode” blending aspects from both markets and hierarchies.

But the majority of these studies was performed in the context of conventional supply chains. In the face of a network topology the balance between hierarchical and market coordination needs to be readjusted: In the absence of a central coordination unit we typically use the contract as an instrument for coordination. Agency Theory suggests two principal forms of contracts, behavior-based contracts and outcome-based contracts. Between an employer and an employee, for example, a contract with a fixed annual salary would be behavior-based as such a contract demands that the agent performs to the best of his capabilities. An outcome-based contract would specify a remuneration that depends on the results that the agent has achieved (e.g. a commission). If the costs for monitoring agent behavior are high, an outcome-based contract is often superior. This is because an unobserved agent is assumed to shirk (i.e. underperform) knowing that he has no consequences to fear. This problem is called moral hazard. An outcome-based contract can be seen as a special case of a behavior-based contract where delivering the outcome is considered to be the only observable behavior of the agent. In addition to that, the costs for monitoring agent behavior have become marginal in many cases due to the omnipresence of information technology. These arguments apply also to the context of business networks. We will therefore focus our investigation on behavior-based contracts.

### **3 Negotiation as a Social Process**

We define negotiation as the process whereby a group of two or more individuals tries to reach an agreement on the performance of future actions. The individuals are human beings that might act on behalf of organizations or on their own behalf. For the purpose of this paper we focus on electronic negotiations, i.e. negotiations that are supported by information and communication systems. They can be divided into three different types: bargaining, auction and agent negotiation [KöhneSchoopStaskiewicz'05]. Auctions are very common, especially in electronic commerce. They assume that the traded products or services can be described in detail and are hence comparable. The auction proceeds in the form of a bidding process where potential buyers can make (money) offers for a certain product or service. There are different models to organize the bidding process [Bichler'00]. A comprehensive classification of negotiations with respect to auctions is provided by the Montreal taxonomy [StröbelWeinhardt'03]. Agent



negotiation means that an inanimate agent, i.e. a software artefact, carries out the process of negotiation on behalf of a principal, typically a human being. The principal delegates the task of negotiating to the agent by providing it with his or her preferences regarding the product or service to be procured. The agent has a certain autonomy to act within the limits of these preferences. Some models for agent negotiation are given in [DignumCortés'01]. The specification of preferences requires that the product or service in question can be described in detail. Hence both auctions and agent negotiation only work with standardized products / services.

The models we have discussed so far assume that most parameters of the contract are already predetermined and very few can actually be negotiated. Most often the only free parameter is the price. In many cases this restriction is not acceptable, i.e. we need more freedom in negotiating. This can, for example, happen if the product or service to procure is not standardized so that we have to negotiate many of its parameters. In such a case we need the third model, bargaining. In bargaining we assume that in principal all parts of a contract are negotiable, i.e. we start with an empty contract (although existing reference contracts or contract templates can be used as a starting point if desired). A number of bargaining models has been suggested such as the Three-Layer Architecture [ChiuCheungTill'03], SilkRoad [Ströbel'01], DOC.COM [SchoopQuix'01], MeMo Business Negotiation Support Metamodel [de MoorWeigand'04], Protocols for Electronic Negotiation Systems [KerstenStreckerLaw'04], and the Generic Model [MathieuVerrons'02]. To find a suitable negotiation model for business networks we must first identify the criteria that it should fulfill. Based on the studies mentioned above we have derived the following criteria: Communication, documents, deontics and time. The next sections argue for the necessity of these criteria.

### **3.1 Communication**

The term communication is ambiguous. Communication takes place both on the business network level and on the communication network level but the meanings of the term in these contexts differ fundamentally. In the case of a communication network, communication is the central issue (hence the name). It consists primarily of an exchange of messages between inanimate agents, i.e. computers, IT systems or the like. On the other hand, communication in a business network consists of interaction between human beings (actors). Inanimate agents do not exhibit many of the qualities of human beings, such as conscience, responsibility, creativity and so on. This affects their ability to act as they cannot engage in social action, which requires

these capabilities. Negotiating a business contract is an example for a complex social process that involves social actions, e.g. making commitments.

Communication is the primary instrument for social interaction in general and for negotiation in particular. Negotiation consists basically of an exchange of messages between the negotiators. With these messages the negotiators create, modify and extend the contract, e.g. by making requests or commitments that ultimately lead to contractual obligations. It is therefore evident that a negotiation model for business network contracts must incorporate communication on a fundamental level. The importance of language for social action has been recognized early which led to the development of several theories, most notably Speech-Act Theory [Austin'62; Searle'69] and the Theory of Communicative Action [Habermas'84]. Many of the negotiation models that address the issue of communication are based on these theories.

### **3.2 Documents**

The result of negotiation is a contract, which is obviously a document. Contract and negotiation are duals of each other in the same way that document and communication are. They are so tightly interwoven that it is impossible to separate the one from the other. The contract is a negotiation cast into a document. A negotiation model must therefore provide some mechanism to derive the contract from the negotiation messages in a transparent and traceable way. But documents play an important role already during negotiation. Preliminary contracts (contract versions) are a record of the negotiations that have been made so far. In this sense documents are an embodiment of past communications. We need the contract versions to mark important achievements in contract development, to understand why the contract has developed in that particular way and to go back to an earlier version if something has gone wrong. As this holds for all types of contracts we can conclude that documents must form an integral part of the foundation of a negotiation model for business networks.

### **3.3 Deontics**

Deontic logic is concerned with reasoning about obligations and permissions. It has a direct bearing on negotiation as contracts are about determining obligations in exchange for granting permissions. For example, if Henry signs a contract about the sale of a car he enters into an obligation to pay a certain amount of money but in return he is granted the permission to take the car into his possession and to dispose of it in any way he wishes. Deontics trace the status of commitments during the course of a negotiation. As a rule an obligation arises only if all parties

agree on it. If Sally commits herself to do the shopping she is not yet under any obligation. Mike might, for example, make a counter-offer to do it for her. Only if Mike accepts Sally's commitment is she actually obliged to keep it. The same holds if Sally requests Mike to do the shopping, which he might simply deny. Only his agreement makes it an obligation. Keeping track of the deontic state is therefore important for any negotiation model, especially in the case of the complex negotiations involved in designing the business network.

### **3.4 Time**

Time restrictions are an issue for many business actions. Some actions are not allowed to start before a certain point in time, others must be finished before a deadline has expired. A particular action might be required to be performed precisely at a specific time or repeatedly in certain intervals. It is therefore necessary that time restrictions for future actions can be negotiated as they are an important characteristic of the actions. But time-related issues are not only relevant at the level of the business process but also concerning the negotiation process itself. The time order of messages is relevant for the negotiation and the establishments of obligations and there are time limits for the completion of the process. Our negotiation model should therefore offer a language that provides a concept of time.

## **4 Architecture of a Business Network**

[KöhneSchoopStaskiewicz'05] has performed an evaluation and comparison of 11 negotiation models with respect to 11 criteria among which the above mentioned criteria can also be found. The closest match to the requirements for a negotiation model is represented by DOC.COM [SchoopQuix'01] which fulfills three of the four criteria fully and one, deontics, at least partially. We have therefore chosen to adopt this model for the purpose of our study. As deontics is an important issue we have decided to add respective functionality to the negotiation system. But there is yet another problem that needs to be solved. The objective of DOC.COM is to represent a negotiation about the execution of a process instance, e.g. the delivery of a particular item on a particular date. But negotiations regarding the set-up and maintenance of a business network concern process types, e.g. the general business logic of order processing. The resulting contract is called a frame contract as it regulates the interaction among network members regarding a significant number of orders over time. To enable such negotiations we

have introduced a meta-layer into the negotiation language. Figure 1 shows the architecture of a system to set up and operate a business network.

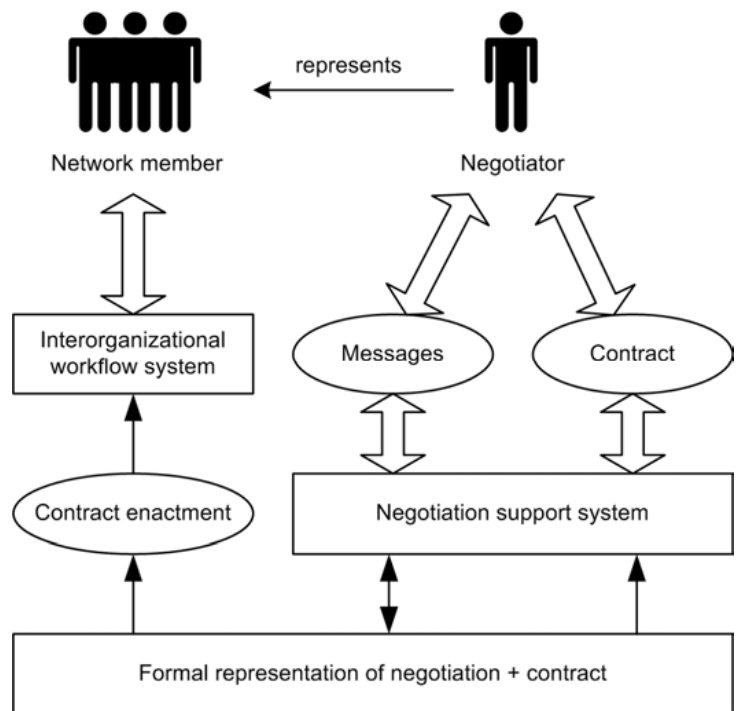


Figure 1: Architecture of a business network

A business network consists of a number of members. Each such member is typically an organization (i.e. a business) but could also be an individual who acts as an economic agent. Each member organization is represented by a negotiator who is entitled to carry out such negotiations and to sign a binding contract on behalf of the organization. This negotiator will interact with negotiators from the other members via a negotiation support system (NSS). The NSS consists of a message component and a contract component. The former handles both the translation of “human” negotiation messages into the formal representation in DOC.COM and the presentation of recorded formal negotiations in a human-readable form. The contract component stores the binding negotiations, which together make up the contract and which are also stored in DOC.COM, and represents this contract in a way that is similar to conventional, written contracts. The specific NSS for DOC.COM is called Negoisst [SchoopJertilaList'03]. The next section describes how negotiation and contract formation proceed.

The left part of Figure 1 shows how the operation of a business network is supported. We assume that the process of negotiation has led to a contract that deals with all relevant issues of the cooperation. This could be the negotiation of a completely new frame contract, i.e. the set-

up of a new business network. On the other hand the negotiation can also be about business network maintenance which involves adapting to the loss of members, incorporating new members, replacing parting members, reacting to changed requirements or the like. The contract under consideration will in any case be subject to enactment which yields a description of the interactions between the members in some kind of workflow language. The choice of this language depends on the workflow system that we choose to coordinate the workflow between members. In principal any workflow system can be used that allows for the implementation of the workflow patterns identified in [AalstHofstedeKiepuszewskiBarros'03]. Most commercial systems qualify if we allow for workarounds and coding but there is little native support for many of the advanced patterns. Only FLOWer supports directly or indirectly 16 of the 20 patterns. In a prototypical environment it can be useful to employ YAWL [AalstHofstede'05] that provides all patterns but one, together with the YAWL Engine. YAWL uses the same serialization language as the negotiation and contract language DOC.COM, i.e. XML. This facilitates enactment of the contract. YAWL makes also use of XQuery and XPath to extract data from XML input files and for generating XML output. This supports the integration with the enterprise application systems of the business network members, most of which can import and export in XML format. The resulting workflow system is run on a coordination server which can be seen as part of a communication network. An example of this is given in the section 4.3 based on a YAWL implementation. An overview and comparison of other languages for interorganizational workflows is given in [BernauerKappelKramlerRetschitzegger'03].

#### **4.1 From Negotiation to Enactment**

The previous section has described the general architecture of setting up and operating a business network. In this section we describe how the procedures in that architecture are performed and what the results look like. For this purpose we consider a simple negotiation, the corresponding part of the contract and the resulting workflow net (enactment) in some detail. This example represents only a very small part of the case and just serves to illustrate the way our approach works. The complete example is shown in the next section on a more general level.

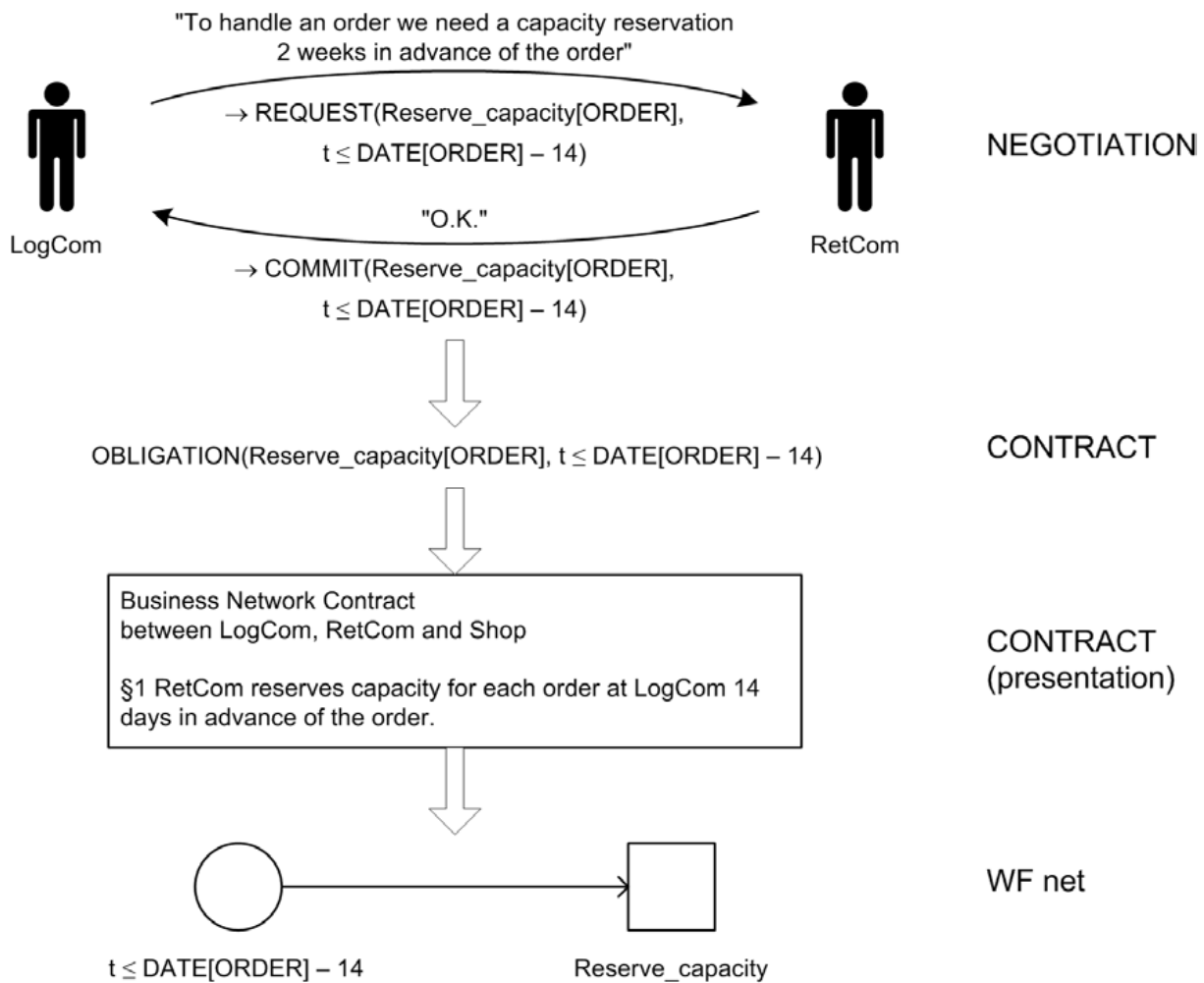


Figure 2: From negotiation to workflow net (example)

Our case involves three business partners: A retail chain in the home decoration industry (RetCom), the shops of this chain and a logistics company (LogCom). RetCom want that LogCom take over the delivery of orders for them. Figure 2 shows two steps in the respective negotiation between them. The representative from LogCom writes an email saying that they need a capacity reservation 2 weeks in advance of the order to be able to handle it. The negotiation support system helps with translating this request from the natural language to the internal, formal representation in DOC.COM:

$\text{REQUEST}(\text{Reserve\_capacity}[\text{ORDER}], t \leq \text{DATE}[\text{ORDER}] - 14)$

The keyword REQUEST indicates that LogCom would like to introduce a new action into their cooperation. The propositional content of this message tells us what that action is, namely the reservation of capacity for each order. The request also specifies a time restriction for this action, i.e. 14 days in advance of the order date. This message is stored in the message memory of the negotiation system so that it can be matched with RetCom's reaction to it. In this case

RetCom fully agree with the action that was suggested by LogCom by answering with “O.K.”. Again the NSS will help with translating this to the formal representation:

COMMIT (Reserve\_capacity[ORDER],  $t \leq \text{DATE}[\text{ORDER}] - 14$ )

The speech act COMMIT signals that RetCom agree to fulfil the request. A request that is followed by a commit with the same propositional content and restrictions leads to a binding obligation of the committing party towards the requesting party with respect to the content. An alternative reaction of RetCom could be:

COMMIT (Reserve\_capacity[ORDER],  $t \leq \text{DATE}[\text{ORDER}] - 7$ )

which would be interpreted as: “We agree to reserve capacity but we cannot do it earlier than one week in advance.” Such a speech act does not create an obligation but constitutes a counter-offer. An acceptance of this counter-offer by LogCom would then create an obligation concerning the modified terms. In our example the original request is granted and a respective obligation is inserted into the contract:

OBLIGATION (Reserve\_capacity[ORDER],  $t \leq \text{DATE}[\text{ORDER}] - 14$ )

The presentation component of the NSS can at any point in time display the contract that has been negotiated so far in a human-readable form (see Figure 2). In the final step the obligation is translated to a corresponding workflow.

In the case we have used an orchestration language (YAWL) for that purpose which allowed us to actually implement the coordination processes on a coordination server. The ultimate aim was for LogCom to operate this server and to offer this as an additional service. Another option, from a theoretical perspective, would be to use a choreography language (e.g. WS-CDL) and to decentralize the coordination so that each partner would be responsible for their respective part. In larger networks without any “central” node this is sometimes preferable, especially if the network is unstable. But often companies want to outsource this kind of information logistics in the same way they would outsource physical logistics.

## 4.2 Example

The example in the previous section was on a detailed level but covered only a small part of the case. Here we give a complete account of the case without the details concerning negotiation. We primarily focus on the “old” architecture of the retail network and the result of applying the procedure described in the previous sections with the aim of supporting network governance. We started our project with performing an analysis of the business processes between the companies we have already mentioned. These companies had already an established business

relationship that was based on a conventional frame contract. In the analysis we discovered the structure of the cooperation (see Figure 3) and a number of problems such as: broken interaction patterns, missing business rules, unclear communication structures, different contract interpretations and excessive interpersonal communication. As a consequence the parties were unsatisfied with the current situation.

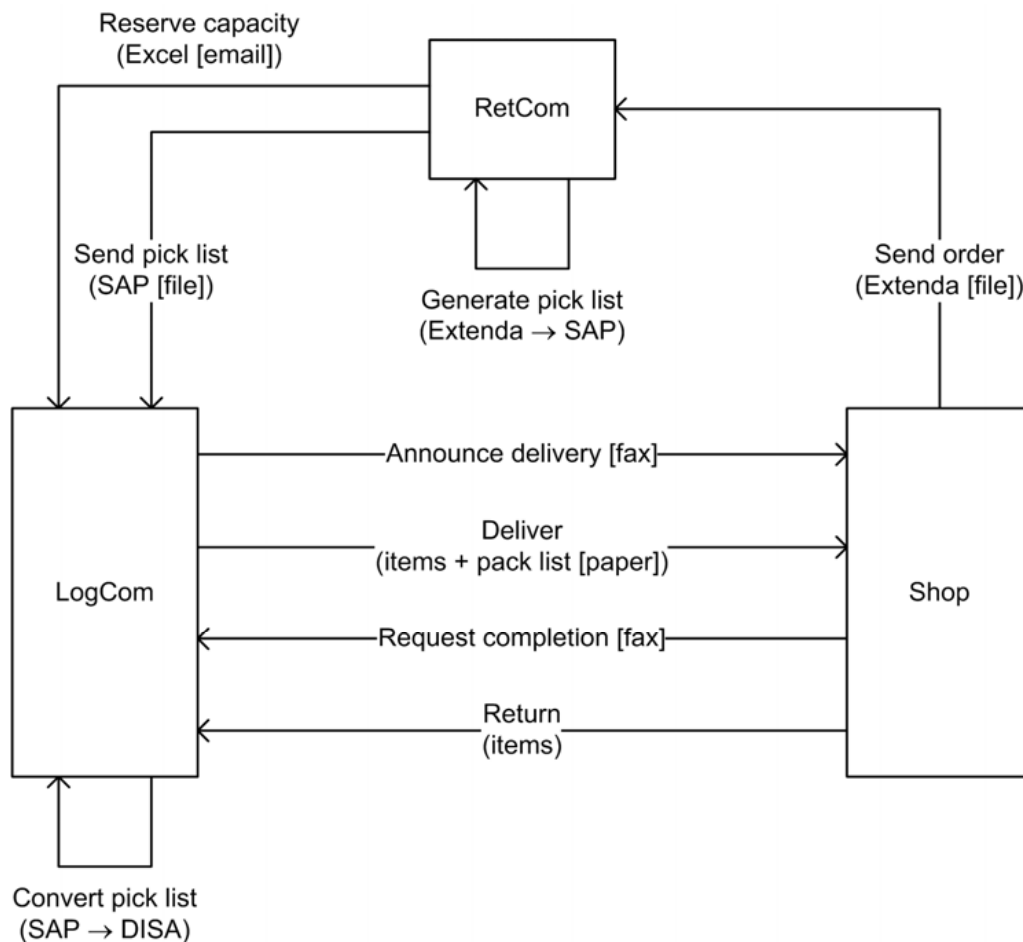


Figure 3: Original architecture of the network

To solve these problems we decided to support the coordination between the network members with the architecture introduced in section 4. We started with negotiating the formal contract. This was done in a seminar where the representatives of each organization were present and the seminar leader manually translated their requests and commitments into a formal representation according to the procedure described above. The reason for this is that the NSS does so far only support bilateral negotiations. We consider this as a technical restriction rather than a conceptual one and it should be possible to extend the NSS to multi-part negotiation. Enactment of the contract was done with the help of YAWL and the YAWL engine which was run on a



coordination server that connects all parties. The conversions between the involved formats (SAP, DISA, Extenda and Excel) have been performed with the help of XML Script and the X-Tract XML Script processor. This led to the architecture depicted in Figure 4.

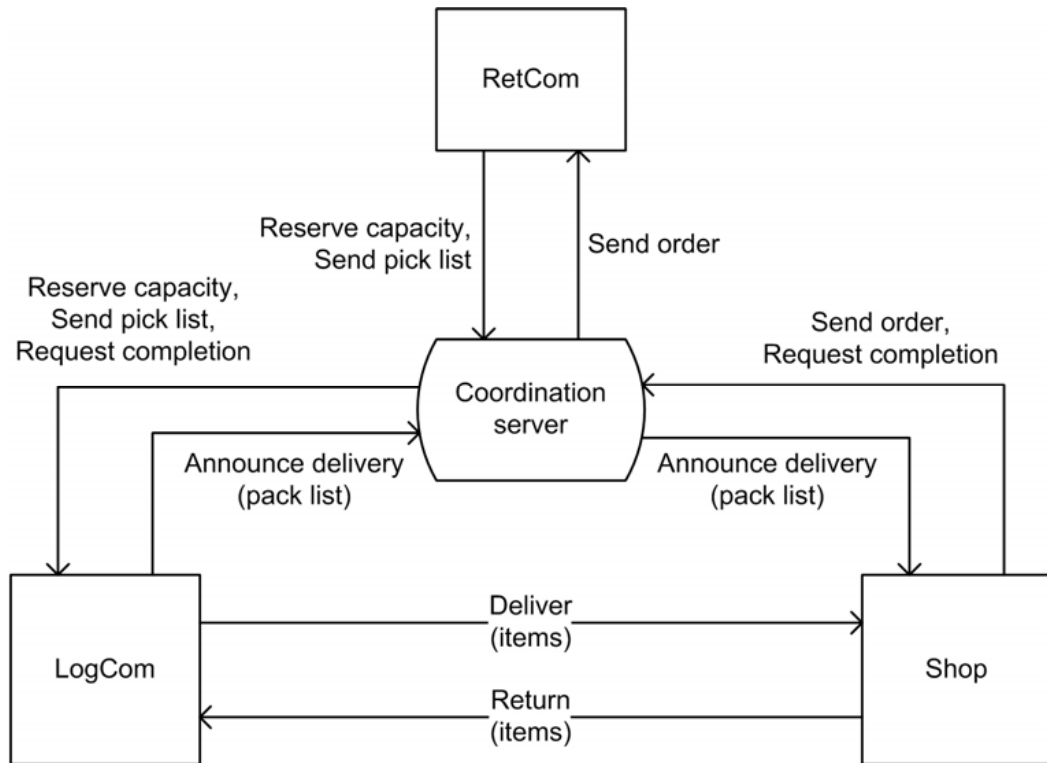


Figure 4: Revised architecture of the network

In the revised architecture each business network partner only exchanges messages with the coordination server. This reduces the complexity of the coordination considerably. The server takes care of forwarding messages to the right recipients, converting between formats, triggering time-controlled messages and so on. The business network architecture also offers ways to improve the efficiency of the communication. In our case, for example, the paper-based communication can be replaced by electronic messages, e.g. concerning the fax containing the pick list. The physical exchange between LogCom and the Shop can in this way be restricted to the exchange of the items themselves.

## 5 Conclusion

We started from the assumption that a business network consists of a group of businesses that collaborate on an equal footing and coordinate their interaction via a multi-part agreement. Based on relevant theories we identified a suitable type of contract, i.e. behavior-based, and suggested an architecture to negotiate and enact such a contract. Negotiation is a social process based on interaction between human actors, each of them possibly representing an organization. The nature of social systems and their processes requires that we select an approach that supports human communication as well as documents (as records of human or artefact activity), deontics (as states in the social world) and time. Based on these requirements we arrived at a language for expressing both the process of negotiation and its result, i.e. the contract. This language is DOC.COM. For the enactment of the contract we need an interorganizational workflow management system and a corresponding language. For this step we can so far not make a suitable suggestion as the commercial systems do not provide sufficient support for all required workflow patterns, and the research prototypes do not (yet) possess the maturity and stability required in real-life business applications. To show the feasibility of our approach, we have used it to set up and operate a prototypical business network.

## 6 References

[AalstHofstede'05]

*Aalst, W.M.P. van der; Hofstede, A.H.M. ter*: YAWL: Yet Another Workflow Language. In: *Information Systems* 30 (2005) 4, pp. 245-275.

[AalstHofstedeKiepuszewskiBarros'03]

*Aalst, W.M.P. van der; Hofstede, A.H.M. ter; Kiepuszewski, B.; Barros, A.P.*: Workflow Patterns. In: *Distributed and Parallel Databases* 14 (2003) 1, pp. 5-51.

[AlchianDemsetz'72]

*Alchian, A.A.; Demsetz, H.* : Production, information costs and economic organization. In: *American Economic Review* 62 (1972) 5, pp. 777-795.

[Austin'62]

*Austin, J. L.*: How to Do Things with Words. Oxford University Press, Oxford 1962.

[BernauerKappelKramlerRetschitzegger'03]

*Bernauer, M.; Kappel, G.; Kramler, G.; Retschitzegger, W.*: Specification of Interorganizational Workflows - A Comparison of Approaches. Paper presented at the 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2003), Orlando, FL, July 27-30, 2003.

[Bichler'00]

- Bichler, M.* : A Roadmap to Auction-based Negotiation Protocols for Electronic Commerce. Paper presented at the 33rd Hawaii International Conference on Systems Sciences, Hawaii, 2000.
- [ChiuCheungTill'03]
- Chiu, D. K. W.; Cheung, S. C. ; Till, S.*: A Three-Layer Architecture for E-Contract Enforcement in an E-Service Environment. Paper presented at the 36th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, 2003.
- [ClemonsReddiRow'93]
- Clemons, E.K.; Reddi, S.P.; Row, M.C.* : The Impact of Information Technology on the Organization of Economic Activity: The “Move to the Middle” Hypothesis. In: *Journal of Management Information Systems* 10 (1993) 2, pp. 9-35.
- [Coase'37]
- Coase, R.H.* : The nature of the firm. In: *Economica* 4 (1937), pp. 386-405.
- [de MoorWeigand'04]
- de Moor, A.; Weigand, H.*: Business Negotiation Support: Theory and Practice. In: *International Negotiation* 9 (2004) 1, pp. 31-57.
- [DignumCortés'01]
- Dignum, F.; Cortés, U.* (Eds.). (2001). *Agent-Mediated Electronic Commerce III*. Berlin: Springer.
- [GurbaxaniWhang'91]
- Gurbaxani, V.; Whang, S.* : The Impact of Information Systems on Organizations and Markets. In: *Communications of the ACM* 34 (1991) 1, pp. 59-73.
- [Habermas'84]
- Habermas, J.*: *The Theory of Communicative Action 1 - Reason and the Rationalization of Society*. Beacon Press, Boston 1984.
- [HollandLockett'97]
- Holland, C.P.; Lockett, A.G.* : Mixed Mode Network Structures: The Strategic Use of Electronic Communication by Organizations. In: *Organization Science* 8 (1997) 5, pp. 475-488.
- [JensenMeckling'76]
- Jensen, M.C.; Meckling, W.H.* : Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. In: *Journal of Financial Economics* 3 (1976), pp. 305-360.
- [KerstenStreckerLaw'04]
- Kersten, Gregory E.; Strecker, Stefan E.; Law, Ka Pong* Protocols for Electronic Negotiation Systems: Theoretical Foundations and Design Issues. In: *Bauknecht, K.; Bichler, M.; Pröll, B. (Eds.): E-Commerce and Web Technologies: Proceedings of the 5th International Conference, EC-Web 2004, Zaragoza, Spain, August 31-September 3, 2004*. Springer, Berlin 2004,
- [KleinCrawfordAlchian'78]
- Klein, B.; Crawford, R.; Alchian, A.* : Vertical integration, appropriable rents, and the competitive contracting process. In: *Journal of Law and Economics* 21 (1978), pp. 297-326.
- [KöhneSchoopStaskiewicz'05]
- Köhne, F.; Schoop, M.; Staskiewicz, D.*: A Meta Model for Electronic Negotiations - Comparison of existing approaches. In: *Tan, Y. H. (Ed.), Proceedings of the 12th Research Symposium on Emerging Electronic Markets (RSEEM 2005) “Governance of Electronic Markets”*. Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam 2005,
- [MaloneYatesBenjamin'87]

- Malone, T.W.; Yates, J.; Benjamin, R.I.* : Electronic Markets and Electronic Hierarchies. In: Communications of the ACM 30 (1987) 6, pp. 484-497.
- [MathieuVerrons'02]
- Mathieu, P.; Verrons, M.-H.*: A generic model for contract negotiation. Paper presented at the AISB'02 Symposium on Intelligent Agents in Virtual Markets, Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London, 2002.
- [Ross'73]
- Ross, S.*: The economic theory of agency: The principal's problem. In: American Economic Review 63 (1973) 2, pp. 134-139.
- [SchoopJertilaList'03]
- Schoop, M.; Jertila, A.; List, T.*: Negoisst: a negotiation support system for electronic business-to-business negotiations in e-commerce. In: Data & Knowledge Engineering 47 (2003) 3, pp. 371-401.
- [SchoopQuix'01]
- Schoop, M.; Quix, C.*: DOC.COM: a framework for effective negotiation support in electronic marketplaces. In: Computer Networks 37 (2001) 2, pp. 153-170.
- [Searle'69]
- Searle, J. R.*: Speech Acts - An Essay in the Philosophy of Language. Cambridge University Press, London 1969.
- [Ströbel'01]
- Ströbel, M.*: Design of Roles and Protocols for Electronic Negotiations. In: Electronic Commerce Research 1 (2001) 3, pp. 335 - 353.
- [StröbelWeinhardt'03]
- Ströbel, Michael ; Weinhardt, Christof* The Montreal Taxonomy for Electronic Negotiations. In: Group Decision and Negotiation 12 (2003) 2, pp. 143-164.
- [Williamson'75]
- Williamson, O.E.*: Markets and Hierarchies. Free Press, New York 1975.
- [Williamson'81]
- Williamson, O.E.*: The modern corporation: Origins, evolution, attributes. In: Journal of Economic Literature 19 (1981), pp. 1537-1568.
- [Williamson'85]
- Williamson, O.E.*: The Economic Institutions of Capitalism. Free Press, New York 1985.
- [Wilson'68]
- Wilson, R.*: The theory of syndicates. In: Econometrica 36 (1968), pp. 119-132.

# **Integration of Conceptual Process Models**

## **by the Example of Event-driven Process Chains**

Carlo Simon

Institut für Management  
Universität Koblenz-Landau  
56016 Koblenz, Deutschland  
simon@uni-koblenz.de

Jan Mendling

Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien  
Wirtschaftsuniversität Wien  
1090 Wien, Österreich  
jan.mendling@wu-wien.ac.at

### **Abstract**

It has become common place in business life that companies with related operations engage in a so-called merger in order to benefit from synergies or from combined products and services. In order to handle the complexity of such an endeavour, it is important to utilise a structured approach for finding similarities and contradictions in business process models of both partners. In this paper, we present a suitable procedure for this task. Furthermore, we demonstrate how to identify those specific activities within the overall business processes which must be adapted. In particular, we discuss how such integration can be conducted if the processes of both parties are modelled with Event-driven Process Chains, one of the most popular conceptual business process modelling languages. By the help of a running example we illustrate the join operator for the integration of these models and the interpretation of the result.

## 1 Introduction

It has become common place in business life that companies with related operations engage in a so-called merger in order to benefit from synergies or from combined products and services. The rationale behind such a merger is that the combination of both companies' operations is expected to result in lower total cost as for the sum of both and a wider range of capabilities. It is a prerequisite for the leveraging of these benefits that the operational infrastructure of the business processes of the merging partners is integrated. Since the complexity of such an endeavour is a considerable challenge, the enterprise model repositories of both companies play an important role to guide and structure this integration procedure.

Several perspectives have been proposed to document information systems of enterprises. The control flow perspective of the business process is the most important one mentioned e.g. by [ÖBH91, p. 173, Sch00, p. 41]. Other views are organisation, function and data in accordance with the St. Galler information system's architecture of Österle et al. [ÖBH91, p. 173]. Scheer extends this model by output and control within the architecture of integrated information systems (ARIS) [Sch00, p. 41]. Axenath et al. [AKR05, p. 6] add authorisation and authentication as well as assignment as further perspectives. These rather technical views on businesses may be extended by strategies as proposed by Frank [Fra94, p. 170] or Krcmar [Krc05, p. 43].

With respect to the integration of information models in case of a merger, there is extensive work reported in the database community on *view* and *schema integration of data models*. In the 1980s, Batini et al. [BLN86] provide a comparative analysis of schema integration methodologies. They distinguish *preintegration*, *comparing*, *conforming*, *merging*, and *restructuring* as schema integration activities. Several contributions focus on specific activities of this integration process. Rahm and Bernstein provide a survey on how matches across different schemas can be identified automatically [RB01]. Rizopoulos and McBrien discuss a hypergraph data model (HDM) with a set of semantic relationships to support the merge operation [RM05]. A comprehensive integration method is provided by [SS05].

While the integration of data models is a rather mature research discipline, surprisingly little work has been conducted on the integration of process models in theory and practice. Most of these contributions offer integration procedures on the level of Petri nets with only a few like [GRSS05a, GRSS05b] covering generic aspects. For this paper, we adopt the integration process for a conceptual process modelling language as presented in [MS06] since it provides a straight forward support for Event-driven Process Chains (EPCs). For further related work on

behaviour integration, we also refer to [MS06]. The approach which is presented in the following builds on general insights from database schema integration and integration operators that borrow ideas from the Semantic Process Language [Sim06]. Moreover, it focuses on the control flow aspect of business process models. The remainder of the paper is structured as follows. Section 2 gives a theoretical foundation of the process integration methodology applied in this paper. Section 3 provides a formal syntax definition of EPCs and introduces a running example of two procurement EPCs. Section 4 applies the integration process as defined in Section 2 to the two example EPCs. The paper closes with a conclusion in Section 5.

## 2 The Process Model Integration Process

The integration of two business process models needs to consider those parts of the processes that coincide or contradict each other. This bears the following challenges:

- If the business processes are described using different modelling languages, then a translation of these models into a unique representation must be made first. For this reason a *meta-model* or *concept-ontology* must be defined for each language, i.e. the source languages and the target language which, however, do not necessarily have to be different. Beside the syntactical concepts also semantics must be described and mapped to each other.
- A *domain ontology* is needed to identify those actions which can be used for the synchronisation of the business process models. Therefore, the domain ontology must describe the language of the various domain experts in order to match their views of the modeled field of application.
- A formal *integration operator* must be defined to join two process models into a single model which can then be used to advice mergers concerning their mutual adoption of business processes. For conceptual process models, only heuristics can be formulated for this task, since without a state semantic a formal equivalence relationship cannot be defined.

The purpose of an ontology for the development of information systems is to describe human (domain specific) language in such a way that it can be represented and processed by software [EGHS05, p. 204]. For the particular modelling problem discussed here we need such a formali-

sation of the domain which justifies each merge operation on event and function level. A possible representation of ontologies ranges from *unstructured* over *semi-structured* to *fully structured* [GFC04, p. 169]. An unstructured ontology is described in natural language, a semi-structured ontology in natural language which is restricted to a specific form, and a structured one is defined with the aid of a formal language which supports proofs concerning soundness and completeness.

In this paper, we use a semi-structured approach to define the domain ontologies of the examples focusing on two aspects: first, the purpose of each process function is described by natural language. Second, the relation to other functions within the process is taken down. While formal integration of (business) processes has been reported by Simon [Sim06] for a Semantic Process Language (SPL), for Petri nets in general by Best et al. [BDK01], and for Process Algebra [BPS01, Fok00], we define and apply a process model integration process that is especially tailored for conceptual business process modelling languages such as EPCs. We specify the merge operator on the level of the formal syntax of EPCs. In this way, we extend previous work on the integration of Petri nets (see e.g. [PCS01, Sim06]).

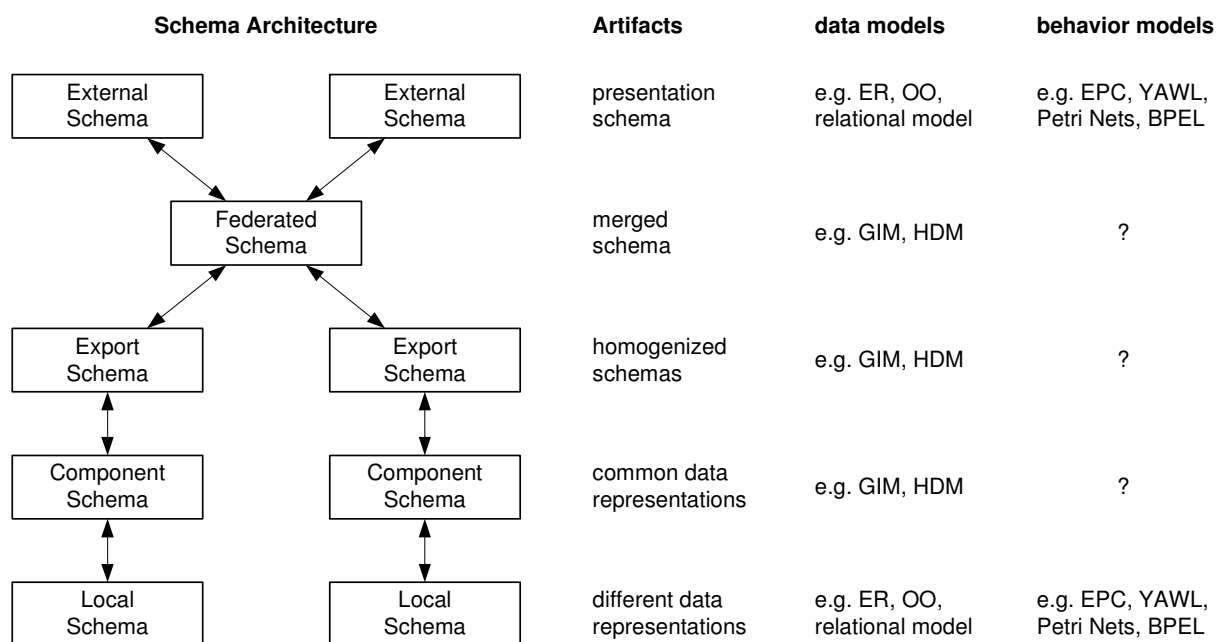


Fig. 1: Database Schema Integration and Process Model Integration [MPZ05]

In essence, the process model integration process can be specified analogously to the database schema integration process as defined in [SL90, SS05], compare Figure 1. While explaining the integration steps of the process model integration process, we give the terms from database integration according to [SL90] in brackets to establish the link. The process takes two process



models as input (“local schema”). These models might comply with two different business process modelling languages, e.g. one EPC and one BPEL model. In a first step, the models have to be mapped to a common business process modelling language that is utilised throughout the further integration. As a result, this yields the two models in the same language (“component schema”). In a second step, the elements of the process models have to be matched. In particular, potential homonyms and synonyms have to be analysed with special attention. The resulting models are called “export schemas” according to [SL90]. The third step represents the application of the merge operator and we achieve an integrated process model (called “federated schema” in [SL90]). Depending on user requirements, the integrated process model could be mapped to another process modelling language for presentation purposes (“external schema”). In this paper, we consider two business process models that are both modelled as EPCs. Therefore, we do not have to apply the mapping to a common process modelling language. Furthermore, we have to select the right variant of the merge operator: if the process models capture different views on the same business process, the integration is a kind of conjunction of the models (“integration by specialization” in [PCS01]). If the models represent process variants, the integration is a kind of disjunction (“integration by generalization” in [PCS01]). For a conjunction based integration of EPC business process models and further related work, refer to [MS06].

### **3 Event-driven Process Chains (EPCs)**

Event-driven Process Chains (EPCs) are a conceptual business process modelling language. EPCs capture the temporal and logical dependencies of activities of a business process [KNS92]. So called function type elements represent activities of a business process. Event type elements describe pre- and post-conditions of functions, and three kinds of connector types including AND, OR, and XOR. Control flow arcs are used to link these elements. Connectors have either multiple incoming and one outgoing arc (join connectors) or one incoming and multiple outgoing arcs (split connectors). As a syntax rule, functions and events have to alternate, either directly or indirectly when they are linked via one or more connectors. The syntax of EPCs can be formally defined as follows (cf. [MS06]):

*Notation 1 (Predecessor and Successor Nodes)* Let  $N$  be a set of nodes and  $A \subseteq N \times N$  a binary relation over  $N$  defining the arcs. For each node  $n \in N$ , we define the set of *predecessor nodes*  $\bullet n = \{x \in N \mid (x, n) \in A\}$ , and the set of *successor nodes*  $n \bullet = \{x \in N \mid (n, x) \in A\}$ .

*Definition 1 (EPC)* An EPC =  $(E, F, C, l, A)$  consists of three pair wise disjoint sets  $E, F, C$  of nodes, a mapping  $l: C \rightarrow \{\text{AND, OR, XOR}\}$ , and a binary relation  $A \subseteq (E \cup F \cup C) \times (E \cup F \cup C)$  such that

- $|\bullet e| \leq 1$  and  $|e \bullet| \leq 1$  for each  $e \in E$ . An element of  $E$  is called *event*.
- $|\bullet f| = 1$  and  $|f \bullet| = 1$  for each  $f \in F$ . An element of  $F$  is called *function*.
- Either  $|\bullet c| = 1$  and  $|c \bullet| > 1$  or  $|\bullet c| > 1$  and  $|c \bullet| = 1$  for each  $c \in C$ . An element of  $C$  is called *connector*.
- The mapping  $l$  specifies the *type of a connector*  $c \in C$  as AND, OR, or XOR.
- $A$  defines the control flow as a coherent, directed graph. An element of  $A$  is called *arc*.

We define the semantics of the different EPC connector types in an informal manner since we only consider the structure of an EPC in the integration process. For an overview of formalisation approaches refer to [Ki06]. An AND split activates all subsequent branches in concurrency while the XOR split activates one of the subsequent branches. The OR split triggers at least one and at most all of multiple branches. The AND join synchronises all incoming branches, then it activates the subsequent EPC element. The OR join synchronises all active branches. This feature has been debated as non-local semantics (see e.g. [Ki06]). The XOR split has also non-local semantics. Either there is one input branch active (which is the expected case) and it activates the subsequent EPC element, or there are multiple branches active and it blocks.

In the remainder of this section, we discuss two example EPCs that both represent a standard procurement process. The labels of the second EPC were translated from German. The first procurement process considered here is taken from [Roh96, p.49]. The start event represents the readiness to calculate procurement requirements on base of a master requirements plan and inventory data. The corresponding calculations are repeated until all open items are handled. Afterwards, these calculated net requirement orders are taken to generate and release an order and the actual procurement is conducted. Figure 2 shows the EPC model of this procurement process.

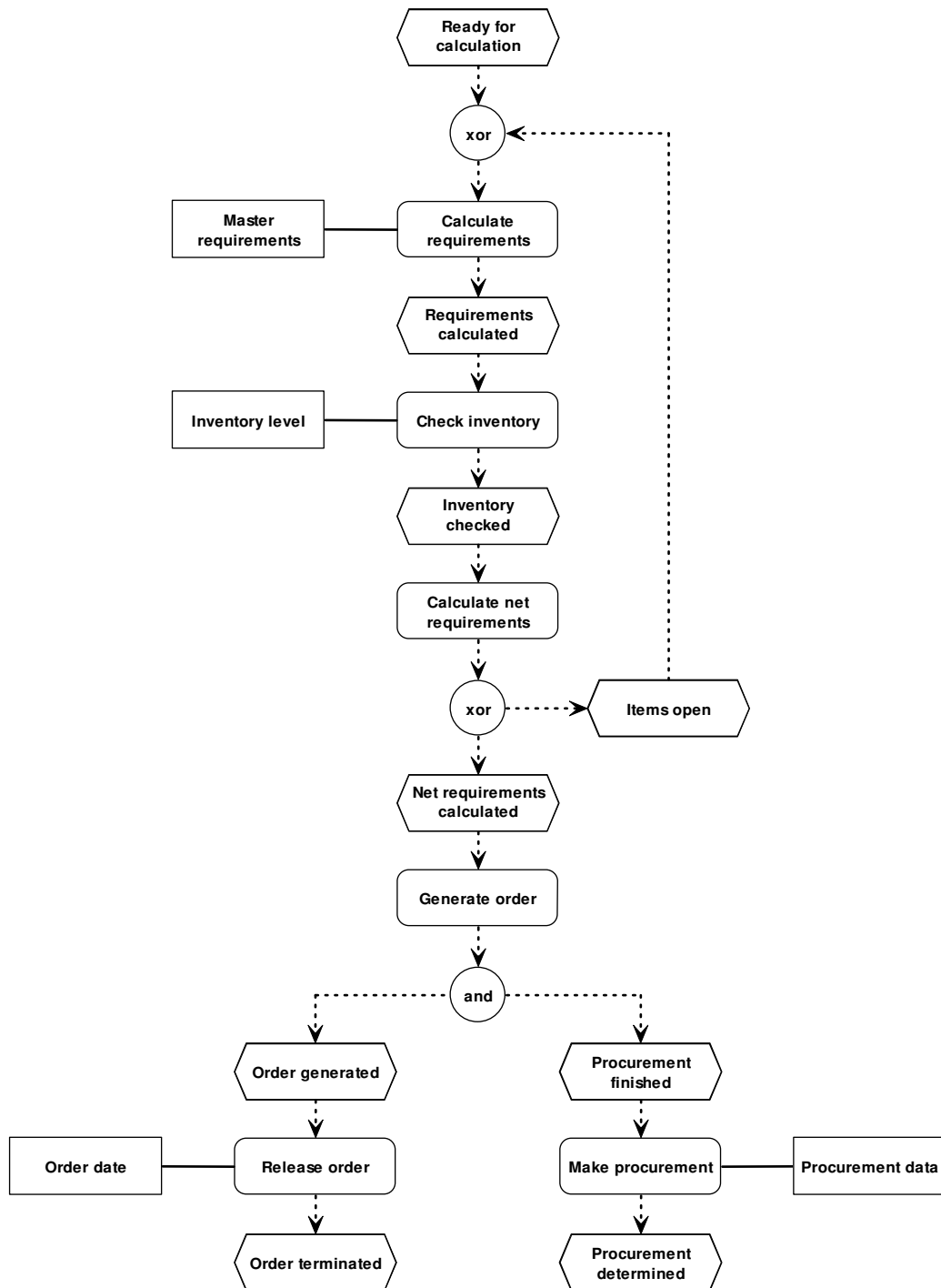


Fig. 2: Procurement process in adoption of [Roh96, p. 49]

The second procurement process is taken from [BS96, p. 65]. A fund manager starts a procurement process on behalf of a recognised demand with stocktaking of the requested products in the warehouse or in sourced out third-party warehouses. On base of the currently available amount of goods the purchase order quantity is calculated and an order is initiated which increases the warehouses. Figure 3 depicts this business process in a diagram.

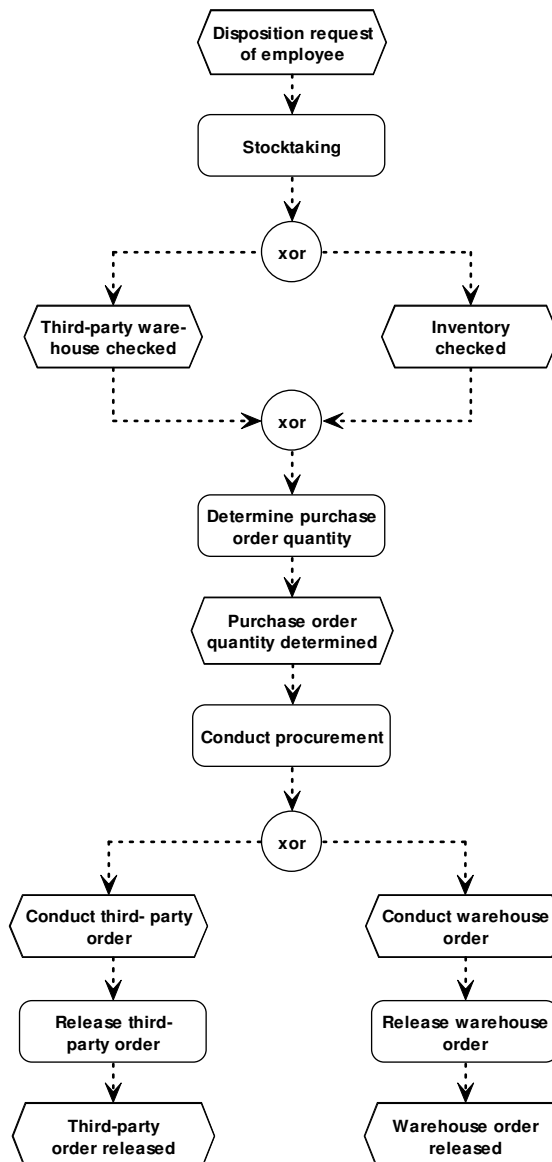


Fig. 3: Procurement process in adoption of [BS96, p. 65]

#### 4 Merging EPCs based on Process Model Integration

Since both models are developed as EPCs, a concept ontology is not needed for an integration if this operation can be applied immediately to the EPC models. In the subsequent section the theoretical foundations will be laid for this and the integration operator is applied to the examples.

Domain ontologies for the examples must explain all used functions and events. As an input for their specification, we utilise both the (narrative) description of the functions in the EPC models

and their sequence relation to other functions. These facts provide adequate information to draw conclusions concerning the similarity of functions in different models. The events of the models play a subordinate role within these examples since they primarily describe intrinsic states of the process progress which can also be derived from the functions and the sequence in which they occur.

Table 1 shows the domain ontology for the model of Rohloff in tabular form explaining the functions and relates them to their predecessor and successor functions.

<b>Action</b>	<b>Predecessor</b>	<b>Successor</b>	<b>Description</b>
<i>Calculate requirements</i>		<i>Check inventory</i> or <i>Calculate net requirements</i>	Determine the need
<i>Check inventory</i>	<i>Calculate requirements</i>	<i>Calculate net requirements</i>	Check current stock amount
<i>Calculate net requirements</i>	<i>Check inventory</i>	<i>Release order</i> and <i>Make procurement</i>	Calculate procurement amount
<i>Generate order</i>	<i>Calculate net requirements</i>		Formulate request
<i>Release orders</i>	<i>Generate order</i>		Distribute order
<i>Make procurement</i>	<i>Generate order</i>		Control procurement

Tab. 1: Domain ontology for the functions in the model of Rohloff

Tabular 2 shows the domain ontology of Becker and Schütte in a similar format. Both representations are used to compare the domain ontologies and to find similarities.

The first function in the model of Rohloff is the calculation of requirements while in the model of Becker and Schütte the process starts with stocktaking followed by determining the purchase order quantity. This indicates that the required amount of goods must have been calculated before a process described by Becker and Schütte starts. And indeed, processes of Becker and Schütte start with an event *Disposition request of employee* which indicates that the demand has already been calculated. It is therefore not possible to identify an analogue function for *Calculate requirements* in the second model.

<b>Action</b>	<b>Predecessor</b>	<b>Successor</b>	<b>Description</b>
<i>Stocktaking</i>		<i>Determine purchase order quantity</i>	Determine current inventory
<i>Determine purchase order quantity</i>	<i>Stocktaking</i>	<i>Conduct procurement</i>	Determine required quantities
<i>Conduct procurement</i>	<i>Determine purchase order quantity</i>	<i>Release third-party order or Release warehouse order</i>	Generate order
<i>Release third-party order</i>	<i>Conduct procurement</i>		Order for external warehouse
<i>Release warehouse order</i>	<i>Conduct procurement</i>		Order for internal warehouse

Tab. 2: Domain ontology for the functions in the model of Becker and Schütte

The next function in the model of Rohloff is *Check inventory* which can be seen as similar to *Stocktaking* due to their descriptions. A difference between these two functions can only be observed, if the following events are considered. Becker and Schütte explicitly distinguish between internal and external warehouses while such a differentiation cannot be identified in the description of Rohloff. Despite of this distinction, both functions in principle describe the same kind of activity.

The next following function in the model of Rohloff is *Calculate net requirements* and in the model of Becker and Schütte *Determine purchase order quantities*. Both functions can be seen as similar due to their description. For the same reasons, also *Generate order* and *Conduct procurement* are diagnosed as similar.

At the end of the procurement process of Rohloff, two functions occur (*Release order* and *Make procurement*) while the process of Becker and Schütte ends with an alternative (between *Release third-party order* and *Release warehouse order*). This differentiation results from the two different warehouses (internal and external) and does not occur in the model of Rohloff. It can therefore be concluded that these two functions are specialisations of *Release order*.

## 5 Integration of the EPC Models

In this section, a heuristic is developed for the join of EPC models such that the resulting model represents the intersection of the processes of the input models. Due to the absence of a formal state semantics, it cannot be proved that this is formally true like in the Semantic Process Language. Nonetheless, we provide evidence for the usefulness of the chosen definition by explaining the outcome of each integration step. We then apply the heuristic to our example.

Since it is the goal of a merger to integrate the former individual views into a single one, the following join operator is conceptualised as a conjunction of models. The resulting EPC in principle describes the intersection of the input schemas.

*Definition 2 (Joined EPC)* Let  $EPC_1 = (E_1, F_1, C_1, I_1, A_1)$  and  $EPC_2 = (E_2, F_2, C_2, I_2, A_2)$  be two EPCs. The *Joined Event-driven Process Chain*  $EPC_J = (E_J, F_J, C_J, I_J, A_J)$  – the conjunction of  $EPC_1$  and  $EPC_2$  – is defined in three consecutive steps as follows:

1. Basically, the elements of  $EPC_1$  and  $EPC_2$  are combined in a single diagram:

$$E_J'' := E_1 \cup E_2 \quad \text{and} \quad F_J'' := F_1 \cup F_2,$$

$$C_J'' := C_1 \cup C_2 \quad \text{and} \quad I_J'' := I_1 \cup I_2,$$

$$A_J'' := A_1 \cup A_2$$

2. Each pair  $(e_1, e_2)$  of similar event elements  $e_1 \in E_1$  and  $e_2 \in E_2$  describing the same real-world events is fused into a single one. Former incoming and outgoing control flow arcs are synchronised with the aid of two new connectors  $c_{split}$  and  $c_{join}$ :

$$E_J' := E_J'' - \{e_2\} \quad \text{and} \quad F_J' := F_J''$$

$$C_J' := C_J'' \cup \{c_{split}, c_{join}\}$$

$$I_J' := I_J'' \cup \{(c_{split}, \text{and}), (c_{join}, \text{and})\} \text{ and}$$

$$\forall x_1 \in \bullet e_1, \forall x_2 \in \bullet e_2, \forall y_1 \in \bullet e_1, \forall y_2 \in \bullet e_2:$$

$$A_J' := A_J'' - \{(x_1, e_1), (x_2, e_2), (e_1, y_1), (e_2, y_2)\} \cup$$

$$\{(x_1, c_{join}), (x_2, c_{join}), (c_{join}, e_1), (e_1, c_{split}), (c_{split}, y_1), (c_{split}, y_2)\}$$

Incomplete tuples due to missing predecessor or successor nodes are omitted.

The result of this operation is that each merged event occurs after all its successor functions and that it triggers all subsequent functions.

3. Each pair  $(f_1, f_2)$  of similar function elements  $f_1 \in F_1$  and  $f_2 \in F_2$  describing the same real-world events is fused into a single one. Former incoming and outgoing control flow arcs are synchronised with the aid of two new connectors  $c_{split}$  and  $c_{join}$ :

$$E_J := E_J' \quad \text{and} \quad F_J := F_J' - \{f_2\}$$

$$C_J := C_J' \cup \{c_{split}, c_{join}\}$$

$$I_J := I_J' \cup \{(c_{split}, \text{and}), (c_{join}, \text{and})\} \text{ and}$$

$$\forall x_1 \in \bullet f_1, \forall x_2 \in \bullet f_2, \forall y_1 \in \bullet f_1, \forall y_2 \in \bullet f_2:$$

$$A_J := A_J' - \{(x_1, f_1), (x_2, f_2), (f_1, y_1), (f_2, y_2)\} \cup$$

$$\{(x_1, c_{join}), (x_2, c_{join}), (c_{join}, f_1), (f_1, c_{split}), (c_{split}, y_1), (c_{split}, y_2)\}$$

Incomplete tuples due to missing predecessor or successor nodes are omitted.

The result of this operation is that each merged function is only executed if all its successor events have occurred and that it activates all possible follower events.

The first step results in a single EPC model which contains both input EPCs without any connections between them. The second step joins events. Most of the functions have similar events according to the fact that they only describe internal states of the processes. Similarity can be assumed between those events for which a similarity has been identified concerning their adjacent functions (*Requirements calculated* and *Disposition request of employee* as well as for *Net requirements calculated* and *Purchase order quantity determined*). The joined events are labelled using the terminology of Rohloff. Figure 4 exemplarily depicts the join of *Net requirements calculated* and *Purchase order quantity determined*.

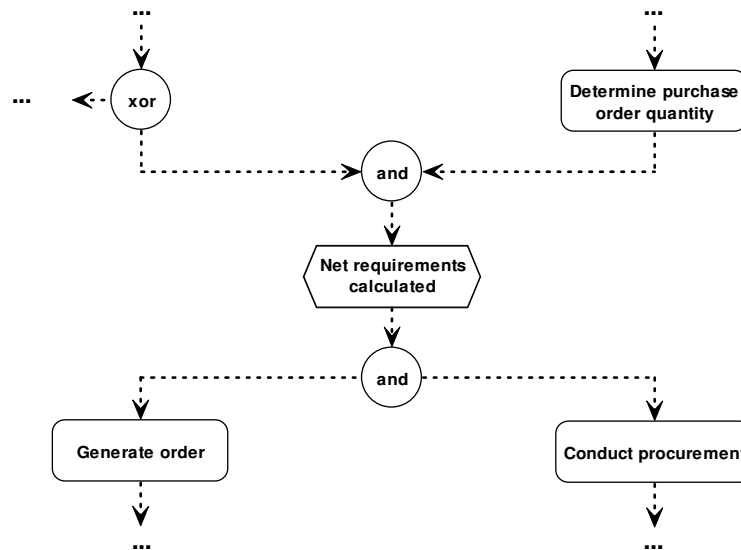


Fig. 4: Result of joining two events



Moreover, *Inventory checked* of Rohloff can be seen as a generalisation of *Third-party warehouse checked* and *Inventory checked* of Becker/Schütte. These events may be joined as well and the resulting events are labelled using the more specific terminology of Becker/Schütte. Definition 2, however, only provides means to join one event of the first EPC with one event of the other. If more than one join makes sense (due to a generalisation/specialisation relationship) each of the specialised joined functions must be enabled with respect to the preceding functions in the more general model i.e., further OR-connectors have to be added. The corresponding formal graph transformation operation can be specified similar to the previously defined operations.

The join of functions uses the ontologies defined in the previous section. Although *Check inventory* and *Stocktaking* are in principle identical, the latter one takes into account the existence of different warehouses which means that this term is a specialisation of *Check inventory*. The joined function is therefore labelled *Stocktaking*. Concerning the in each model following two functions, the join result is labelled using the terminology of Rohloff.

Also concerning the functions a generalisation/specialisation relationship can be observed. The corresponding functions can be merged with the same operation described for events already, i.e. by adding additional OR-connectors.

In the joined model, we observe an inflation of connector symbols. Many of them can be omitted since they are redundant or because they only have one incoming and outgoing arc. Figure 5 shows the resulting Joined EPC of the input schemas.

The resulting EPC model can be interpreted as follows: in the joined model, we still find valid processes. Consequently, a merge is possible. Nonetheless, also deadlocks can be observed at the end of the process. These deadlocks result from the differentiation of warehouse types made in one model but not in the other. A deadlock, however, does not represent a weakness of the presented approach. In contrary, such contradictions are typical for mergers. They help to find those parts of businesses which need to be restructured and where operations have to be aligned.

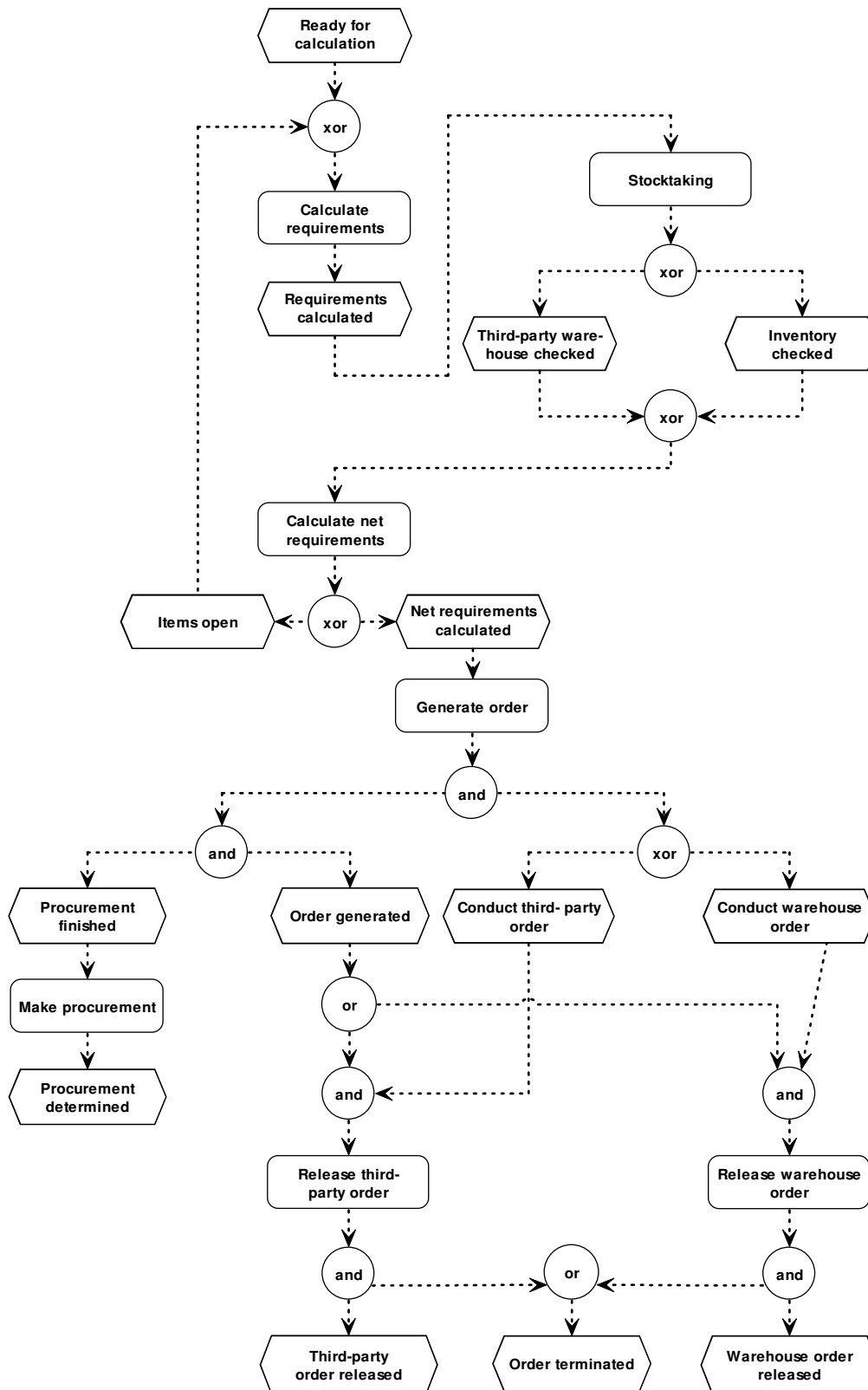


Fig. 5: Joined EPC of Rohloff and Becker/Schütte

## 6 Conclusion

Support for the conceptual integration of business process models is a key requirement for combining business processes in a merger scenario. Within this paper, we introduce a novel integration operator for conceptual process models (in particular EPCs). We follow an integration process which is adapted from database integration. Within this integration process, a merge operator specific for conceptual business process models is used to combine the models. In order to demonstrate the feasibility of our integration approach, we integrate two reference procurement processes taken from literature. Moreover, the actual merge ontologies are formulated building on the structure of the input EPCs.

The resulting EPC demonstrates that – although the input EPCs have some similarities – in this merger scenario a partial restructuring of the processes would be necessary. The method guides to these critical subsequences and detects those parts of the process models that differ. Since the method is applied immediately to the EPC input models, in opposite to former work [SM06] which required an intermediary transformation into Petri nets, the presented approach takes both into account, functions and events.

The integration operator that we use results in a conjunction of the input schemas. From database integration, also scenarios are known where the result equals a disjunction. The usefulness of a transfer of this integration type to process models will be considered in future research. Furthermore, we aim to provide tool support for the integration process. Beyond that, the process view is only one of many perspectives on information systems of a company. Future work will have to combine the data and the process integration into a multi-perspective integration approach.

## References

- [Aal05] Aalst, van der, W. M. P.: Pi calculus versus Petri nets: Let us eat “humble pie” rather than further inflate the “Pi hype”. *BPTrends*, 3(5), 2005, pp. 1-11
- [AKR05] Axenath, B.; Kindler, E.; Rubin, V.: *The Aspects of Business Processes: An Open and Formalism Independent Ontology*. Fachberichte Informatik tr-ri-05-256, Universität Paderborn.

- [BDK01] Best, E.; Devillers, R.; Koutny, M.: Petri net Algebra. In: Brauer, W.; Rozenberg, G.; Salomaa, A. (Edt.): EATCS, Monographs in Theoretical Computer Science, Springer, Berlin, 2001
- [BLN86] Batini, C.; Lenzerine, M.; Navathe, S. B.: A Comparative Analysis of Methodologies for Database Schema Integration. ACM Computing Surveys, 18(4), 1986, pp. 323-364
- [BPS01] Bergstra, J. A.; Ponse, A.; Smolka, A. (Edt.): Handbook of Process Algebra, Elsevier, Amsterdam, 2001
- [BS96] Becker, J.; Schütte, R.: Handelsinformationssysteme, Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 1996
- [EGHS05] Elzenheimer, M.; Grollius, T.; Heinemann, E.; Sternhuber, J.: Vergleichende Buchbesprechung: Ontologien. Wirtschaftsinformatik, 47(4), 2005, pp. 298-309
- [Fok00] Fokkink, W.: Introduction to Process Algebra. Springer, Berlin, 2000
- [Fra94] Frank, U.: Multiperspektivische Unternehmensmodellierung. Theoretischer Hintergrund und Entwurf einer objektorientierten Entwicklungsumgebung. Oldenbourg Verlag, München, 1994
- [GFC04] Gómez-Pérez, A.; Fernández-López, M.; Corcho, O.: Ontological Engineering. Springer, Berlin, 2004
- [GRSS05a] Georg Grossmann, Yikai Ren, Michael Schrefl, and Markus Stumptner. Behavior Based Integration of Composite Business Processes. In 3rd International Conference on Business Process Management, BPM 2005, September 5-8 2005. LNCS(3649/2005), pages 186-204, Springer-Verlag.
- [GRSS05b] Georg Grossmann, Yikai Ren, Michael Schrefl, and Markus Stumptner. Definition of Business Process Integration Operators for Generalization. In 7th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2005, May 24-28 2005.

- [Ki06] Kindler, E.: On the semantics of EPCs: Resolving the vicious circle. *Data & Knowledge Engineering*, Volume 56, Number 1, January 2006, pages 23-40
- [KNS92] G. Keller, M. Nüttgens, and A. W. Scheer. *Semantische Prozessmodellierung auf der Grundlage Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK)*". Heft 89, Institut für Wirtschaftsinformatik, Saarbrücken, Germany, 1992
- [Krc05] Krcmar, H.: *Informationsmanagement* (4. ed.). Springer, Berlin, 2005
- [MPZ05] J. Mendling, C. Pérez de Laborda, U. Zdun: Towards an Integrated BPM Schema: Control Flow Heterogeneity of PNML and BPEL4WS. In: K.-D. Althoff, A. Dengel, R. Bergmann, M. Nick, T. Roth-Berghofer, eds.: *Post-Proceedings of (WM 2005)*, *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 3782, Kaiserslautern, Germany, pages 570–579, 2005.
- [MS06] Mendling, J.; Simon, C.: *Business Process Design by View Integration*. In: Dustdar, S.; Eder, J.: *BPM 2006 Workshops Proceedings*. *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Springer 2006
- [PCS01] Preuner, G.; Conrad, S.; Schrefl, M.: View integration of behavior in object-oriented databases. *Data Knowl. Eng.* 36(2), 2001, pp. 153-183
- [ÖBH91] Österle, H.; Brenner, W.; Hilbers, K.: *Unternehmensführung und Informationssysteme: Der Ansatz des St. Galler Informationssystem-Managements*. Teubner, Stuttgart, 2001
- [RB01] Rahm, E.; Bernstein, P. A.: A Survey of Approaches to Automatic Schema Matching. *VLDB Journal*, 10(4), 2001, pp. 334-350
- [RM05] Rizopoulos, N.; McBrien, P.: A General Approach to the Generation of Conceptual Model Transformations. In: Pastor, O.; e Cunha, J. F. (Ed.): *Proceedings: Advanced Information Systems Engineering*. 17<sup>th</sup> International Conference CAiSE 2005, *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 3520, Porto, Portugal, Springer 2005, pp. 326-341

- [Roh9605] Rohloff, M.: Reference Model and Object Oriented Approach for Business Process Design and Workflow Management. In: Proceedings: Information Systems Conference of New Zealand, 1996, pp. 43-52
- [Sch00] Scheer, A.-W.: ARIS – Business Process Modeling (3rd. edt). Springer, Berlin, 2000
- [Sim06] Simon, C.: Integration of Planning and Production Processes. In: Mathmod 2006, Special Session Petrinets: Current Research Topics and their Application in Traffic Safety and Automation Engineering, Wien, Austria, 2006
- [SL90] Sheth, A.P.; Larson, J.A.: Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases. *ACM Comput. Surv.* 22(3), 1990, pp. 183-236
- [SM06] Simon, C., Mendling, J.: Verification of Forbidden Behavior in EPCs. In: Mayr, H. C.; Breu, R.: *Modellierung 2006. Lecture Notes in Informatics (LNI P-82)*, Innsbruck, Austria, 2006, pp. 233-242
- [SS05] Schmitt, I.; Saake, G.: A Comprehensive Database Schema Integration Method Based on the Theory of Formal Concepts. *Acta Informatica*, 41(7-8), 2005, pp. 475-524

# Realisierungsformen des Geschäftsprozessmanagements

## Eine explorative Klassifikationsanalyse

Tobias Bucher, Robert Winter

Institut für Wirtschaftsinformatik

Universität St. Gallen

CH-9000 St. Gallen

{tobias.bucher, robert.winter}@unisg.ch

### Abstract

Das Konzept des Geschäftsprozessmanagements (Business Process Management, BPM) lässt sich nicht auf einen einzigen, allgemeingültigen und in jeder Situation anwendbaren Ansatz zurückführen. Deshalb werden im vorliegenden Beitrag die Ergebnisse einer explorativen Analyse bezüglich der Art und Weise, wie Unternehmen das prozessorientierte Managementkonzept adaptieren, vorgestellt. Dabei werden vier Gestaltungsfaktoren des BPM abgeleitet: das Ausmaß der Performance-Messung, die Professionalisierung des BPM, der Einfluss der Prozessverantwortlichen und die Nutzung etablierter Standards und Methoden. Auf dieser Grundlage wird eine Clusteranalyse durchgeführt, die der Identifikation von vier disjunkten Realisierungsformen des BPM dient. Diese Ansätze lassen sich gemäß den drei Beschreibungsdimensionen Reifegrad, Gestaltungstyp und zugemessene Bedeutung in eine BPM-Typologie-Matrix einordnen.

## 1 Einführung und Grundlagen

Um Wettbewerbsvorteile zu erlangen oder zu bewahren, investieren Unternehmen viel Zeit und Aufwand in die Entwicklung wohldefinierter Geschäftsprozesse, die effizient und flexibel zugleich sind [SmFi02]. Insbesondere seit dem Paradigmenwechsel der späten 1980er Jahre setzen Unternehmen auf prozessorientiertes Management, um den Ineffizienzen und der mangelnden Agilität des traditionellen, funktionalen Managements entgegenzuwirken [DeMc97]. In den vergangenen beiden Dekaden wurde die prozessorientierte Organisation hauptsächlich in

Zusammenhang mit den Konzepten *Business Process Management (BPM)*, *Business Process Reengineering*, *Total Quality Management* und verwandten Ansätzen diskutiert. Der Erörterung dieser Managementansätze wurde in der betrieblichen Praxis ebenso wie in der wissenschaftlichen Literatur große Beachtung geschenkt, und die Überlegenheit des prozessorientierten Managements ist mittlerweile unbestritten.

In diesem Zusammenhang ist die Erkenntnis, dass das Konzept des Geschäftsprozessmanagements nicht auf einen einzigen, allgemeingültigen und in jeder Situation anwendbaren Ansatz zurückzuführen ist, von elementarer Bedeutung. Es ist nicht zu erwarten, dass ein einziger BPM-Ansatz Lösungen für alle erdenklichen Einsatzszenarien bietet. Eine Reihe von Autoren argumentieren, dass die Entwicklung hin zu unternehmerischer Exzellenz durch prozessorientiertes Management in verschiedenen Stadien verläuft, und dass beinahe jedes Unternehmen eigene Vorgehensweisen und Realisierungsformen entwickelt [ArPM99; BBMS04; HoFu94]. Basierend auf Erfahrungen von Unternehmen mit reifem BPM betonen bspw. ARMISTEAD ET AL. [ArPM99]: “[T]he story of the practical use of business process management in different organizations is one of diversity and of effective outcomes.”

Diese situationsbezogenen Aspekte des BPM sind jedoch weitgehend unerforscht. Bevor systematische, methodische Handlungsempfehlungen zur Implementierung und Weiterentwicklung von BPM gegeben werden können, müssen zunächst fundierte Kenntnisse über die bestehenden BPM-Ansätze gewonnen werden. Hierzu werden BPM-Ansätze zunächst in vorzugsweise homogene Klassen eingeteilt. Diese werden benötigt, um generische Methoden der Entwicklung und Gestaltung von Informations- und Geschäftssystemen so zu adaptieren, dass diese auf die spezifischen BPM-Entwicklungssituationen anwendbar sind.

Der Prozess der Konstruktion und der Adaption generischer Methoden, Techniken und Tools bezüglich einer bestimmten Entwicklungssituation wird unter dem Begriff *Methoden-Engineering* subsumiert [Brin96; Harm97]. Die Adaption solcher generischer Artefakte kann einerseits erreicht werden, indem ein Ausgangsartefakt vor dem Hintergrund einer spezifischen Entwicklungssituation angepasst wird [KaÅg04], oder indem Artefaktfragmente zu einer neuen situationsspezifischen Methode komponiert werden [BrSH98; PuLe96]. Unabhängig davon, welcher Adaptionstyp eingesetzt wird, ist die Identifikation und genaue Beschreibung der Charakteristika von Entwicklungssituationen [BuKl06], in denen die Methode eingesetzt werden soll, unerlässlich. Die Klassifikation der BPM-Realisierungsformen, die im vorliegenden Bei-



trag vorgestellt wird, kann bei der Konfiguration bzw. Komposition von Methoden mit BPM-Bezug als Ausgangspunkt für die Analyse der Situationscharakteristika dienen.

Der vorliegende Beitrag gliedert sich wie folgt: Zunächst gibt Abschnitt 2 einen Überblick über den Stand der Forschung im Bereich Geschäftsprozessmanagement unter besonderer Berücksichtigung von methodischen Ansätzen und Rahmenmodellen für das BPM. Trotz umfangreicher Forschungsaktivitäten im Umfeld des BPM sind Fragestellungen bezüglich der Gestaltungsfaktoren des BPM, der Abfolge der Adaption des BPM-Konzepts sowie der resultierenden BPM-Realisierungsformen bislang weitestgehend unerforscht. Aus diesem Grund werden in Abschnitt 3 die Ergebnisse einer explorativen Analyse zur Klassifikation unterschiedlicher BPM-Ansätze präsentiert. Abschnitt 4 ist der Diskussion der Analyseergebnisse sowie der Systematisierung der ermittelten Realisierungsformen mithilfe der *BPM-Typologie-Matrix* gewidmet. Abschnitt 5 fasst die wesentlichen Erkenntnisse zusammen und bietet einen Ausblick auf anschließende Forschungsaktivitäten.

## **2 Stand der Forschung und verwandte Arbeiten**

Das prozessorientierte Paradigma wird in der Literatur als systematischer, kundenorientierter Managementansatz beschrieben, bei dem die betrieblichen Aktivitäten und Abläufe eines Unternehmens mithilfe von funktionsübergreifendem Teamwork und Delegation von Verantwortung kontinuierlich analysiert, verbessert und überwacht werden [LeDa98; Zair97]. Durch die Betrachtung von Aktivitäts-Ablaufolgen ergibt sich das Bild eines Unternehmens als eine Sequenz funktionaler Prozesse, die organisationsweit vernetzt bzw. verbunden sind [DeMc97].

Seit Mitte der 1990er-Jahre sind umfangreiche Forschungsaktivitäten im Bereich methodischer Ansätze und Rahmenkonzepte des BPM zu beobachten. So entwickelte bspw. HARRINGTON die *Process Breakthrough Methodology*, die 27 Aktivitäten der Adaption des prozessorientierten Paradigmas im Unternehmen vorschlägt [Harr95]. Dieser Beitrag stellt die Grundlage für umfangreiche weitere Forschungsarbeiten dar. Obgleich sich die nachfolgenden Untersuchungen auf die Betrachtung unterschiedlicher Teilaspekte des BPM konzentrierten, besteht allgemeiner Konsens darüber, dass das Geschäftsprozessmanagement vier Komponenten (Definition und Modellierung, Implementierung und Ausführung, Monitoring und Controlling, Optimierung und Weiterentwicklung) umfasst, die eng miteinander in Beziehung stehen und sich wechselseitig bedingen:

*Prozessdefinition und -modellierung.* Zunächst sind die kritischen Geschäftsprozesse zu identifizieren. Viele Autoren vertreten in diesem Zusammenhang die Ansicht, dass Unternehmen eine geringe Anzahl möglichst umfassender Geschäftsprozesse definieren sollten [Dave93; HaCh93]. SMITH und FINGAR betonen hingegen, dass diese Kernprozesse eine Vielzahl von unterstützenden Abläufen und unterschiedlichen Prozessvarianten erfordern [SmFi02]. Weiterhin ist eine genaue Abstimmung unter den beteiligten Akteuren bezüglich der angestrebten Abläufe unabdingbar [HSFM06; MSHM05]. Die Prozessmodellierung, z.B. auf Grundlage von KUENG und KAWALEK's zielbasiertem Ansatz [KuKa97], ermöglicht u.a. auch die Identifikation von Modifikations- und Verbesserungspotenzialen, selbst über funktionale Grenzen hinweg. Darüber hinaus können Simulationstechniken für die Feinabstimmung und Justierung der Prozessmodelle eingesetzt werden.

*Prozessimplementierung und -ausführung.* Die Implementierung schließt die Anpassung all derjenigen Aktivitäten, Arbeitsabläufe, Ressourcen und unterstützenden Systeme ein, die erforderlich sind, damit der Prozess reibungslos ablaufen kann. Sowohl die frühzeitige Miteinbeziehung als auch die Schulung von Mitarbeitern werden in diesem Zusammenhang als kritische Erfolgsfaktoren angesehen [MSHM05]. Aufgrund des dynamischen Markt- und Wettbewerbumfelds bieten statisch definierte, schlecht anpassbare Prozesse heute allenfalls unzureichende Unterstützung für die Geschäftstätigkeit. Geschäftsprozesse müssen die situations- und kontextspezifischen Charakteristika berücksichtigend implementiert werden, so dass sie gemäß der sich verändernden Einflussfaktoren flexibel anpassbar sind [WaWa06].

*Prozessmonitoring und -controlling.* Sowohl automatisiert ablaufende Prozesse als auch solche mit Benutzerinteraktionen müssen zeitnah oder vorzugsweise gar in Echtzeit überwacht werden, um bei Planabweichungen oder Prozessfehlern unmittelbar korrigierende Eingriffe bzw. Massnahmen vornehmen zu können. Darüber hinaus können Messgrößen der Prozessausführung auch zur Unterstützung von Führungsentscheidungen und zur kontinuierlichen Prozessverbesserung herangezogen werden. Nach KAPLAN und NORTON [KaNo92] sollten prozessorientierte Kennzahlen möglichst direkt mit übergeordneten, strategischen Unternehmenszielen in Verbindung stehen. Die Evaluation der Prozessleistung kann mithilfe verschiedener Performance Measurement-Systeme bzw. Ansätzen mit Fokus auf finanzielle und/oder nicht-finanzielle Kennzahlen und quantitative und/oder qualitative Messgrößen wie z.B. dem *Balanced Scorecard* (BSC)-Ansatz [KaNo92], dem *EFQM-Modell für Exzellenz* (EFQM) [EFQM03] oder mit KUENG und KRAHN's *Process Performance Measurement System* [KuKr99] erfolgen. Überraschenderweise

stellten KUENG und KRAHN fest, dass die Messung der Prozessleistungen in vielen Unternehmen auch heute noch eine eher untergeordnete Rolle spielt [KuKr99].

*Prozessoptimierung und -weiterentwicklung.* Obgleich bereits die ersten Schritte in Richtung Prozessorientierung eine weit reichende Veränderung der Unternehmensgestaltung bedeuten, darf die beständige Weiterentwicklung und Optimierung der Prozessabläufe nicht aus dem Fokus geraten. Dieser Aspekt des prozessorientierten Managementparadigmas wird insbesondere von HARRINGTON [Harr95] und HILL ET AL. [HSFM06] betont. Andere Autoren gehen auf den Aspekt der fortlaufend erforderlichen Prozessoptimierung ein, indem sie BPM als „continuous approach to optimization“ [Zair97] bezeichnen oder indem sie diesen Aspekt der Prozessorientierung dem Konzept des Prozessmonitoring und -controlling zurechnen.

Wie bereits im einleitenden Abschnitt 1 erwähnt, setzen verschiedene Unternehmen den prozessorientierten Managementansatz auf unterschiedliche Art und Weise um. Folglich besteht Grund zur Annahme, dass in der betrieblichen Realität verschiedene Ausprägungen des BPM-Konzepts existieren, die abhängig vom Reifegrad der Prozessorientierung und dem Fokus auf einen oder mehrere der vorgenannten Aspekte sind.

Derzeit wird in der wissenschaftlichen Literatur eine Vielzahl verschiedener Reifegradmodelle für das Geschäftsprozessmanagement vorgeschlagen und diskutiert. Während sich einige dieser Ansätze wie z.B. [Harm06] auf das *Capability Maturity Model* [PCCW83] stützen, kritisieren andere Autoren die in ihren Augen unzulässige Reduktion der Reifegradanalyse auf eine einzige Betrachtungsdimension [DeMc97; MaTM03; PrAr99; RoBr05].

Der vorliegende Beitrag soll zur Ermittlung des Entwicklungsstands bzw. des Umsetzungsgrads des prozessorientierten Managementparadigmas in Unternehmen, zur Identifikation von Gestaltungsfaktoren des BPM und zur Klassifikation von BPM-Realisierungsformen dienen. Hierfür wird ein zweistufiges Vorgehen verfolgt:

*1. Bestimmung der Gestaltungsfaktoren des BPM.* Es ist unabdingbar, als Ausgangspunkt für die Ermittlung der verschiedenen Realisierungsformen des prozessorientierten Paradigmas zunächst die zugrunde liegenden Gestaltungsfaktoren des BPM zu bestimmen.

*2. Identifikation und Klassifikation von BPM-Realisierungsformen.* Die real zu beobachtenden Ausprägungen des Geschäftsprozessmanagements unterscheiden sich von Unternehmen zu Unternehmen. Auf Grundlage der vorgenannten Charakteristika können der Entwicklungsstand bzw. die Reife sowie die der konkreten Ausprägung zugrunde liegenden Gestaltungsprinzipien abgeleitet werden. Indem verschiedene Gestaltungsprinzipien zu situationsspezifischen Ansätzen

zusammengefasst werden, können Handlungsmuster identifiziert werden, die darüber Aufschluss geben, wie Unternehmen das prozessorientierte Managementparadigma adaptieren. Diese Handlungsmuster werden im Folgenden als Realisierungsformen des BPM bezeichnet.

Zur Erkenntnisgewinnung bezüglich der vorstehend beschriebenen Fragestellungen wurde eine explorative Untersuchung durchgeführt. Dazu wurde zunächst eine Faktorenanalyse durchgeführt, um die Gestaltungsfaktoren des BPM zu ermitteln. Mithilfe eines clusteranalytischen Algorithmus wurden die untersuchten Fälle anschließend auf Grundlage der berechneten Faktorenwerte in möglichst homogene, wechselseitig disjunkte Klassen unterteilt, welche die unterschiedlichen Realisierungsformen der Geschäftsprozessorientierung widerspiegeln.

### **3 Explorative Analyse zur Klassifikation von BPM-Ansätzen**

Der der explorativen Analyse zugrunde liegende Datensatz wurde mithilfe eines Fragebogens erhoben, der im Rahmen von zwei im Jahr 2005 in Deutschland und der Schweiz durchgeführten Fachtagungen mit BPM-Fokus gestreut wurde. Teilnehmer der Veranstaltungen waren Fach- und Führungskräfte, die im IT-Umfeld oder im Geschäftsprozessmanagement tätig sind.

Der Fragebogen war darauf ausgerichtet, den Umsetzungs- bzw. Reifegrad sowie die Gestaltungsfaktoren des BPM zu erfassen. Bezüglich dieser Umfrageziele wurden Aussagen formuliert, deren Zutreffen bzw. Nichtzutreffen die Befragten für ihr Unternehmen auf einer fünfstufigen Likert-Skala bewerten sollten. Vor dem Einsatz wurden die Fragen im Rahmen eines Pre-Tests sowie mithilfe von Experteninterviews auf Vollständigkeit und Verständlichkeit geprüft.

Insgesamt wurden 47 ausgefüllte Fragebögen retourniert. Blieben ein oder mehrere der in Abschnitt 3.2 beschriebenen Statements unbeantwortet, wurde der jeweilige Fragebogen verworfen. Nach Anwendung dieses Selektionskriteriums verblieben 38 vollständig beantwortete Fragebögen, die in die Analyse einbezogen wurden. Obgleich diese Stichprobe eher klein ist, stellt sie dennoch eine ausreichende empirische Grundlage für eine explorative Analyse dar.

Die in der Untersuchung berücksichtigten Unternehmen sind primär dem Mittelstand und den Großunternehmen aus dem deutschsprachigen Raum zuzurechnen (71% haben mehr als 1000 Mitarbeiter, und weitere 20% haben mehr als 200 Mitarbeiter). Die hauptsächlich vertretenen Branchen sind Banken, Versicherungen und Finanzdienstleister (32%), die produzierende Gewerbe und die Konsumgüterindustrie (15%), die öffentliche Verwaltung und Organisationen

des Gesundheitswesens (11%), Unternehmen, die im IT-nahen Umfeld tätig sind (9%), sowie Energie- und Wasserversorger (ebenfalls 9%).

### **3.1 Beschreibung des Datensatzes**

Zusätzlich zu demografischen Angaben und zu Informationen über den Entwicklungsstand des BPM umfasst der Datensatz 31 Statements, die die Ausgestaltung bzw. Umsetzung des BPM-Konzepts beschreiben. Diese Elemente können fünf Kategorien zugeordnet werden:

*Kommunikation des Prozessmanagements.* Die gewissenhafte Dokumentation und Kommunikation der Aktivitäten, Arbeitsabläufe, Prozessleistungen und Prozesskennzahlen sind erfolgskritische Faktoren in jeder BPM-Initiative [MSHM05]. Der Datensatz umfasst Informationen darüber, zu welchem Grad die wichtigsten Prozesse grafisch modelliert sind, und ob die Dokumentationen der Abläufe, der Prozessleistungen, der Ziele sowie der finanziellen und nicht-finanziellen Kennzahlen für alle beteiligten Mitarbeiter zugänglich sind.

*Rolle der Prozessverantwortlichen.* Um den prozessorientierten Managementansatz effektiv im Unternehmen vorantreiben zu können, muss die Rolle der Prozessmanager derart ausgestaltet sein, dass der Wandel hin zur prozessorientierten Denkweise nachhaltig unterstützt wird. Eine dedizierte BPM-Organisationseinheit, die auf einer hinreichend hohen Hierarchieebene angesiedelt ist, eine spezielle Ausbildung für Prozessverantwortliche, die Ausstattung mit ausreichenden fachlichen Entscheidungsbefugnissen in der Prozessgestaltung sowie die aktive Einbindung in allfällige Veränderungsvorhaben tragen zur Erreichung der Ziele bei. Aus diesem Grund umfasst der Datensatz Angaben zu den vorgenannten Variablen.

*Prozessgestaltung.* Ausgehend von der Tatsache, dass die Definition und Modellierung von Prozessen, die Prozessimplementierung und -ausführung, das Monitoring und Controlling sowie die Weiterentwicklung und Optimierung von Geschäftsprozessen (vgl. Abschnitt 2) auf unterschiedliche Arten adressiert werden können, wurden Informationen zu insgesamt zehn Faktoren der Prozessgestaltung erhoben. Dazu gehören u.a. Angaben bezüglich der Top-down- vs. Bottom-up-Ableitung von Performance-Indikatoren, der Verwendung von Vorgehensmodellen für die Entwicklung des prozessorientierten Performance Managements, der Nutzung von bestehenden Prozessen oder Referenzmodellen als Ausgangspunkt für die Prozessanalyse, der Einbeziehung von Mitarbeitern und Kunden in die Prozessdefinition und das Prozessdesign, die Toolunterstützung und Nutzung von Simulationstechniken zu Design- und Rationalisierungszwecken sowie die Analyse der Kundenzufriedenheit zur Prozessoptimierung.

*Performance-Messung in Prozessen.* Sowohl Prozessmonitoring als auch Prozesscontrolling spielen bei BPM-Initiativen eine wichtige, gleichwohl häufig vernachlässigte Rolle. Fehlende Performance-Messung auf Prozessebene kann jedoch zu ineffizienten Ressourcenallokationen, erschwerter Identifikation von Planabweichungen, Schwächen in der Prozessausführung und übermäßig aufwändigen Entscheidungsprozessen hinsichtlich korrigierender Eingriffe in die Prozessabläufe führen [KuKr99]. Aus diesem Grund umfasst der Datensatz Informationen darüber, welche Messgrößen erhoben werden (z.B. Ablaufzeiten, Outputs, Prozessleistungen, andere Performance-Indikatoren wie etwa Kosten), und wie diese Messungen stattfinden (in Echtzeit oder zeitverzögert, mit oder ohne Unterstützung eines Workflow-Management-Systems).

*Andere Initiativen mit BPM-Bezug.* Vielfach sehen sich Unternehmen gezwungen, Qualitätsstandards und/oder etablierten Methodologien der Performance-Messung zu adaptieren. Insbesondere der BSC-Ansatz und das EFQM-Modell sind weit verbreitet. Der Datensatz enthält deshalb Angaben darüber, ob das Unternehmen (bzw. die entsprechende Organisationseinheit) ISO9001-zertifiziert ist, ob und zu welchem Grad EFQM-, Six Sigma- und BSC-Ansätze verwendet werden, und ob diese Zertifizierungen die Gestaltung der Geschäftsprozesse nachhaltig beeinflussen.

### **3.2 Auswertung und Ergebnisse der Analyse**

Um die dominierenden Gestaltungsfaktoren des Geschäftsprozessmanagements zu extrahieren, wurde zunächst eine Faktorenanalyse durchgeführt. Dieses Verfahren kann eingesetzt werden, um eine geringe Anzahl von relevanten, wechselseitig voneinander unabhängigen Faktoren aus einer Vielzahl von Variablen eines Datensatzes zu extrahieren.

Die Technik der Faktorenanalyse geht von der Prämisse aus, dass den einzelnen Variablen gemeinsame Beeinflussungsgrößen (sog. Faktoren) zugrunde liegen. Aus diesem Grund ist ein Datensatz nur dann für die Anwendung dieser Technik geeignet, wenn die Anti-Image-Kovarianz der Variablen, d.h. der Anteil der Varianz jeder einzelnen Variablen, der unabhängig von den Ausprägungen der anderen Variablen des Datensatzes ist, so klein wie möglich ausfällt. Nach DZIUBAN und SHIRKEY ist ein Datensatz für die Anwendung faktorenanalytischer Verfahren geeignet, wenn der Anteil der nicht-diagonalen Elemente der Anti-Image-Kovarianz-Matrix, der ungleich Null ist (d.h. der um mehr als 0.09 von Null abweicht), weniger als 25% beträgt [BEPW06; DzSh74]. Im betrachteten Fall liegt dieser Parameter für einen reduzierten, aus 18 Variablen bestehenden Datensatz bei circa 17.6%. Darüber hinaus liegt das Kaiser-Meyer-Olkin Kriterium, welches die Zusammengehörigkeit zwischen den Variablen ausdrückt und so Auf-

schluss darüber gibt, ob eine Faktorenanalyse sinnvoll durchgeführt werden kann, bei einem Wert 0.753. KAISER und RICE bewerten Ausprägungen, die über einem Schwellwert von 0.7 liegen, als „ziemlich gut“ [KaRi74].

Aufgrund dieser Kriterien wurde eine Faktorenanalyse auf Basis eines auf 18 Variablen reduzierten Datensatzes durchgeführt. Die in die Faktorenanalyse eingehenden und auf die Faktoren ladenden Variablen sind nachfolgend in Tab. 1 bis Tab. 4 dargestellt und erläutert. Mithilfe der Technik der Hauptkomponentenanalyse wurden vier Faktoren extrahiert, die zusammen genommen mehr als 69% der Varianz in den Variablen erklären. Zur Sicherstellung einer besseren Interpretierbarkeit der Ergebnisse wurde die Komponentenmatrix anschließend mittels der Varimax-Methode mit Kaiser-Normalisierung rotiert.

Im Ergebnis finden sich sechs Variablen, die stark auf den ersten Faktor laden. Fortan wird dieser als *Ausmaß der Performance-Messung* bezeichnet (vgl. Tab. 1). Die Notwendigkeit des Monitoring und des Controllings in der Umsetzung des BPM wurde bereits in den vorangehenden Abschnitten betont. Etwa die Hälfte der befragten Unternehmen weist hohe Umsetzungsgrade in den diesem Faktor zugrunde liegenden Variablen auf und misst demnach der Performance-Messung von Geschäftsprozessen hohe Bedeutung bei.

Variable	Beschreibung
1.1	Bei der Prozessgestaltung werden bei Bedarf Simulationen verwendet (z.B. zur Identifikation von Engpässen oder zur Kapazitätsplanung)
1.2	Um die Zufriedenheit mit den Prozessen zu messen, werden Befragungen bei den Prozesskunden durchgeführt
1.3	Im Zuge der Performance-Messung werden Durchlaufzeiten erfasst
1.4	Im Zuge der Performance-Messung werden Outputs bzw. Prozessleistungen gemessen
1.5	Die Messwerte sind ohne unerwünschten Zeitverzug verfügbar
1.6	Ein verwendetes Workflow-Management-System unterstützt bei der Messung von Performance-Indikatoren

Tab. 1: Darstellung der Variablen, die einen signifikanten Einfluss auf Faktor 1 („Ausmaß der Performance-Messung im Unternehmen“) ausüben.

Weiterhin konnten vier Variablen identifiziert werden, die einen signifikanten Einfluss auf den zweiten, im Folgenden als *Professionalisierung des Prozessmanagements* bezeichneten Faktor ausüben (vgl. Tab. 2). Den Ergebnissen der Analyse zufolge ist professionelles BPM von vergleichsweise detaillierter und ausführlicher Dokumentation der Geschäftsprozesse und der Performance-Indikatoren sowie von Bestrebungen, die Prozessverantwortlichen in der Ausübung ihrer Aufgaben so gut wie möglich zu unterstützen, geprägt.

Variable	Beschreibung
2.1	Die Dokumentation der Prozessleistungen und Ziele ist allen beteiligten Mitarbeitern zugänglich (z.B. über Intranet)
2.2	Die Dokumentation der nicht-finanziellen Messwerte ist allen beteiligten Mitarbeitern zugänglich (z.B. über Intranet)
2.3	Es gibt eine Organisationseinheit, die dediziert für strategisches Prozessmanagement zuständig ist (z.B. Entscheidungen über Standards und Werkzeuge und/oder über die organisatorische Einbettung des BPM)
2.4	Es gibt eine dedizierte Ausbildung bzw. Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Prozessverantwortliche

Tab. 2: Darstellung der Variablen, die einen signifikanten Einfluss auf Faktor 2 („Professionalisierung des Prozessmanagements“) ausüben.

Vier weitere Variablen laden stark auf den dritten Faktor, der den *Einfluss der Prozessverantwortlichen* beschreibt (vgl. Tab. 3). Dieser Faktor betont die hervorgehobene Bedeutung bzw. den Einfluss derjenigen Mitarbeiter, die den Übergang zum prozessorientierten Paradigma anstoßen und verantworten, sowie die wichtige Rolle derjenigen Personen, die für die kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung der Prozesse zuständig sind.

Variable	Beschreibung
3.1	Das Prozessmanagement ist auf einer ausreichend hohen Hierarchieebene im Unternehmen angesiedelt, um wirksam werden zu können
3.2	Die Prozessverantwortlichen haben hohes Ansehen in der Organisation
3.3	Die Prozessverantwortlichen haben ausreichende fachliche Entscheidungsbefugnisse, um auf die Prozessgestaltung und -ausführung Einfluss nehmen zu können
3.4	Die Prozessverantwortlichen sind aktiv in Veränderungsvorhaben eingebunden (z.B. Organisationsentwicklung, Softwareprojekte)

Tab. 3: Darstellung der Variablen, die einen signifikanten Einfluss auf Faktor 3 („Einfluss der Prozessverantwortlichen im Unternehmen“) ausüben.

Schließlich konnten die verbleibenden vier Variablen dem vierten Faktor zugerechnet werden. Dieser repräsentiert die *Nutzung etablierter Standards und Methoden* des Prozess- und Qualitätsmanagements sowie der Performance-Messung (vgl. Tab. 4). Unternehmen, die sich auf derartige Standards und Methoden abstützen, nutzen bspw. Vorgehens- bzw. Referenzmodelle wie etwa den BSC-Ansatz zur Gestaltung der Systeme für die prozessorientierte Performance-Messung, greifen auf bewährte Prozessabläufe als Referenz- und Ausgangspunkt für die Prozessanalyse und -gestaltung zurück, und streben ISO-Zertifizierungen sowie die Implementierung von Exzellenz-Ansätzen wie z.B. EFQM an.



Variable	Beschreibung
4.1.	Bei der Gestaltung des Performance Management kommen bestimmte Vorgehensmodelle zum Einsatz
4.2	Bei der Prozessanalyse werden Prozesse von Mitbewerbern oder Referenzmodelle einbezogen
4.3	Das Unternehmen bzw. der Unternehmensteil ist ISO-zertifiziert
4.4	Das Unternehmen bzw. der Unternehmensteil verwendet den EFQM-Ansatz

Tab. 4: Darstellung der Variablen, die einen signifikanten Einfluss auf Faktor 4 („Nutzung etablierter Standards und Methoden des Prozess-, Qualitäts- und Performance-Managements“) ausüben.

Nachfolgend wurden die 38 ausgewählten Fälle auf Grundlage der berechneten Faktorenwerte der vier identifizierten Faktoren mithilfe eines hierarchischen Clusteralgorithmus klassifiziert. Clusteranalytische Ansätze dienen einerseits der Datenreduktion, andererseits auch der Klassifikation von Objekten bzw. der Erkennung von Strukturen und Mustern in komplexen Datensätzen [Ade73].

Agglomerative Clusteralgorithmen wie die hierarchische Clusteranalyse starten mit der feinsten möglichen Partitionierung der Objektgesamtheit, d.h. derjenigen Klassifikation, nach der jedes Objekt ein eigenes Cluster repräsentiert. In aufeinander folgenden Schritten werden jeweils diejenigen beiden Cluster miteinander vereinigt, deren Distanz minimal ist. Aus der Wahl eines Distanzmaßes und eines Fusionierungsalgorithmus ergibt sich eine Vielzahl an Freiheitsgraden in der Ausgestaltung dieser Klassifikationsverfahren. Hierarchisch-agglomerative Verfahren brechen ab, sobald alle Untersuchungsobjekte in einem einzigen Cluster vereinigt sind (größte mögliche Partitionierung). Vom Methodenanwender ist anschließend zu bestimmen, welche Lösung (d.h. welche Clusteranzahl) die für das Klassifikationsproblem am besten geeignete Lösung darstellt. Hilfestellung hierfür bieten heuristische Kriterien wie bspw. Heterogenitätsmaße oder das sog. Elbow-Kriterium [BEPW06; Deim86]; das Hauptaugenmerk sollte jedoch auf der sinnvollen Interpretierbarkeit der Clusterlösung liegen. Hierarchische Verfahren stellen für kleine bis mittelgroße Datensätze effiziente Klassifikationsmöglichkeiten zur Verfügung, weisen jedoch den Nachteil auf, dass einmal getroffene Zuordnungen von Objekten zu Clustern in nachfolgenden Schritten nicht mehr veränderbar sind [EvLL01].

Im vorliegenden Fall erfolgte die Durchführung der hierarchischen Clusteranalyse auf Grundlage des Ward'schen Fusionierungsalgorithmus unter Zuhilfenahme der quadrierten euklidischen Distanz als Abstandsmaß zwischen den Clustern. Das Dendrogramm der Clusteranalyse legt die Vermutung nahe, dass eine Klassifikation der Realisierungsformen des BPM in vier disjunkte

Klassen die mutmaßlich beste Lösung des Clusteringproblems darstellt. Darüber hinaus deutet auch das Elbow-Kriterium auf diese Lösung hin.

## 4 Interpretation der Ergebnisse und Implikationen für Forschung und Praxis

Abb. 1 stellt die standardisierten arithmetischen Mittelwerte der 18 in die Faktorenanalyse eingeflossenen Variablen für jede der vier im Rahmen der Clusteranalyse identifizierte Realisierungsformen des BPM dar. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Variablen gemäß ihrer Faktorenzugehörigkeit gruppiert.

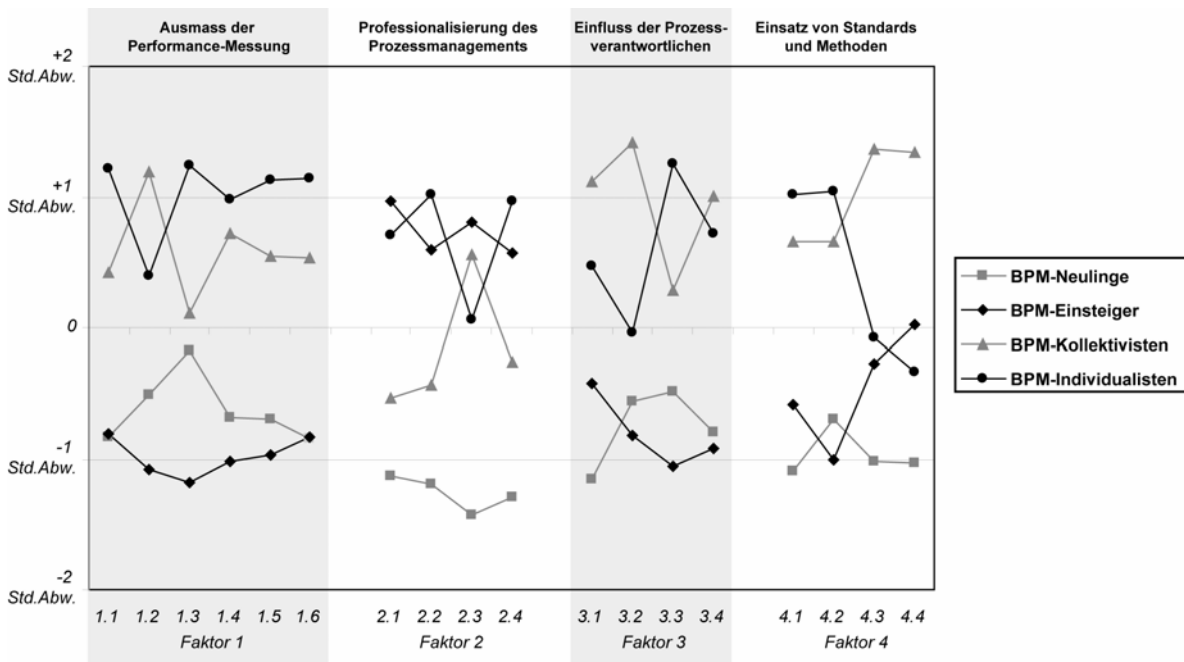


Abb. 1: Profillinien der vier Realisierungsformen des BPM.

Die Profillinien illustrieren eine offenkundige Separation zwischen jeweils zwei BPM-Realisierungsformen. Im Folgenden werden diese Cluster als *BPM-Neulinge* und *BPM-Einsteiger* einerseits sowie als *BPM-Kollektivisten* und *BPM-Individualisten* andererseits bezeichnet. Unternehmen, die in den beiden erstgenannten Gruppen vertreten sind, zeichnen sich durch eher schwach ausgeprägtes Bewusstsein für die Bedeutung der prozessorientierten Performance-Messung, des Einflusses der Prozessverantwortlichen sowie der Nutzung etablierter

Standards und Methoden (Faktoren 1, 3 und 4) aus, wohingegen die in den beiden letztgenannten Gruppen vertretenen Unternehmen signifikant höhere Umsetzungsgrade hinsichtlich der genannten Faktoren aufweisen. Dementsprechend sind die Realisierungsformen der BPM-Kollektivisten und der BPM-Individualisten als „reife“ Formen des Geschäftsprozessmanagements zu bezeichnen. Der Reifegrad des BPM bestimmt sich folglich über drei verschiedene Dimensionen, die durch die Faktoren 1, 3 und 4 beschrieben werden.

BPM-Neulinge sind von einer außergewöhnlich geringen Professionalisierung des Prozessmanagements (Faktor 2) geprägt. Durch ebendieses Kriterium unterscheiden sich BPM-Neulinge von der Gruppe der BPM-Einsteiger. Unternehmen, die sich in dieser Realisierungsform des BPM befinden, zeichnen sich dadurch aus, dass sie dem prozessorientierten Management hohe Bedeutung zumessen und deshalb verstärkte Aufmerksamkeit schenken, z.B. durch die Etablierung dedizierter Aus- und Weiterbildungsprogramme für die Prozessverantwortlichen.

Im Gegensatz zu dieser Klassifikation hinsichtlich der dem BPM zugemessenen Bedeutung vollzieht sich die Unterscheidung zwischen BPM-Kollektivisten und BPM-Individualisten auf der Ebene der konkreten Ausgestaltung des prozessorientierten Managementkonzepts. Unternehmen, welche der erstgenannten Realisierungsform zuzurechnen sind, stützen sich primär auf etablierte Standards sowie auf Vorgehens- und Referenzmodelle, wohingegen Unternehmen, die den BPM-Individualisten zuzurechnen sind, eher die Implementierung eines „maßgeschneiderten“ BPM-Ansatzes verfolgen. Diese beiden als reif zu bezeichnenden Realisierungsformen des BPM unterscheiden sich folglich primär hinsichtlich der Faktoren 2 und 4, d.h. hinsichtlich der Professionalisierung des BPM sowie der Nutzung etablierter Standards und Methoden.

Aufbauend auf dieser empirischen Grundlage ist es möglich, die vier Realisierungsformen des BPM gemäß den drei nachfolgend dargestellten Dimensionen zu klassifizieren:

*Reifegrad des Prozessmanagements.* Als wichtigstes Differenzierungs- bzw. Klassifikationskriterium der identifizierten BPM-Realisierungsformen ist der Reifegrad des Prozessmanagements anzuführen. Diese Betrachtungsdimension ergibt sich auch aus der offenkundigen Trennung der vier Cluster in die Gruppe der BPM-Neulinge und der BPM-Einsteiger einerseits und diejenige der BPM-Kollektivisten und der BPM-Individualisten andererseits.

*Zugemessene Bedeutung.* Wenn der Reifegrad der Prozessorientierung eher gering ist, kann davon ausgegangen werden, dass BPM in der Vergangenheit eine eher untergeordnete Rolle im Unternehmen gespielt hat. Die Differenzierung anhand der Aufmerksamkeit bzw. der Bedeutung, die dem prozessorientierten Managementkonzept gegenwärtig beigemessen wird, ermög-

licht die Unterscheidung zwischen den BPM-Neulingen (geringe Aufmerksamkeit) und den BPM-Einsteigern (hohe Aufmerksamkeit). Der letztgenannte Ansatz kann als Übergangsphase hin zum prozessorientierten Paradigma charakterisiert werden.

*Gestaltungstyp des BPM.* Ist der Reifegrad des BPM hingegen eher hoch (d.h. haben sich die Unternehmen bereits längere Zeit mit dem prozessorientierten Denken beschäftigt), so kann zwischen zwei Gestaltungstypen des BPM unterschieden werden. Die BPM-Kollektivisten stützen sich auf etablierte Standards sowie auf Vorgehens- und Referenzmodelle ab, wohingegen die BPM-Individualisten einen eher „maßgeschneiderten“ Ansatz des Prozessmanagements verfolgen. Aus diesem Grund bieten Unternehmen, die sich als BPM-Individualisten positionieren, den Prozessmanagern breit gefächerte Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten und räumen ihnen weit reichende Entscheidungsbefugnisse bei der Prozessgestaltung und -ausführung ein.

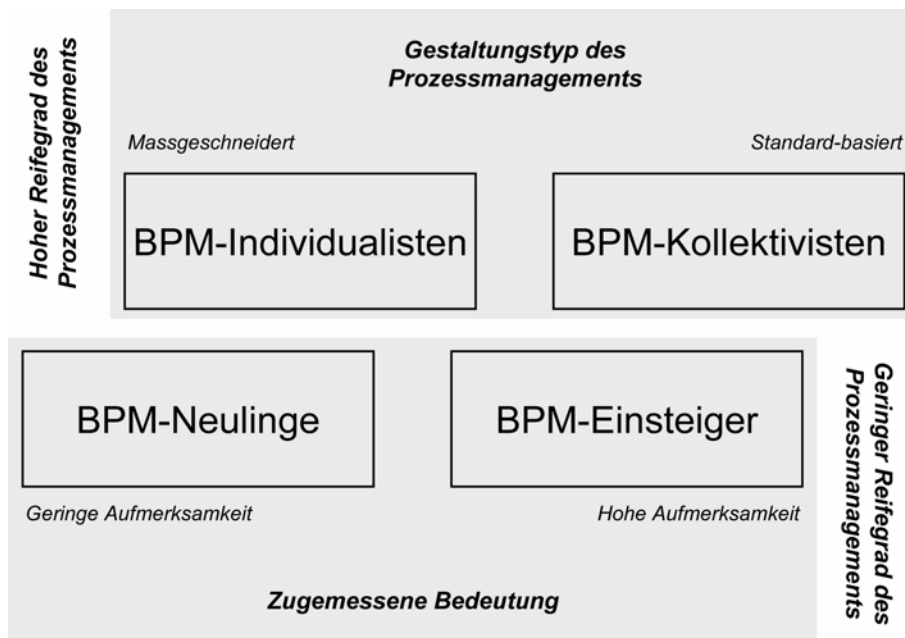


Abb. 2: Typologie-Matrix des BPM.

Die Klassifikation der vier disjunkten Realisierungsformen des BPM hinsichtlich der genannten Betrachtungsdimensionen ist in der so genannten Typologie-Matrix des BPM (vgl. Abb. 2) dargestellt. Die Differenzierung zwischen geringem und hohem Reifegrad des Prozessmanagements ist auf der vertikalen Achse abgetragen, während auf den horizontalen Achsen die dem prozessorientierten Paradigma zugewessene Bedeutung (für die untere Hälfte der Darstellung) bzw. der Gestaltungstyp des Prozessmanagements (für die obere Hälfte) wiedergegeben wird.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick auf weitere Forschungsaktivitäten

Die Ergebnisse der explorativen Klassifikationsanalyse zeigen, dass bezüglich der Herangehensweise, mit der Unternehmen das Konzept des Geschäftsprozessmanagements adaptieren, grundlegende Unterschiede existieren. Ausgehend von vier Gestaltungsfaktoren des BPM konnten vier disjunkte Realisierungsformen des prozessorientierten Managementparadigmas identifiziert und nach drei Beschreibungsdimensionen klassifiziert werden. Diese Forschungsergebnisse werden durch Vorarbeiten im Bereich des Geschäftsprozessmanagements gestützt, die zeigen, dass BPM-Realisierungen meist sehr spezifisch auf das Unternehmen, die jeweilige Entwicklungssituation und die Kontextfaktoren zugeschnitten sind.

Auf Grundlage des vorliegenden Beitrags zur Weiterentwicklung des prozessorientierten Paradigmas können methodische Handlungsempfehlungen für die situationsbezogene Implementierung und Weiterentwicklung des BPM abgeleitet werden. Mithilfe der vorgeschlagenen Klassifikation von BPM-Realisierungsformen ist es möglich, generische Methoden für das Prozessmanagement so zu adaptieren bzw. zu konfigurieren, dass diese im Kontext spezifischer BPM-Entwicklungssituationen anwendbar werden.

Aus dem vorliegenden Beitrag ergeben sich zwei Anknüpfungspunkte für weiterführende Forschungsarbeiten: zum einen sind bestehende Methoden für die Implementierung und Weiterentwicklung des BPM so zu modifizieren bzw. um situative Charakteristika zu erweitern, dass diese auf Grundlage von situations- bzw. kontextspezifischen Faktoren unterschiedlichen BPM-Entwicklungssituationen angepasst werden können [BuKl06]; zum anderen können auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse weiterführende empirische Studien durchgeführt werden:

*Konstruktion situativer Methoden zur Implementierung und Weiterentwicklung des BPM.* Die Konstruktion derartiger situations- bzw. kontextspezifischer Methoden sollte auf Grundlage bestehender, etablierter Methoden des BPM erfolgen. Die vier in Abschnitt 2 vorgestellten Komponenten können als Ausgangspunkt und Referenz für die Konstruktion von Methoden dienen, die spezifisch auf ein Szenario bzw. eine Realisierungsform des BPM zugeschnitten sind. Die Klassifikation der BPM-Entwicklungssituationen hinsichtlich des Reifegrads der Prozessorientierung, der dem prozessorientierten Paradigma zugemessenen Bedeutung und des Gestaltungstyps des Prozessmanagements versetzt Methodenentwickler in die Lage, wichtige Implikationen für die Konfiguration bzw. Komposition generischer Methoden bzw. Methodenfragmente abzuleiten. Zweifellos erfasst die im vorliegenden Beitrag vorgeschlagene Klassifikation nicht alle denkbaren Entwicklungssituationen der Informationssystemgestaltung und der

Organisationsentwicklung im Umfeld des BPM. Gleichwohl erlaubt die Differenzierung der vier Realisierungsformen der BPM-Neulinge, der BPM-Einsteiger, der BPM-Kollektivisten und der BPM-Individualisten die Ableitung einiger wertvoller Erkenntnisse über situations- bzw. kontextbezogene Charakteristika, die Methodenentwickler im BPM-Umfeld beherrschen sollten. *Weiterführende empirische Forschung.* In Übereinstimmung mit zahlreichen Reifegradmodellen für das BPM [DeMc97; Harm06; MaTM03; PrAr99; RoBr05] zeigen die Ergebnisse der Klassifikationsanalyse, dass Unternehmen bezüglich der Reife des Prozessmanagements klassifiziert werden können. Jedoch waren Fragen in Bezug auf die Reihenfolge, in der die vier identifizierten Klassen durchlaufen werden, nicht Gegenstand der vorliegend beschriebenen Untersuchung. Interessante Forschungsfragen in diesem Zusammenhang sind beispielsweise: Welche der vier Realisierungsformen BPM-Neulinge, BPM-Einsteiger, BPM-Kollektivisten und BPM-Individualisten sind aufeinander folgende Phasen, die ein Unternehmen im Zuge des Wandels hin zur Prozessorientierung durchläuft? Muss ein Unternehmen all diese Phasen durchlaufen, um eine hohe Reife des Geschäftsprozessmanagements zu erreichen? Oder stehen die Entscheidungsträger eines Unternehmens vielmehr in der Pflicht, nach Durchlaufen der initialen Phasen (BPM-Neulinge und BPM-Einsteiger) eine Entscheidung bezüglich des zu adaptierenden BPM-Gestaltungstyps zu treffen?

Sowohl quantitativ-empirische Methoden der Hypothesenprüfung als auch qualitative Methoden wie z.B. die Fallstudienforschung stellen viel versprechende Möglichkeiten dar, die formulierten Forschungsfragen zu adressieren. Insbesondere bezüglich der Evaluierung möglicher Entwicklungspfade empfiehlt sich die Durchführung einer Zeitreihenanalyse. Gleichzeitig kann auf diese Art und Weise auch der langfristige und nachhaltige Erfolg der verschiedenen Realisierungsformen bzw. Ansätze des BPM untersucht werden. Nicht zuletzt erscheint es auch sinnvoll, die beiden Gestaltungstypen des reifen BPM näher zu betrachten. Es ist anzunehmen, dass zusätzliche Faktoren identifiziert werden können, aufgrund derer weitere Gestaltungsansätze zu unterscheiden sind.

## Literatur

- [Ande73] Andenberg, M.R.: Cluster Analysis for Applications, Academic Press, New York 1973.

- [ArPM99] Armistead, C.; Pritchard, J.-P.; Machin, S.: Strategic Business Process Management for Organizational Effectiveness, in: Long Range Planning, 32(1999)1, S. 96-106.
- [BEPW06] Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R.: Multivariate Analysemethoden - Eine anwendungsorientierte Einführung, Springer, Berlin et al. 2006.
- [BBMS04] Balzarova, M.A.; Bamber, C.J.; McCambridge, S.; Sharp, J.M.: Key Success Factors in Implementation of Process-based Management - A UK Housing Association Experience, in: Business Process Management Journal, 10(2004)4, S. 387-399.
- [Brin96] Brinkkemper, S.: Method Engineering - Engineering of Information Systems Development Methods and Tools, in: Information and Software Technology, 38(1996), S. 275-280.
- [BrSH98] Brinkkemper, S.; Saeki, M.; Harmsen, F.: Assembly Techniques for Method Engineering, in: Pernici, B.; Thanos, C. (Hrsg.): Advanced Information Systems Engineering - Proceedings of the 10th International Conference CAiSE'98, Springer, Berlin et al. 1998, S. 381-400.
- [BuKl06] Bucher, T.; Klesse, M.: Contextual Method Engineering: Working Paper, Institute of Information Management, University of St. Gallen, St. Gallen 2006.
- [Dave93] Davenport, T.H.: Process Innovation - Reengineering Work through Information Technology, Harvard Business School Press, Boston (MA) 1993.
- [Deim86] Deimer, R.: Unscharfe Clusteranalysemethoden - Eine problemorientierte Darstellung zur unscharfen Klassifikation gemischter Daten, Schulz-Kirchner, Idstein 1986.
- [DeMc97] DeToro, I.; McCabe, T.: How to Stay Flexible and Elude Fads, in: Quality Progress, 30(1997)3, S. 55-60.
- [DzSh74] Dziuban, C.D.; Shirkey, E.C.: When is a Correlation Matrix Appropriate for Factor Analysis?, in: Psychological Bulletin, 81(1974)6, S. 358-361.
- [EFQM03] EFQM: The Fundamental Concepts of Excellence, <http://www.efqm.org> 2003.
- [EvLL01] Everitt, B.S.; Landau, S.; Leese, M.: Cluster Analysis, Arnold, London 2001.
- [HaCh93] Hammer, M.; Champy, J.: Reengineering the Corporation - A Manifesto for Business Revolution, Harper Business, New York (NY) 1993.
- [Harm06] Harmon, P.: BPM Methodologies and Process Maturity, [www.bpmtrends.com](http://www.bpmtrends.com) 2006.
- [Harm97] Harmsen, F.: Situational Method Engineering, Moret Ernst & Young Management Consultants, Utrecht 1997.
- [Harr95] Harrington, H.J.: Total Improvement Management - The Next Generation in Performance Improvement, McGraw-Hill, New York (NY) et al. 1995.
- [HSFM06] Hill, J.B.; Sinur, J.; Flint, D.; Melenovsky, M.J.: Gartner's Position on Business Process Management 2006, <http://www.gartner.com> 2006.
- [HoFu94] Ho, S.K.M.; Fung, C.K.H.: Developing a TQM Excellence Model, in: The TQM Magazine, 6(1994)6, S. 24-30.

- [KaRi74] Kaiser, H.F.; Rice, J.: Little Jiffy, Mark IV, in: Educational and Psychological Measurement, 34(1974), S. 111-117.
- [KaNo92] Kaplan, R.S.; Norton, D.P.: The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance, in: Harvard Business Review, 70(1992)1, S. 71-79.
- [KaÅg04] Karlsson, F.; Ågerfalk, P.J.: Method Configuration - Adapting to Situational Characteristics while Creating Reusable Assets, in: Information and Software Technology, 46(2004), S. 619-633.
- [KuKa97] Kueng, P.; Kawalek, P.: Goal-based Business Process Models - Creation and Evaluation, in: Business Process Management Journal, 3(1997)1, S. 17-38.
- [KuKr99] Kueng, P.; Krahn, A.J.W.: Building a Process Performance Measurement System - Some Early Experiences, in: Journal of Scientific and Industrial Research, 58(1999)3/4, S. 149-159.
- [LeDa98] Lee, R.G.; Dale, B.G.: Business Process Management - A Review and Evaluation, in: Business Process Management Journal, 4(1998)3, S. 214-225.
- [MaTM03] Maull, R.S.; Tranfield, D.R.; Maull, W.: Factors Characterising the Maturity of BPR Programmes, in: International Journal of Operations & Production Management, 23(2003)6, S. 596-624.
- [MSHM05] Melenovsky, M.J.; Sinur, J.; Hill, J.B.; McCoy, D.W.: Business Process Management - Preparing for the Process-Managed Organization, <http://www.gartner.com> 2005.
- [PCCW83] Paulk, M.C.; Curtis, B.; Chrissis, M.B.; Weber, C.V.: Capability Maturity Model for Software, Version 1.1 (Technical Report CMU/SEI-93-TR-024), Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh (PA) 1993.
- [PrAr99] Pritchard, J.-P.; Armistead, C.: Business Process Management - Lessons Learned from European Business, in: Business Process Management Journal, 5(1999)1, S. 10-32.
- [PuLe96] Punter, T.; Lemmen, K.: The MEMA-Model - Towards a New Approach for Method Engineering, in: Information and Software Technology, 38(1996), S. 295-305.
- [RoBr05] Rosemann, M.; de Bruin, T.: Towards a Business Process Management Maturity Model, in: Bartmann, D. et al. (Hrsg.): Proceedings of the Thirteenth European Conference on Information Systems, Regensburg 2005.
- [SmFi02] Smith, H.; Fingar, P.: Business Process Management - The Third Wave, Meghan-Kiffer Press, Tampa (FL) 2002.
- [WaWa06] Wang, M.; Wang, H.: From Process Logic to Business Logic - A Cognitive Approach to Business Process Management, in: Information & Management, 43(2006), S. 179-193.
- [Zair97] Zairi, M.: Business Process Management - A Boundaryless Approach to Modern Competitiveness, in: Business Process Management Journal, 3(1997)1, S. 64-80.



# **Individualisierung von Prozessen und E-Services mithilfe von Case Based Reasoning**

Günter Schicker, Carolin Kaiser, Freimut Bodendorf

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II

Universität Erlangen-Nürnberg

Lange Gasse 20

90403 Nürnberg

bodendorf@wiso.uni-erlangen.de

## **Abstract**

Mit steigender Wettbewerbsdynamik, kürzeren Strategie- und Produktlebenszyklen sowie zunehmender Leistungsindividualisierung steigen die Anforderungen an die Flexibilisierung der Prozess- und IT-Landschaft, um eine effiziente Implementierung neuer Geschäftsstrategien sicherzustellen. Gleichzeitig ermöglichen neue Technologien und Standards wie Web Services und Serviceorientierte Architekturen (SOA) die IuK-technische Umsetzung flexibler Wertschöpfungssysteme. Es wird ein Konzept zur Individualisierung von Prozessen und E-Services mittels Case Based Reasoning vorgestellt. Anhand von Prozesskontext-Informationen werden Vorschläge für individualisierte Prozesse und unterstützende E-Services automatisch erstellt. Der Ansatz erlaubt die effiziente fachliche Modellierung und E-Service-Unterstützung individueller Prozesse auf Basis einer Serviceorientierten Architektur.

## **1 Motivation**

In den vergangenen Jahren dominierten in den Prozessmanagement-Abteilungen von Unternehmen Diskussionen über die Standardisierung und Harmonisierung von Prozessen. Aufgrund des internen Kostendrucks wurden Anstrengungen unternommen, um Synergien auf fachlicher Ebene z.B. durch Organisation von Shared Services oder Outsourcing von Unterstützungsprozessen zu realisieren [FeSe05, S.14ff]. Grundlage hierfür war die Definition

geeigneter Prozesse und eine an den neu gestalteten Prozessen ausgerichtete IuK-Infrastruktur. Neben fachlichen Treibern wurde die Standardisierung von Prozessen auch vorangetrieben, um die Konsolidierung der Applikationslandschaft zu befördern. Eine Vielzahl heterogener Anwendungen (z.B. unterschiedliche Softwareprodukte oder Systeminstanzen) für vergleichbare Einsatzbereiche führte zu hohen Lizenz-, Wartungs- und Betriebskosten und erforderte – als Basis einer Applikationsharmonisierung – zunächst ein gemeinsames Prozessverständnis sowie abgestimmte Prozesse.

Die Standardisierung von Prozessen stößt jedoch an Grenzen. Der Hauptgrund hierfür liegt in der strategiekonformen Ausrichtung der Prozesslandschaft, die einer rein effizienzorientierten Ausrichtung – zumindest teilweise - entgegen läuft. Um sich vom Wettbewerb zu differenzieren, müssen sich Kernprozesse von Wettbewerbern unterscheiden. Prozesse setzen Strategie um. Die IT-Landschaft setzt Prozesse um. Diese zentralen Aussagen von Porter geben die logische Abhängigkeit vor: Strategie – Prozesse – IT [Port96]. Rückkopplungen sind dabei möglich, z.B. können IT-Innovationen wie RFID Auswirkungen auf Prozesse und Strategie haben. Prozesse sind daher gemäß den strategischen Vorgaben zu modellieren und zu implementieren, um die Unternehmensziele zu erreichen. Aus diesem Grund ist sowohl die Adaption von Referenzprozessmodellen, die Übertragung von Best Practices auf das eigene Unternehmen als auch die Standardisierung von Prozessen mit Bedacht vorzunehmen. Gleichzeitig steigt der Bedarf an Flexibilisierung oder sogar Individualisierung von Prozessen:

- Die Vernetzung nimmt zu und verstärkt Arbeitsteilung und Spezialisierung, um strategische Wertschöpfungsnetze oder Virtuelle Unternehmen zu gestalten [Flei01, S. 17ff].
- Fusionen und Akquisitionen erfordern eine flexible Anpassung der Prozess- und IT-Landschaft, um Synergien im Zuge von Transitionen zügig zu realisieren.
- Die Intensivierung des Wettbewerbs sowie kürzere Produktlebenszyklen führen in dynamischen Branchen (z.B. Consumer Electronics) zu kürzeren Strategiezyklen und zur Notwendigkeit, Strategien prozessseitig zügig umzusetzen [Moor95].
- Die zunehmende Produkt- und Dienstleistungsindividualisierung als strategisches Wettbewerbsinstrument erfordert eine Flexibilisierung der Leistungserstellungsprozesse.

Die Flexibilisierung der Prozesse ist zunehmend wettbewerbskritisch.<sup>1</sup> Die IT-Architektur und die zugehörige Applikationslandschaft ist daher auf eine effiziente und zugleich flexible Unterstützung der Prozesse auszurichten. Dies wird u.a. durch Serviceorientierte Architekturen (SOA) technisch ermöglicht [KrBS04]. Standards zur dynamischen Orchestrierung elektronischer Dienste (Web Services) zur Prozessunterstützung (z.B. BPML, BPEL) etablieren sich, kommerzielle Softwareprodukte zur technischen Konfiguration und Ausführung von Web-Service-basierten Workflows und Orchestrierungen gewinnen an Reife [Chan06, S. 157ff].

Allerdings bleiben zahlreiche Herausforderungen in Bezug auf die fachliche Gestaltung flexibler Prozesse bestehen. Im Folgenden wird ein Ansatz zur Spezifikation individueller Prozesse sowie zur Konfiguration unterstützender E-Services mithilfe von Case Based Reasoning vorgestellt. Ziel ist es, das Design individueller Prozesse zumindest teilweise zu automatisieren und darüber hinaus im Rahmen der Ausführung der Prozessbeschreibung zur richtigen Zeit die richtigen E-Services<sup>2</sup> für die Prozessbeteiligten zur Verfügung zu stellen.

## **2 Bestehende Individualisierungsansätze**

Zur Individualisierung von Prozessen und E-Services existieren verschiedene Konzepte, die nach Art des eingesetzten Instruments unterschieden werden können.

Beim klassischen Ansatz der Prozessindividualisierung wird jeder Prozess für den jeweiligen Kontext passend unter Verwendung von Richtlinien neu modelliert [Lang 97, S. 2]. Diese permanente Neugestaltung von individuellen Prozessen ist sehr zeitintensiv und verhindert die Wiederverwendung von Erfahrungen aus früheren Prozessen [Rupp02, S. 2]. Im Gegensatz dazu ermöglichen die Modellierungsansätze mithilfe von Referenzmodellen [Brock03, S. 31ff], Prozessskeletten [Remme97, S. 114ff] und Prozessbausteinen [Lang97, S. 4ff] die Nutzung von Prozesswissen. Problematisch bei allen Ansätzen ist jedoch die aufwändige Suche und Anpassung an den aktuellen Kontext.

Die Methoden zur Individualisierung von E-Services sind den Verfahren der Prozessindividualisierung sehr ähnlich. Analog zur Prozessindividualisierung besteht der

---

<sup>1</sup> Flexibilität ist die Fähigkeit, sich auf geänderte Anforderungen und Gegebenheiten der Umwelt einstellen zu können. Im Prozesskontext bezieht sich die Änderungsfähigkeit auf Ablauforganisation (Struktur), Geschäftsregeln, Prozessakteure sowie E-Services und deren Provider zur Design- und Laufzeit von Prozessen.

<sup>2</sup> E-Services sind Softwarekomponenten, die aus Servicekontrakt, Schnittstellen und Implementierung bestehen und fachliche Funktionen auf grobgranularer Ebene kapseln (Informations-/Anwendungsdienste) [KrBS04].

klassische Ansatz der E-Service-Individualisierung darin, für jeden Kontext einen E-Service anhand vorgegebener Programmierrichtlinien neu zu erstellen. Diese Vorgehensweise ist jedoch sehr aufwändig und erlaubt keine Wiederverwendung von E-Service-Wissen. Eine Wiederverwendung ermöglichen die Ansätze zur Erzeugung eines E-Services durch den Einsatz von Entwurfsmustern, Frameworks und Bibliotheken.

Abstrakt betrachtet besteht die Vorgehensweise aller Ansätze zur Prozess- und E-Service-Individualisierung aus der Suche eines geeigneten Instruments und der daran anschließenden Anpassung an den individuellen Kontext. Beide Schritte führen bei manueller Durchführung oft zu einem hohen Zeitaufwand. Intelligente Ansätze zur Individualisierung beschäftigen sich deshalb mit der Entwicklung von automatischen Such- und Adaptionenverfahren. Die Systeme „WorkBrain“ [WaWT97, S. 3ff] und „Flexware“ [WaWe97, S. 52f] ermöglichen es zum Beispiel mittels eines fallbasierten Retrieval-Systems bestehende Prozessmodelle zu finden, die einen zur aktuellen Situation ähnlichen Prozesskontext aufweisen. Der „ARIS Process Generator“ [HaRS99, S. 21ff] und das Konzept zur projektspezifischen Individualisierung [Rupp02, S. 67ff] erlauben die automatische Adaption von Prozessmodellen an den Prozesskontext mithilfe von benutzerdefinierten Regeln. Problematisch bei diesen Ansätzen ist, dass nur einer der beiden Schritte, Suche oder Adaption, automatisiert wird, während der andere weiterhin manuell durchzuführen ist. Ziel dieses Projektes ist es daher ein System zu entwickeln, das sowohl intelligente Automatismen zur Suche bestehender Prozessmodelle und ihrer E-Services als auch zur Adaption gefundener Prozessmodelle und ihrer E-Services an den aktuellen individuellen Kontext bietet. Dabei kommt die Methodik der Künstlichen Intelligenz Case Based Reasoning zum Einsatz.

### **3 Case Based Reasoning**

Case Based Reasoning (CBR) ermöglicht das Lösen von Problemen auf Basis von Erfahrungswissen, das in Form von Fällen in einer Fallbasis abgelegt ist [MaTS01, S. 1]. Ein Fall besteht aus zwei grundsätzlichen Teilen, einer Problembeschreibung und der dazugehörigen Lösung. Um ein neues Problem zu lösen, wird in der Fallbasis das dazu ähnlichste Problem gesucht und dessen Lösung wieder verwendet [MaTS01, S. 1]. Im Rahmen der Prozess- und E-Service-Individualisierung können CBR-Systeme dazu verwendet werden, um zu einem gegebenen Prozess- und E-Service-Kontext (Problembeschreibung) den

ähnlichsten in der Fallbasis enthaltenen Prozess- und E-Service-Kontext aufzufinden und dessen Prozess mit E-Services (Lösung) wieder zu verwenden und an den neuen Kontext anzupassen. CBR erfüllt damit die Grundanforderungen der automatischen Selektion und Adaption.

Die Funktionsweise eines CBR-Systems kann als zyklisches Phasenmodell [AaPI94, S. 46] dargestellt werden. In der Retrieve-Phase wird zu dem gegebenen neuen Kontext der Prozess mit E-Services in der Fallbasis gesucht, der den dazu ähnlichsten Kontext enthält. Dieser dient in der Reuse-Phase als Basis zur Lösungsfindung. Im Rahmen der Revise-Phase erfolgt die tatsächliche Ausführung des neuen Prozesses und seiner E-Services. In Abhängigkeit des Erfolges erhält er eine Bewertung, die innerhalb der Retain-Phase über seine Aufnahme in die Fallbasis entscheidet. Abb. 1 veranschaulicht den CBR-Zyklus.

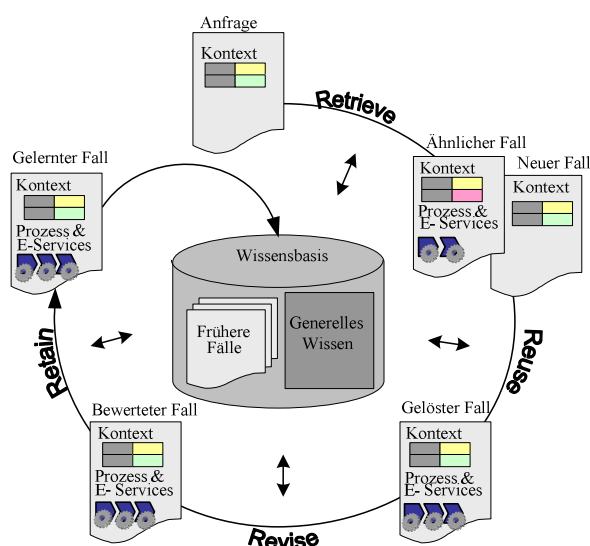


Abb. 1: CBR-Zyklus nach [AaPI94, S. 46]

Bei der Entwicklung eines CBR-Systems zur Prozess- und E-Service-Individualisierung sind eine geeignete Form der Repräsentation der Fälle sowie passende Verfahren zur Ähnlichkeitsbestimmung, Suche, Adaption und Wartung zu bestimmen.

## 4 Prozess- und E-Service-Individualisierung mittels Case Based Reasoning

### 4.1 Definition und Repräsentation von Kontext, Prozess und E-Services

Ein Fall setzt sich aus dem Prozess- und E-Service-Kontext sowie dem ausgeführten Prozess und seinen E-Services zusammen. Der Prozess- und E-Service-Kontext spiegelt die Rahmenbe-

dingungen wider, unter denen der Prozess und seine E-Services sinnvoll eingesetzt werden können (z.B. Branche, Kundenanforderungen, strategisches Umfeld, Phase im Produktlebenszyklus, Prozesskomplexität). Die Repräsentation des Kontextes erfolgt mit Hilfe von Attribut-Werte-Vektoren [Rich03, S. 412]. Hierbei wird der Prozess- und E-Service-Kontext durch eine Anzahl  $n$  von Attributen  $A_1, A_2, \dots, A_n$  näher charakterisiert. Ein konkreter Prozess- und E-Service-Kontext  $P$  wird durch den Vektor der Attributwerte  $a_1, a_2, \dots, a_n$  aus den Wertebereichen  $W_1, W_2, \dots, W_n$  spezifiziert:  $P = (a_1, a_2, \dots, a_n) \in W_1 \times W_2 \times \dots \times W_n$ . Hierbei können metrische, ordinale und nominale Attribute verwendet werden. Um unbekannte Attributwerte zuzulassen, wird der Wertebereich jedes Attributs um die Ausprägung „unbekannt“ erweitert.

Auf Grund ihrer komplexen Struktur wird für Prozesse und E-Services die ausdrucksstarke objektorientierte Repräsentationsform herangezogen. Hierbei werden die Prozesse und E-Services mit ihren Elementen durch Klassen näher charakterisiert. Ein konkreter Prozess mit E-Services besteht aus einer Menge von Objektinstanzen dieser Klassen. Das Klassendiagramm in Abb. 2 zeigt auf, wie Prozesse und E-Services definiert sind.

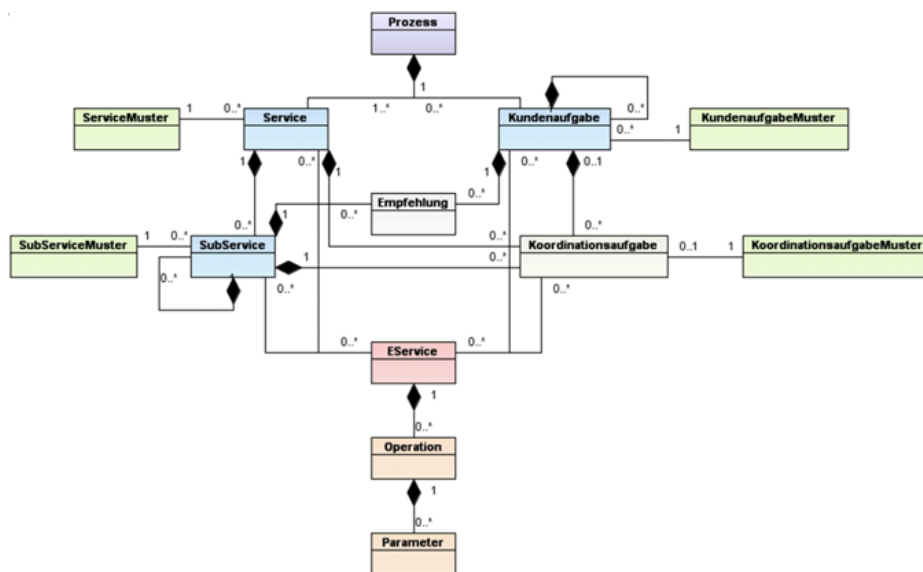


Abb. 2: Prozess- und E-Service-Modell

Ein Prozess besteht aus einem oder mehreren Services, die von einem Serviceanbieter für einen Kunden erbracht werden. Er kann verschiedene Aufgaben beinhalten, die der Kunde selbst zu übernehmen hat. Jeder Service kann mehrere Sub-Services umfassen. Kundenaufgaben und Sub-Services können sich selbst als Element enthalten und ermöglichen somit eine rekursive hierarchische Schachtelung. Reihenfolgebedingte Beziehungen werden nur auf Serviceebene modelliert. Die Prozesselemente Service, Kundenaufgabe und Sub-Service können weiterhin

Empfehlungen und Koordinationsaufgaben beinhalten. Alle Services, Kundenaufgaben, Sub-Services und Koordinationsaufgaben beruhen auf Mustern, die allgemeine Informationen zu den Prozesselementen enthalten (z.B. Name, Beschreibung, Funktion, Ziel). Die Ausführung von Services, Kundenaufgaben, Sub-Services und Koordinationsaufgaben kann durch E-Services unterstützt werden. Jeder E-Service kann mehrere Funktionalitäten in Form von Operationen umfassen. Operationen können wiederum mehrere Parameter enthalten, die ihre Funktionalität näher spezifizieren.

#### 4.2 Bestimmung ähnlicher Prozess- und E-Service-Kontexte

Zielsetzung der CBR-Retrieve-Phase ist es zu einem neuen Kontext den Prozess mit E-Services in der Fallbasis zu ermitteln, der den dazu ähnlichsten Kontext enthält. Zur Bestimmung der Ähnlichkeit zweier Kontexte kommen lokale und globale Ähnlichkeitsmaße zum Einsatz. Während lokale Ähnlichkeitsmaße die Ähnlichkeit zwischen einzelnen Attributausprägungen messen, ermitteln globale die Ähnlichkeit zwischen zwei gesamten Kontexten durch Aggregation der lokalen Ähnlichkeiten [Stah03, S. 50ff; Wess95, S. 125ff].

Lokale Ähnlichkeitsmaße werden in Abhängigkeit des Skalenniveaus des jeweiligen Attributs definiert. Zur lokalen Ähnlichkeitsmessung nominaler Attribute werden Ähnlichkeitstabellen [Goos96, S. 90f] herangezogen. Diese enthalten für jede Kombination aus Attributwerten  $a_i$  des Anfragefalles  $a$  und des Vergleichfalles  $f$  aus der Fallbasis einen Ähnlichkeitswert  $x_{ij} \in [0;1]$ .

$a/f$	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$
$a_1$	$I$	$x_{12}$		$x_{1n}$
$a_2$	$x_{21}$	$I$		$x_{2n}$
...				
$a_n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$		$I$

Abb. 3: Ähnlichkeitstabelle

Bei metrischen Attributen erfolgt die lokale Ähnlichkeitsbestimmung unter Verwendung von Distanzmaßen, die die Differenz zweier Attributwerte berücksichtigen. Zur lokalen Ähnlichkeitsbestimmung metrischer Attribute stehen verschiedene Maße  $m$  zur Wahl. Als Maße  $m$  können schwellenwertbasierte, lineare, exponentiale und sigmoide Funktionen gewählt werden

[Stah03, S. 54ff]. Nachstehende Abbildung zeigt die Graphen dieser Funktionen für den Wertebereich  $f > a$  auf.

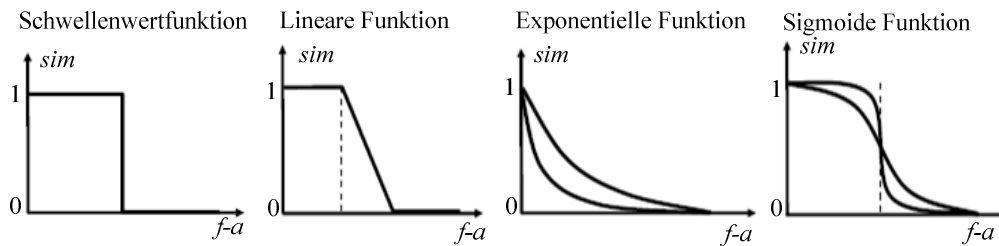


Abb. 4: Ähnlichkeitsfunktionen nach [Stah03, S.56]

Zur Ähnlichkeitsmessung ordinaler Attribute existieren keine eigenen Ähnlichkeitsmaße. Es können jedoch die Maße metrischer Attribute verwendet werden [Goos96, S. 91]. Hierbei müssen die Ausprägungen des ordinalen Attributs auf Zahlenwerte abgebildet werden, über die die Ähnlichkeitsmessung erfolgt. Bei unbekanntem Attributwert erfolgt die Ähnlichkeitsmessung für Attribute aller Skalenniveaus durch eine Schätzung.

Als globales Ähnlichkeitsmaß wird die gewichtete Summe der lokalen Ähnlichkeiten herangezogen. Hierbei kann der Domänenexperte (z.B. Fachprozess-Owner) jedem Attribut ein Gewicht zuweisen, welches die Relevanz des Attributs widerspiegelt.

Die manuelle Definition der Ähnlichkeitsmaße ist zeitaufwändig und erfordert ein hohes Maß an explizitem Domänenwissen. Daher kommt ein Lernalgorithmus zum Einsatz, der die Definition des globalen Ähnlichkeitsmaßes vereinfacht und das Maß optimiert. Mit Hilfe des Lernalgorithmus werden die initialen uniformen oder benutzerdefinierten Gewichte so modifiziert, dass das globale Ähnlichkeitsmaß das Auffinden von nützlichen und adaptierbaren Prozessen und E-Services ermöglicht. Als Lernalgorithmus wird das Gradientenabstiegsverfahren eingesetzt [Stah03, S. 105ff]. Dieses benötigt Trainingsdatensätze, die Informationen vom Benutzer des CBR-Systems über die Rangfolge der Nützlichkeit adaptierten Prozesse und E-Services zu einem gegebenen Problem enthalten. Diese Informationen können während der Benutzung des Systems erfasst werden. Auf Basis des Vergleichs der vom Benutzer angegebenen Rangfolge der adaptierten Lösungen und der durch das Ähnlichkeitsmaß berechneten Rangfolge ist eine Fehlerfunktion definiert, die das Gradientenabstiegsverfahren durch Modifikation der Gewichte minimiert.



### 4.3 Suche ähnlicher Prozesse und E-Services-Kontexte

Ziel der Suchverfahren, die im Rahmen der CBR-Retrieve-Phase eingesetzt werden, ist es, zu einer Anfrage  $n$  Fälle aus der Fallbasis zu finden, die bezüglich des definierten Ähnlichkeitsmaßes die höchste Ähnlichkeit aufweisen [Wess95, S. 159]. Die Suche der ähnlichsten Fälle kann mittels verschiedener Strategien realisiert werden, die alle einen Kompromiss aus Qualität der gefundenen Fälle, Zeitverhalten und Flexibilität erfordern. Zur Prozess- und E-Service-Individualisierung werden zwei alternative Suchverfahren, die sequenzielle Suche und die wissensarme Indexierung mittels erweitertem k-d-Baum [Wess95, S. 209ff], bereitgestellt. Beide Verfahren finden mit Sicherheit die ähnlichsten Fälle in der Fallbasis, unterscheiden sich aber in Effizienz und Flexibilität. Während die sequenzielle Suche beliebige Ad-hoc-Anfragen erlaubt, ermöglicht der erweiterte k-d-Baum eine schnelle standardisierte Suche. Bei der sequenziellen Suche wird die Ähnlichkeit zwischen der Anfrage und jedem Fall der Fallbasis nacheinander mit Hilfe des definierten Ähnlichkeitsmaßes ermittelt und die Fälle werden mit aufsteigender Ähnlichkeit zur Anfrage geordnet [Wess95, S. 163ff].

Die Grundidee des erweiterten k-dimensionalen Baumes besteht darin, die Fallbasis mithilfe eines Baumes nach  $k$  Dimensionen zu partitionieren [Wess95, S. 180f]. Die Dimensionen entsprechen dabei den Attributen des Prozess- und E-Service-Kontextes [Goos96, S. 69f]. Abb. 5 zeigt einen erweiterten 2-d-Baum.

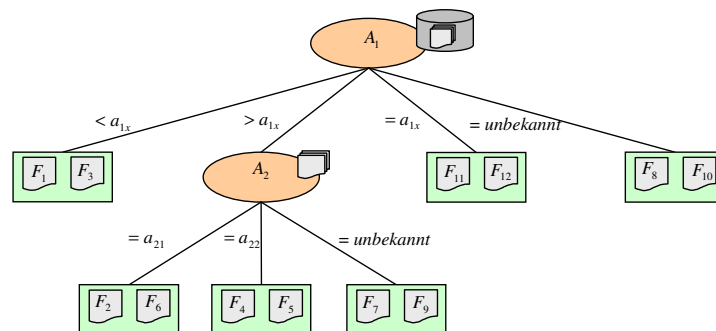


Abb. 5: Erweiterter 2-d-Baum

Der erweiterte k-d-Baum wird automatisch generiert [Wess95, S. 198ff]. Hierbei wird die Baumstruktur so gestaltet, dass zur Ermittlung der ähnlichsten Fälle nur für wenige Fälle die Ähnlichkeit zur Anfrage berechnet werden muss und somit eine effiziente Suche möglich ist [Goos96, S. 71]. Bei der Suche im erweiterten k-d-Baum [Wess95, S. 188, S. 234f] werden zunächst ausgehend von dem Wurzelknoten die Pfade im Baum verfolgt, deren Kantenbedingungen die Attributwerte der Anfrage erfüllen, bis ein Blattknoten erreicht ist. Die

im Blattknoten enthaltenen Fälle werden gemäß ihrer Ähnlichkeit zur Anfrage geordnet. Mithilfe der Attribut-Werte-Bedingungen der Knoten wird getestet, ob noch ähnlichere Fälle existieren, und die Suche gegebenenfalls rekursiv am Vaterknoten fortgesetzt.

#### 4.4 Adaption bestehender Prozesse und E-Services

Ziel der Adaption, die im Rahmen der CBR-Reuse-Phase stattfindet, ist es, ein aktuelles Problem mithilfe des in der CBR-Retrieve-Phase gefundenen ähnlichsten Falles zu lösen. Die Lösung des ähnlichsten Falles dient dabei als Basis für die Bestimmung der Lösung des aktuellen Problems [FLMN99, S. 105].

Die Adaption verläuft, abhängig von dem Ziel der Anfrage, in verschiedenen Schritten. Als Anfrage-Ziele können die Erstellung eines neuen individuellen Prozesses mit E-Services und die individuelle Erweiterung eines bestehenden Prozesses mit seinen E-Services unterschieden werden. Bei der Neuerstellung wird eine Kopie des Prozesses und der E-Services des ähnlichen Falles als Grundlage für die Anfrage verwendet. Im Falle einer Erweiterung wird aus dem Prozess und den E-Services der Anfrage und des ähnlichen Falles ein neuer Prozess mit E-Services zusammengesetzt. Anschließend erfolgt durch die substitutionale und strukturelle Adaption sowie die Konsistenzsicherung eine Anpassung des kopierten bzw. konfigurierten Prozesses und seiner E-Services an den aktuellen Kontext. Nachstehende Grafik veranschaulicht den Ablauf der Adaption.

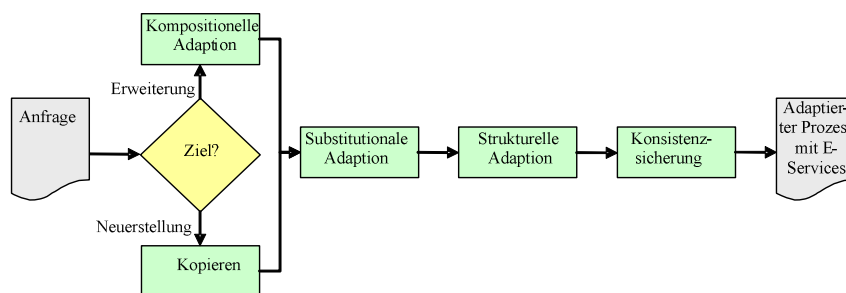


Abb. 6: Ablauf der Adaption

Ziel der kompositionellen Adaption ist es, einen neuen Prozess mit E-Services aus den Prozess- und E-Serviceelementen der Anfrage und des ähnlichen Falles zusammenzustellen. In den neuen Prozess werden alle abgeschlossenen und in Bearbeitung befindlichen Prozess- und E-Serviceelemente der Anfrage übernommen und Prozess- und E-Servicebestandteile des ähnlichen Falles hinzugefügt. Um eine sinnvolle Reihenfolge auf Serviceebene zu ermöglichen, wer-

den in der Retrieve-Phase nur solche Fälle selektiert, deren Serviceabfolge mit den Services, die in der Anfrage abgeschlossen sind oder sich in Bearbeitung befinden, übereinstimmt.

Im Rahmen der substitutionalen Adaption erfolgt die Anpassung der Attributwerte der Prozess- und E-Serviceelemente, die aus dem ähnlichen Fall entnommen sind. Hierbei wird zum Beispiel bei allen Services der Status auf „geplant“ gesetzt, als Editierungsdatum das aktuelle Datum eingetragen und ein Serviceanbieter ausgewählt, für den Präferenzen des Kunden vorliegen.

Zielsetzung der strukturellen Adaption ist es, die Struktur des Prozesses und der E-Services des ähnlichen Falles an den Prozess- und E-Service-Kontext des Anfragefalles anzupassen. In Abhängigkeit von den Gemeinsamkeiten und Unterschieden der Kontextattribute werden Komponenten des Prozesses und der E-Services des ähnlichen Falles entfernt, neue Komponenten hinzugefügt und die Reihenfolge der Komponenten verändert.

Zur Realisierung der strukturellen Adaption wird ein zusätzliches CBR-System, im Folgenden A-CBR-System genannt, verwendet. Die Fälle des A-CBR-Systems werden mit Hilfe der Fallbasis des Haupt-CBR-Systems generiert [JaCR01, S. 1013]. Dadurch werden die Adaptionfälle genau auf die Adaptionsbedürfnisse des Haupt-CBR-Systems abgestimmt. Ein Adaptionsfall setzt sich aus den Anwendbarkeitsbedingungen und dem Adaptionsbedarf (Problembeschreibung) sowie den Adaptionsaktionen (Lösung) zusammen [WiCR02, S. 426ff]. Die Anwendbarkeitsbedingungen beschreiben die Kontextattributwerte und den Prozessablauf, bei dem der Einsatz der Adaptionsaktionen sinnvoll ist. Der Adaptionsbedarf gibt die Unterschiede zwischen den Kontextattributen des Anfragefalles und des ähnlichen Falles an, die die Durchführung von Adaptionsaktionen bedingen. Die Adaptionsaktionen beinhalten die Modifikationen, die an dem ähnlichen Prozess durchgeführt werden müssen, um ihn an den neuen Kontext anzupassen. Hierbei stehen *FügeHinzu-*, *Lösche-*, *ÄndereReihenfolge-* und *ÄndereStrukturelleBeziehung-*Aktionen zur Verfügung.

Im Rahmen der strukturellen Adaption wird für einen Anfragefall und einen dazu ähnlichen Fall der Adaptionsfall gesucht, der die am besten geeigneten Adaptionsaktionen enthält. Zu diesem Zweck erzeugt das Haupt-CBR-System aus dem Anfragefall und seinem ähnlichen Fall einen Adaptionsanfragefall, den es dem A-CBR-System übergibt. Dieses selektiert aus seiner Fallbasis den dazu ähnlichsten Adaptionsfall und übermittelt ihn an das Haupt-CBR-System, das daraufhin die Adaptionsaktionen des Adaptionsfalles ausführt. Abb. 7 veranschaulicht das Zusammenspiel zwischen Haupt-CBR-System und A-CBR-System.

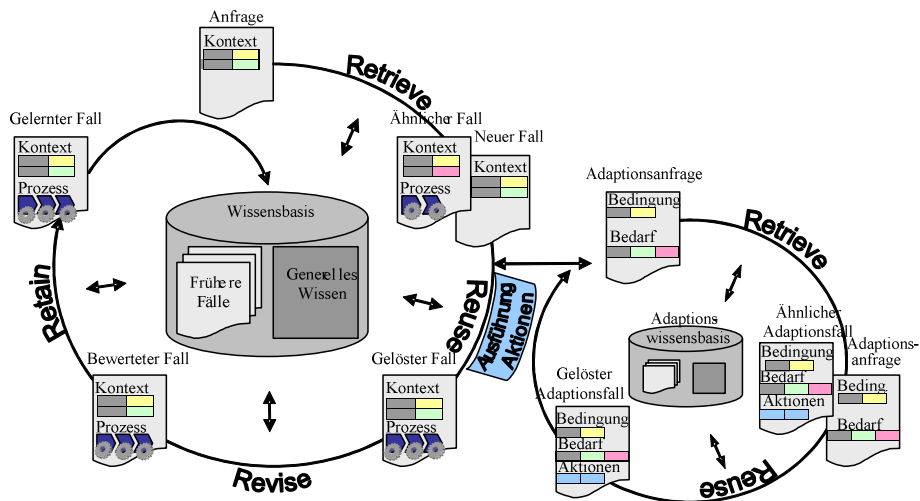


Abb. 7: Strukturelle Adaption

Da es sich bei den Adaptionsmechanismen um Heuristiken handelt, ist die Konsistenz des so erzeugten Prozesses und seiner E-Services nicht garantiert. Um die Konsistenz und damit auch die Qualität des Prozesses mit seinen E-Services zu erhöhen, kommen lokale und globale Konsistenzsicherungsmaßnahmen zur Anwendung. Im Rahmen der lokalen Konsistenzsicherung wird die Eignung einzelner Prozess- und E-Serviceelemente bezüglich des Prozess- und E-Service-Kontextes überprüft und gegebenenfalls werden Korrekturmaßnahmen vorgenommen. Die globale Konsistenzsicherung hingegen beschäftigt sich mit den Interdependenzen zwischen den einzelnen Prozess- und E-Serviceelementen und führt Maßnahmen zur Verbesserung der Konsistenz des gesamten Prozesses und seiner E-Services durch.

#### 4.5 Ausführung des Prozesses und seiner E-Services

Ergebnis der Adaption ist ein individueller Prozess- und E-Servicevorschlag auf Basis gesammelten Prozesswissens. Ziel ist es jedoch, nicht nur die Definition individualisierter Prozesse zu unterstützen, sondern vielmehr den Ansatz einer prozessbasierten E-Service-Logistik zu realisieren. Die richtigen E-Services sollen zur richtigen Zeit am richtigen Ort im Prozess zur Verfügung gestellt werden und so die Koordinations- und Informationsbedarfe der Prozessbeteiligten befriedigen. Die dazu notwendige Ausführung der durch das CBR-System vorgeschlagenen Prozess- und E-Service-Modelle wird durch die Meta-Orchestration unterstützt, die in Abschnitt 5 skizziert wird. Zu diesem Zweck wird der Prozessvorschlag des CBR-Systems in eine XML-basierte Prozessbeschreibung transformiert und ausgeführt.

#### **4.6      Wartung des CBR-Systems**

Veränderungen in der Umwelt, dem Aufgabenfokus, den Benutzeranforderungen und den Wissenscontainern des CBR-Systems können zu einer Verschlechterung der Ergebnisqualität und Effizienz des CBR-Systems führen [Wils01, S. 1]. Die Zielsetzung der Wartung, die im Rahmen der CBR-Retain-Phase stattfindet, besteht darin, das Wissen eines CBR-Systems (Prozess- und E-Service-Wissen) zu bewahren und gegebenenfalls zu korrigieren, um eine hohe Qualität und Effizienz zu gewährleisten [Roth02, S. 30]. Im Rahmen der Individualisierung von Prozessen und E-Services werden die Wissenscontainer „Ähnlichkeitswissen“, „Adaptionswissen“ und „Fallbasis“ mit jeweils eigenen Verfahren automatisch gewartet. Der Wissenscontainer „Vokabular“, bestehend aus Kontextattributen und Prozess- und E-Serviceelementen, wird manuell von einem Domänenexperten gewartet. Das globale Ähnlichkeitswissen wird manuell initialisiert und anschließend fortlaufend interaktiv mittels der benutzerpräferierten Rangfolgen der adaptierten Prozesse und E-Services optimiert. Die Generierung des strukturellen Adaptionswissens aus Fällen der Fallbasis ermöglicht die Erweiterung und Optimierung des Adaptionswissens. Die Wartung der Fallbasis besteht aus den Retain- sowie Review- und Restore-Schritten [Roth02, S. 55ff]. Im Rahmen des Retain-Schrittes entscheiden Intrafallqualitätsmaße über die Aufnahme eines Prozesses mit seinen E-Services in die Fallbasis. Innerhalb des Review-Schrittes werden die Prozesse und E-Services hinsichtlich ihrer Intrafallqualität, Interfallkonsistenz und Redundanz überprüft und gegebenenfalls im Restore-Schritt gelöscht.

### **5      Systemarchitektur**

Die CBR-Lösung ist Teil der Gesamtarchitektur „Individual Value Web System (IVWS)“ zur prototypischen Realisierung des Forschungsansatzes einer prozessbasierten E-Service-Logistik anhand interorganisatorischer Behandlungsprozesse in Gesundheitsnetzen [ScBo06]. Die Architektur unterstützt als Prozess- und Integrationsplattform die Konfiguration und Ausführung individueller Prozesse. Sie wurde auf Basis von .NET realisiert und gliedert sich in vier Ebenen. Präsentations-Ebene: Application Frontends initiieren und steuern alle Aktivitäten des IVWS. Typischerweise werden im Projekt Application Frontends über graphische Benutzeroberflächen

implementiert, welche die direkte Interaktion der Endanwender im Rahmen rollenspezifischer Prozessportale mit dem System ermöglichen (in C# realisierte WebParts des Portal Server).

Customization- und Prozess-Steuerungs-Ebene: Diese Ebene besteht aus drei Komponenten – der Prozess- und E-Service-Customization, der Meta Orchestration sowie dem Service Bus, welcher u.a. Funktionen für die Orchestration und Ausführung von Web Services beinhaltet.

- Service Bus: Diese Komponente verbindet alle Netzwerkakteure. Sie ermöglicht die Kommunikation zwischen Application Frontends und E-Services. Die erforderliche Funktionalität wird durch den MS Biztalk Server zur Verfügung gestellt (u.a. Connectivity, Integration Services, Communication). Der Service Bus unterstützt auch die technische Konfiguration und Ausführung feingranularer, Nachrichtenfluss-orientierter Web Service-Orchestrations (WSO), z.B. repräsentiert in BPEL oder XLANG.
- Prozess- und E-Service-Customization: Für die Individualisierung von Prozessen und der Anpassung der zugeordneten E-Service-Logistik wird Case Based Reasoning genutzt (vgl. Kapitel 4). Die vom CBR-System adaptierte Prozess- und E-Service-Spezifikation wird zur Ausführung an die Meta-Orchestration-Engine übermittelt.
- Meta Orchestration: Die Architektur basiert auf dem Prinzip Web-Service-basierter Workflows und dem Einsatz der WSO. Defizite bei der Anwendung der WSO und der dafür verfügbaren Systeme sind geringe Flexibilität, unzureichende Individualisierbarkeit und fehlende Benutzernähe. Die Meta Orchestration liefert einen Beitrag zur Behebung dieser Defizite, indem sie als Zwischenschicht zur Orchestrierungsebene (z.B. Biztalk Server) fungiert. Der Prozess-Owner kann die aus der CBR-Komponente übermittelten Prozessmodelle und E-Service-Parameter modifizieren (z.B. E-Services entfernen/hinzufügen) und das Modell instanziiieren. Die technische Konfiguration wird in der Laufzeitumgebung ausgeführt, d.h. die Meta-Orchestration-Engine stößt die Ausführung „normaler“ WSO des Biztalk-Servers an [ScBo06].

Applikations-Ebene: Neben den geschilderten IVWS-spezifischen CBR- und Orchestrierungsdiensten kann jede Form existierender Web Services Informationen und Anwendungen den Netzwerk-Teilnehmern zur Verfügung stellen, über SOAP und WSDL über den Service Bus aufrufen und in die E-Service-Logistik integrieren.

Daten-Ebene: Diese Ebene stellt die für die Umsetzung notwendige Datenbasis bereit. In einer MS SQL-Datenbank werden die Prozess- und E-Service-Daten gespeichert und verwaltet.

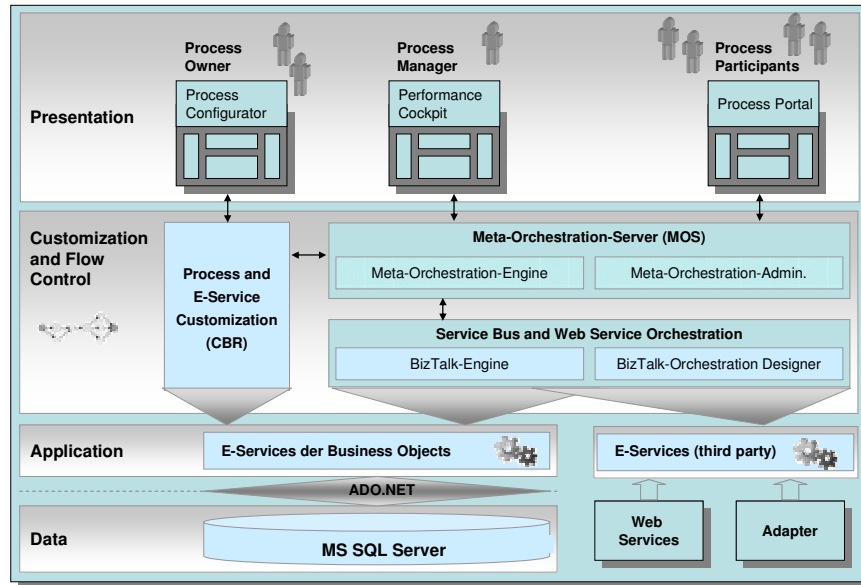


Abb. 8: Individual Value Web System

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Um Strategien in der Prozess- und IT-Landschaft effizient und effektiv umzusetzen, nimmt der Bedarf zur Flexibilisierung bzw. Individualisierung von Prozessen zu. Gleichzeitig ermöglichen neue Technologien und Standards wie Web Services und Serviceorientierte Architekturen die IuK-technische Umsetzung flexibler Wertschöpfungssysteme. Ausgehend von den bestehenden Ansätzen der Individualisierung und deren Defizite wurde ein System zur Individualisierung von Prozessen und E-Services mithilfe von Case Based Reasoning entwickelt. Zielsetzung war es, den manuellen Aufwand für die Definition und Modellierung von Prozessen für den Benutzer gering zu halten und den Vorschlag automatisch an den gegebenen Prozesskontext anzupassen. Das Konzept basiert auf intelligenten Automatismen zur Selektion geeigneter bestehender Prozesse und ihrer E-Services sowie zur Adaption gefundener Prozesse und ihrer E-Services. Die Adaption erfolgt anhand automatischer transformationsorientierter Verfahren. Hierbei werden nacheinander kompositionelle, substitutionale und strukturelle Adaptionsmechanismen sowie eine Konsistenzsicherung ausgeführt.

Das vorgestellte CBR-System zur Individualisierung von Prozessen und E-Services lässt sich dort einsetzen, wo Serviceorientierte Architekturen und Möglichkeiten der technischen Konfiguration von E-Services geschaffen wurden. Der Ansatz unterstützt die anwenderbezogene, fachliche Prozessdefinition anhand des Prozesskontextes und ermöglicht so die dynamische

Konfiguration von Prozessen, die Auswahl relevanter Prozessakteure und die Orchestrierung der E-Services. Der Ansatz ergänzt daher technisch orientierte Ansätze der Prozessrepräsentation und -konfiguration wie BPEL oder BPML. Eine aufwändige Modellierung zahlreicher Prozessvarianten oder gar individueller Prozessinstanzen entfällt.

Die Einrichtung und Wartung solcher Systeme ist mit Aufwand verbunden. So müssen vor der Nutzung des Systems einheitliche Kontextattribute, Prozesselement-Muster und E-Serviceelemente definiert sowie bestehende Prozesse mit ihren Kontexten und E-Services in dieses Format transformiert werden. Während der Nutzungsphase des Systems sind diese Daten stets an veränderte Umweltbedingungen und Benutzeranforderungen anzupassen. Gleichzeitig erfolgt damit jedoch die Explizierung und Formalisierung von Prozesswissen. Das CBR-System stellt ein Basisverfahren zur Individualisierung von Prozessen und E-Services dar, das sich noch durch zusätzliche Konzepte (z.B. Prognose unbekannter Kontextattribute) erweitern lässt. Auch die Kombination mit Prozess Repositories, Modellierungssystemen oder die Integration in Business Process Management Systeme (z.B. SAP XI, Intalio n<sup>3</sup>) weist Forschungspotenzial auf, um Wertschöpfungssysteme zu flexibilisieren und die Möglichkeiten Serviceorientierter Architekturen aus fachlicher Sicht auszuschöpfen.

## Literaturverzeichnis

- [AaP194] Aamodt, Angar; Plaza, Enric: Case Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations and System Approaches. In: AI Communications 7 (1994) 1, S. 39-59.
- [Chan06] Chang, James F.: Business Process Management Systems: Strategy and Implementation. Taylor & Francis, Boca Raton 2006.
- [FeSe05] Feldmayer, Johannes; Seidenschwarz, Werner: Marktorientiertes Prozessmanagement – Wie Process Mass Customization Kundenorientierung und Prozessstandardisierung integriert. Vahlen, München 2005.
- [Flei01] Fleisch, Elgar: Das Netzwerkunternehmen: Theorien, Strategien und Prozesse zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit in der “Networked economy”. Springer, Berlin et. al. 2001.



- [FLMN99] Fuchs, Béatrice; Lieber, Jean; Mille, Alain; Napoli, Amedeo: Towards a Unified Theory of Adaptation in Case Based Reasoning. In: Althoff, K.-D.; et. al. (Hrsg.): Case Based Reasoning Research and Development. Springer, Berlin 1999, S. 104-117.
- [Goos96] Goos, Klaus: Fallbasiertes Klassifizieren: Methoden, Integration und Evaluation. Infix Verlag, Sankt Augustin 1996.
- [HaRS99] Hagemeyer Jens, Rolles Roland, Scheer August-Wilhelm: Der schnelle Weg zum Sollkonzept: Modellgestützte Standardsoftwareeinführung mit dem ARIS Process Generator. In: Scheer, August-Wilhelm (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik an der Universität Saarbrücken, Heft 152, Saarbrücken 1999.
- [JaCR01] Jarmulak, Jacek; Craw, Susan; Rowe, Ray: Using Case-Based Data to Learn Adaptation Knowledge for Design. In: Proceedings of the 17th IJCAI Conference. Morgan Kaufmann, o.O. 2001, S. 1011-1016.
- [KrBS04] Krafzig, Dirk; Banke, Karl; Slama, Dirk: Enterprise SOA, Service-Oriented Architecture Best Practices. Prentice Hall PTR, Maryland 2004.
- [Lang97] Lang, Klaus: Gestaltung von Geschäftsprozessen mit Referenzbausteinen. Universität Erlangen-Nürnberg, Dissertation. 1997.
- [MaTS01] Main, Julie; Dillon, Tharam S.; Shiu, Simon C. K.: A Tutorial on Case Based Reasoning. In: Pal, Sankar K.; Dillon, Tharam S.; Yeung, Daniel S. (Hrsg.): Soft Computing in Case Based Reasoning. Springer, London 2001, S. 1-28.
- [Moor95] Moore, Geoffrey A.: The tornado – marketing strategies from Silicon Valley’s cutting edge. Harper Collins, New York 1995.
- [Port96] Porter, Michael E.: What is strategy? In: Harvard Business Review, (1996) 11.
- [Remm97] Remme, Markus: Konstruktion von Geschäftsprozessen – Ein modellgestützter Ansatz durch Montage genetischer Prozesspartikel. Gabler, Wiesbaden 1997.

- [Rich03] Richter, Michael M.: Fallbasiertes Schließen. In: Görz, Günther; Rollinger, Claus-Rainer; Schneeberger, Josef (Hrsg.): Handbuch der Künstlichen Intelligenz. 4. Aufl. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2003, S. 407-430.
- [Roth02] Roth-Berghofer, Thomas: Knowledge Maintenance of Case Based Reasoning Systems - The SIAM Methodology. Universität Kaiserslautern, Dissertation. 2002.
- [Rupp02] Rupprecht, Christian: Ein Konzept zur projektspezifischen Individualisierung von Prozessmodellen. Universität Karlsruhe, Dissertation. 2002.
- [ScBo06] Schicker, Günter; Bodendorf, Freimut: Process-based E-Service-Logistics for Healthcare Networks. In: Gesellschaft für Informatik (Hrsg.): Lecture Notes in Informatics. European Conference on eHealth. Fribourg 2006, S. 37-46.
- [Stah03] Stahl, Armin: Learning of Knowledge-Intensive Similarity-Measures in Case Based Reasoning. Universität Kaiserslautern, Dissertation. 2003.
- [WaWe97] Wargitsch, Christoph; Wewers, Thorsten: Flexware: Fallorientiertes Konfigurieren von komplexen Workflows – Konzepte und Implementierungen. In: Müller, M.; et. al. (Hrsg.): Beiträge zum 11. Workshop Planen und Konfigurieren im Rahmen der 4. Tagung Wissensbasierte Systeme. Erlangen 1997, S. 45-55.
- [WaWT97] Wargitsch, Christoph; Wewers, Thorsten; Theisinger, Felix: WorkBrain: Merging Organizational Memory and Workflow Management Systems. In: Workshop ‚Knowledge Based Systems for Knowledge Management in Enterprises‘ im Rahmen der 21. KI-Jahrestagung. Freiburg 1997.
- [Wess95] Wess, Stefan: Fallbasiertes Problemlösen in wissensbasierten Systemen zur Entscheidungsunterstützung und Diagnostik. Infix Verlag, Sankt Augustin 1995.
- [WiCR02] Wiratunga, Nirmalie; Craw, Susan; Rowe, Ray: Learning to Adapt for Case-Based Design. In: Lecture Notes in Computer Science, Band 2416. Springer Verlag, o.O. 2002, S. 421-435.
- [Wils01] Wilson, David C.: Case-Base Maintenance: The Husbandry of Experience. Indiana University, Dissertation. 2001.

# **Plädoyer für die Entwicklung perspektivenspezifischer Problemlösungskomponenten zur Unterstützung der Prozessverbesserung**

Ralf Knackstedt, Martin Pellengahr

European Research Center for Information Systems (ERCIS)

Institut für Wirtschaftsinformatik

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Leonardo-Campus 3

48149 Münster

{ralf.knackstedt, martin.pellengahr}@wi.uni-muenster.de

## **Abstract**

Ein wesentliches Charakteristikum des Business Process Engineering stellt die modellbasierte Prozessanalyse und -verbesserung dar. Zur Modellerstellung selbst liegt eine Vielzahl von Modellierungstechniken vor. Die methodische Unterstützung der Analyse von Ist-Modellen und die darauf basierende Entwicklung von Soll-Modellen weist Entwicklungspotenziale auf. Der Beitrag stellt einen multiperspektivischen Ansatz vor, mit dem Prozessgestalter bei ihrer Analysetätigkeit detailliert unterstützt werden können.

## **1 Modellbasierte Unterstützung von Prozessverbesserungen als Gegenstand von Design Science Research**

Business Process Engineering (BPE) formuliert mit der Bezugnahme auf „Engineering“ den Anspruch einer ingenieurmäßigen Gestaltung von Geschäftsprozessen, die durch eine methodenbasierte Problemlösung gekennzeichnet ist [Teub97]. Probleme lassen sich dabei als das Empfinden einer Diskrepanz zwischen einem Ist und einem Soll charakterisieren [Zeile99]. Methoden beschreiben systematische Verfahren zur Überwindung von Problemen [Lore95, 876; Stah95, 239]. Im Wesentlichen lassen sich Methoden anhand von Aktivitäten, Ergebnissen und Techniken beschreiben [Gutz94]. Innerhalb vorgegebener Aktivitäten werden unter Einsatz

bestimmter Techniken Ergebnisse erzielt. Die Ergebnisse einzelner Aktivitäten können als Input in die Bearbeitung nachfolgender Aktivitäten einfließen, wodurch sich eine Vernetzung einzelner Aktivitäten ergibt. Techniken beschreiben, wie im Rahmen der Aktivitäten die Ergebnisdokumente zu erstellen sind.

Eine für das BPE übliche Abfolge von Aktivitäten ist die Repräsentation bestehender Prozesse in Form von Ist-Modellen, die Analyse dieser Modelle hinsichtlich Verbesserungspotenzialen bzw. Schwachstellen, die Entwicklung von Soll-Modellen, in welche die Analyseergebnisse einfließen, und die Umsetzung der Soll-Modelle [BeBK05].

Das wissenschaftliche Erkenntnisinteresse in Bezug auf die beschriebene modellbasierte Vorgehensweise des BPE kann gemäß einer in der Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik üblichen Unterscheidung Erklärungsziele oder Gestaltungsziele verfolgen [Zele99]. Eine erklärungszielorientierte Forschung würde beispielsweise die Verbreitung und Akzeptanz verschiedener Techniken im Rahmen des BPE untersuchen. Die gestaltungszielorientierte Forschung, die im Information Systems Research zurzeit unter dem Begriff des Design Science Research diskutiert wird, zielt dagegen auf die Entwicklung von Artefakten, die einen Beitrag zur Problemlösung leisten [HMPR04]. Design Science Research lässt sich dabei in zwei Phasen untergliedern. In der ersten Phase werden die Artefakte, wie z. B. Sprachkonstrukte, Modelle, Methoden und Implementierungen, entwickelt, wobei auf Ergebnisse erklärungszielorientierter Forschung zurückgegriffen werden kann. In der zweiten Phase wird der Problemlösungsbeitrag der geschaffenen Artefakte evaluiert [HMPR04].

Der vorliegende Beitrag schlägt ein den Vorgehensprinzipien des Design Science Research entsprechendes Verfahren zur systematischen Entwicklung von Methodenbestandteilen vor, die im Rahmen des BPE Gestalter dabei unterstützen sollen, auf der Basis von Ist-Modellen gezielt Verbesserungspotenziale bzw. Schwachstellen zu identifizieren. Dafür wird zunächst auf der Basis einer Betrachtung des State-of-the-Art der modellbasierten Prozessanalyse die leitfragengestützte Analyse als entwicklungsfähiger Gegenstand von Design Science Research ausgewählt (Kapitel 2). Für die als Untersuchungsgegenstand gewählte Prozessmodellanalyse wird ein Vorgehensmodell zur Ausgestaltung von Design Science Research entwickelt (Kapitel 3). Der Ansatz wird selbst einer Evaluation unterzogen, indem er für die Entwicklung einer leitfragengestützten Prozessmodellanalyse zur Kundenintegration angewendet wird (Kapitel 4). Forschungsmethodische Bemerkungen bilden den Abschluss des Beitrags (Kapitel 5).

## 2 State-of-the-Art der modellbasierten Prozessanalyse

### 2.1 Bestehende modellbasierte Ansätze zur Unterstützung von Prozessverbesserungen

Zur Unterstützung der Identifikation von Verbesserungspotenzialen bzw. Schwachstellen in Ist-Prozessmodellen als Grundlage für die Entwicklung von Soll-Modellen werden in Literatur und Praxis vor allem die folgenden Ansätze verfolgt:

- *Prozessmodellierungstechniken*: Einen großen Schwerpunkt bisheriger gestaltungszielorientierter Forschung im Rahmen der Prozessanalyse stellte bislang die Entwicklung von Prozessmodellierungstechniken dar. Die verschiedenen Ansätze unterscheiden sich insbesondere darin, wie detailliert jeweils die Kontroll-, Informations-, Material- und Finanzflüsse in Geschäftsprozessen abgebildet werden können und welche betrieblichen Objekte zum Gegenstand der Modellierung gemacht werden. Prozessmodellierungstechniken tragen wesentlich dazu bei, den betrieblichen Gegenstandsbereich zu strukturieren und damit das Gestaltungsproblem in eine leichter lösbare Fassung zu überführen.
- *Referenzmodellierung*: Referenzprozessmodelle stellen die Common Practice bzw. Best Practice der Gestaltung betrieblicher Abläufe dar [Sche99]. Sie unterstützen die Prozessverbesserung, indem sie eine Vergleichsbasis für die Ist-Prozessmodelle zur Verfügung stellen. Referenzprozessmodelle liegen für verschiedene Branchen und innerbetriebliche Funktionsbereiche vor [FeLo04].
- *Benchmarking*: Der Aussagegehalt von Referenzprozessmodellen lässt sich durch die zusätzliche Hinterlegung von Benchmarks erweitern [Schü98]. Neben den Prozessstrukturen können dann auch die Ausprägungen wichtiger Prozesskennzahlen, wie z. B. Durchlaufzeiten, Kosten, Fehlerhäufigkeiten etc., verglichen werden. Das Supply Chain Operations Reference Model [SCC05] stellt ein verbreitetes Beispiel für ein Prozessreferenzmodell dar, für das umfangreiche Benchmarkingdaten kommerziell angeboten werden [Harm03, 8].
- *Simulation und Animation*: Die Simulationsfähigkeit von Prozessmodellen stellt ein weiteres wichtiges Kriterium zur Unterscheidung von Prozessmodellierungstechniken dar [Uthm01]. Durch die Modellierungswerkzeug-unterstützte Simulation von Prozessdurchläufen lassen sich zu Modellvarianten Prozesskennzahlenausprägungen

gen generieren, auf deren Basis eine Auswahl von Gestaltungsalternativen erfolgen kann. Bei der Prozessmodellanimation steht anstelle der Erhebung von Prozesskennzahlen die Visualisierung exemplarischer Prozessdurchläufe im Vordergrund.

Die unterschiedenen Ansätze zur Unterstützung von Prozessverbesserungen sind alle von Bedeutung und sollten zum Gegenstand weiterer Forschungen gemacht werden. In der Praxis wird die referenzmodellbasierte Prozessverbesserung durch eine zu geringe Verfügbarkeit geeigneter Referenzmodelle eingeschränkt. Auch das Benchmarking scheitert häufig am Fehlen der Daten vergleichbarer Unternehmen [ScLa05]. Voraussetzung für eine systematische Simulation ist unter anderem die angeleitete Entwicklung der zu untersuchenden Prozessmodellvarianten. Diese Umstände sprechen dafür, dass die Entwicklung von Soll-Modellen allein auf der Basis von Ist-Modellen ohne Rückgriff auf Referenzmodelle, Benchmarking und Simulation weiterhin von erheblicher Bedeutung sein wird. Daher wird der allein Prozessmodellierungstechnikbasierte Ansatz im Folgenden näher untersucht.

## **2.2 Konzeptionalisierungen von Prozessmodellierungstechniken**

Zur Konzeptionalisierung von Modellierungstechniken im Allgemeinen und von Prozessmodellierungstechniken im Speziellen wird vorgeschlagen, den konzeptionellen Aspekt, den repräsentationellen Aspekt und eine Handlungsanleitung zu unterscheiden [Holt01]. Der konzeptionelle Aspekt legt die grundlegenden Konzepte und deren Beziehungen fest, mittels derer betriebliche Abläufe strukturiert und repräsentiert werden. Die grundlegenden Konzepte Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK) sind z. B. die Funktion, das Ereignis, der Kontrollfluss und verschiedene logische Konnektoren. Der repräsentationelle Aspekt ordnet den Elementen des konzeptionellen Aspekts Symbole und Topologien zu. Im Falle der EPK werden den Ereignissen z. B. Rauten als Symbole zugeordnet. Die Handlungsanleitung beschreibt das Vorgehen bei der Konstruktion von Modellen auf der Basis der eingeführten sprachlichen Mittel. Beispielsweise wird empfohlen, dass die Modellierung von EPKs mit der Repräsentation der Startereignisse begonnen wird. Durch ihre Unterstützung bei der Strukturierung des betrieblichen Geschehens stellen die genannten Bestandteile eine wichtige Grundlage zur Problemlösung dar. Wird der Leitgedanke einer umfassenden methodischen Unterstützung des Business Process Engineering zu Grunde gelegt, wird deutlich, dass Modellierungstechniken allein für die Unterstützung der Entwicklung von Soll-Prozessmodellen aus Ist-Modellen ohne Rückgriff auf Referenzmodelle, Benchmarkingdaten und Simulationen bzw. Animationen nicht ausreichen. Der Prozessgestalter benö-

tigt zusätzliche Problemlösungstechniken, die ihn bei der Identifikation von Prozessverbesserungspotenzialen bzw. Schwachstellen anleiten [BKHH01].

Hinsichtlich der Explizierung entsprechender Problemlösungstechniken zeigt sich zurzeit ein deutliches Missverhältnis. Während eine beachtliche Vielzahl von Modellierungstechniken vorgeschlagen wird und deren Komponenten in Form von sprach- und prozessorientierten Metamodellen zunehmend umfangreicher und formalisierter dokumentiert werden, finden sich als Anleitungen zur Analyse von Ist-Modellen lediglich sehr allgemein gehaltene Empfehlungen. Im Wesentlichen wird der Prozessgestalter angehalten nach Möglichkeiten zu suchen, Funktionen zu parallelisieren, zu eliminieren, zu beschleunigen, Kontrollflüsse zu vereinfachen sowie Rücksprünge und Medienbrüche zu vermeiden [ScLa05, 173].

Im Folgenden wird auf dieses Missverhältnis reagiert, indem ein Ansatz zur Ausgestaltung von Design Science Research vorgestellt wird, der darauf zielt, Artefakte in Form von perspektiven-spezifischen leitfragengestützten Problemlösungstechniken zu entwickeln, die Prozessgestalter bei der Entwicklung von Soll-Prozessmodellen auf der Basis von Ist-Prozessmodellen unterstützen.

### **3 Ein Ansatz zur Entwicklung von Problemlösungstechniken zur Unterstützung von Prozessverbesserungen**

Das hier vorgestellte Konzept einer multiperspektivischen Prozessanalyseunterstützung zielt darauf ab, auf unterschiedliche Anwendungskontexte ausgerichtete, leitfragenbasierte Aufbereitungen von Prozessmodellen zur Verfügung zu stellen. Für die methodische Ausgestaltung von Design Science Research und Entwicklung dieser Problemlösungstechniken zur Unterstützung von Prozessverbesserungen wird ein Phasenmodell vorgeschlagen, das fünf Aufgabenbereiche unterscheidet (vgl. Abb. 1(a)). Die in den verschiedenen Phasen entwickelten Ergebnisse und deren Beziehungen werden anhand eines Entity-Relationship-Modells beschrieben (vgl. Abb. 1(b)).

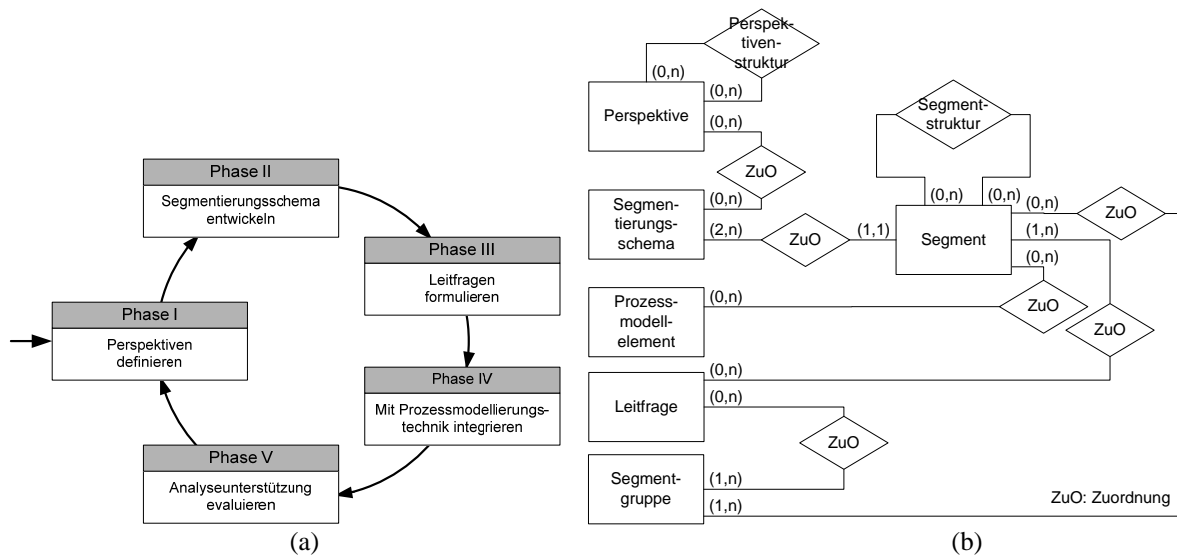


Abb. 1: Phasen- und Entity-Relationship-Modell zur Entwicklung perspektivenspezifischer leitfragengestützter Problemlösungstechniken zur Unterstützung von Prozessverbesserungen

Phase I sieht vor, dass spezielle *Perspektiven* definiert werden, aus deren Sicht die Prozessanalyse vorgenommen wird. Mit Hilfe von Perspektiven werden dementsprechend die Anwendungskontexte spezifiziert, innerhalb derer die im Weiteren zu konzipierenden Problemlösungstechniken eingesetzt werden sollen. Eine mögliche Perspektive stellt z. B. die Analyse des Prozesses aus Sicht des Wissensmanagements dar. Verfeinerungen und Zusammensetzungen von Perspektiven spiegeln sich in der Perspektivenstruktur wieder. Mit der Berücksichtigung der Perspektiven wird der Leitgedanke der multiperspektivischen Modellierung auf die Unterstützung der Prozessverbesserung übertragen, der davon ausgeht, dass sich die adäquaten Subjektivierungen von Problemlösern je nach Anwendungskontext bzw. Analysefragestellung unterscheiden [Luhm99, 181 ff.]. Die Berücksichtigung der Perspektiven gewährleistet, dass im Vergleich zu den bisher vorliegenden allgemeinen Empfehlungen zur Prozessanalyse detaillierte und spezielle Anleitungen entwickelt werden.

In Phase II ist für jede Perspektive – möglichst auf der Basis erklärungszielorientierter Forschungsergebnisse – ein *Segmentierungsschema* für die Prozessmodellelemente zu entwickeln. Das Segmentierungsschema soll die für die gewählte Perspektive relevanten Unterscheidungen von Prozessmodellelementen wiedergeben und ist von wesentlicher Bedeutung für die theoretische Fundierung der zu entwickelnden Problemlösungstechnik. Beispielsweise interessiert aus der Sichtweise des Wissensmanagements die Unterscheidung, ob in einer Funktion Daten erzeugt, gespeichert, verteilt oder genutzt werden [Heis02, 53]. Ein Segmentierungsschema muss mindestens eine Unterscheidung in zwei solche Segmente vornehmen. Jedes Segment gehört



dabei genau einem Segmentierungsschema an. Ein Segmentierungsschema kann für mehrere Perspektiven geeignet sein, und eine Perspektive kann auf mehrere Segmentierungsschemata zurückgreifen. Segmente können in andere Segmente eingehen bzw. andere Segmente umfassen, was in der Segmentstruktur festgehalten wird. Während die Segmentstruktur der Abbildung von Verfeinerungsbeziehungen dient, erlauben Segmentgruppen sonstige inhaltlich begründete Zusammenstellungen von Segmenten.

In Phase III werden zu den Elementen der Segmentierungsschemata so genannte *Leitfragen* formuliert, die den Prozessanalysten gezielt auf perspektiven- und segmentspezifische Gestaltungsoptionen hinweisen. Im Kontext des Wissensmanagements ist z. B. zu fragen, ob alle von Funktionen gespeicherten Daten von anderen Funktionen genutzt werden. Leitfragen werden Segmenten oder Segmentgruppen zugeordnet. Für die Zuordnung zu Segmentgruppen sind solche Leitfragen prädestiniert, welche die gleichzeitige Berücksichtigung unterschiedlicher Prozessmodellbereiche erfordern. Leitfragen aller Segmentierungsschemata einer Perspektive ergeben die perspektivenspezifische Checkliste zur Prozessverbesserung.

Im Anschluss an die Entwicklung dieser leitfragenbasierten Problemlösungstechniken ist in Phase IV eine *Integration* mit einer Modellierungstechnik vorzunehmen. Die Integration bestehender Modellierungstechniken ist dabei einer grundsätzlichen Neuentwicklung im Allgemeinen vorzuziehen. Aufgabe der Integration ist es, die konzeptionellen und repräsentationellen Aspekte der Modellierungstechnik so zu erweitern, dass die in den vorangegangenen Phasen definierten Prozessmodellsegmente ausgewiesen werden können. Die Zuordnung kann z. B. durch eine entsprechende direkte oder indirekte Attributierung von Funktionen Ereignisgesteuerter Prozessketten vorgenommen werden. Bei der direkten Attributierung werden die Segmentbezeichnungen als Attributwerte verwendet. Bei der indirekten Zuordnung werden dagegen Regeln definiert und ausgewertet, die aus den Prozessmodellelementen hinterlegten Attributwerten die jeweils zugehörigen Segmente ableiten. Da mit den Attributen für die Zuordnung von Prozessmodellelementen zu Segmenten gegebenenfalls in die Modelle Informationen eingeführt werden, die nicht für sämtliche Perspektiven relevant sind, werden die im Rahmen der multiperspektivischen Modellierung entwickelten Mechanismen zur Modelladaptation in das vorgestellte Konzept integriert [BeDK04]. Auf diese Weise sollten diejenigen Attribute, die nicht für die jeweilige Perspektive von Bedeutung sind, ausgeblendet werden können. Die Attributierung, dass Daten erzeugt, gespeichert, verteilt oder genutzt werden, ist z. B. spezifisch für die Prozessanalyse aus Sicht der Perspektive Wissensmanagement. Je nach Segmentierung sind

geeignete Darstellungen zu entwickeln. Für eine Wissensmanagement-spezifische Segmentierung eines Prozessmodells könnte z. B. vorgesehen werden, dass die Funktionen je nach Prozesszugehörigkeit unterschiedlich eingefärbt oder mit einer zusätzlichen Beschriftung versehen werden.

Dem grundsätzlichen Vorgehen des Design Science Research folgend ist in Phase V eine *Evaluation* der um die Problemlösungskomponente erweiterten Prozessmodellierungstechnik vorzunehmen. Im Rahmen der Evaluation können unterschiedliche Forschungsmethoden zum Einsatz kommen, die den Prozess bzw. das Ergebnis der Anwendung der Problemlösungstechniken untersuchen [Hein00; BWHW05]. Die Anwendung der Analyseunterstützung umfasst die Modellierung von Prozessen mit der gewählten Prozessmodellierungstechnik und die perspektiven-spezifische Analyse des Prozessmodells mit Hilfe der adaptierten Modelle und zugeordneten Leitfragenkataloge sowie die durch die Leitfragen unterstützte Ableitung von Verbesserungspotenzialen und Schwachstellen. Die jeweiligen Ansatzpunkte zur Prozessverbesserung sind zu konsolidieren und münden in der Modellierung eines Soll-Modells. Während sich mit qualitativen Forschungsmethoden wie z. B. Fallstudien, Action Research, narrativen Interviews und Beobachtungen der Prozess kritisch nachvollziehen lässt, lassen sich über Experimente Ergebnisse der Methoden-anwendung sammeln, die sich auch quantitativ auswerten lassen.

Die Ergebnisse der Evaluation können motivieren, Teile der methodischen Erweiterungen zu ergänzen, zu ändern oder zu eliminieren. Entsprechend dieser Lernzyklen sind wiederholte Durchläufe durch die Phasen der Methodenerweiterung vorzunehmen.

## **4 Umsetzung des Konzepts für die Perspektive Kundenintegration**

### **4.1 Perspektiven definieren**

KLEINALTENKAMP erkennt die adäquate Einbindung des Kunden und seiner externen Faktoren in den Leistungserstellungsprozess, die so genannte *Kundenintegration*, als wesentlichen Erfolgsfaktor für eine kundenorientierte Prozessgestaltung [Klei00]. Der allgemeine Trend zur Produktindividualisierung und kundenindividuellen Leistungserstellung bewirkt, dass bei jeder Form der Dienstleistungsproduktion vom Kunden zur Verfügung gestellte Produktionsfaktoren, mindestens Informationen, in den Wertschöpfungsprozess integriert werden müssen [Klei00]. Das betriebswirtschaftliche Kernproblem der Kundenintegration besteht folglich in der zielge-

richteten Steuerung der Zusammenarbeit zwischen Anbieter und Nachfrager. Die Analyse der Integration der externen Faktoren des Kunden stellt daher eine wesentliche Perspektive der modellbasierten Prozessverbesserung dar. Sie durch die Formulierung geeigneter Leitfragen zu unterstützen, ist das Ziel der nachfolgenden Schritte.

#### **4.2 Segmentierungsschema entwickeln**

Zur Analyse des Leistungserstellungsprozesses zwischen Kunde und Anbieter wurden in der Marketing-Literatur seit den 1980er-Jahren mehrere aufeinander aufbauende Ansätze zur Unterscheidung verschiedener kunden- und anbieterseitiger Aktivitätsbereiche entwickelt [Shos82; King89]. Die Herleitung der entsprechenden Unterscheidungen kann dabei über betriebs- und volkswirtschaftliche, verhaltensklärende Theorien abgestützt werden. Hierbei wird u. a. auf die Principal Agent Theorie, Informationsökonomik und Transaktionskostentheorie zurückgegriffen. Die entsprechenden Argumentationen können hier nicht wiedergegeben werden, weshalb z. B. auf [KIMa95] verwiesen werden muss. KLEINALTENKAMP fasst die wichtigsten Ergebnisse dieser Forschungen in einem umfassenden Ansatz zusammen [Klei00; Klei99]. Kern dessen ist die Unterteilung des Dienstleistungsprozesses in Aktivitätsbereiche, die sich hinsichtlich ihrer Nähe zum Kunden unterscheiden (vgl. im Folgenden [Klei99]):

- *Aktivitäten des Kunden:* Dieser Bereich weist die Aktivitäten aus, die vom Kunden in den Leistungserstellungsprozess eingebracht werden.
- *Onstage-Aktivitäten:* Der Bereich der Onstage-Aktivitäten umfasst alle für den Kunden sichtbaren Anbieteraktivitäten.
- *Backstage-Aktivitäten:* Diejenigen Anbieteraktivitäten, die zwar für den Kunden nicht sichtbar aber von Personal durchgeführt werden, das im Rahmen anderer Aktivitäten durchaus Kundenkontakt besitzt und entsprechend über spezielle Erfahrungen im Umgang mit Kunden verfügt, werden als Backstage-Aktivitäten bezeichnet.
- *Support-Aktivitäten:* Wenngleich für den Kunden nicht unmittelbar sichtbar, so kennzeichnet Support-Aktivitäten dennoch die Eigenschaft, dass sie unmittelbar kundenindividuell ausgeführt werden und damit als einzelkundeninduziert zu bezeichnen sind.

- *Preparation-Aktivitäten:* Maßnahmen der Vorkombination, die nicht unmittelbar von konkreten Kundenaufträgen abhängen, aber die der Markterschließung dienen bzw. auf die im Rahmen der einzelkundeninduzierten Prozesse zurückgegriffen wird, gelten als Preparation-Aktivitäten.
- *Facility-Aktivitäten:* Um die prinzipielle Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu gewährleisten, stellen Facility-Aktivitäten grundlegende Ressourcen bereit.

### 4.3 Leitfragen formulieren

Werden die Funktionen von Kundenintegrationsprozessen im Rahmen der Istmodellierung gemäß dem im vorigen Abschnitt entwickelten Segmentierungsschema unterschieden, so eröffnet sich die Möglichkeit, zu jedem dieser Bereiche spezielle Leitfragen zu formulieren, die Gestaltungsoptionen zur Erreichung einer verbesserten Kundenintegration aufzeigen.

Aktivitäten des Kunden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• An welchen Prozessen des Kunden will sich das Unternehmen beteiligen?</li> <li>• Sollen Aktivitäten, die bisher vom Kunden durchgeführt werden, vom Anbieterunternehmen übernommen werden?</li> <li>• An welchen Stellen treten Probleme auf, wenn der Kunde seine Leistungsbeiträge (z. B. Produktanforderungen oder andere Informationen) nicht in der erforderlichen zeitlichen, qualitativen und quantitativen Form in den Prozess einbringt?</li> <li>• Wie kann eine adäquate Einbindung des Kunden zur Erleichterung der Planung aus Anbietersicht forciert werden (z. B. durch rechtzeitige Abforderung von Leistungsbeiträgen)?</li> <li>• ...</li> </ul>
Onstage-Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Aktivitäten, die für den Kunden bisher sichtbar sind, sollen ihm zukünftig verborgen bleiben?</li> <li>• Wie beurteilt der Kunde (vermutlich) die sichtbaren Aktivitäten? Welche Daten sind in welcher Form zu erfassen, um eine Einschätzung der für den Kunden sichtbaren Aktivitäten aus dessen Sicht zu ermitteln?</li> <li>• Welche Kanäle (Internet, Telefon etc.) sollten genutzt werden, um dem Kunden den gewünschten Einblick zu gewähren? Soll hierbei das Push- oder Pull-Prinzip zur Anwendung kommen?</li> <li>• ...</li> </ul>
Backstage-Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollten zusätzliche Aktivitäten, die für den Kunden relevant sind, für den Kunden sichtbar gemacht werden?</li> <li>• Wie zufrieden sind die Kunden mit den einzelnen Personalbereichen mit Kundenkontakt? Welche Daten sind zu erfassen, um entsprechende Informationen zu erheben?</li> <li>• ...</li> </ul>
Support-Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollten bisherige Support-Aktivitäten besser von Bereichen mit direktem Kundenkontakt übernommen werden?</li> <li>• Ergeben sich Vorteile durch eine Dezentralisierung verschiedener Aufgaben, indem sie von Kundenkontaktpersonal vorgenommen werden, das näher am Standort des Kunden ist? Welche Organisationseinheiten kommen hierfür in Frage?</li> <li>• Können (Teil-)Prozesse standardisiert werden?</li> <li>• ...</li> </ul>
Preparation-Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollten zusätzliche Aktivitäten kundenindividuell ausgeführt werden?</li> <li>• Werden die notwendigen Kundendaten zur Planung von Markterschließungsmaßnahmen erhoben?</li> <li>• ...</li> </ul>
Facility-Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollten Teilaufgaben auf Sublieferanten verlagert oder bislang ausgelagerte Aktivitäten selbst übernommen werden?</li> <li>• Wie kann die Koordination mit Lieferanten optimiert werden?</li> <li>• ...</li> </ul>

Tab. 1: Ausschnitt aus einem Leitfragenkatalog zur Gestaltung der Kundenintegration [KnDa04]

Ein speziell für die Kundenintegration entwickelter Leitfragenkatalog ist in Ausschnitten in Tab. 1 abgebildet [KnDa04].

#### **4.4 Mit Prozessmodellierungstechnik integrieren**

Um die leitfragengestützte Problemlösungstechnik mit Prozessmodellierungstechniken verknüpfen zu können, muss die Unterscheidung der Aktivitätsbereiche innerhalb der Prozessmodelle ermöglicht werden. Für Ereignisgesteuerte Prozessketten bietet es sich dabei beispielsweise an, die Modellelemente der EPK gemäß ihrer Segmentzugehörigkeit in Spalten anzuordnen. Dieses Vorgehen profitiert im Falle der EPK davon, dass die Spaltendarstellung im Rahmen der prozessorientierten Reorganisation bereits als ein gängiges Mittel zur Steigerung der Übersichtlichkeit Verbreitung gefunden hat [RoSD05, 69 f.].

#### **4.5 Analyseunterstützung evaluieren**

Die vorgestellte Problemlösungstechnik wurde bisher im Rahmen verschiedener Business Process Engineering Projekte in verschiedenen Unternehmen eingesetzt und dabei kontinuierlich weiterentwickelt. Beispielsweise wurde mittels des vorgestellten Verfahrens das Projektgeschäft eines IT-Service-Providers analysiert [BeKK05]. Auch bei einem Entsorgungsdienstleister konnten mit Hilfe der vorgestellten Problemlösungstechnik Ansätze zur Verbesserung seiner Prozesse systematisch entwickelt werden [Saue05].

Neben diesen Evaluationen auf Basis qualitativer Untersuchungsmethoden wurde auch ein quantitativ ausgerichtetes Laborexperiment durchgeführt. Das Evaluationsziel bestand dabei darin, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob das vorgestellte modellierungstechnische Konzept seinem Anspruch tatsächlich gerecht wird, Schwachstellen leichter auffindig zu machen. Das Laborexperiment wurde im Rahmen einer Hauptstudiumsvorlesung am Institut für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster durchgeführt. Da die Einführung in die Modellierung Ereignisgesteuerter Prozessketten fester Bestandteil dieser Veranstaltung ist, konnte davon ausgegangen werden, dass alle am Laborexperiment teilnehmenden Probanden mit der EPK-Modellierung hinreichend vertraut sind. Da die Anzahl gefundener Schwachstellen im Evaluationsmodell als (quantitative) abhängige Variable gewählt und den wesentlichen Einflussfaktor die Verwendung des Leitfragenkataloges in Kombination mit der Segmentierung des Prozessmodells in Form einer (qualitativen) unabhängigen Variablen ausmacht, liegt ein einfaktorieller Versuchsplan vor [BoDö, 531]. Die unabhängige Variable ist zweifach gestuft (Analy-

se mit / ohne methodische Unterstützung), sodass das Laborexperiment mit zwei Versuchsgruppen, d. h. Experimental- und Kontrollgruppe, auskommt.

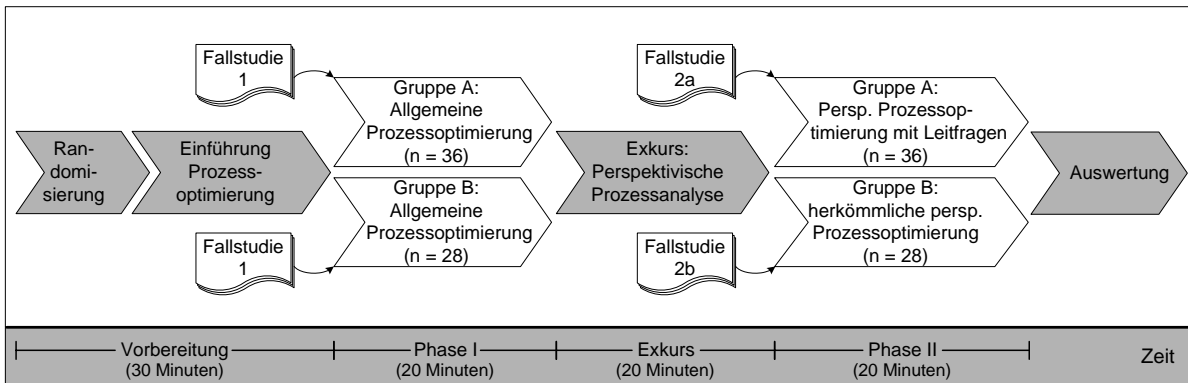


Abb. 2: Ablauf des Experiments

Der Ablauf des Experiments (vgl. Abb. 2) begann für die Probanden mit der Auslosung ihrer Gruppenzugehörigkeit. Diese Randomisierung verfolgte den Zweck, die interne Validität des Experiments zu erhöhen und Störvariablen, insbesondere personenbezogene, wie z. B. unterschiedliche Vorkenntnisse unter den Probanden, zu neutralisieren [BoDö02, 58 ff.]. Als Konsequenz hieraus ergab sich eine zufallsbedingt unterschiedliche Gruppenstärke.

Die eigentliche Durchführung des Experiments vollzog sich in zwei Phasen. Inhalt der ersten Phase war eine Vorstudie, in der die Probanden unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit mit dem später in Phase II aus der Perspektive der Kundenintegration zu analysierenden Prozessmodell konfrontiert wurden. Im Anschluss an eine Einführung in herkömmliche Ansätze zur Unterstützung von Prozessverbesserungen (vgl. Abschnitt 2.1) durch den Versuchsleiter wurde den Studierenden hierzu das in eine Fallstudie integrierte Prozessmodell ausgehändigt. Um inhaltlichen Missverständnissen vorzubeugen, wurde das Szenario des betrachteten Geschäftsprozesses erläutert, ehe die Probanden den Auftrag erhielten, das Modell in einer 20-minütigen Analyse auf sich allein gestellt hinsichtlich aller von ihnen für relevant erachteter Gestaltungsoptionen zu untersuchen und Schwachstellen sowie Verbesserungsideen in einer dafür vorgesehenen Liste zu dokumentieren.

Im Anschluss an das Einsammeln der Ergebnislisten wurde die Informationsbasis der Versuchspersonen mit einem Exkurs zur speziellen Perspektive der Prozessanalyse Kundenintegration erweitert. Dabei wurden die in Abschnitt 4.2 eingeführten Aktivitätengruppen visuell unterstützt vorgestellt und wesentliche auf diesen fußende Gestaltungsoptionen aus Abschnitt 4.3 verbal erläutert. In der darauf folgenden Versuchsphase II wurde von der Gruppeneinteilung

Gebrauch gemacht: Die Probanden erhielten nun unterschiedliches Untersuchungsmaterial. Aufgrund ihrer Unkenntnis über die Zugehörigkeit zur Versuchs- oder Kontrollgruppe handelte es sich hierbei um einen Blindversuch. Während sich bei der Kontrollgruppe (im Folgenden *Gruppe B*) mit der Analyseperspektive der Kundenintegration lediglich die Zielsetzung der Prozessanalyse änderte, erhielt die Experimentalgruppe (im Folgenden *Gruppe A*) neben dem Leitfragenkatalog ein den Vorschlägen in Abschnitt 4.4 entsprechendes, in Spaltennotation aufbereitetes Prozessmodell sowie eine Erläuterung zu deren Nutzung. Diese letzte Analysephase dauerte wiederum 20 Minuten.

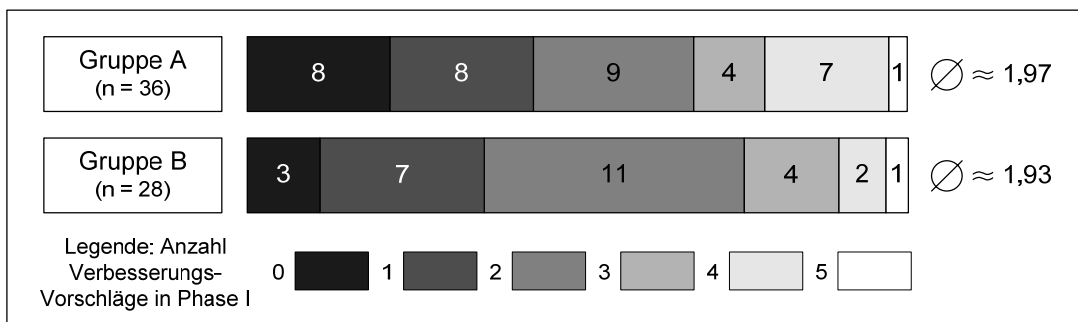


Abb. 3: Verteilung der Anzahl gemachter Verbesserungsvorschläge der beiden Versuchsgruppen in Phase I

Die Auswertung der ausgefüllten Schwachstellenlisten aus Phase I zeigt, dass die Verteilung der Anzahl gefundener Fehler als Indiz für die relative Homogenität der beiden Versuchsgruppen gedeutet werden kann (vgl. Abb. 3). Um die Bewertungsgrundlage zu systematisieren, gingen lediglich konstruktive Verbesserungsvorschläge in die Auswertung ein, zudem wurde versucht, die Verbesserungen in einem möglichst einheitlichen Granularitätsgrad zu werten.

Abb. 4 visualisiert die am häufigsten angemerkteten Verbesserungsvorschläge aus Sicht der Kundenintegration im Detail, wobei die erste Spalte die absolute Häufigkeit unter allen Teilnehmern aufsummiert und die zweite Spalte dies hinsichtlich der Gruppen differenziert. Es zeigt sich, dass sämtliche Probanden unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit in Phase II deutlich mehr Verbesserungsideen entwickelten. Dies kann als Wirksamkeit einer perspektivenspezifischen Herangehensweise bei der Prozessverbesserung gewertet werden. Im direkten Vergleich der beiden Gruppen offenbart sich ferner, dass die durchschnittlich gefundene Fehleranzahl in der Experimental- (mit ausgeteiltem Leitfragenkatalog 3,8) höher ist als in der Kontrollgruppe (ohne ausgeteilten Leitfragenkatalog 2,6). Aufgrund der hinsichtlich der gefundenen Fehler unterschiedlichen Ergebnisse zeigt sich bezüglich der Wirksamkeit der Prozessaufbereitung in Spaltennotation und der Bereitstellung eines detaillierten und nicht nur kurz erläuterten Leitfragenkatalogs kein eindeutiges Ergebnis.

Verbesserungsvorschläge aus Sicht der Kundenintegration	Anzahl konstruktiver Verbesserungsvorschläge in Phase I bzw. Phase II	Vergleich der Experimental- (Gruppe A) und Kontrollgruppe (Gruppe B) in der jeweiligen Phase
Projektleiter gemeinsam „on stage“ mit dem Kunden bestimmen	<p>Phase II</p>	Gruppe A  16,6 % Gruppe B  7,1 %
Gemeinsame Auftragskorrektur mit dem Kunden	<p>Phase I</p>	Gruppe A  30,5 % Gruppe B  10,7 %
	<p>Phase II</p>	Gruppe A  58,3 % Gruppe B  60,7 %
Vorprojekt durchführen: Informationen vom Kunden anfordern	<p>Phase II</p>	Gruppe A  36,1 % Gruppe B  10,7 %
Vorprojektauswertung an den Kunden übermitteln	<p>Phase II</p>	Gruppe A  36,1 % Gruppe B  17,8 %
Vorprojektauswertung gemeinsam mit dem Kunden durchführen	<p>Phase II</p>	Gruppe A  16,6 % Gruppe B  14,3 %
Übermittlung des Projektplans an den Kunden	<p>Phase II</p>	Gruppe A  69,4 % Gruppe B  50 %
Einbezug des Kunden in die Projektplanerstellung	<p>Phase II</p>	Gruppe A  50 % Gruppe B  32,1 %

Abb. 4: Gruppenübergreifende Verteilung der Verbesserungsvorschläge aus Sicht der Kundenintegration sowie deren Verteilung auf die beiden Versuchsgruppen

Über die bisherigen quantitativen Ergebnisse hinaus kann zudem festgehalten werden, dass die Experimentalgruppe die gefundenen Schwachstellen mittels des Vokabulars aus dem Leitfragenkatalog ausdrucksstärker beschreibt.

## 5 Schlussbemerkungen

Basierend auf einer Betrachtung des State-of-the-Art wurde die Unterstützung der Entwicklung von Soll-Modellen auf der Basis von Ist-Modellen als ein bisher unzureichend methodisch unterstützter Bereich des Business Process Engineering identifiziert. Einen Beitrag zur Schließung dieser Lücke zu leisten, wurde auf zweifache Weise verfolgt: Einerseits wurde ein forschungsmethodischer Ansatz zur Konstruktion von Artefakten in Form von Prozessverbesserungstechniken entwickelt, andererseits wurde dieses Konzept angewendet, um für die Kundenintegration



eine konkrete Prozessverbesserungstechnik zu schaffen. In beiden Fällen handelt es sich um gestaltungszielorientierte Forschungsfragen, die sich der Design Science Research zuordnen lassen. Die abschließende Zusammenfassung und Kommentierung der Ergebnisse dieses Beitrags werden daher gemäß der von HEVNER et al. formulierten Design Science Research Guidelines strukturiert (vgl. Tab. 2) [HMPR04].

Guideline	Forschungsmethodischer Ansatz (Kapitel 3)	Prozessverbesserungsunterstützung für die Perspektive Kundenintegration (Kapitel 4)
1. Design as an artefact	Artefakt in Form einer Forschungsmethode dokumentiert durch Phasenmodell (Aktivitäten) und Entity-Relationship-Modell (Ergebnisse)	Artefakt in Form einer Methode zur Prozessverbesserung aus der Perspektive Kundenintegration bestehend aus einer um eine Problemlösungstechnik ergänzten Modellierungstechnik
2. Problem relevance	Entwicklung von Problemlösungstechniken zur Unterstützung der Entwicklung von Soll-Modellen als relevantes Problem	Verbesserung der Kundenintegration als relevantes Problem
3. Design evaluation	Fallstudienbasierte Evaluation des forschungsmethodischen Ansatzes (Ausweitung der Evaluation durch Berücksichtigung weiterer Anwendungsfälle)	Evaluation des Ansatzes zur Kundenintegration mittels Durchführung eines Modellierungsexperiments mit 64 Probanden unter Bildung einer Experimental- und einer Kontrollgruppe
4. Research contribution	Schema zur Entwicklung von Problemlösungstechniken für die Prozessverbesserung, das auf unterschiedliche Perspektiven angewendet werden kann und dabei der Explizierung und praktischen Verbreitung von Gestaltungswissen dient	Operationalisierter Ansatz zur Entwicklung von Prozessverbesserungen hinsichtlich der Kundenintegration, der bezüglich seiner Auswirkungen auf das Analyseverhalten von Prozessgestaltern weiter untersucht werden sollte
5. Research rigour	Übertragung der Grundlagen konstruktivistischer, multiperspektivischer Modellierung auf die Prozessverbesserung; ausbaufähige fallstudienbasierte Evaluation	Übernahme von in der Marketing-Literatur langjährig entwickelten Unterscheidungskriterien zur Prozesssegmentierung; um qualitative Untersuchungen ergänzbare experimentelle Evaluation
6. Design as a search process	Weitere Verbesserung und Detaillierung des Ansatzes im Zuge der Anwendung auf weitere Analyseperspektiven und im Zuge der Entwicklung einer Integration des Ansatzes in Modellierungswerkzeuge	Anpassung des Segmentierungsschemas und der Leitfragen in Folge einer ausgeweiteten Untersuchung der Methodenanwendung als Prozess
7. Communication of research	Konzentration auf die Präsentation des Phasenmodells und des Entity-Relationship-Modells aus Platzgründen	Konzentration auf Ausschnitte des Leitfragenkatalogs, auf Grundzüge der Modellierungstechnikintegration und der Evaluationsergebnisse aus Platzgründen; Archivierung der Daten des durchgeführten Experiments

Tab. 2: Ergebnisse vor dem Hintergrund der Design Science Research Guidelines nach HEVNER et al. [HMPR04]

## Literaturverzeichnis

- [BeBK05] Becker, J.; Berning, W.; Kahn, D.: Projektmanagement. In: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Berlin u.a. 2005, S. 17-44.
- [BeDK04] Becker, J.; Delfmann, P.; Knackstedt, R.: Konstruktion von Referenzmodellierungssprachen. Ein Ordnungsrahmen zur Spezifikation von Adaptionsmechanismen für Informationsmodelle. In: Wirtschaftsinformatik, 46 (2004) 4, S. 251-264.

- [BeKK05] Becker, J.; Klose, K.; Knackstedt, R.: Process Modelling for Service Processes – Modelling Methods Extensions for Specifying and Analysing Customer Integration. In: Chen, C.-S. ; Filipe, J.; Seruca, I.; Cordeiro, J. (Hrsg.): Proceedings of the Seventh International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2005). Miami, USA 2005, S. 260-265.
- [BKHH01] Becker, J.; Knackstedt, R.; Holten, R.; Hansmann, H.; Neumann, S.: Konstruktion von Methodiken: Vorschläge für eine begriffliche Grundlegung und domänenspezifische Anwendungsbeispiele. In: Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik. Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, 2001.
- [BoDö02] Bortz, J.; Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaften. Berlin u.a. 2002.
- [BWHW05] Braun, C.; Wortmann, F.; Hafner, M.; Winter, R.: Method Construction – A Core Approach to Organizational Engineering. In: Haddad, H. (Hrsg.): Applied Computing 2005, Proceedings of the 2005 ACM Symposium on Applied Computing, Santa Fe, USA, 13.03.2005. New York, USA, 2005, S. 1295-1299.
- [FeLo04] Fettke, P.; Loos, P.: Referenzmodellierungsforschung. In: Wirtschaftsinformatik, 46 (2004) 5, S. 331-340.
- [Gutz94] Gutzwiller, T.: Das CC RIM-Referenzmodell für den Entwurf von betrieblichen, transaktionsorientierten Informationssystemen. Heidelberg, 1994.
- [Harm03] Harmon, P.: An Introduction to the Supply Chain Council's SCOR Methodology. [http://www.businessprocesstrends.com/deliver\\_file.cfm?fileType=publication&fileName=Intro%20SCOR%20Method%20Whitepaper%2001-0311.pdf](http://www.businessprocesstrends.com/deliver_file.cfm?fileType=publication&fileName=Intro%20SCOR%20Method%20Whitepaper%2001-0311.pdf), Abruf am 2006-05-17.
- [Hein00] Heinrich, L. J.: Bedeutung von Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik. In: Heinrich, L. J.; Häntschel, I. (Hrsg.): Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik. München, Wien 2000, S. 7-22.

- [Heis02] Heisig, P.: GPO-WM: Methode und Werkzeuge zum geschäftsprozessorientierten Wissensmanagement. In: Abdecker, A. ; Hinkelmann, K.; Maus, H.; Müller, H. J. (Hrsg.): Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement. Berlin u.a. 2002, S. 47-64.
- [HMPR04] Hevner, A. R.; March, S. T.; Park, J. and Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly, 28 (1), 2004. 75-105.
- [Holt01] Holten, R.: Metamodell. In: Mertens, P. et al. (Hrsg.): Lexikon der Wirtschaftsinformatik, 4. Aufl., Springer, Berlin et al. 2001, S. 300 f.
- [King89] Kingman-Brundage, J.: The ABC's of Service System Blueprinting. In: Bitner, M. J.; Crosby, L. A. (Hrsg.): Designing a Winning Service Strategy. Chicago 1989, S. 551-565.
- [Klei99] Kleinaltenkamp, M.: Service-Blueprinting, Ein Instrument zur Steigerung der Effektivität und der Effizienz von Dienstleistungsprozessen. In: Technischer Vertrieb, 1. Jg. (1999), Nr. 2, S. 33-39.
- [Klei00] Kleinaltenkamp, M.: Customer Integration im Electronic Business. In: Weiber, R. (Hrsg.): Handbuch Electronic Business. Informationstechnologien, Electronic Commerce, Geschäftsprozesse. Wiesbaden 2000, S. 333-357.
- [KIMa95] Kleinaltenkamp, M.; Marra, A.: Institutionenökonomische Aspekte der 'Customer Integration'. ZfbF, (1995) Sonderheft 35, S. 101-117.
- [KnDa04] Knackstedt, R.; Dahlke, B.: Customer Process Management. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium 33 (2004) 1, S. 47-54.
- [Lore95] Lorenz, K.: Methode. In: Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Band 2. Stuttgart 1995, S. 876-879.
- [Luhm99] Luhmann, N.: Zweckbegriff und Systemrationalität. Über die Funktion von Zwecken in sozialen Systemen. 6. Aufl., Frankfurt am Main 1999.
- [RoSD05] Rosemann, M.; Schwegmann, A.; Delfmann, P.: Vorbereitung der Prozessmodellierung. In: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanage-

ment. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Berlin u.a. 2005, S. 45-103.

- [Saue05] Sauerbrei, E.: Analyse und Optimierung von Logistikprozessen unter besonderer Berücksichtigung der Kundenintegration am Beispiel von Hellmann Process Management. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster 2005.
- [SCC05] Supply-Chain Council: Supply Chain Operations Reference-model (SCOR) 7.0. [http://www.supply-chain.org/galleries/default-file/SCOR%207.0\\_FINAL.pdf](http://www.supply-chain.org/galleries/default-file/SCOR%207.0_FINAL.pdf), 2005, Abruf am 2006-05-17.
- [Sche99] Scheer, A.-W.: ARIS – House of Business Engineering: Konzept zur Beschreibung und Ausführung von Referenzmodellen. In: Schütte, R.; Becker, J.; Rosemann, M. (Hrsg.): Referenzmodellierung: State-of-the Art und Entwicklungsperspektiven. Heidelberg, 1999.
- [Schü98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung. Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Wiesbaden 1998.
- [ScLa05] Schwegmann, A.; Laske, M.: Istmodellierung und Istanalyse. In: Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Berlin u.a. 2005, S. 155-184.
- [Shos82] Shostack, G. L.: How to Design a Service. In: European Journal of Marketing, 16 (1982) 1, S. 49-63.
- [Stah95] Stahlknecht, P.: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 7. Aufl., Berlin 1995.
- [Teub97] Teubner, R. A.: Integrierte Organisations- und Informationssystemgestaltung: Methoden für das Organization and Information Engineering. Münster 1997.
- [Uthm01] von Uthmann, C.: Geschäftsprozesssimulation von Supply Chains. Ein Praxis-Leitfaden für die Konstruktion von Management-orientierten Modellen integrierter Material- und Informationsflüsse. Dissertation, Münster 2001.
- [ZeLe99] Zelewski, S.: Grundlagen. In: Corsten, H.; Reiß, M. (Hrsg.): Betriebswirtschaftslehre. 3. Aufl., München et al. 1999, S. 1-125.

# **Einführung in den Track**

## **Collaborative Business**

**Dr. Oliver Frick**

SAP Research

**Prof. Dr. Gerhard Schwabe**

Universität Zürich

**PD Dr. Michael Koch**

Technische Universität München

**Prof. Dr. Volker Wulf**

Universität Siegen

Der Track fokussiert die folgenden Themengebiete:

- Unterstützung von Kooperation im Unternehmen und in Business Webs
- Business Communities und Social Software
- Wissensmanagement über Communities of Practice
- Expertise Management und Expertise Recommendation
- Virtuelle Unternehmen und deren IT-Unterstützung
- Diffusion und Aneignung von Kooperationstechnologien
- Interoperabilität von Kooperationsplattformen
- Neue Benutzungsschnittstellen für Kooperationssysteme

**Programmkomitee:**

PD Dr. M. Koch, Technische Universität München

Prof. Dr. V. Wulf, Universität Siegen

Prof. Dr. G. Schwabe, Universität Zürich

Dr. O. Frick, SAP Research Business Development

Prof. Dr. Petra Schubert, FH Nordwestschweiz, Basel, Schweiz

Prof. Dr. Kathrin Möslein, Handelshochschule Leipzig

Dr. Marco Leimeister, Technische Universität München

Prof. Dr. Ulrike Lechner, Universität der Bundeswehr München

Prof. Dr. Ralf Reichwald, Technische Universität München

Prof. Dr. Johann Schlichter, Technische Universität München

Prof. Dr. Felix Hampe, Universität Koblenz-Landau

Dr. Stefan Uellner, T-Systems Enterprise Service GmbH, Darmstadt

# **Präsenzbasierte Echtzeitkommunikation**

## **Eine prototypbasierte Untersuchung der Nutzbarkeit im Unternehmensberatungskontext**

Kai Riemer

European Research Center for Information Systems (ERCIS)

Universität Münster

48149 Münster

kai.riemer@ercis.de

### **Abstract**

Echtzeitkommunikationssysteme basieren auf der Integration von Kommunikationsmedien und der Bereitstellung von Präsenzinformationen und haben die Verbesserung der Erreichbarkeit in verteilten Teams zum Ziel. Die hier präsentierte Studie zeigt, dass diese Systemklasse ihren vollen Nutzen erst durch eine kontextspezifische Interpretation und Adaption entfalten kann. In Interviews mit Unternehmensberatern wurden Anforderungen für die Gestaltung einer Echtzeitkommunikationslösung für das Projektgeschäft in der Beratungsbranche abgeleitet. Auf der Plattform von Siemens Openscape wurde ein dedizierter Prototyp implementiert, der die Nutzbarkeit dieser Systemklasse für Unternehmensberatungen demonstriert. Die Ergebnisse werden reflektiert und in den Kontext einer weiteren Erforschung dieser Systemklasse eingeordnet.

### **1 Einleitung**

Echtzeitkommunikationssysteme (Real-Time-Communication – RTC-Systeme) präsentieren sich als eine neue Klasse von Systemen, die aus der Konvergenz von Telekommunikations- und Informationstechnologie entstanden sind. RTC-Systeme integrieren Kommunikationsmedien und Endgeräte mit Groupwarefunktionen und Präsenzinformationen. Die Hersteller versprechen sich von RTC-Systemen eine Verbesserung des individuellen Kommunikationsmanagements, sowie der Erreichbarkeit in Teams und Unternehmensprozessen. Da sich die Systeme zurzeit noch im Entwicklungsstadium befinden, bieten sich zum jetzigen Zeitpunkt aus Sicht der For-

schung insbesondere die Beschäftigung mit Prototypen zur Untersuchung von Funktionsspektrum und Anwendbarkeit dieser Systemklasse an.

Der vorliegende Beitrag präsentiert eine prototypische Umsetzung einer RTC-Lösung für den Kontext der Unternehmensberatung basierend auf einer qualitativen empirischen Erhebung von Anforderungen eines solchen Nutzungsszenarios. Dabei verfolgt der Beitrag mehrere Ziele: Zunächst wird die Echtzeitkommunikation als neues Anwendungs- und Forschungsfeld eingeführt. Die Entwicklung des Prototyps dient der Illustration der Nutzbarkeit von RTC in dem ausgewählten Szenario. Eine wesentliche Erkenntnis der Studie ist die Notwendigkeit zur kontextspezifischen Umsetzung und Anpassung von RTC-Lösungen; hierzu werden typische Funktionen für das gewählte Szenario diskutiert; dabei steht die Konzeption des Prototyps, nicht die technische Umsetzung im Vordergrund.

Zunächst wird das Thema anhand einiger organisatorischer Entwicklungen motiviert (Kap. 2). Kap. 3 gibt eine kurze Einführung zu RTC-Systemen, bevor Kap. 4 den Forschungsansatz und das methodische Vorgehen erläutert. In Kap. 5 werden die Anforderungen des Szenarios herausgearbeitet, die sich aus der Analyse der Interviews ergeben. Kap. 6 erläutert dann die Konzepte und Funktionen des entwickelten Prototyps zur Behandlung der identifizierten Kommunikationsprobleme. Ein Ausblick auf zukünftige Forschungsaktivitäten schließt den Beitrag ab.

## **2 Hintergrund und Motivation**

### **2.1 Herausforderungen organisationaler Virtualisierung und verteilter Gruppenarbeit**

Veränderungen in der Wettbewerbssituation in nahezu allen Branchen führen zu einer zunehmenden Virtualisierung von Organisations- und Wertschöpfungsstrukturen. So flexibilisieren Unternehmen ihre internen Organisationsstrukturen, um auf externe Marktanforderungen besser und schneller reagieren zu können [LWCL01]. Dabei rücken virtuelle Teams in den Mittelpunkt, die unter Nutzung von IKT über zeitliche, räumliche und organisatorische Grenzen hinweg arbeiten und dabei die Arbeitsteilung und Spezialisierung bei gleichzeitig loser Kopplung anstreben [Scho02]. Die Idee ist, dass Teams nicht mehr nach ihrem räumlichen Standort sondern anhand der Qualifikation ihrer Mitglieder zusammengesetzt werden [KoHe02].

Virtuelle Kooperation jedoch ist besonders auf der Teamebene problematisch und mit zahlreichen Herausforderungen an die Koordination verbunden, die aus der räumlichen Verteilung und



Nutzung von Kommunikationstechnologie resultieren [RiKl05]. Bei virtuellen Teams kommt es häufiger als in traditionellen Gruppen zu Kommunikationsproblemen und Missverständnissen, sowie zu Problemen beim Herausbilden eines funktionierenden Gruppengefüges [Andr02]. Ein Ansatzpunkt zur Verbesserung der Situation liegt in der Verbesserung der Kommunikation, Erreichbarkeit und gegenseitiger Sichtbarkeit der Teammitglieder.

## **2.2 Neue Technologien erweitern das Kommunikationsspektrum**

Auf der technischen Ebene hat sich die Zahl der verfügbaren Kommunikationsmedien und Geräte in den letzten Jahren stark erhöht, so dass der durchschnittliche Anwender heute mit einem heterogenen Geräte- und Kanalmix bei der Kommunikation konfrontiert ist [LyYo02]. Durch neuere Entwicklungen wie Voice-over-IP-Telefonie, Instant Messaging, und Desktop-Videokonferenzen haben sich die Kommunikationsoptionen weiter vermehrt [Laza06]. Die vorhandene Komplexität erhöht sich in einer konkreten Situation zudem dadurch, dass die zu erreichende Person oft mehrere Telefonnummern, E-Mail- oder andere Medien-Accounts besitzt. Als Folge daraus ergibt sich eine hohe Komplexität für den Kommunikationsempfänger, da er diverse Geräte und Accounts verwalten muss, wie auch für den Initiator, der oftmals mehrere Optionen probieren muss, um einen Empfänger zu erreichen. Als Resultate zeigen sich gescheiterte Kommunikationsversuche, Zeitverlust und Friktionen in der Zusammenarbeit.

## **2.3 Interaktionskomplexität als typisches Phänomen**

Verteilte Arbeitskontexte und das Spektrum der verfügbaren Kommunikationsoptionen in Kombination führen zu einer oftmals unbefriedigenden Situation in der modernen Projektarbeit. Neben einer generell schlechten Erreichbarkeit der Mitarbeiter resultiert dies in häufigen Unterbrechungen des Arbeitsablaufs durch so genannte Kommunikationsasymmetrien; diese ergeben sich, wenn der Zeitpunkt eines Kontaktversuchs zwar für den Initiator, nicht aber für den Rezipienten passend ist [NaWB00]. Kommunikationsmittel wie Mobiltelefone, die eigentlich der Verbesserung der Erreichbarkeit dienen sollen, zeichnen sich durch eine hohe Spontaneität auf Seiten des Initiators aus. Allerdings führen sie gerade hierdurch leicht zu ungewollten Störungen auf Seiten des Rezipienten [ReGo05]. Dies ist insbesondere störend für die Konzentration bei komplexen, wissensintensiven Tätigkeiten [deIB05]. Mitarbeiter, die von den gestiegenen Kommunikationsanforderungen eines solchen Arbeitskontextes überfordert werden, erleben

einen so genannten „Interaction overload“ [SoMK02]. Typische Reaktionen sind das Ausschalten des Endgeräts und das Nichtbeantworten von Kommunikationsanfragen. Ein solches Schutzverhalten verschlechtert dann die ohnehin oft schlechte Erreichbarkeit.

### **3 Präsenzbasierte Echtzeitkommunikation**

#### **3.1 Überblick**

Echtzeitkommunikationssysteme werden von ihren Herstellern zur Lösung der oben beschriebenen Probleme positioniert. Das Ziel ist eine Verbesserung des Medien- und Gerätemanagements, sowie der Erreichbarkeit in verteilten Arbeitssituationen. RTC-Systeme sind ausnahmslos komplexe Client-Server-Systeme, die sich von einfachen präsenzbasierten Tools wie Skype durch ihren Funktionsumfang und ihren Integrationsanspruch unterscheiden. RTC-Systeme sind als unternehmensweite Infrastruktur konzipiert, die den Aufbau komplexer Kommunikationslandschaften nebst Integration klassischer Telefoninfrastruktur ermöglichen [Laza06]. Als Anbieter solcher Systeme positionieren sich Unternehmen aus dem IKT- sowie aus dem Telekommunikationsmarkt<sup>1</sup>. RTC-Systeme basieren auf zwei wesentlichen Bausteinen: der Medienintegration im Sinne eines Unified-Communication-Ansatzes (UC), sowie den Präsenzinformationen zur Verbesserung der Sichtbarkeit und Erreichbarkeit von Kommunikationspartnern.

#### **3.2 Unified-Communications**

Ziel des UC-Ansatzes ist es, insbesondere synchrone Medien und Geräteklassen in einem System zu vereinen, den Anwender bei deren Verwaltung zu unterstützen und die Auswahl der jeweils in einer Situation geeigneten Medien anhand von Regeln zu automatisieren. Basierend auf IP-Technologie sorgt eine logische Steuerungsschicht dafür, dass eingehende Kommunikationsvorgänge automatisch auf die vom Anwender situativ bevorzugten und gerade verfügbaren Endgeräte weitergeleitet werden. Hierfür müssen die Medien (Text, Audio, Video), Geräte (Mobiltelefon, IP-Telefon, etc.) und Softwareclients (Instant-Messenger, Video- und Audioclients) im RTC-System konfiguriert sein. Das System soll so die Komplexität reduzieren und die Kontrolle über die Medienwahl vom Initiator zum Rezipienten verlagern.

---

<sup>1</sup> Hierzu gehören u.a. IBM, Microsoft, Oracle, sowie Alcatel, Avaya, Cisco, Nortel und Siemens.

### **3.3 Präsenzinformation**

Der zweite Baustein ist die Präsenzinformation (Presence Awareness Information), die aus Instant-Messaging-Tools bekannt ist und dort durch ein entsprechendes Icon die Erreichbarkeit eines Kontakts signalisiert. Im verteilten Kontext fehlt die Sichtbarkeit traditioneller Signale wie die physische Anwesenheit und die Körpersprache von Rezipienten, die die Verfügbarkeit für die Kommunikation signalisieren [deIB05]. Das Ziel von RTC-Systemen ist es, diese mangelnde Awareness durch technische vermittelte Signalisierung auszugleichen. Unter Awareness wird in diesem Zusammenhang das Verständnis für die Aktivitäten anderer Nutzer verstanden, das den notwendigen Kontext für die Abstimmung der eigenen Aktivitäten bildet [DoBe92]. Hierbei muss zwischen der Perspektive des Initiators und der des Rezipienten unterschieden werden: Aus Sicht des Rezipienten erlaubt das aktive Signalisieren mittels Präsenzstatus die Steuerung der eigenen Erreichbarkeit und die Vermeidung ungewollter Störungen. Der Initiator kann mittels Präsenzstatus die Erreichbarkeit des Rezipienten besser abschätzen und entscheiden, ob ein Kommunikationsversuch aktuell sinnvoll ist. Die geschaffene Awareness durch Präsenzinformationen soll so helfen, das Management der Erreichbarkeit in Gruppen zu verbessern.

## **4 Forschungsansatz und Methodik**

### **4.1 Gestaltungsorientierte Forschung**

RTC-Systeme befinden sich derzeit noch im Aufbau- und Entwicklungsstadium. Während Visionen, Funktionen und intendierter Nutzen den Produktbeschreibungen der Hersteller entnommen werden können, wirft die mögliche Anwendung der Systeme zum jetzigen Zeitpunkt zahlreiche Fragen auf [RiFr06]. Aufgrund des frühen Stadiums existieren noch keine empirischen Fälle der Umsetzung solcher Systeme in Organisationen. Somit kann zurzeit allenfalls die Nutzung von Teilfunktionen wie Instant-Messaging oder Voice-over-IP-Telefonie empirisch im Kontext untersucht werden. Um sich dem Thema RTC aus Forschungssicht zu nähern, bietet sich daher zum jetzigen Zeitpunkt die prototypische Umsetzung und Untersuchung solcher Systeme an. Die hier präsentierte Studie kann in Anlehnung an Hevner et al. als eine gestaltungsorientierte Studie beschrieben werden, die auf einer verhaltensorientierten Erhebung aufbaut.

Während der verhaltensorientierte Ansatz („behavioral science research“) den Einsatz und die Nutzung von IT-Artefakten in Organisationen untersucht, beschäftigt sich der gestaltungsorientierte Ansatz („design science research“) mit der Entwicklung und Evaluation von IT-Artefakten zur Lösung organisatorischer Probleme [HMPR04].

Für die RTC-Domäne bieten sich zu diesem frühen Zeitpunkt im Forschungsprozess besonders gestaltungsorientierte Ansätze an, um erste Erkenntnisse zum typischen Funktionsumfang und der Umsetzung von RTC-Systemen zu bekommen. Eine solche Studie kann jedoch nicht ohne ein verhaltensorientiertes Element auskommen; so wurde zu Beginn dieser Studie ein konkreter Nutzungskontext empirisch mittels qualitativer Erhebungsmethoden untersucht, um die Grundlage für die gestaltungsorientierte Phase zu bilden. Im Mittelpunkt der Studie stand dabei das Lernen über die kontexttypische Anwendung der RTC-Idee, sowie deren Limitationen.

## **4.2 Forschungsprozess**

Im Rahmen dieser Studie wurde für ein konkretes organisatorisches Szenario ein RTC-Prototyp konzeptioniert und zu Demonstrationszwecken implementiert. Die Studie basiert auf der Grundannahme, dass RTC-Systeme einer kontextspezifischen Interpretation und Adaption bedürfen, um ihren vollen Nutzen entfalten zu können. Die Wahl eines Nutzungskontextes viel hierbei auf Unternehmensberatungen, da diese viele der oben geschilderten Merkmale moderner Arbeitskontexte, wie räumliche und zeitliche Verteilung, Flexibilität, Projektarbeit und mobiles Arbeiten aufweisen und somit einen geeigneten Anwendungsbereich für RTC abgeben sollten. Zur Identifikation der typischen Kommunikationsmuster in Unternehmensberatungen wurden Interviews mit Vertretern von vier Unternehmen unterschiedlicher Größe (von KMU bis multinationaler Beratung) durchgeführt. Hierbei bildete die Erhebung von typischen Friktionen im Kommunikationsprozess den Schwerpunkt zur Gewinnung von Ansatzpunkte für den RTC-Einsatz. Alle Interviews wurden transkribiert und ausgewertet. Dabei wurde von den Spezifika der einzelnen Fälle abstrahiert, um nur grundlegende Kommunikationsmuster zu identifizieren mit dem Ziel einer möglichst weit reichenden Übertragbarkeit. Die empirische Erhebung bildete den notwendigen Kontext für die gestaltungsorientierte Phase. Aufbauend auf den identifizierten Problembereichen und Anforderungen (siehe Kap. 5) folgte die Konzeption und Entwicklung eines dedizierten RTC-Prototyps für Unternehmensberatungen, der technisch auf Siemens Hipath Openscape aufsetzt (siehe Kap. 6). Die Demonstration des Prototyps und die Diskussion der Erkenntnisse schließen den Forschungsprozess ab.

## **5 Analyse des Anwendungsszenarios Unternehmensberatung**

### **5.1 Organisationsprinzip und Kommunikationsmuster**

Der Alltag in Unternehmensberatungen wird von der Projektarbeit dominiert. Unternehmensberater verbringen einen Großteil der Zeit mit Tätigkeiten in gemischten Teams an den Standorten der Klienten. Neben der Kommunikation innerhalb dieser Teams ist dabei die Kontaktaufnahme mit einer Reihe von außenstehenden Personen wichtig: Projektexterne Berater werden kontaktiert, um dringende Informationen zu projektrelevanten Themen und Hintergrundinformationen über abgeschlossene Projekte zu erfragen. Dabei enthalten archivierte Dokumente über abgeschlossene Projekte meist Angaben über die beteiligten Mitarbeiter, die für weitergehende Informationen aber meist persönlich kontaktiert werden müssen. Darüber hinaus stehen für Unterstützungsaufgaben wie Recherche und Präsentationserstellung oft spezielle Abteilungen („Backoffice“) zur Verfügung, die ebenfalls zeitnah kontaktiert werden müssen. Es wird deutlich, dass ein solches Szenario viele Charakteristika eines virtuellen Teams aufweist, wie räumliche Verteilung, gemischte Teams und den Einsatz von IKT für die Kommunikation.

### **5.2 Typische Kommunikationsprobleme und resultierende Anforderungen**

Zur Analyse der Kommunikationssituation, sowie zur Identifikation typischer Kommunikationsprobleme wurden offene Interviews mit vier Beratern von Unternehmen unterschiedlicher Größe geführt. Von allen Interviewpartnern wurde die Kommunikation sowohl als kritischer Erfolgsfaktor wie auch als häufiges Problemfeld der täglichen Arbeit unmittelbar hervorgehoben. Die im Weiteren diskutierten Kommunikationsprobleme bilden die Schnittmenge, die in allen vier Interviews präsent war. Als wichtigster Bereich konnte dabei die mangelnde Erreichbarkeit, sowohl von verteilt arbeitenden Teammitgliedern, als auch von Ansprechpartnern zu bestimmten Themen und abgeschlossenen Projekten identifiziert werden. Hierbei steht zunächst einmal das Problem der erfolglosen Kommunikationsversuche im Mittelpunkt, das sich durch eine mangelnde Transparenz für den aktuellen Kontext der zu erreichenden Person ergibt. Hiermit einher geht die mangelnde Kenntnis des Mediums, über das ein Ansprechpartner erreichbar ist, so dass sich im Zweifel mehrere vergebliche Kontaktversuche aneinanderreihen. Des Weiteren wurde bemängelt, dass es häufig nicht möglich ist, die (oftmals unbekannt)en Verfasser von Dokumenten oder Experten zu bestimmten Themen kurzfristig zu erreichen.

Der zweite Problembereich bezieht sich auf das Problem der Störung in Stresssituationen. Wenn Kollegen wichtige Informationen benötigen, können deren Kontaktversuche sehr ungelegen kommen, wenn z.B. die Vorbereitung eines Workshops die volle Aufmerksamkeit erfordert. Gleichzeitig kann sich der Berater aber nicht vollständig abschotten, da er für Teamkollegen immer noch erreichbar sein muss.

Zu guter Letzt wurden Probleme mit der Medienauswahl genannt, da Berater einerseits das Mobiltelefon als Standardmedium bevorzugen, obwohl dies hohe Kosten verursacht, und andererseits auch für komplexere Kommunikationsprobleme E-Mail als Medium der Wahl einsetzen, obwohl eigentlich reichhaltigere Medien (wie Telefon) zum Einsatz kommen könnten. Der letzte Aspekt kann wiederum eng mit der Nichterreichbarkeit über synchrone Medien zusammenhängen. Die aus den Interviewanalysen erarbeiteten Problembereiche (siehe Tab. 1) dienen als Input für die im Weiteren beschriebene Konzeption und Umsetzung des RTC-Prototyps.

<b>Kommunikationsproblem</b>	<b>Resultierende Anforderung</b>	<b>RTC-Lösungsansatz</b>
Erfolgreiche Kommunikationsversuche (besonders in Stresssituationen) durch schlechte Erreichbarkeit von Kollegen	Transparenz für Erreichbarkeit schaffen	Ausgefeiltes Statuskonzept zur Abschätzung der voraussichtlichen Abwesenheit eines Nutzers, Dringlichkeitssignalisierung, Notifikationsfunktion
Unkenntnis des Mediums, über das ein Ansprechpartner aktuell erreichbar ist	Transparenz schaffen, Hilfe bei der Medienauswahl	Präsenzstatus auf Medienebene, Anzeige verfügbarer Medienklassen
Fachexperten müssen zeitnah erreicht werden.	Unterstützung bei Auffinden und Auswahl von Experten	Integration mit (vorhandener) Fall- oder Kompetenzdatenbank
Ansprechpartner zu Dokumenten oder Fällen können nicht ermittelt werden (bei Bedarf an Hintergrundinformation)	Unterstützung bei Suche und Kontaktaufnahme (unbekannter) Gesprächspartner	Anhängen des Präsenzstatus von Mitarbeitern an (Projekt-) Dokumente in Datenbanken
Störende Unterbrechungen in Stresssituationen	Unterstützung bei der Priorisierung und Koordination	Präferenzgruppenkonzept und Filterfunktionen
Wahl eines ungeeigneten Mediums für die Kommunikation	Höhere Medienreichhaltigkeit gewährleisten	Integration mehrerer Medienklassen ins System (inkl. Video)
Mobiltelefone werden genutzt, obwohl günstigere Alternativen verfügbar sind	Unterstützung bei der Medienauswahl	Endgeräteauswahl je Medienklasse durch das System unterstützt

Tab. 1: Im Szenario identifizierte Probleme, resultierende Anforderungen und entsprechende Prototypfunktionen

## 6 Prototypische Umsetzung der Echtzeitkommunikationslösung

### 6.1 Eignung von RTC-Systemen im gewählten Anwendungsszenario

Die oben präsentierten Problembereiche bei der Kommunikation im Unternehmensberatungskontext bestätigten, dass sich RTC-Systeme grundsätzlich zum Einsatz in diesem Szenario verteilter Zusammenarbeit anbieten. Probleme wie erfolglose Kontaktversuche und die Unkenntnis, mit welchem Medium eine Person erreichbar ist, können durch die von RTC-Systemen bereitgestellten Funktionen potenziell gemildert werden. Gleichzeitig wird jedoch auch deutlich, dass hier kontextspezifisch ein komplexeres Verständnis von Präsenzsignalisierung und Erreichbarkeit notwendig ist. Ein einfaches Signalisieren von Erreichbarkeit von Seiten des Rezipienten ist nicht ausreichend, um den identifizierten Problem gerecht zu werden. Notwendig ist vielmehr ein komplexes, kontextspezifisches Erreichbarkeitsmanagement; hierzu müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Eine Differenzierung der Erreichbarkeit nach verschiedenen Gruppen unterschiedlicher Priorität für den einzelnen Nutzer.
- Unterstützung bei der Abschätzbarkeit, wie lange ein Kontakt voraussichtlich nicht erreichbar ist, aufgrund der Dringlichkeit der Kommunikation.
- Eine Unterscheidung von Erreichbarkeit im Team und der Erreichbarkeit unbekannter Kontakte für Hintergrundinformationen zu Projekten.
- Die Behandlung des Trade-offs zwischen der Erreichbarkeit eines Nutzers und seinem eigenen Schutz vor ungewollten Störungen.

Es wird deutlich, dass RTC-Systeme in ihrer Standardausführung diesen Anforderungen nicht gerecht werden. Aus diesem Grund wurde eine eigene RTC-Lösung entwickelt. Hierzu wurde Siemens Openscape als Plattform ausgewählt, da das System seine gesamte Funktionalität über SDKs zur Verfügung stellt. Openscape dient dabei als Infrastruktur zur Umsetzung eines auf das Szenario abgestimmten Prototyps. Die wesentlichen Funktionen zum Management der Verfügbarkeit von Benutzern und zur Initiierung der Kommunikation über verschiedene Medien wurden innerhalb des Prototyps neu entwickelt, sie greifen aber auf Openscape-Dienste wie Endgeräte- und Statusverwaltung zu. Im Weiteren wird das als Prototyp entwickelte Consultant-Communication-System (COCOS) anhand der wesentlichen Konzepte und Funktionen beschrieben. In Tabelle 1 findet sich ein Überblick über die Zuordnung von Kommunikationsproblemen zu den im Weiteren beschriebenen Funktionen; Abbildung 1 zeigt einen Screenshot.

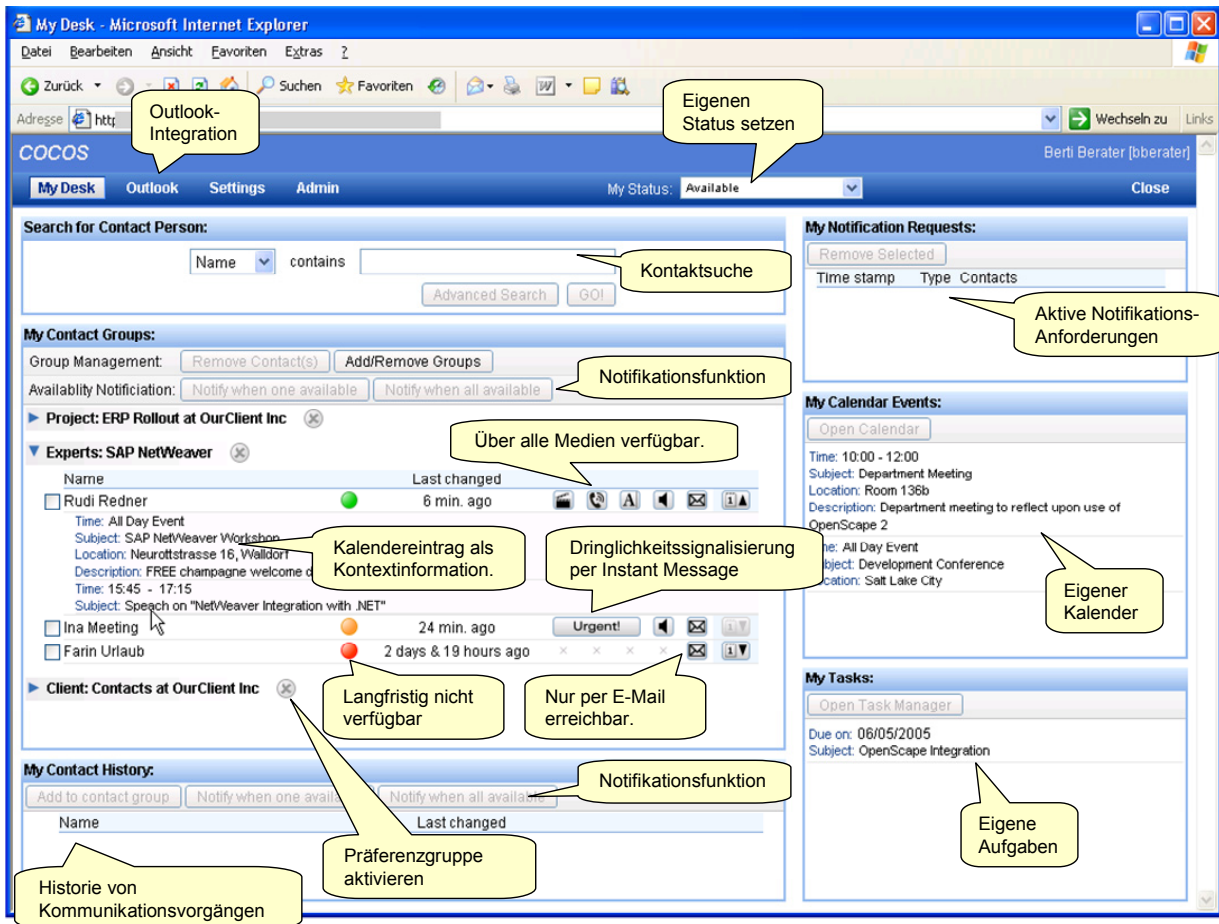


Abb. 1: Screenshot des COCOS-Prototyps<sup>2</sup>

## 6.2 Medienkonzept: Integration von Medientypen und Endgeräten

Ziel des Medienkonzeptes von COCOS ist es, mehrere Medien und Geräte in das System zu integrieren, um den Beratern die Kommunikation über Medien unterschiedlicher Reichhaltigkeit aus einem System heraus zu ermöglichen. Dies erstreckt sich sowohl auf synchrone Medien wie auch auf asynchrone. Einem Medientyp werden dabei mehrere Endgeräte zugeordnet, da es für den Initiator nicht von Interesse ist, welches Gerät der Empfänger gerade verwendet (z.B. Mobiltelefon), sondern lediglich, über welches Medium (z.B. Sprachkommunikation) er erreichbar ist (siehe Tab. 2). Der Benutzer hat die Möglichkeit, im System für jeden Medientyp ein präferiertes Gerät zu wählen oder dem System über Regeln die Auswahlentscheidung so zu übertragen, dass es stets für die Verbindung mit dem passenden Gerät sorgt. Ein solches Medienkonzept bietet darüber hinaus die Möglichkeit, einen differenzierten Verfügbarkeitsstatus des Benutzers auf der Basis verschiedener Medientypen zu ermitteln.

<sup>2</sup> Für eine Demonstration des Prototyps siehe: [http://www-wi.uni-muenster.de/wi/forschen/COCOS\\_Demo.html](http://www-wi.uni-muenster.de/wi/forschen/COCOS_Demo.html)



Synchrone Medien			Asynchrone Medien		
Video	Audio	Text	Video	Audio	Text
Video-Ausstattung (Webcam)	Festnetz-, Mobil-, IP-Telefon	Instant-Messaging, Chat	Video-Mail	Voice-Mail, Voicebox	E-Mail, SMS, Fax

Tab. 2: Kommunikationsmedien und deren zugeordnete Geräte

### 6.3 Kontaktgruppenkonzept: Abbildung von Teams und Expertengruppen im System

In der Unternehmensberatung wird ein Großteil der operativen Arbeit in Projektteams durchgeführt, innerhalb derer die Mitglieder eng zusammenarbeiten und daher häufig miteinander kommunizieren. Die Erreichbarkeit sowohl der Teammitglieder untereinander als auch externer Experten kann also kritisch für den Erfolg eines Projekts sein. Gleichzeitig ist es in zeitkritischen Phasen eines Projektes wichtig, die Kommunikation auf die Gruppe der Teammitglieder zu beschränken. Diesem Umstand wird innerhalb des COCOS-Prototyps durch das Kontaktgruppenkonzept Rechnung getragen. Sobald ein Berater einem neuen Projekt zugeteilt wird, werden alle Projektmitglieder standardmäßig als eine Kontaktgruppe für ihn angelegt. Der Nutzer kann zudem Kontaktgruppen nach seinen Wünschen gestalten, um zusätzlich Gruppen zu Themen und Kompetenzen zu unterhalten. So kann er Kollegen in eine Gruppe zusammenfassen, die Informationen zu wichtigen Arbeitsgebieten liefern können. Das Kontaktgruppenkonzept dient als Grundlage der unten beschriebenen Filter- und Notifikationsfunktionen.

### 6.4 Statusverwaltung und Signalisierung

Kern einer ERTC-Lösung ist das Signalisieren der Erreichbarkeit. Aus diesem Grund ist die Signalisierungsfunktion und Statusverwaltung durch den Benutzer ein wesentlicher Bestandteil des entwickelten Prototyps. Dabei wird im Weiteren synonym von Verfügbarkeit oder Erreichbarkeit, nicht jedoch von „Präsenz“ gesprochen, da der Begriff der „Präsenz“ die Anwesenheit eines Benutzers an einem Ort impliziert, was im vorliegenden Szenario jedoch nicht zielführend ist. So ist es für die Berater meist nicht relevant, wo sich ein Kollege aufhält, sondern nur, ob er für die Kommunikation tatsächlich zur Verfügung steht.

#### 6.4.1 Statushierarchie

Die Statusverwaltung des COCOS-Prototyps basiert auf einer Statushierarchie; es wird zwischen einem technischen, einem gesetzten und dem angezeigten Verfügbarkeitsstatus unter-

schieden. Der technische Status bildet die Basis der Statusverwaltung: er zeigt an, ob ein Medium gerade verfügbar ist. Dabei wird dem Benutzer für jeden Medientyp ein eigener Status angezeigt, um dem Initiator die Entscheidung zu überlassen, auf welchem Medium ein Rezipient erreicht werden soll. Der technische Medienstatus hängt von der momentanen Verfügbarkeit der unter dem Medium zusammengefassten Geräte ab. Ist mindestens eines der Geräte eines Medientyps verfügbar, so zeigt der Status „Verfügbar“. Dabei überwacht das Openscape-System den Status der aller Geräte und ermittelt situativ den Status für die Medientypen. Dabei werden auch Kommunikationsaktionen des Benutzers einbezogen, so dass z.B. beim Telefonieren über das VoIP-Telefon der Verfügbarkeitsstatus der synchronen Medien „Video“ und „Audio“ für die Dauer des Gesprächs auf „Kurzfristig nicht verfügbar“ gesetzt wird. Der Benutzer selbst erhält die Möglichkeit, seinen persönlichen Verfügbarkeitsstatus zu setzen. Welcher Status einem anderen Benutzer schließlich angezeigt wird, ergibt sich dann aus einer Kombination der ersten beiden Status und einer zusätzlichen Filterfunktion (siehe Kap. 6.5.1).

#### *6.4.2 Wahl der Statusausprägungen*

Ziel bei der Entwicklung des Statuskonzeptes war es, die Anforderungen des Szenarios nach Verbesserung der kurzfristigen Verfügbarkeit und Abschätzbarkeit der voraussichtlichen Abwesenheit zu berücksichtigen. Als mögliche Status wurden daher die Ausprägungen „Verfügbar“, „Kurzfristig nicht verfügbar“, „Mittelfristig nicht verfügbar“ und „Langfristig nicht verfügbar“ gewählt, die bewusst auf ortsspezifische Angaben wie „Im Büro“ verzichten und sich auf den wesentlichen Aspekt der Verfügbarkeit und die zeitliche Dimension der voraussichtlichen Abwesenheitsdauer beschränken. Durch Verwendung unscharfer zeitlicher Begriffe wird die Notwendigkeit einer exakten Festlegung der Dauer der Nichtverfügbarkeit durch den Rezipienten vermieden. Stattdessen spiegeln die Status die subjektive Einschätzung des Nutzers wider, bei kurzer Nichtverfügbarkeit (z.B. während eine Meetings) signalisiert er „Kurzfristig nicht verfügbar“, bei Nichtverfügbarkeit für mehrere Stunden zeigt er „Mittelfristig nicht verfügbar“, ist der Benutzer den ganzen Tag oder mehrere Tage nicht verfügbar, so wählt er „Langfristig nicht verfügbar“. Ein solches Statuskonzept hat den weiteren Vorteil, dass es überschneidungsfrei ist. Openscape lässt standardmäßig durch Ausprägungen wie „Bin gleich zurück“, „In Besprechung“ und „Nicht im Büro“ keine eindeutige Interpretation der Verfügbarkeit zu.

In COCOS ist der angezeigte Verfügbarkeitsstatus eines Benutzers „Verfügbar“, wenn sein gesetzter Status aktuell auf „Verfügbar“ steht und mindestens eines seiner Geräte für synchrone Kommunikation den technischen Status „Verfügbar“ zeigt. Ist letzteres nicht der Fall, so wird

der Status „Mittelfristig nicht verfügbar“ angezeigt. Wird ein synchrones Medium gerade genutzt, so wird vom System „Kurzfristig nicht verfügbar“ signalisiert und die Icons der betroffenen Medientypen werden ausgeblendet. Ansonsten entspricht der angezeigte dem gesetzten Verfügbarkeitsstatus. Hinzu kommen die Auswirkungen der Filterfunktion.

#### *6.4.3 Zusätzliche Statusinformationen*

Um die Abschätzbarkeit der Nichterreichbarkeit eines Benutzers weiter zu verbessern, wurden dem Statuskonzept zwei wichtige Informationen hinzugefügt: solche zur Alterung von Statusinformation im Sinne von „Letzte Statusänderung erfolgt vor X min/std/tagen“, sowie die aktuellen Kalenderdaten des Rezipienten. Der Statusabrufer bekommt somit vor der Kontaktaufnahme nicht nur die Information, dass die gewünschte Person nicht verfügbar ist, sondern auch die Kontextinformation, wann mit einem erfolgreichen Kontaktversuch (kurz-/mittel-/langfristig) gerechnet werden kann, sowie ob die Präsenzinformation noch aktuell ist und was die Person zurzeit tatsächlich tut. Dadurch wird die Unsicherheit auf Seiten des Beraters, wann er die Hilfe des gewünschten Kollegen in Anspruch nehmen kann, deutlich gesenkt. Die alleinige Information, dass der Kollege nicht verfügbar ist, kann die Unsicherheit des Beraters nicht reduzieren.

### **6.5 Weitere kontextspezifische Funktionen zum Management der Erreichbarkeit**

#### *6.5.1 Filterfunktion*

In zeitkritischen Phasen des Projekts muss sich ein Berater vollständig auf die Projektarbeit konzentrieren und möchte nicht durch Kontaktversuche unnötig unterbrochen werden. Eine traditionelle Verhaltensweise ist das Abschalten der Endgeräte, oder das Signalisieren von „Nicht verfügbar“. Da der Berater jedoch für unmittelbare Teammitglieder weiterhin kontaktfähig sein muss, ist eine Unterscheidung zwischen erwünschten und unerwünschten Kontaktversuchen notwendig. Aufbauend auf dem Kontaktgruppenkonzept kann der Nutzer in COCOS eine oder mehrere Gruppen als Präferenzgruppen definieren. Mittels eines Filters kann er dann bei Bedarf den angezeigten Verfügbarkeitsstatus differenzieren, so dass für alle Benutzer außerhalb der Präferenzgruppe der angezeigte Status „Mittelfristig nicht verfügbar“ erscheint, während die Präferenzgruppe den tatsächlichen Verfügbarkeitsstatus angezeigt bekommt.

### 6.5.2 *Notifikationsfunktion*

Mittels der Verfügbarkeitsnotifikation kann sich ein Nutzer auf Wunsch automatisch benachrichtigen lassen, sobald ein gewünschter Ansprechpartner wieder verfügbar ist („tell-me-when“). Die Verfügbarkeitsnotifikation kann auch auf mehrere Personen bzw. eine Gruppe bezogen werden; der Initiator erhält dann eine Information, wenn entweder eine Person der Gruppe oder alle Personen der Gruppe zur Verfügung stehen. Ersteres ist wichtig, wenn der Berater eine Information von einem Experten eines bestimmten Themenbereichs benötigt, letzteres kann z.B. die Initiierung einer Adhoc-Telefon- oder Videokonferenz unterstützen.

### 6.5.3 *Dringlichkeitssignalisierung*

In bestimmten Situationen reicht einem Initiator die Notifikationsfunktion nicht aus, da er nicht auf die Verfügbarkeit des Rezipienten warten kann. Wenn der Nutzer seinen Status auf „Nicht verfügbar“ gesetzt, trotzdem aber technisch im System verfügbar ist, kann die Nichterreichbarkeit durch Klick auf den Button „Urgent“ umgangen und ein direkter Kontakt ermöglicht werden. Es liegt auf der Hand, dass diese Funktion nur in Notfällen, genutzt werden sollte, da durch Missbrauch das gesamte Statusprinzip gefährdet wäre. Aus diesem Grund wurde diese Funktion in COCOS mittels einer vom Sender verfassten Kurznachricht (Instand Message oder SMS) dergestalt implementiert, dass der Empfänger entscheiden kann, ob er die Nachricht annimmt. Ein Dringlichkeitssignal führt in dem Fall nur zum Erfolg, wenn das Problem sowohl aus Sicht des Initiators als auch aus der Sicht des Rezipienten eine hohe Priorität besitzt.

### 6.5.4 *Integration mit Dokumenten- und Kompetenzdatenbank<sup>3</sup>*

Als ein weiteres Problem wurde das Kontaktieren von Ansprechpartnern zu bereits abgeschlossenen Projekten angeführt. Hier wäre denkbar, die Verfügbarkeitsinformationen von Benutzern direkt an jegliche Namensnennung innerhalb von Kompetenz- oder Falldatenbanken anzuhängen. Auf diese Weise könnte ein Berater direkt sehen, ob ein ehemaliger Projektteilnehmer gerade über synchrone Medien erreichbar ist. Hier ist eine Aggregation von Verfügbarkeitsstatus auf der Dokumentebene denkbar. Zeigt der Verfügbarkeitsstatus für ein Dokument „Verfügbar“, dann ist mindestens ein Verfasser des Dokuments erreichbar. Eine solche Integration des Systems mit vorhandenen Datenbanken könnte die Informationssuche der Berater noch einmal verbessern, da sie das Kontaktieren bis dahin unbekannter Experten unterstützt.

---

<sup>3</sup> Diese Funktion wurde lediglich konzeptioniert, aber nicht softwaretechnisch umgesetzt. Eine Integration auf Basis der gewählten Architektur wird jedoch durch den Einsatz von Webservices ermöglicht (siehe Kap. 6.6).

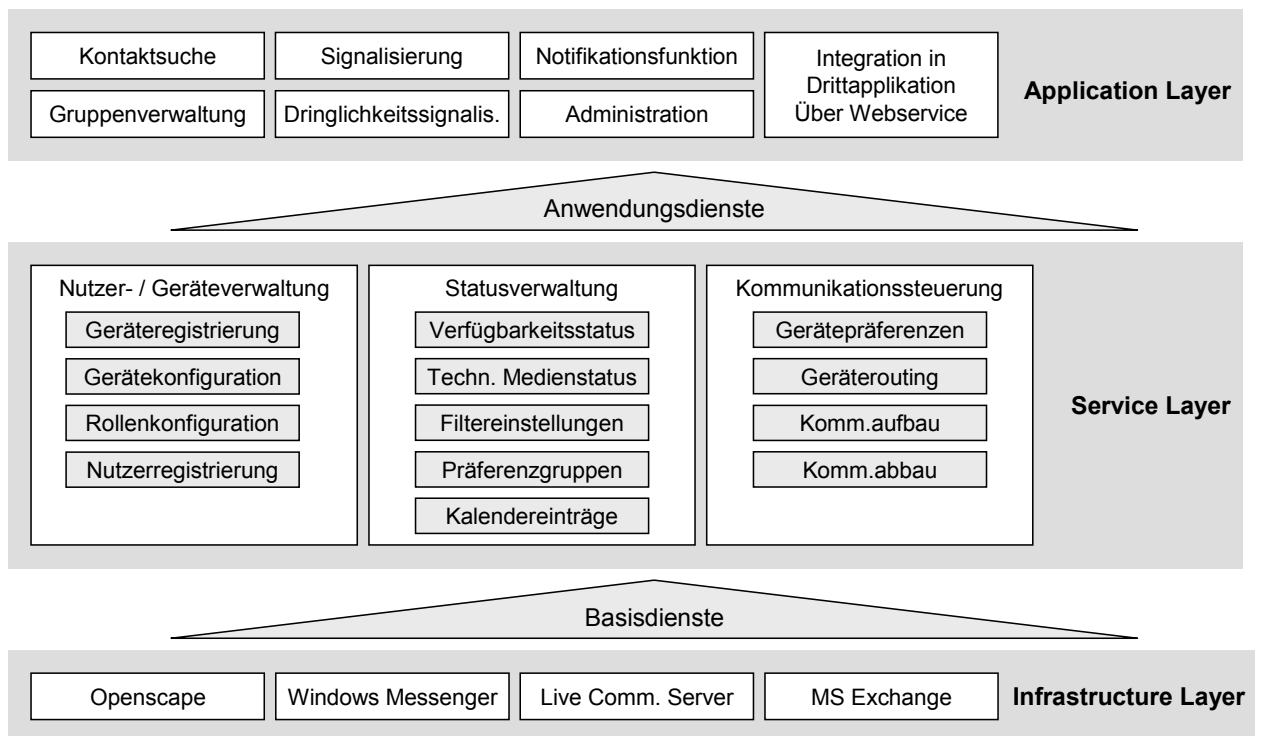


Abb. 2: Architektur des COCOS-Prototyps als Schichtenmodell

## 6.6 Architektur des Prototyps

Der COCOS-Prototyp basiert auf einer Drei-Schichten-Architektur (siehe Abb. 2). Der Infrastructure-Layer besteht aus Systemen, die Basisdienste für den Service-Layer bereitstellen. Siemens OpenScape stellt hierbei Webservices zum Auslesen und Setzen der Präsenz- und Gerätestatus, sowie zum Aufbau der Kommunikationsverbindungen zur Verfügung (mittels IP-Technik). Hierfür greift Openscape auf den Microsoft Live Communication Server und den Windows Messenger für das Instant-Messaging zu. Zu guter letzt wird Microsoft Exchange für Kalender- und E-Mail-Funktionalität genutzt. Der Service-Layer bildet den Kern des Prototyps; hier wurden die oben vorgestellten Konzepte und Funktionen implementiert, die dem Application-Layer in Form einer einheitlichen Webservice-Schnittstelle zur Verfügung stehen. Die Dienste sind in Nutzer- und Geräteverwaltung, Statusverwaltung und Kommunikationssteuerung unterteilt. Auf dem Application-Layer wurde ein browserbasiertes Demosystem entworfen, das dem Nutzer die beschriebenen Funktionen bereitstellt (siehe Screenshot). Da die Dienste des Service-Layers universell nutzbar sind, könnten sie auch in Dritt-Applikationen wie Groupwaresysteme und virtuelle Teamräume integriert werden [RiAW05].

## 7 Fazit und weiterer Forschungsbedarf

Die beschriebenen Konzepte und Funktionen des COCOS-Prototyps belegen, wie die in den Interviews identifizierten Kommunikationsprobleme des Szenarios mit Hilfe von RTC-Systemen technisch aufgegriffen werden können. Dabei wird deutlich, dass RTC-Systeme ihren Nutzen erst durch eine weitgehende Kontextualisierung auf ein spezifisches Anwendungsszenario werden entfalten können. Erst durch eine kontextspezifische Auslegung des Statuskonzepts, eine geeignete Anpassung der Medienklassen, sowie insbesondere die Umsetzung spezifischer Funktionen des Erreichbarkeitsmanagements kann der hier vorgestellte Prototyp dem Szenario funktional gerecht werden. Es wird deutlich, dass RTC-Systeme keine unmittelbar einsetzbaren Systeme „von der Stange“ sind. Sie benötigen vielmehr eine kontextspezifische Interpretation, sowie ggf. eine Integration mit bestehenden Anwendungen und Gerätelandschaften.

Die Umsetzung der hier skizzierten Vision eines Consultant-Communication-Systems mit Siemens OpenScape kann den Anforderungen eines verteilten Unternehmensberatungsszenarios technisch zurzeit nur bedingt gerecht werden. Konkret ist zu bemängeln, dass OpenScape bisher nur sehr eingeschränkt portable Endgeräte unterstützt. Da die Berater jedoch eine klare Präferenz für die Nutzung mobiler Endgeräte (z.B. Mobiltelefone) geäußert haben, wird die Akzeptanz eines solchen Systems von der Verfügbarkeit der Kernfunktionen über mobile Geräte abhängen. Eine weitere Herausforderung besteht darin, die Nutzer bei der Pflege des Verfügbarkeitsstatus technisch zu unterstützen, damit die Akzeptanz nicht an einem unzumutbaren Pflegeaufwand scheitert. Hier ist z.B. die Nutzung von RFID-Chips technisch denkbar, die eine Statusänderung veranlassen, wenn der Nutzer ein Gebäude verlässt. Solche Techniken sind andererseits natürlich mit Privacy- und Datenschutzproblemen behaftet.

Auf der methodischen Seite macht die Studie deutlich, dass die von Hevner et al. beschriebenen Ansätze nicht als Dichotomie aufgefasst werden sollten. Gestaltungsorientierte Forschung zu anwendungsnahen IKT-Aspekten sollte nicht im „luftleeren Raum“ stattfinden, sondern eingebettet in verhaltensorientierte Erkenntnisse sein. Der hier vorgestellte Prototyp kann als kontextspezifische Interpretation der RTC-Idee zur Lösung von empirisch herausgearbeiteten Problemen verstanden werden. Dabei ist die durchgeführte Studie nicht im Sinne einer vollständigen Anforderungsanalyse für einen konkreten Fall zu sehen, dafür wäre die empirische Basis zu klein. Vielmehr ging es darum, einige typische Problembereiche und mögliche RTC-Lösungsansätze herauszuarbeiten. Während einige der identifizierten Aspekte dabei eher spezifisch für die Unternehmensberatungsbranche sind, lassen sich viele der Erkenntnisse vermutlich

auch auf andere Formen der Projektarbeit übertragen. Der empirische Kontext liefert für diese Art von Studie einerseits die notwendige Grundlage für die Gestaltung von IT-Artefakten durch das gewonnene Verständnis für die Sicht potenzieller Nutzer. Andererseits ist er das Ökosystem für die Forschung zu Nutzung und Effekten des Einsatzes von IT-Artefakten. Diese nächste Phase im Forschungsprozess zu RTC-Systemen setzt das Vorhandensein erster Implementierungen in Organisationen voraus. Hier stehen Fragen zur sozialen und organisatorischen Dimension im Mittelpunkt, z.B., ob die neu gewonnene Awareness von allen Mitarbeitern gleichermaßen positiv aufgenommen wird, welche Auswirkungen sich für die Kommunikations-, wie auch die Unternehmenskultur ergeben und ob die Verfügbarkeitsignalisierung mit Privacy-Bedenken der Beteiligten kollidiert [RiFr06]. Die Tatsache, dass sich die Systeme in einem frühen Stadium befinden, erlaubt die Erforschung ihres kompletten Lebenszyklus, angefangen von gestaltungsorientierten Vorhaben, wie in dieser Studie gezeigt, bis hin zu Nutzerexperimenten, Fallstudien und Langzeitstudien in Organisationen.

## **Literaturverzeichnis**

- [Andr02] Andres, H. P.: A comparison of face-to-face and virtual software development teams. In: Team Performance Management: An International Journal 8 (2002) 1/2, S. 39-48.
- [deIB05] de Poot, H.; Mulder, I.; Kijl, B.: How do Knowledge Workers cope with their Everyday Job? In: eJOV - The Electronic Journal for Virtual Organizations and Networks 9 (2005), S. 70-88.
- [DoBe92] Dourish, P.; Belotti, V.: Awareness and Coordination in Shared Workspaces. In: Turner, J.; Kraut, R. (Hrsg.) Proc. of CSCW '92 - Sharing Perspectives. Assn for Computing Machinery, Toronto 1992, S. 107-114.
- [HMPR04] Hevner, A. R.; March, S. T.; Park, J.; Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly 28 (2004) 1, S. 75-105.
- [KoHe02] Konradt, U.; Hertel, G.: Management Virtueller Teams - Von der Telearbeit zum Virtuellen Unternehmen. Beltz Verlag, Weinheim, Basel 2002.

- [Laza06] Lazar, I.: Integrating Telephony, IM, Video and Mobility with Presence. In: Business Communications Review (2006) June, S. 28-31.
- [LWCL01] Lau, T.; Wong, Y. H.; Chan, K. F.; Law, M.: Information technology and the work environment - does IT change the way people interact at work? In: Human Systems Management 20 (2001) 3, S. 267-279.
- [LyYo02] Lyytinen, K.; Yoo, Y.: Research Commentary: Next Wave of Nomadic Computing. In: Information Systems Research 13 (2002) 4, S. 377-388.
- [NaWB00] Nardi, B. A.; Whittaker, S.; Bradner, E.: Interaction and Outeraction: Instant Messaging in Action. In: Proceedings of the Computer Supported Cooperative Work. Philadelphia, 2000, S. 79-88.
- [ReGo05] Rennecker, J.; Godwin, L.: Delays and Interruptions: A Self-Perpetuating Paradox of Communication Technology Use. In: Information and Organization 15 (2005) 3, S. 247-266.
- [RiAW05] Riemer, K.; Arendt, P.; Wulf, A.: Marktstudie Kooperationssysteme - Von E-Mail über Groupware zur Echtzeitkooperation. Cuvillier, Göttingen 2005.
- [RiFr06] Riemer, K.; Fröbner, F.: Presence-based, Context-sensitive Real-Time Collaboration (RTC) - research directions for a new type of eCollaboration system. In: Proceedings of the 19th Bled eConference. Bled, Slovenia, 2006.
- [RiKl05] Riemer, K.; Klein, S.: Herausforderungen virtueller Organisation - Sozialkapital als Voraussetzung für das Funktionieren virtueller Organisationen. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik (2005) 242, S. 21-31.
- [Scho02] Scholz, C.: Virtuelle Teams - Neuer Wein in neue Schläuche! In: zfo 71 (2002) 1, S. 26-33.
- [SoMK02] Soerensen, C.; Mathiassen, L.; Kakihara, M.: Mobile Services: Functional Diversity and Overload. In: Proceedings of the New Perspectives On 21st-Century Communications. Budapest, Hungary, 2002, S. 1-12.



# **Audio vs. Chat bei Aufgaben mit Unsicherheit: Die Produktivität folgt anderen Regeln als bei mehrdeutigen Aufgaben**

Andreas Löber, Gerhard Schwabe

Institut für Informatik  
Universität Zürich  
8050 Zürich  
{loeber, schwabe}@ifi.unizh.ch

## **Abstract**

Chatkommunikation ist inzwischen weit verbreitet im privaten Umfeld und wird zunehmend populär auch im geschäftlichen Bereich. Audiokommunikation bietet dank VoIP neue Möglichkeiten der Gruppenkommunikation. Doch die Auswirkung der Medienwahl zwischen beiden Medien ist weitgehend unbekannt. Auch die Effekte der Gruppenkommunikation über diese Medien sind ungeklärt. Ausgehend von den etablierten Theorien stellt dieser Text die Ergebnisse eines Experiments zur Untersuchung von Produktivität und Zufriedenheit vor. In diesem mussten mit Audio und Chat und unterschiedlichen Gruppengrößen kritische Hinweise ausgetauscht werden, um einen Mordfall zu lösen. Aufgrund der Resultate wird ein Brückenschlag zwischen den Theorien vorgenommen und neue Faktoren für die Produktivität identifiziert.

## 1 Einleitung

Chatkommunikation findet immer mehr Verwendung sowohl im privaten [GrPa02, NaWB00], als auch betrieblichen Umfeld [Mull03]. Hier trifft sie auf die seit langem etablierte Sprachkommunikation. Dort bietet Voice over IP neue Möglichkeiten für günstige Konferenzschaltungen mit einer beliebig hohen Anzahl Nutzer ohne die Notwendigkeit von Spezialausrüstung. Dabei nimmt sowohl die Nutzung von Computerprogrammen wie Skype oder SIP-kompatiblen Standards als auch die Verbreitung von transparenten Anschlüssen, die sich wie normale Telefonverbindungen verhalten, stetig zu. Beide Medien bieten den Nutzern die Möglichkeit einfach und günstig in Gruppen zu kommunizieren, was vorher nur mit hohem Aufwand und hohen technischen Anforderungen möglich war.

Aber diese neuen Möglichkeiten erfordern vom Nutzer auch neue Entscheidungen. Welches der beiden Medien soll wann genutzt werden, um eine möglichst produktive und zufrieden stellende Zusammenarbeit zu erreichen? Für diese Fragestellung gibt es erstaunlicherweise fast keine Untersuchungen und damit keine belastbaren Antworten. Für ähnliche Medienwahlentscheidungen (z.B. Video vs. Face-to-Face) wird üblicherweise auf die Media Richness Theorie [DaLe86, DaLT87] zurückgegriffen, für die Messung der Zufriedenheit auf das Social-Influence-Model [FuSS90]. Für die Auswirkungen der Veränderung der Gruppengröße ist die Media Synchronicity Theorie [DeVa99] einschlägig. Die wenigen existierenden Experimente sind jedoch durch die technische Weiterentwicklung überholt. Im Rahmen zweier Experimente [Müry05, Grim06] haben wir die Auswirkung der Medienwahl auf die Produktivität (Leistung pro Zeit) und Zufriedenheit von Vierer-Gruppen untersucht und dabei eine Überlegenheit von Audio festgestellt. In einem Folgeexperiment [LöSc07], haben wir gezeigt, dass eine Vergrößerung der Gruppe auf sieben Personen für Designaufgaben Chatgruppen produktiver und Audiogruppen weniger produktiv werden lässt. Es erhebt sich nun die Frage, ob diese Produktivitätsveränderung spezifisch für mehrdeutige Aufgaben ist oder ob sie auch bei Aufgaben unter Unsicherheit beobachtbar sind. Anschließend an dieses Kapitel werden kurz die verwendeten Theorien zur Medienwahl erläutert. Darauf folgt eine Zusammenfassung des Experimentaldesigns und vorangegangener Ergebnisse. Das vierte Kapitel präsentiert neue Ergebnisse zu Aufgaben unter Unsicherheit für Vierer- und Siebener-Gruppen. Im fünften Kapitel werden die Gründe für die Unterschiede in den Beobachtungen untersucht. Der Text schließt mit einem Fazit und den Empfehlungen für weitere Arbeiten.

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Medienwahl in kleinen Gruppen

Für die Wahl der Medien bei vorgegebenen Aufgaben schlägt die Media Richness Theorie von Daft und Lengel [DaLe86] vor, das richtige Maß an Reichtum zu wählen. Je mehrdeutiger eine Aufgabe ist, desto reicher muss das Medium sein. Dabei wird jedem Medium ein Reichtum zugeordnet, der sich an vier Faktoren orientiert [DaLT87]: Vielfältigkeit der vermittelten Sprache, Anzahl der hinweisgebenden Kanäle, Maß an Persönlichkeit und Unmittelbarkeit des Feedbacks. Die Media Richness Theorie ist geeignet, um die Auswirkungen der Aufgabe auf die Produktivität von Kleingruppen zu beschreiben.

Das Social-Influence-Model von Fulk et al. [FuSS90] beschreibt die Medienwahl hingegen als Entscheidung die nicht nur aufgrund von Mediencharakteristiken getroffen wird, sondern auch auf sozialen und subjektiven Faktoren beruht. Dabei spielen neben den eigenen Erfahrungen auch die Ansichten, Trends und Verhaltensmuster anderer Nutzer und vor allem Gruppenmitglieder eine Rolle. Das Social-Influence-Modell ist geeignet, um die subjektive Zufriedenheit der Nutzer zu beschreiben.

Bisher gibt es relativ wenige Studien über den Vergleich von Audio und Chatkommunikation und diese fokussieren sich vor allem auf Zweiergruppen. Die Studien haben sich auf die Media Richness Theorie als Erklärungsansatz gestützt, widersprachen sich jedoch zum Teil in den Ergebnissen. Kinney und Watson [KiWa92], sowie Suh [Suh99] zeigten in ihren Studien, dass Chatgruppen unabhängig von der Art der Aufgabe längere Zeit zur Lösung der Aufgabe brauchten als Audiogruppen. Es gab keinen Unterschied in der Zufriedenheit. Die Studie von Valacich et al. [Vala94] widerspricht dieser Erkenntnis in sofern, dass die Chatgruppen bei seinem Experiment schneller waren als die Audiogruppen. Dabei zeigten sie jedoch deutlich niedrigere Zufriedenheit als die Audiogruppen. Bos et al [Bos02] untersuchten Gruppen mit drei Mitgliedern und zeigten dort, dass Audiogruppen ein Problem mit hoher Mehrdeutigkeit besser lösen konnten als Chatgruppen. Im Experiment von Graetz et al. [Grae98] brauchten Chatgruppen mit vier Teilnehmern für eine Aufgabe, die Unsicherheit und Mehrdeutigkeit kombiniert, länger als die Audiogruppen. Jedoch ist die Aufgabe nicht für alle Produktionseffekte verantwortlich. Zusammenfassend lassen sich aus den Studien bisher keine Konsens über die Medienwahl zwischen Audio und Chat herleiten. Die existierenden Studien

sind zudem recht alt und alle vor der Zeit entstanden, in der sich durch die Verbreitung von Skype sowohl Chatkommunikation als auch Audiokonferenzen stark verbreitet haben.

## **2.2 Medienwahl in größeren Gruppen**

Im Rahmen von Untersuchungen traditioneller Brainstorming-Sitzungen wurde von Diehl und Ströbel [DiSt87, DiSt91] und Mullen et al. [MuJS91] herausgefunden, dass die Erweiterung von Gruppen um zusätzliche Mitglieder sich negativ auf die Produktivität auswirken kann. Dies ist bedingt durch die Produktionsblockade, die entsteht, wenn Gruppenmitglieder durch die Äußerung anderer gezwungen werden auf ihren Beitrag zu warten. Nunamaker et al. [NDVV91] und Gallupe et al. [Gall92] zeigten, dass durch elektronische Mittel dieser Effekt behoben werden kann, so dass zusätzliche Mitglieder einen Produktivitätsgewinn bringen. Wesentliche Faktoren für diese Produktivitätsgewinne sind in der Media Richness Theorie und das Social-Influence Modell nicht enthalten. Deshalb können sie zwar für Erklärungen für die Medienwahleffekte bei kleineren Gruppen verwendet werden, sind jedoch mit steigender Gruppengröße nur eingeschränkt gültig. Die Media Synchronicity Theorie erweitert deshalb die Media Richness Theorie um Faktoren der Gruppenarbeit. Medien werden anhand von 5 Faktoren charakterisiert: Geschwindigkeit des Feedbacks, Symbolvarietät, Parallelität, Überarbeitbarkeit und Wiederverwendbarkeit. Einige der Faktoren, wie z. B. Geschwindigkeit des Feedbacks und Parallelität schließen einander aus. Dahingehend gilt es, die für die Aufgabe wichtigsten Medieneigenschaften zu identifizieren, und Medien gezielt aufgrund dieser Bedürfnisse zu wählen. Wir verwenden die Faktoren der Media Synchronicity Theorie, um die Auswirkung der verschiedenen Gruppengrößen zu erklären. Faktoren wie die Parallelität und Geschwindigkeit des Feedbacks sind alleine kaum zu quantifizieren. Letztendlich kommt es auf den Einzelfaktor auch nicht so sehr an, sondern eher auf die gesamte Mediengeschwindigkeit, d.h. die Frage, wie viele Informationen pro Zeit insgesamt übertragen werden können. Dies beinhaltet dann auch Einzelfaktoren wie Parallelität und Feedbackgeschwindigkeit. Dabei ist die Mediengeschwindigkeit vergleichsweise einfach zu messen, ist aber in der erstaunlicherweise in der internationalen Literatur für die Medienwahl bisher nicht diskutiert. Lediglich in der deutschsprachigen Forschung führten Picot und Reichwald [PiRe85] diesen Faktor ein. In [LöSG06] konnte gezeigt werden, dass sich Audio und Chat wesentlich voneinander in Hinblick auf die Mediengeschwindigkeit unterscheiden.

### **3 Bisherige Resultate und Hypothesen**

Um die Auswirkung der Medienwahl von Audio und Chat und den Einfluss der Gruppengröße auf den Kommunikationsprozess von kooperativen Gruppen zu untersuchen, haben wir im November 2004 (Vierergruppen) und 2005 (Siebenergruppen) zwei Versuche [Müry05, Grim06] mit insgesamt 440 Teilnehmern durchgeführt. Dabei griffen wir auf zwei bewährte Experimentalaufgaben zurück, um die Ergebnisse mit anderen Studien vergleichbar zu machen. Als mehrdeutige Aufgabe wurde eine Designaufgabe gewählt, und zwar das Design eines automatischen Postamts der Zukunft von Olson et al. [OOSC93]. Als Aufgabe unter Unsicherheit wurde der Murder Mystery Kriminalfall von Stasser und Steward [StSt92] verwendet.

#### **3.1 Bisherige Resultate**

##### *3.1.1 Designaufgabe*

Die Designaufgabe forderte die Konzipierung eines automatischen Postamts. Durch die offene Fragestellung war sie eine Aufgabe mit hoher Mehrdeutigkeit, denn es hängt von den Präferenzen der Teilnehmer ab, wie das Design aussieht. Die Ergebnisse sind im Detail in [LöSc07] besprochen und sollen hier nur kurz zusammengefasst werden.

Bei den Gruppen mit 4 Teilnehmern schnitten die Audiogruppen signifikant besser ab als die Chatgruppen. Gleichzeitig waren auch die Audiogruppen signifikant zufriedener mit ihrem Medium als die Chatgruppen. Mit der auf sieben steigenden Teilnehmerzahl kehrte sich das Bild um. Während die Audiogruppen an Leistung verloren, gewannen die Chatgruppen mit den zusätzlichen Teilnehmern an Produktivität und erreichten faktisch das gleiche Niveau der Audiogruppen. Die Untersuchungen konnten klar zeigen, dass durch die Wahl des Mediums in Abhängigkeit zur Gruppengröße die Produktivität stark beeinflusst werden kann. Die Gruppen mit sieben Mitgliedern zeigten eine signifikant niedrigere Zufriedenheit als die Gruppen mit vier Teilnehmern. Bei der Verwendung von Chat trat dieser Effekt seltener auf, so dass bei Gruppen mit sieben Mitgliedern Chatgruppen mit ihrem Medium eine signifikant höhere Zufriedenheit zeigten als Audio nutzende Gruppen.

### 3.1.2 *Kriminalfall*

Anderen Vierer-Gruppen wurde der Kriminalfall als Aufgabe gestellt. Bei diesem geht es darum, Unsicherheit durch den Austausch von Informationen aufzulösen. Die Aufgabe hat aber eine eindeutig richtige Antwort die nicht von den Präferenzen der Teilnehmer abhängig ist. Die Aufgabe erfordert die Identifikation des Mörders aus einer Gruppe von 3 Verdächtigen. Dazu erhalten die Versuchsteilnehmer Hinweise in einer Dokumentensammlung, die aus Verhörprotokollen, einem Brief und einer Karte besteht. Jeder Teilnehmer erhält diese allgemeinen Informationen. Darüber hinaus gibt es 9 kritische Hinweise die zur eindeutigen Identifikation des richtigen Täters dienen. Diese kritischen Hinweise werden auf 3 Teilnehmer aufgeteilt, so dass jeder 3 kritische Hinweise hat. Alle anderen Teilnehmer erhalten keine kritischen Hinweise, sondern nur die allgemeinen Tatsachen. Klar formulierte Aufgabe der Teilnehmer war es also, durch Austausch des Wissens alle kritischen Hinweise zu einem gesamtheitlichen Bild zu konkretisieren und damit den Täter bestimmen zu können. Die Teilnehmer wurden angehalten, primär den richtigen Täter zu ermitteln und erst sekundär möglichst schnell zu einem Ergebnis zu kommen.

Bei den Experimenten mit Viergruppen konnte festgestellt werden [Müry05], dass Chat und Audiogruppen die gleiche Produktivität aufzeigten; sie fassten die gleiche Anzahl an Mördern. Gleichzeitig zeigten die Audiogruppen eine signifikant höhere Zufriedenheit mit dem Kommunikationsmedium als die Chatgruppen. Ferner konnte bei für die Gruppen mit vier Teilnehmern in [LöSG06] für beide Aufgaben festgestellt werden, dass die Audiogruppen mehr Informationsfragmente pro Zeiteinheit übermittelten. Außerdem übertrugen sie signifikant mehr kritische Informationen als die Chat-Gruppen. Diese zeigten jedoch ein höheres Verhältnis von kritischen Informationen bezogen auf alle Informationsfragmente. Letztere Erkenntnisse trafen auch für den Designfall zu. Jetzt stellt sich die Frage, ob eine Erhöhung der Gruppengröße die gleichen Auswirkungen auf Produktivität der Gruppen wie bei der Designaufgabe hat.

## 3.2 **Hypothesen**

Ausgehend von den Erkenntnissen über die Vierergruppen und die bekannten Effekte der Gruppengröße aus dem Vergleich von Vierer- und Siebnergruppen bei der Designaufgabe formulieren wir im Folgenden die Hypothesen.

Lange Wartezeiten auf die Möglichkeit eigene, vielleicht einzigartige Informationen, an die Gruppe zu geben führen dazu, dass die Zufriedenheit mit dem Medium sinkt. Audio wird durch die Verfügbarkeit des einen Sprachkanal beschränkt. Und obwohl Chatkommunikation mühsamer ist als die Nutzung von Audio, dürfte die jederzeitige Verfügbarkeit der Sendefunktion deutlich höhere Zufriedenheit erzeugen. Auch wird sich, gemäß dem Social-Influence-Modell die Gruppe als ganze beeinflussen in ihrer Sichtweise des Mediums. Dies führt bei negativen Erfahrungen mit dem Medium zu deutlicheren Abneigungen.

*H7.1: Chatgruppen zeigen mehr Zufriedenheit als Audiogruppen bei Gruppen mit sieben Mitgliedern.*

Die Gruppen mit vier Mitgliedern zeigten identische Erfolgsquoten bei der Identifikation der Täter. Bei der Hinzufügung von weiteren Gruppenmitgliedern verhalten sich die Medien jedoch unterschiedlich. Bei Audio können die weiteren Teilnehmer kaum beitragen und ihre Beiträge blockieren automatisch alle anderen Gruppenmitglieder. Dies ist nicht so beim parallelen Medium Chat. Hier kann jeder Teilnehmer schreiben wann und wie er will. Dementsprechend postulieren wir:

*H7.2: Chatgruppen zeigen mehr Produktivität als Audiogruppen bei Gruppen mit sieben Mitgliedern*

Zusätzliche Gruppenmitglieder bedeuten mehr Aufwand, was sich grundsätzlich negativ auf die Zufriedenheit auswirkt. Bei den Gruppen mit vier Mitgliedern waren die Audiogruppen deutlich zufriedener als die Chatgruppen. Jedoch wird mit jedem zusätzlichen Mitglied die Redezeit kürzer und der Frust damit größer. Die Hindernisse des Chat Mediums sind sehr viel weicher. Falls zuviel Text auf einmal kommt, kann dieser überflogen werden, um die Kernpassagen zu entnehmen, was deutlich weniger stört als zur Untätigkeit verdammt zu sein. Dahingehend postulieren wir:

*H4vs7.1: Audiogruppen verlieren mehr Zufriedenheit aufgrund der Erweiterung der Gruppe als Chatgruppen*

Da das Audiomedium eine maximale Sprechzeit aufweist, gibt es eine Obergrenze an möglichen Informationen, die in dieser Zeit gesendet werden können. Diese bleibt konstant, so dass mit jedem weiteren Mitglied die Konkurrenz um die Zeit ansteigt. Dies führt zu mehr Aufwand für Absprachen wer wann etwas sagen darf. Chat hat jedoch diese Einschränkung beim Senden nicht. Alle Teilnehmer können gleichzeitig schreiben. Dies kann jedoch dazu führen, dass die Mitglieder nicht mehr in der Lage sind mit dem Lesen hinterherzukommen,

was ihre Produktivität einschränkt. Jedoch kann der Mensch deutlich schneller lesen als er hören kann [Will79]. Dementsprechend postulieren wir:

*H4vs7.2: Chatgruppen gewinnen mehr Produktivität aufgrund der Erweiterung der Gruppe als Audiogruppen*

### **3.3 Methode und Datenerhebung**

Um die Auswirkung der Aufgabe auf die Medienwahl zu untersuchen wurden Experimente mit 10 Gruppen à 4 Teilnehmern mit jeweils einem der beiden Medien und einer der beiden Aufgaben durchgeführt (160 Teilnehmer). Um die Auswirkung der Veränderung der Gruppengröße zu untersuchen wurden die gleichen Versuche anschließend mit jeweils 7 Teilnehmern durchgeführt (280 Teilnehmer). Die beiden Experimente fanden mit insgesamt 440 bezahlten Freiwilligen statt, die aus dem Studentenkreis rekrutiert wurden, ohne dass es größere Besonderheiten in Hinblick auf Studienrichtung oder Geschlecht gab. Die Teilnahme an beiden Durchgängen war nicht möglich. Alle Teilnehmer konnten Eingangs die Fallbeschreibung des Kriminalfalls für 25 Minuten lesen, durften während dieser Zeit jedoch nicht sprechen. Anschließend wurden sie in separate Räume geführt, wo jeweils ein X30 Notebook, ein hochwertiges Headset und eine Maus genutzt werden konnte. Die Medienzweisung wurde ausgelost. Für die Chatgruppen stand Microsoft Netmeeting und die Audiogruppen Skype bzw. Teamspeak zur Verfügung. Die Aufgabe musste innerhalb von 30 Minuten gelöst werden, wobei die Teilnehmer darauf hingewiesen wurden, dass die Identifikation des richtigen Mörders die Hauptpriorität war.

Zur Erfassung der Zufriedenheit der Nutzer wurde der SUS Fragebogen [Broo96] benutzt, bei dem mittels 10 Fragen auf einer Lickertskala und einer anschließenden Berechnung die Gesamtzufriedenheit auf einer Skala von 0 bis 100 ermittelt wird. Die Produktivität wurde berechnet, indem Leistung pro Zeiteinheit gemessen wurde. Dabei ist die Leistung beim Kriminalfall als die richtige Identifikation des Mörders definiert, wobei die Beschuldigung eines Unschuldigen als keine Produktivität gemessen wurde. Die Zeit wurde vom Experimentalleiter gestoppt und später nochmals mit Analysen der Kommunikationsprotokolle überprüft. Einheit der Produktivität ist somit ermittelte Mörder pro Zeiteinheit (hier Minute). Statistisch verändert dies nichts gegenüber der benötigten Zeit von Gruppen, die den Mörder erfolgreich identifiziert haben. Statistische Untersuchungen finden als zweiseitige T-Tests für die konstanten Gruppengrößen. Zum Vergleich von Medium und Gruppe wurden, wie im Originalexperiment



von Stasser und Steward auch, 2x2 faktorielle Varianzanalyse-Tests (ANOVA) gewählt, um die Interaktionseffekte zwischen Medium und Gruppengröße zu berechnen.

### **3.4 Einschränkungen**

Die Bedeutung der Gruppengröße für den Kommunikationsprozess und die Produktivität wurde erst im Rahmen der Nachuntersuchung des ersten Experiments mit Vierergruppen offensichtlich. Deshalb wurde das Experiment mit den Siebenergruppen erst im Folgejahr durchgeführt, was aufgrund der hohen Anforderungen an Teilnehmerzahlen auch praktisch nicht anders umsetzbar gewesen wäre. Dies könnte zu besseren Vorkenntnissen der Versuchsteilnehmer führen. Die im SUS Fragebogen abgefragte Benutzerfreundlichkeit zeigte jedoch keine großen Unterschiede auf (4,4 von 5 Punkten in 2004, 4,34 in 2005). Ferner musste aufgrund der Gruppengröße in den Tests mit sieben Teilnehmern Skype gegen Teamspeak getauscht werden, da Skype keine Unterstützung von Gruppen mit mehr als 5 Mitgliedern anbietet. Die Unterschiede in Funktionalität und Qualität sind jedoch in einem lokalen Netzwerk vernachlässigbar.

Eine weitere bewusste Einschränkung war die Begrenzung auf die beiden dargelegten Aufgabentypen. Obwohl solch klar getrennte Aufgabentypen in der Praxis selten vorkommen mögen und es sicherlich auch noch Gruppenaufgaben gibt, die jenseits der Unsicherheit und Mehrdeutigkeit liegen, glauben wir doch, dass die meisten in Gruppen bearbeiteten Aufgaben Ähnlichkeit mit einer der untersuchten Experimentalaufgaben aufweisen.

Ferner wurde die Anzahl von kritischen Hinweisen im Kriminalfall konstant gehalten bei der Erhöhung der Gruppengröße. Neben der Aufrechterhaltung der Vergleichbarkeit als Experimentalanforderung verfügen oftmals auch in echten Kommunikationsfällen nicht alle Mitglieder über eigenständige Informationen.

## **4 Ergebnisse der Versuche über die Auswirkung der Veränderung der Gruppengröße**

### **4.1 Gruppen mit sieben Mitgliedern**

Die Zufriedenheit mit dem Medium ist nicht signifikant unterschiedlich ( $t(18)=1,324$ ;  $p=0,202$ ) bei Gruppen mit sieben Mitgliedern. Die Chatgruppen haben einen Mittelwert von 82,1 (Standardabweichung 4,02), während die Audiogruppen einen Mittelwert von 79,14

(Standardabweichung 5,83) haben. Damit ist auch Hypothese H7.1, die postuliert, dass die Chatgruppen zufriedener mit ihrem Medium als die Audiogruppen sind, widerlegt.

Sowohl die Chat als auch Audiogruppen identifizierten jeweils 6 Verdächtige richtig und lagen in 4 Fällen daneben. Dahingehend gibt es auch keinen signifikanten Unterschied in der Produktivität ( $t(18)=-0,084$ ,  $p=0,934$ ). Damit ist die Hypothese H7.2, die besagt, dass Chatgruppen mehr Produktivität als die Audiogruppen zeigen, widerlegt.

## 4.2 Vergleich der Gruppen mit vier und sieben Mitgliedern

Es gibt einen großen Effekt bei der Zufriedenheit, ausgelöst von der Veränderung der Gruppengröße. Während das Medium alleine keinen signifikanten Einfluss hat ( $F(1,36)=0,124$ ;  $p=0,727$ ), ist die Gruppenerweiterung alleine ( $F(1,36)=18,997$ ;  $p<0,01$ ) für 34,5 % der Varianz verantwortlich. Zudem ist die Kombination aus Gruppenerweiterung und Medium für weitere 12,4 % verantwortlich ( $F(1,36)=5,087$ ;  $p=0,03$ ). Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, kann also von der Gruppengröße ausgehend die Medienwahl sehr wichtig für die Zufriedenheit sein. Chatgruppen verlieren dabei signifikant weniger an Zufriedenheit als Audiogruppen. Damit ist Hypothese H4vs7.1 bestätigt.

Bei den Gruppen mit vier Mitgliedern waren jeweils 7 Fälle richtig und 3 falsch gelöst, während bei den Gruppen mit sieben Mitgliedern es jeweils 6 richtige

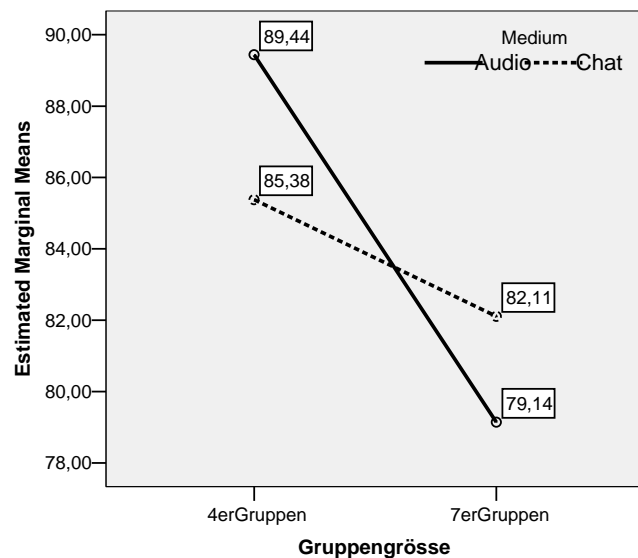


Abbildung 1: Abhängigkeit der Zufriedenheit von Medium und Gruppengröße

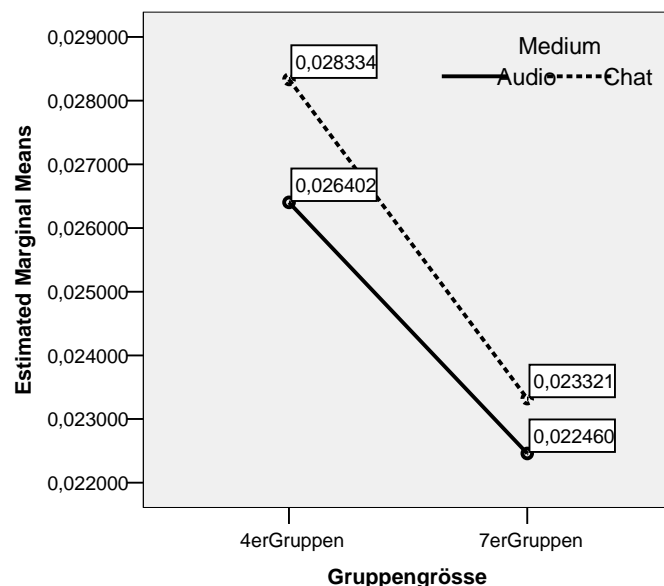


Abbildung 2: Abhängigkeit der Produktivität von Medium und Gruppengröße

und 4 falsch gelöste Fälle waren. Dieser Unterschied ist nicht signifikant, auch wenn man die Zeit mit einbezieht, die für die richtigen Lösungen gebraucht wurde. Sowohl die Analyse der Auswirkung der Gruppengröße ( $F(1,36)=0,517$ ;  $p=0,477$ ), als auch des Mediums ( $F(1,36)=0,05$ ;  $p=0,824$ ) oder der Kombination aus Gruppengröße und Medium ( $F(1,36)=0,07$ ;  $p=0,932$ ) ergaben keinerlei signifikante Unterschiede. Damit ist Hypothese H4vs7.2 widerlegt, die besagt, dass die Chatgruppen stärker als die Audiogruppen an Produktivität gewinnen mit zusätzlichen Gruppenmitgliedern. Zusammenfassend kann man sagen, wie in Abbildung 2 dargestellt, dass beide Medien jeweils ähnliche Produktivität zeigten und der Abfall der Produktivität von vier auf sieben Gruppenmitgliedern nicht signifikant war.

## **5 Diskussion**

### **5.1 Zufriedenheit**

Die Chatgruppen mit sieben Mitgliedern waren nur geringfügig zufriedener als die Audiogruppen. Damit haben die Chatgruppen jedoch im Schnitt weit weniger Zufriedenheit verloren als die Audiogruppen, die bei einer Gruppengröße von vier Personen eine deutliche höhere Zufriedenheit zeigten. Die Untersuchung der Effekte der Gruppenerweiterung hat klar gezeigt, dass dies hauptsächlich mit der Gruppengröße zu tun hat. Je mehr Teilnehmer eine Gruppe hatte, desto unzufriedener wurden die Mitglieder. Jedoch lässt sich durch die richtige Auswahl des Mediums dieser Effekt zumindest abschwächen. Allgemein lässt sich sagen, dass die Aufgabe keinen Einfluss auf die Zufriedenheit hat. Dahingehend sind die Ergebnisse nicht überraschend. Mitglieder von Gruppen mit mehr Teilnehmern sind deutlich unzufriedener als Teilnehmer kleiner Gruppen. Durch eine geschickte Auswahl des Mediums kann jedoch die Zufriedenheit signifikant beeinflusst und gesteigert werden. Bei wenigen Teilnehmern sollte Audio als Medium gewählt werden. Hier bietet das Medium mit seiner gewohnten Nutzung die beste Unterstützung für die Zufriedenheit der Teilnehmer. Sollte die Kommunikation mehr als fünf Teilnehmer erfordern, dann ist Chatkommunikation in jedem Fall das Medium, welches die Nutzer mehr zufrieden stellt.

### **5.2 Produktivität**

Entgegen unserer Vermutungen gab es keinerlei Produktivitätsunterschiede bei den Gruppen mit sieben Mitgliedern. Auch die Erweiterung um zusätzliche Gruppenmitglieder hat zu keiner signifikanten Verschlechterung der Leistung geführt. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die

Kriminalaufgabe schlecht gewählt wurde und schlicht und einfach keine Medienwahl- und Gruppengrößeneffekte aufzeigt. Dies erscheint jedoch auf den ersten Blick unwahrscheinlich, wurde der Kriminalfall doch gerade für die Untersuchung der Auswirkung von Veränderungen in der Gruppengröße geschaffen [StSt92]. In anderen Untersuchungen zeigten die Gruppen mit 6 Teilnehmern wesentlich mehr Kommunikation, auch über die kritischen Informationen, als diese mit 3 Teilnehmern. Auch gibt es im Rahmen der Mediengeschwindigkeit einige Veränderungen in einigen wesentlichen Merkmalen der Kommunikation [LöSG06], welche zurückzuführen sind auf die Medienwahl. Dahingehend sind auch Experimentalfehler einer gleichgroßen, jedoch gegengesetzten Größenordnung auszuschließen, zumal die gleichzeitig stattfindenden Experimente mit der Designaufgabe entsprechende Produktivitätsunterschiede aufgezeigt haben. Auch von Kodierungsfehlern ist nicht auszugehen, da die Erkennung des richtigen Tatverdächtigen eine binäre Entscheidung ist.

Dementsprechend muss es Größen geben, die gegeneinander gerichtet arbeiten und sich damit aufheben. Im Folgenden wird eine mögliche Erklärung diskutiert.

### *5.2.1 Medienreichtum und Mediengeschwindigkeit*

Die Media Richness Theorie sagt aus, dass für die Kriminalaufgabe Chatkommunikation besser als Audio geeignet ist, da diese den passenden Medienreichtum bietet. Durch die Reduktion auf den Textkanal sind die Teilnehmer gezwungen sich auf die Informationsübertragung zu konzentrieren. Audiokommunikation lenkt durch seine zusätzlichen Möglichkeiten dabei eher ab. Dieser Effekt wird aber aufgehoben von der höheren Geschwindigkeit, mit der Einzelne mit Audiokommunikation umgehen können. Mühsames Tippen fällt weg und Aussagen können schnell in die Gruppe geworfen werden, oftmals erst im Moment der Aussprache überlegt. In [LöSG06] konnte gezeigt werden, dass für Gruppen mit 4 Mitgliedern Audiokommunikation schneller als Chat ist. Deutlich mehr Informationen und kritische Hinweise konnten von den Audioteilnehmern gesendet werden als bei Chat. Jedoch waren Chatgruppen nachweislich effizienter in der Übertragung der kritischen Daten, wiesen sie doch ein besseres Verhältnis zwischen den wichtigen Informationen und der allgemeinen Kommunikation auf.

Offensichtlich gibt es somit zwei Kräfte die sich hier aufheben. Einerseits die höhere Geschwindigkeit von Audio (ersichtlich in der höheren Anzahl kritischer Hinweise pro Zeiteinheit, die übertragen werden). Auf der anderen Seite steht der besser passenden Medienreichtum von Chat, der nichts überkompliziert (ersichtlich im besseren Verhältnis kritische Hinweise pro Gesamtkommunikation). Dies alleine kann jedoch nur die fehlenden

Unterschiede in der Produktivität der Gruppen mit vier Teilnehmern erklären. Mit der Erweiterung der Gruppe sollte eigentlich zusätzliche Produktivität bei den Chatgruppen auftreten, wie dies bei der Designaufgabe der Fall war. Offensichtlich jedoch verhindert ein weiterer Effekt beim Kriminalfall diesen Produktivitätsgewinn. Dieser Effekt soll im Folgenden diskutiert werden.

### 5.2.2 *Gruppengröße und Informationsvolumen*

Die Designaufgabe hat klar gezeigt, dass mit dem richtigen Medium zusätzliche Gruppenmitglieder deutliche Produktivitätsgewinne erzeugen können. Gerade Chatkommunikation mit seiner parallelen Sendemöglichkeit bietet die Gelegenheit, gleichzeitig an einem Thema zu diskutieren. Damit wird die Blockade der anderen Gruppenmitglieder bei Audio aufgehoben. Beim Kriminalfall jedoch wird offensichtlich die Produktivität zusätzlicher Gruppenmitglieder durch die Aufgabenstellung gehindert. Aufgaben mit hoher Unsicherheit sind laut Media Richness Theorie dadurch charakterisiert, dass nur Informationen ausgetauscht werden müssen, um deterministisch zu einem Ergebnis (oder der Erkenntnis, dass es kein Ergebnis geben kann) zu führen. Damit ist in den meisten Fällen das zu kommunizierende Informationsvolumen begrenzt. Deshalb sind Personen, die über keine benötigten Informationen verfügen oder nur Duplikate besitzen, unnötig bei Aufgaben mit hoher Unsicherheit und niedriger Mehrdeutigkeit. Sie können sogar zu einer Verschlechterung der Produktivität führen, da sie keinen Zusatznutzen einbringen, jedoch durchaus durch Rückfragen und Verständnisprobleme Fragen aufwerfen können, die zu einem Produktivitätsverlust führen, da sie erst die ihnen ggf. fehlenden Informationen erhalten müssen. Damit ist die maximale Produktivität dann erreicht, wenn exakt nur die Personen in der Gruppe sind, deren Wissen unbedingt benötigt wird, jedes weiteres Gruppenmitglied sorgt für eine Senkung der Produktivität. Aufgaben mit hoher Mehrdeutigkeit jedoch haben ein nicht vorhersehbares Volumen an Informationen, da durch den Verständnisfindungsprozess die Ansichten aller Beteiligten in die Lösungsmenge einfließen und somit den Informationsraum erweitern. Ferner findet durch Gruppeneffekte (z.B. im Rahmen eines Brainstormings) auch gegenseitige Beeinflussung statt, die zu neuen Ideen und Ansichten führen kann, die so keiner der Teilnehmer vorher alleine hatte. Bei diesem Aufgabentyp wird durch die Steigerung der Gruppengröße die Produktivität der Gruppe ebenfalls gesteigert. Jedes neue Mitglied kann Input geben, der direkt der Gruppe hilft und sie zusätzlich auch zu neuen Ideen anspricht.

Dementsprechend wird die zusätzliche Leistung, die von einer Gruppenerweiterung erhofft wird, durch den Aufgabentyp beschränkt. Deshalb bringt eine Erweiterung der Gruppe bei Aufgaben mit hoher Unsicherheit über die benötigte Minimalbesetzung hinaus keinen Produktivitätsgewinn. Stasser und Steward [Stst92] haben sich in ihrer Untersuchung primär auf den Kommunikationsprozess konzentriert und dabei die Menge an kommunizierten Informationen untersucht. Dabei nahm die Kommunikation, auch über die kritischen Details, mit steigender Gruppengröße zu. Dies führt jedoch offensichtlich nicht automatisch zu höherer Produktivität. Die inhärente Natur der Aufgabe mit ihrer Einschränkung des Informationsvolumens führt dazu, dass die Produktivität mit zusätzlichen Mitgliedern ohne kritische Informationen abnimmt. Dies trifft auf die meisten Aufgaben mit hoher Unsicherheit zu, da sich diese durch den Informationsaustausch charakterisieren und dieser, zumindest im Rahmen von synchroner Kommunikation mit Audio oder Chat, zeitlich begrenzt ist. Nur Aufgaben mit hoher Mehrdeutigkeit profitieren uneingeschränkt von zusätzlichen Gruppenmitgliedern, da diese immer zusätzliche Ansichten und Informationen einbringen können. Damit ist klar zu sagen: Ausgehend von der zu bearbeitenden Aufgabe gilt es die Anzahl der Gruppenmitglieder festzulegen. Aufgaben mit hoher Mehrdeutigkeit profitieren von weiteren Mitgliedern. Aufgaben die von hoher Unsicherheit gekennzeichnet sind sollten jedoch ausschließlich von den unbedingt notwendigen Teilnehmern bearbeitet werden.

### **5.3 Gesamtbetrachtung**

Die Zufriedenheit hat sich im Rahmen der Erwartungen verhalten. Das Experiment konnte zeigen, dass mit zunehmender Gruppengröße Gruppen mit Chatkommunikation zufriedener sind als mit Audiokommunikation. Noch größere Gruppen werden wahrscheinlich noch deutlichere Unterschiede in der Zufriedenheit zugunsten der Chatkommunikation aufzeigen. Jedoch hat sich die Produktivität entgegen der Erwartungen entwickelt. Die Nutzung des laut Media Richness Theorie besser passenden Mediums brachte keine Produktivitätssteigerung. Die Erweiterung der Gruppen um zusätzliche Mitglieder hatte gar einen leicht negativen Effekt. Wir konnten zwei Stellen identifizieren, an denen Faktoren der Medienwahl sich gegenseitig beeinflussen. Medienreichtum und Mediengeschwindigkeit können unterschiedliche Effekte haben, die sich gegenseitig aufheben. Dadurch kann es vorkommen, dass die Auswahl des Mediums keinen signifikanten Effekt hat. Zudem wirkt sich das Informationsvolumen der Aufgabe auf den Effekt der Gruppengröße aus. Bei mehrdeutigen Aufgaben profitieren Gruppen mit dem richtigen Medium von zusätzlichen Mitgliedern, die neue Ansichten

einbringen können. Bei unsicheren Aufgaben führt aber das limitierte Informationsvolumen dazu, dass zusätzliche Mitglieder ohne neue Informationen die Produktivität der Gruppe einschränken. Dieser Effekt ist auch jenseits des Experimentalsettings bei langwierigen Gruppensitzungen zu beobachten, wo redundante Informationen immer wieder wiederholt werden, ohne dass neue Ansichten eintreten können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die beiden besprochen Effekte maßgeblich für die Produktivität verantwortlich sind. Detailauswertungen der Kommunikationsprotokolle werden weitere Einblicke geben und auch erlauben, die Größenordnung der Effekte zu bestimmen.

## **6 Ausblick**

Die Forschungsergebnisse rund um die Medienwahl zwischen Audio und Chat sind sehr widersprüchlich. Keine der Theorien konnte bisher alleine erklären, warum signifikante Ergebnisse auftraten oder auch nicht. In diesem Text haben wir Faktoren identifiziert, die sich gegenseitig beeinflussen. Zum Teil heben sie sich sogar gegenseitig auf. Mit diesen Faktoren ist es möglich, die Auswirkungen der Medienwahl und der Gruppengröße für Audio und Chatkommunikation zu beschreiben. Dabei steht noch aus, die Effekte in ihrer Wirkung und Größe genauer zu untersuchen. Dazu wird es notwendig sein die Kommunikation der Gruppen genauer zu analysieren. Dabei sollen Hinweise auf die Mediengeschwindigkeit in Gruppen mit sieben Mitgliedern gefunden werden. Ferner ist es notwendig, den Effekt der Aufgabe auf die benötigte Medienreichhaltigkeit und die Produktivität zusätzlicher Gruppenmitglieder zu analysieren. Weitere Erkenntnisse können gewonnen werden, wenn man Gruppen mit Zugriff auf beide Medien beobachtet. Dabei können Erfahrungen gewonnen werden, was erfolgreiche Gruppen im Umgang und Wechsel der Medien auszeichnet. Zusätzlich erkennt man Fehler, die von weniger geschickt agierenden Gruppen gemacht werden. Damit ist es dann möglich, mit höherer Sicherheit eine Medienwahlempfehlung zwischen Audio und Chat abzugeben.

### **Danksagung**

Wir bedanken uns bei Mathis Müry und Sibylle Grimm für das Durchführen der Experimente. Ferner gilt unser Dank Christoph Göth, Marco Prestipino und Peter Vorburger, die uns bei der Auswertung der Designaufgaben halfen.

## Literatur

- [Bos02] *Bos, Nathan; Olson, Judy; Gergle, Darren; Olson, Gary; Wright, Zach*: Effects of four computer-mediated communications channels on trust development. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Changing our world, changing ourselves. Minneapolis, Minnesota, USA, ACM Press: (2002), 135-140.
- [Broo96] *Brooke, J.*: SUS—A quick and dirty usability scale. Usability Evaluation in Industry. Jordan, P.W.; Thomas, B.; Weerdemeester, B.A.; McClelland, I.L. London, Taylor&Francis: (1996), 189-194.
- [DaLe86] *Daft, Richard L.; Lengel, Robert H.*: "Organizational information requirements, media richness and structural design." *Manage. Sci.* 32(5): (1986), 554-571.
- [DaLT87] *Daft, Richard L.; Lengel, Robert H.; Trevino, Linda Klebe*: "Message equivocality, media selection and manager performance: implications for information systems." *MIS Q.* 11(3): (1987), 355-366.
- [DeVa99] *Dennis, Alan R.; Valacich, J.S.*: Rethinking media richness: towards a theory of media synchronicity. System Sciences, 1999. HICSS-32. Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on, (1999).
- [DiSt87] *Diehl, M.; Stroebel, W.*: "Productivity Loss in Brainstorming Groups: Towards the Solution of a Riddle." *Journal of Personality and Social Psychology* 53: (1987), 497-509.
- [DiSt91] *Diehl, M.; Stroebel, W.*: "Productivity Loss in Idea-Generating Groups: Tracking Down the Blocking Effect." *Journal of Personality Assessment* 61: (1991), 392-403.
- [FuSS90] *Fulk, Janet; Schmitz, J.; Steinfeld, Charles W.*: A social influence model of technology use. *Organizations and Communication Technology*. Fulk, Janet; Steinfeld, Charles W. Newbury, Sage Publications: (1990), 117-140.



- [Gall92] Gallupe, R.B.; Dennis, Alan R.; Cooper, W.H.; Valacich, J.S.; Bastianutti, L.M.; Nunamaker, J.F.jr.: "Electronic Brainstorming and Group Size." *Academy of Management Journal* 35(2): (1992), 350-369.
- [Grae98] *Graetz, K. A.; Boyle, E. S.; Kimble, C. E.; Thompson, P.; Garloch, J. L.:* "Information sharing face-to-face teleconferencing, and electronic chat groups." *Small Group Research* 29(6): (1998), 714-743.
- [Grim06] *Grimm, S:* Empirische Untersuchung des Kommunikationsverhaltens virtuell verteilter Gruppen anhand von Audio- und Chatkonferenzen Department of Informatics, University of Zurich, Zurich, (2006).
- [GrPa02] *Grinter, Rebecca E.; Palen, Leysia:* Instant messaging in teen life. Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work. New Orleans, Louisiana, USA, ACM Press: (2002), 21-30.
- [KiWa92] *Kinney, Susan T.; Watson, Richard T.:* The effect of medium and task on dyadic communication. Proceedings of the thirteenth international conference on Information systems. Dallas, Texas, United States, University of Minnesota: (1992), 107-117.
- [LöSc07] *Löber, A.; Schwabe, G.:* Audio vs. Chat: The Effects of Group Size on Media Choice. accepted at HICCS 2007, Hawaii, (2007).
- [LöSG06] *Löber, A., Grimm, S. and Schwabe, G., Audio vs Chat:* Can media speed explain the differences in productivity ? in ECIS 2006, Göteborg, (2006).
- [Müry05] *Müry, M.:* Kommunikationsverhalten virtuell verteilter Gruppen. Department of Informatics, University of Zurich, Zurich, (2005)
- [Mull03] *Muller, Michael J.; Raven, Mary Elizabeth; Kogan, Sandra; Millen, David R.; Carey, Kenneth:* Introducing chat into business organizations: toward an instant messaging maturity model. Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work. Sanibel Island, Florida, USA, ACM Press: (2003), 50-57.
- [MuJS91] Mullen, B.; Johnson, C.; Salas, E.: "Productivity Loss in Brainstorming Groups." *Basic and Applied Social Psychology* 12: (1991), 3-23.

- [NaWB00] *Nardi, Bonnie A.; Whittaker, Steve; Bradner, Erin*: Interaction and outeraction: instant messaging in action. Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer supported cooperative work. Philadelphia, Pennsylvania, United States, ACM Press: (2000), 79-88.
- [NDVV91] *Nunamaker, J.; Dennis, A.R.; Valacich, J. S.; Vogel, D.*: "Information Technology for Negotiating Groups: Generating Options for Mutual Gain." *Management Science* 37: (1991).
- [Nuna91] *Nunamaker, J. F.; Dennis, Alan R.; Valacich, Joseph S.; Vogel, Douglas; George, Joey F.*: "Electronic meeting systems." *Commun. ACM* 34(7): (1991), 40-61.
- [OOSC93] *Olson, Judith S.; Olson, Gary M.; Storrosten, Marianne; Carter, Mark*: "Groupwork close up: a comparison of the group design process with and without a simple group editor." *ACM Trans. Inf. Syst.* 11(4): (1993), 321-348.
- [PiRe85] *Picot, A.; Reichwald, R.*: Bürokommunikation. Leitsätze für den Anwender. München, CW-Publikationen, (1985).
- [StSt92] *Stasser, G. Stewart, D.*: "Discovery of Hidden Profiles by Decision-Making Groups: Solving a Problem versus Making a Judgment." *Journal of Personality and Social Psychology* 63(4): (1992), 426-434.
- [Suh99] *Suh, Kil Soo*: "Impact of communication medium on task performance and satisfaction: an examination of media-richness theory." *Information & Management* 35(5): (1999), 295-312.
- [Vala94] *Valacich, Joseph S.; Mennecke, Brian E.; Wachter, Renee M.; Wheeler, Bradley C.*: Extensions to Media Richness Theory: A Test of the Task-Media Fit Hypothesis. HICSS, Maui, (1994).
- [VPGN93] *Valacich, Joseph S.; Paranka, D.; George, J. F.; Nunamaker, J.F.jr.*: "Communication Concurrency and the New Media. A New Dimension of Media Richness." *Communication Research* 20(2): (1993), 249-276.
- [Will79] *Williams, E.*: „Experimental Comparison of Face-to-Face and Mediated Communiation: A Review“, *Psychological Bulletin*, 85, 5, (1979), 963-976

# Diskontinuierliche Innovation fördern

## Die Rolle von Idea Mirrors zur Unterstützung von Innovation und Kooperation im Unternehmen

Michael Koch

Universität der Bundeswehr München  
Fakultät für Wirtschafts- und Organisationswissenschaften  
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg  
michael.koch@unibw.de

Kathrin M. Möslein

HHL – Leipzig Graduate School of Management  
Center for Leading Innovation & Cooperation (CLIC)  
Jahnallee 59, 04109 Leipzig  
kathrin.moeslein@hhl.de

### Abstract

In diesem Beitrag diskutieren wir die Idee, Konzepte aus den Bereichen der Community-Unterstützung und ubiquitären Benutzungsschnittstellen auf die Förderung der Fähigkeit zu diskontinuierlicher Innovation in Unternehmen anzuwenden. Unser Fokus liegt dabei auf der frühen Phase des Innovationsprozesses – der Ideengenerierung und kooperativen Ideenvernetzung. Kernidee des Ansatzes ist es, das kreative und insbesondere disruptive Ideenpotential des Unternehmens sichtbar zu machen und so die Motivation zur Ideengenerierung und kooperativen Ideenvernetzung zu fördern. „Idea Mirrors“ – große Wandbildschirme – liefern dabei die Basis für *Gewahrsein* („awareness“) und *Wertschätzung* („appreciation“) als Treiber der Innovationsfähigkeit. Das Innovation Lab Germany, ein Gemeinschaftsprojekt von Forschern des Advanced Institute of Management Research (AIM) an der London Business School, des Center for Leading Innovation & Cooperation (CLIC) der HHL – Leipzig Graduate School of Management, der FH Ingolstadt, des Imperial College London sowie der TU Berlin und der

TU München sowie zwanzig Partnerunternehmen bildet die empirische-explorative Basis der Konzeptentwicklung.

## 1 Motivation

Die Unterstützung der Kommunikation in Communities gewinnt immer mehr Bedeutung in Unternehmen. Besonders hervorzuheben ist dabei der Bereich des Wissensmanagements, wo Community-Plattformen Mitgliedern in so genannten „Communities of Practice“ dabei helfen, effizient zu kommunizieren und Information auszutauschen oder Experten zu finden (siehe z.B. Wenger 1998). Dabei bleibt die Unterstützung aber meist auf relativ strukturierte oder Dokumenten-basierte Aufgabenbereiche beschränkt. Der Grad der IT-Unterstützung für die Bereiche Kreativität, Motivation und Kooperation als Basis von Innovation ist demgegenüber deutlich unterentwickelt und steht im Zentrum unserer Forschungsarbeiten. In diesem Beitrag diskutieren wir die Idee, Konzepte aus den Bereichen der Community-Unterstützung und ubiquitären Benutzungsschnittstellen auf die Förderung der Innovationsfähigkeit in Unternehmen anzuwenden. Besonderes Anliegen ist es dabei die Fähigkeit zur diskontinuierlichen Ideengenerierung und kooperativen Ideenvernetzung gezielt zu fördern. Der Fokus liegt dementsprechend auf der frühen Phase des Innovationsprozesses. Kernidee des Ansatzes ist es, von Kunden, Lieferanten, Partnern und Mitarbeitern eingebrachten „Out-of-the-box“-Ideen und Vorschlägen durch öffentliche Präsentation *Gewahrsein* („awareness“) und *Wertschätzung* („appreciation“) zukommen zu lassen - das kreative Potential des Unternehmens also sichtbar zu machen.

Abschnitt 2 des Beitrags liefert eine kurze Einführung in Community-Unterstützung und Community-Awareness. Abschnitt 3 stellt dann den Anwendungsbereich der Ideengenerierung und kooperativen Ideenvernetzung im organisatorischen Innovationsmanagement und die Rolle der Motivation im Rahmen dieser zentralen Phase des Innovationsmanagements dar. *Gewahrsein* und *Wertschätzung* werden dabei als wichtigste Faktoren zur besseren Unterstützung von Innovation identifiziert. Abschnitt 4 geht anschließend darauf ein, wie die Idee der Visualisierung von Information aus Community-Unterstützungssystemen im organisatorischen Kontext eingesetzt werden kann, um die Motivation zur Kommunikation und kooperativen Vernetzung von „Out-of-the-box“-Ideen zu stärken. In Abschnitt 5 stellen wir dann vor, wie eine auf öffentlichen Wandbildschirmen basierende Lösung für die Förderung der Ideengenerierung im Bereich

diskontinuierlicher Innovation konkret aussehen kann (der „Idea Mirror“). Abschnitt 6 liefert noch erste Schlussfolgerungen und gibt einen Ausblick auf den nächsten Schritt im Forschungsprozess.

## **2 Community-Unterstützung und Community Awareness**

### **2.1 Communities und Community-Unterstützung**

Eine Community ist eine Gruppierung von Personen, die ein gemeinsames Interesse haben, sich mit einer gemeinsamen Idee identifizieren oder ähnliche Aufgaben zu erledigen haben, d.h. Gemeinsamkeiten aufweisen, die sie von anderen abgrenzt und die Basis von Interaktion und Kollaboration sein kann (siehe z.B. Hillery 1955, Mynatt et al. 1997). Neuere Charakterisierungen heben besonders die Notwendigkeit von gegenseitiger Hilfe in der Community hervor, z.B. die Bereitschaft, Wissen auszutauschen (Ishida 1998, Wenger 1998). Dieser Diskussion entsprechend, wird eine Community nicht nur als Menge von Personen mit Gemeinsamkeiten, betrachtet, sondern als Menge von Personen, die bereit sind einander zu unterstützen, die sich zum Vorteil aller austauschen und zusammenarbeiten. Neben der konkreten Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedern sind die Hauptaktivitäten in Communities die Kommunikation und das Finden von Personen zum Kommunizieren. Community-Unterstützung kann deshalb auch als „Kommunikations- und Matchmaking-Unterstützung“ betrachtet werden. In der Funktionalität von Community-Unterstützungs-Werkzeugen finden sich folglich hauptsächlich folgende beiden Grundkonzepte (siehe hierzu auch Koch und Prinz 2005, Koch 2003 S31f):

- Bereitstellung eines Mediums für direkte Kommunikation und den indirekten Austausch von Information und Kommentaren zwischen den Community-Mitgliedern.
- Bereitstellung von Gewährsein über andere Community-Mitgliedern und Unterstützung bei dem Finden von Kommunikationspartnern (Medium zum Matchmaking).

Die Aufgabe, Kunden, Lieferanten, Partner und Mitarbeiter eines Unternehmens beim Austausch von Innovationsideen, -vorschlägen und -anregungen zu unterstützen, wird von uns daher konsequent als Community-Unterstützungs-Aufgabe betrachtet. Ideengeber und Ideenneh-

mer bzw. Ideenunterstützer tauschen in einer durch das Unternehmen definierten Community kooperativ Information aus.

## 2.2 Common Ground and Community Awareness

Ein wichtiger Aspekt in Community-Unterstützung ist die Unterstützung der informellen Kommunikation zwischen den Mitgliedern als Basis zum Aufbau eines gemeinsamen Kontexts („common ground“) der notwendig ist für erfolgreiche Kommunikation und Beziehungen. Clark definiert Common Ground“ in seinem Buch „Using Language“ (Clark 1996) als *„information that two parties share and are aware that they share“*. Clark zufolge ist

*“Everything we do is rooted in information we have about our surroundings, activities, perceptions, emotions, plans, interests. Everything we do jointly with others is also rooted in this information, but only in that part we think they share with us.”* (Clark 1996).

Mit dem Konzept des gemeinsamen Kontexts („common ground“) ist eng verwandt das Konzept des Gewährseins („awareness“), das bereits intensiv im Bereich der Team-Unterstützung erforscht worden ist. Dourish und Belotti definieren Awareness als *“an understanding of the activities of others, which provides a context for your own activities”* (Dourish and Belotti 1992). Zu Awareness kann dabei sehr unterschiedliche Information beitragen, von Information über die Erreichbarkeit von Kollegen bis zu Hinweisen auf Personen oder Informationen, die für die eigene Arbeit oder Freizeitaktivitäten hilfreich sein können. Schlichter et al. betrachten die Bereitstellung von Awareness als die größte Gemeinsamkeit in verschiedenen Arten der Zusammenarbeitsunterstützung (Schlichter et al. 1998). Während sich Groupware häufig auf so genannte Workspace-Awareness konzentriert, liegt der Fokus bei Community-Unterstützung auf Awareness über Personen und ihre Beziehungen untereinander bzw. zu Inhalten. Grund dafür ist das Fehlen eines gemeinsamen Arbeitsbereichs in der Community und der Umstand, dass sich Community-Mitglieder nicht zwangsweise untereinander kennen.

Die theoretischen und empirischen Erkenntnisse zu gemeinsamem Kontext und Awareness (siehe z.B. Dourish und Belotti 1992, Gutwin et al. 1996) regen an, dass die Bereitstellung einer detaillierten und zusammengefassten Sicht auf eine Community (die Mitglieder, die verfügbare Expertise und die von den Mitgliedern erzeugte Information) den Community-Mitgliedern bei ihren Aktivitäten helfen kann. Der Wert des Gewährseins liegt dabei vor allem in der Senkung

von Koordinationskosten (durch Ermöglichung impliziter Koordination), im Finden von Kommunikationspartnern und Information sowie insbesondere in der Unterstützung von intrinsischer Motivation durch die Ermöglichung des Aufbaus und der Wahrnehmung einer Wertschätzung. Denn die Motivation verschiedener Personen, etwas zu einer Community beizutragen, hängt häufig gerade von der Möglichkeit ab, dass sie oder ihr Beitrag wahrgenommen werden und dies, auch transparent wird. Wie wir später noch weiter ausführen, kann diese Idee der Unterstützung von Gewahrsein und Wertschätzung durch Idea Mirrors das Innovationsmanagement in Unternehmen, insbesondere in der frühen Phase der Generierung und Vernetzung von Ideen mit Potential zur Diskontinuität, maßgeblich unterstützen.

### 3 Innovationsfähigkeit von Unternehmen

Die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens hängt ab von der Kreativität, Motivation und Bereitschaft ihrer Kunden, Lieferanten, Mitarbeiter und Partner, Ideen zur Verbesserung von Produkten, Prozessen und Strukturen zu generieren, beizutragen und zu vernetzen (Tidd, Bessant, Pavitt 2005). Das Innovationsmanagement eines Unternehmens zielt auf die Verbesserung des Prozesses der Umsetzung von Ideen in vermarktbar Produkte und Dienste oder Prozessverbesserungen (siehe Goffin und Pfeiffer 1999; Oke und Goffin 2001).

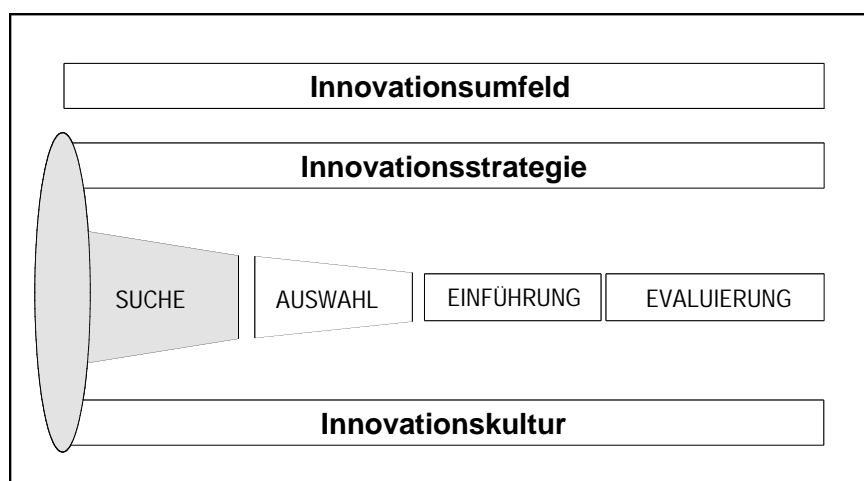


Abbildung 1: Der Innovationsprozess im Unternehmen

In vielen Organisationen steht ein breites Spektrum von Instrumenten, Mechanismen und Systemen zur Verfügung um diesen fundamentalen Prozess zu unterstützen. Klassisch ist der Blick

dabei stark nach innen gerichtet: Hauptlieferant im Bereich der Ideenproduktion sind die Mitarbeiter des Unternehmens, insbesondere im Bereich der Forschung und Entwicklung. Darüber hinaus liegt der Fokus auf inkrementellen Innovationsschritten - der so genannten kontinuierlichen Innovation. Um dem Innovationsprozess jedoch auch verstärkt „Out-of-the-box“-Ideen und Vorschläge von außen zuzuführen und insbesondere die Fähigkeit zu größeren Innovationssprüngen – der so genannten diskontinuierlicher Innovation - zu fördern, ist es ein wichtiges Ziel, die Ideen eines möglichst breiten und diversen Kreises von Mitarbeitern, Kunden, Lieferanten oder Partnern in die Innovationspipeline des Unternehmens einzuspeisen (Oke und Goffin 2001; Munshi et al. 2005). Man spricht in diesem Zusammenhang von der Öffnung der frühen Phasen der Innovationspipeline im Unternehmen (siehe Abbildung 1).

### **3.1 Explorative Erkenntnisse zur Innovationsfähigkeit**

Um der Fähigkeit zur Generierung und dem Management diskontinuierlicher Innovation in Unternehmen besser auf die Spur zu kommen, haben sich zu Beginn des Jahres 2006 Innovationsforscher aus Universitäten und Innovationsmanager aus Industrie- und Dienstleistungsunternehmen in Dänemark, Deutschland und UK zusammengefunden und jeweils ein nationales Innovation Lab ins Leben gerufen. Im Innovation Lab Germany sind Vertreter der folgenden Unternehmen beteiligt: Allianz, Arvato mobile, BMW Group, Bühler Motor, Deutsche Bank, E.ON Energie, EOS, Flughafen München, Henkel, ITQ, Microsoft, O2, SAP, Schreiner Group, Segma, Siemens, SZ, Vaillant Group, Voith, Webasto. Das Spektrum der Unternehmen im Untersuchungspanel ist bewusst über unterschiedliche Unternehmensgrößen, Branchen und Innovationskontexte gestreut. In regelmäßigen Workshops und Arbeitstreffen sowie durch die Erhebung unternehmensspezifischer Fallstudien werden im Rahmen der Innovation Labs die aktuellen Gegebenheiten des Innovationsmanagements erhoben, geplante und in Umsetzung befindliche Ansätze des Innovationsmanagements exploriert und neue Instrumente und Maßnahmen des Innovationsmanagements interaktiv entwickelt (vgl. Möslein und Neyer 2006).

Die aktuelle Bestandsaufnahme nach einem Jahr der Exploration macht deutlich, dass die Qualität des Innovationsergebnisse zwar stark von der Kreativität und der Qualität der in die Innovationspipeline eingespeisten Ideen abhängt, dass sich andererseits aber viele Unterstützungskonzepte noch immer primär auf die späten Phasen im Prozess, die Auswahl von Ideen, ihre Implementierung sowie deren Evaluierung fokussieren. Die frühe Phase der Suche, Kreativität



und Ideengenerierung wird heute meist nur wenig unterstützt, insbesondere durch Systeme des innerbetrieblichen Vorschlagswesens. Die Hauptherausforderung ist dabei, dass der Ideengeber meist vom Prozess der Ideenauswahl, -implementierung und -evaluierung isoliert wird. Oft erhalten Mitarbeiter, die Vorschläge liefern, kein Feedback zur Nutzung ihrer Ideen und verlieren so über die Zeit die Motivation dem System Input zur Verfügung zu stellen. Software-Hersteller wie Imaginatik ([www.imaginatik.com](http://www.imaginatik.com)) haben Prozesse und Werkzeuge zum Ideenmanagement entwickelt. Das Produkt „Idea Central“ von Imaginatik unterstützt zum Beispiel das Sammeln von Ideen von Mitarbeiter und stellt Funktionalität für den gesamten Innovationsprozess zur Verfügung. Nicht adressiert wird aber die Frage, wie man die notwendige Awareness über generierte Ideen und deren Nutzung schafft.

Viele formale Lösungen zu diesem Problem sind bereits diskutiert und implementiert worden. Institutionalisierte Ideenjäger, Gatekeeper oder Beobachter, hypothesengetriebene Suchstrategien und bewusste Diversitätsstrategien sind zentrale, aber bislang wenig verbreitete Ansätze bei der Suche nach diskontinuierlichen Ideen (Bessant und Francis, 2004; Philipps et al. 2004; Tidd, Bessant und Pavitt 2005; Bessant 2006). Robinson und Stern führen dazu beispielsweise aus:

*“Much creativity is the result of informal poking around, experimenting and exploiting the unexpected. In the race for the reward, not only is creativity sacrificed, but opportunities for what cognitive psychologists call ‘incidental learning’, the important knowledge and insight gained from such exploration, are greatly reduced. We do not mean to suggest that those involved in creative acts should receive no rewards whatsoever. It is of course important for people to be recognized and treated fairly”* (Robinson und Stern 1997, p. 55).

### **3.2 Motivatorische Grundlagen der Innovationsfähigkeit**

Die Motivationsforschung ist sich der zugrunde liegenden psychologischen und sozialen Prozesse wohl bewusst: Sie unterscheidet (1) intrinsische, (2) extrinsische und (3) soziale Formen menschlicher Motivation, basierend darauf ob die Motivation zurückgeht auf (1) die Aufgabe selbst, (2) externe monetäre und nicht-monetäre Belohnung, oder (3) den sozialen Kontext der persönlichen Netzwerke und sozialen Beziehungen (Deci 1971, 1975; Deci und Ryan 1985; Frey und Oberholzer-Gee 1997; Amabile 1993). Ergebnisse der Motivationsforschung erklären wie extrinsische Motivation und speziell monetäre Belohnungen die intrinsische Motivation

durch das Hervorrufen eines rein Belohnungs-orientierten Verhaltens zerstören kann (der so genannte “crowding-out effect”: siehe Deci, 1971; Amabile 1987; Robinson und Stern 1997; Frey und Jegen 2000) und argumentiert, dass ein Mangel an sozialem Kontext und persönlicher Wertschätzung ein Hauptgrund für geringe Motivation und persönliches Engagement ist (Osterloh und Frost 2000; Gottschalg 2004). Häufig liegt der Fokus auf der extrinsischen Motivation. Die Gefahr der Zerstörung intrinsischer Motivation liegt auf der Hand. Und auch wenn es gelingt, den “crowding-out effect” zu adressieren, wird dennoch meist der „soziale Leim“, der persönliche Motivation in Unternehmenskontexten unterstützt, ignoriert.

In diesem Beitrag konzentrieren wir uns darauf, wie intrinsische und soziale Motivation in Innovationsprozessen durch öffentliche Präsentation und Feedback unterstützt werden können. Wir untersuchen wie Community Mirrors das Gewahrsein und die Wertschätzung von Beiträgen steigern können.

#### **4 Community Mirrors**

Im vorhergehenden Abschnitt haben wir die Bedeutung von Gewahrsein und Wertschätzung bei der Suche nach Ideen für diskontinuierliche Innovation hervorgehoben. Dies führt uns Kern unseres Projektvorhabens: der Unterstützung von Gewahrsein und Wertschätzung zu bereitgestellten Ideen und den Bereitstellern, um die Motivation zur Ideengenerierung zu erhöhen und Ideen kommunikativ zu vernetzen. Im Zentrum unseres Lösungsansatzes steht die Visualisierung des kreativen Potentials in Form von individuellen Ideen, insbesondere auch an Orten der Entscheidungsfindung. Wir schlagen vor, Ideen mittels ubiquitärer Benutzungsschnittstellen in den Aufmerksamkeitsbereich von Entscheidungsträgern zu bringen. Unter ubiquitären Benutzungsschnittstellen verstehen wir dabei Möglichkeiten zur Interaktion mit IT-Systemen, die in die (Arbeits-)Umgebung von Menschen integriert sind. Durch die einfache Verfügbarkeit in allen (Arbeits-)Kontexten entsteht so eine „Allgegenwärtigkeit“ der Benutzungsschnittstellen und damit der damit zugreifbaren IT-Systeme und der in ihnen bereitgestellten Information. Konkret könnte dies so aussehen, dass Kunstwerke, die üblicherweise die Wände in Konzernzentralen schmücken, durch dynamische Awareness-Displays ersetzt oder ergänzt werden. Die Visualisierung von Ideen in einer ansprechenden Form mittels halb-öffentlichen großen Wandbildschirmen ermöglicht zugleich Gewahrsein und Wertschätzung für das kreative Potential des Unternehmens.

#### **4.1 Große Wandbildschirme zur Realisierung von Community Mirrors**

Die Verfügbarkeit des Zugriffs auf Community-Unterstützungs-Anwendungen ist eines der wichtigsten Erfolgskriterien für solche Systeme. Ubiquitous Computing und Mobile Computing, d.h. neue Benutzungsschnittstellen, die in die reale Welt integriert sind, können die bisherigen Grenzen von Community-Unterstützung aufbrechen und neue Möglichkeiten für die Vergrößerung der Reichweite von Community-Unterstützungs-Anwendungen eröffnen. Dieser Ansatz kann besonders im Bereich Awareness-Unterstützung von Nutzen sein, d.h. bei der Visualisierung von Aktivitäten aus der Community, von Beziehungen und Interaktionen zwischen den Community-Mitgliedern, an Orten und in Situationen, an denen die Community-Mitglieder für solche Information empfänglich sind. Grund dafür ist, dass Awareness-Information meist nicht absichtlich nachgefragt wird, aber eine besondere Wirkung bei peripherer Wahrnehmung und Konsumierung entfaltet. Solche Awareness-Anwendungen für Communities („*Community Mirrors*“) stellen Information über die Community und die Aktivitäten ihrer Mitglieder zur Unterstützung von Interaktion und Matchmaking in der Community zur Verfügung. Community Mirrors können mit großen (interaktiven) Wandbildschirmen, die an halb-öffentlichen Orten aufgestellt werden, an denen die potentiellen Konsumenten der Information arbeiten oder sich sonst aufhalten, realisiert werden.

#### **4.2 Community Mirror Prototypen und verwandte Arbeiten**

Öffentliche gemeinsame Wandbildschirme sind kein völlig neues Konzept für Benutzungsschnittstellen. Erste Arbeiten in diesem Bereich können bei Myron Krueger in den 1970ern gefunden werden (Krueger 1991). Aktuelle Arbeiten konzentrieren sich häufig auf die Unterstützung von Teams (z.B. DynaWall, Geissler 1998). Daneben gibt es aber auch Ansätze, die Wandbildschirme zur Unterstützung des Informationsflusses in Communities vorschlagen, z.B. die Plasma Poster am Fuji Xerox Palo Alto Laboratory (Churchill et al. 2003, 2004) oder die CWall am Xerox Research Lab Europe (Snowdon und Grasso 2002) sowie weitere Anwendungen interaktiver Wandbildschirme im Medien- und Werbeumfeld (Scanlon 2003). Das Hauptproblem bei fast allen existierenden Wandbildschirm-Anwendungen für Community-Unterstützung ist dabei, dass sie meist geschlossene Systeme darstellen, also nicht mit anderen (Community-Unterstützungs-)Anwendungen interagieren. Dadurch ist es meist sehr schwierig, geeignete Daten zur Anzeige zu bekommen. In unserer Gruppe haben wir deshalb Community Mirrors entwickelt, die sich speziell um die Integration mit anderen Anwendungen kümmern.

Erste Prototypen sind der *Library Mirror*, der *Meeting Mirror* und der *Announcement Mirror* (Koch 2004, 2005). Die Erfahrung bei der Entwicklung und dem Einsatz dieser Prototypen hat uns motiviert, das Konzept des „Idea Mirror“ als Anwendung zur Unterstützung der Ideengenerierung zu entwickeln.

## 5 Der „Idea Mirror“

Ergebnis der Diskussion in den vorhergehenden Abschnitten ist das Konzept eines „Idea Mirrors“, eines Community Mirrors mit großen Wandbildschirmen, die den Innovationsprozess in Unternehmen durch Steigerung der Gewährsein und Wertschätzung für diverse Ideen von Mitarbeitern, Kunden, Lieferanten und Partnern im Bereich der Suche nach diskontinuierlicher Innovation unterstützen. Die Motivation für Ideengeber wird dabei hauptsächlich durch die breite Visualisierung und Kommunikation als notwendige Voraussetzung der Wahrnehmung und Nutzung sichergestellt. In diesem Abschnitt beschreiben wir das Grobdesign dieser Anwendung. Das Design stützt sich dabei auf die Charakteristika der Anwendungsdomäne und den Erfahrungen, die wir mit anderen Community Mirror Prototypen gemacht haben (siehe auch Koch und Möslein 2006).

Als erstes ist zu bemerken, dass der Idea Mirror auf die frühe Phase der Innovationssuche im Innovationsprozess und hierbei insbesondere auf die Ideengenerierung im Bereich der diskontinuierlichen Innovation fokussiert. Im Sinne der Integration nehmen wir an, dass es Desktop- oder Web-basierte Anwendungen zur Eingabe von Ideen und zur Begutachtung und Zugriff auf detaillierte Informationen gibt (siehe auch Abbildung 3). Dies können kommerzielle Anwendungen mit integrierter Workflow-Unterstützung wie Idea Central von Imaginatik oder einfache Web-basierte Datenbanklösungen sein. Der Idea Mirror nutzt die Information aus diesen Systemen, um

- Gewährsein („*awareness*“) zu den eingegebenen Ideen (und allgemein dem kreativem Potential des Unternehmens) zur Verfügung zu stellen und einfachen Zugriff auf Kurzbeschreibungen der Ideen zu bieten und

- Wertschätzung („*appreciation*“) für die Ideengeber sicherzustellen (durch die öffentliche bzw. halb-öffentliche Anzeige) und ggf. einfache Möglichkeiten zu Kontaktaufnahme oder Weiterverfolgung von Ideen zu bieten.

Wie in Abschnitt 2.1 schon angesprochen gehen wir dabei davon aus, dass Ideengeber und Ideennehmer bzw. Ideenunterstützer in einer durch das Unternehmen und die gemeinsamen Interessen definierten Community kooperativ zusammenarbeiten.

Von den Prototypen anderer Community Mirror Anwendungen haben wir gelernt, dass für das Funktionieren der Anwendung wichtig ist, dass die Anzeige Aufmerksamkeit auf sich lenkt und ansprechend gestaltet ist. Der Prototyp des Idea Mirrors löst dies mit folgenden Maßnahmen, die teilweise in Interaktion mit Künstlern und Designern entwickelt worden sind:

- Ideen werden nur mit einem Portraitbild des Ideengebers und einem griffigem Kurztitel (Slogan) als Karteikarten dargestellt.
- Der Titel (Slogan) ist in einer großen Schriftgröße ausgeführt – was nur Platz für vier bis fünf Ideen zur selben Zeit lässt, dafür aber periphere Wahrnehmung erlaubt.
- Die Darstellung ist animiert – Ideen erscheinen am Bildschirmrand, verweilen einige Zeit auf dem Schirm und verschwinden dann wieder.
- Die Hintergrundfarbe der Darstellung ändert sich laufend (nahtloser Übergang zwischen verschiedenen Farben).

Abbildung 2 zeigt die links den Prototypen des in Abschnitt 4.2 angesprochenen Meeting Mirrors im Einsatz und rechts einen Entwurf dafür, wie die Darstellung des Idea Mirrors aussehen könnte.

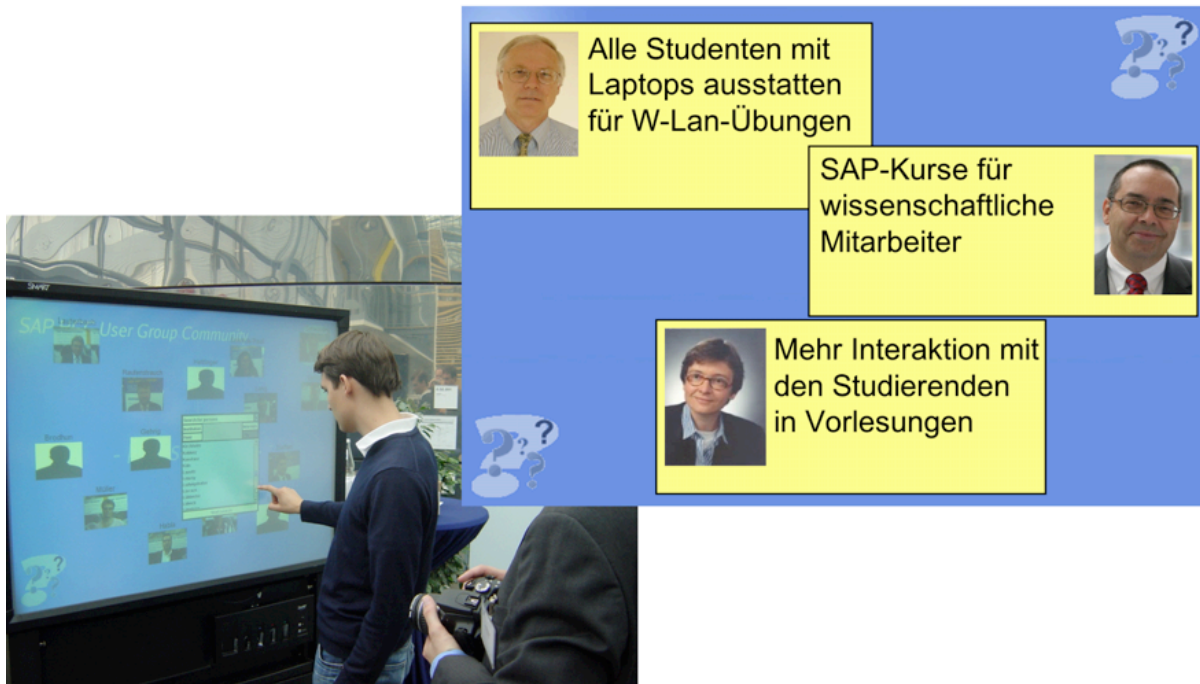


Abbildung 2: Meeting Mirror im Einsatz und mögliche Darstellung im Idea Mirror

Die Interaktion mit dem Idea Mirror sollte dabei so einfach wie möglich sein: Durch Berührung der Karteikarte zu einer Idee wird die Karte erweitert und mehr Information zur Idee angezeigt – z.B. ein Abstract, Meta-Information zur Klassifizierung der Idee und weitere Kontaktinformation. Zusätzlich können Benutzer ein Menü aufrufen, um Ideen nach den zugeordneten Meta-Informationen abzufragen. Dieses Menü wird angezeigt, wenn ein spezieller Bereich des Bildschirms mit einem großen Fragezeichen berührt wird. Das Menü zeigt die verschiedenen nutzbaren Meta-Informationen (z.B. Kategorien) und alle möglichen Werte, so dass die Auswahl durch einfaches Anklicken (Berühren) durchgeführt werden kann.

Um das Ziel zu erreichen, die Entscheidungsträger auf das kreative Potential des Unternehmens aufmerksam zu machen und um die notwendige Anerkennung für die Ideengeber zu realisieren, schlagen wir vor, die Idea Mirrors an halb-öffentlichen Orten zu installieren, wo sich Entscheidungsträger regelmäßig aufhalten (z.B. Gänge, Eingangsbereiche, Pausenräume). Aufbauend auf unseren Erfahrungen mit anderen Community Mirror Anwendungen nehmen wir an, dass die Anwendung hauptsächlich so genutzt wird, dass peripher einige Schlüsselworte wahrgenommen werden und dann bewusst weitere Information nachgefragt wird (entweder am Idea Mirror oder über andere Wege). Durch Anbringung der Bildschirme in halb-öffentlichen Berei-

chen wo man häufig auf Gruppen von Personen trifft, ermöglichen wir weiterhin die sofortige Diskussion von Ideen in den Gruppen (wir haben solches Verhalten bei unseren anderen Community Mirror Prototypen beobachtet). Die Installation sollte als interaktive Kunst betrachtet werden – weshalb wir auch Designer und Künstler in den Entstehungsprozess mit einbezogen haben. Ein positiver Seiteneffekt davon ist, dass für die notwendigen Investitionen alternative Budgets in Unternehmen offen stehen.

Wie schon angesprochen stellt der Idea Mirror technisch nur eine zusätzliche Möglichkeit zur Anzeige der Informationen aus einem (Web-basierten) Ideen-Management System dar (siehe Abbildung 3). Das bedeutet, dass die schon etablierten Möglichkeiten zur Eingabe von Ideen und zum Koordinieren des Innovationsprozesses genutzt werden können. Die eventuell schon vorhandenen Systeme müssen nur um eine Web Service Schnittstelle für die Idea Mirror Anwendung ergänzt werden.

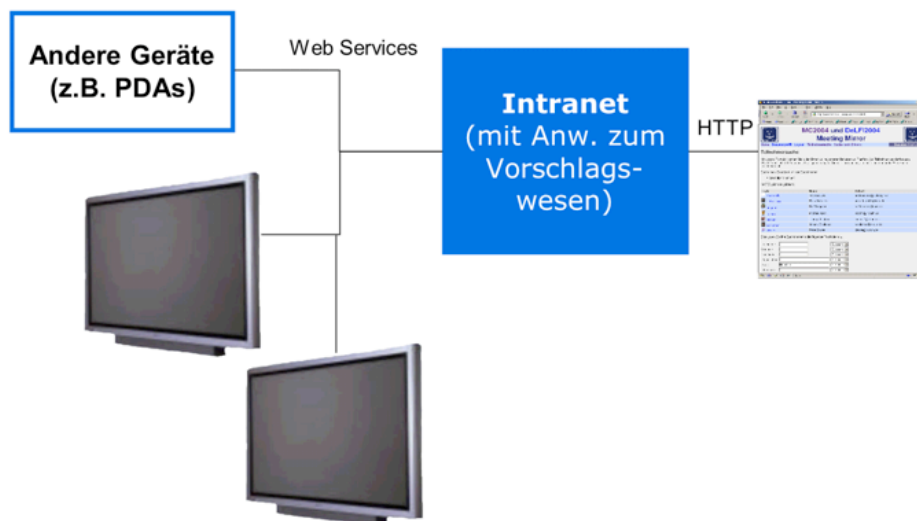


Abbildung 3: Idea Mirror als zusätzliches Fenster zum Intranet

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag haben wir die Idee untersucht, Community-Unterstützungs-Konzepte und große Wandbildschirme zur Unterstützung von Motivation der Ideengeber einzusetzen. Unser spezieller Fokus war dabei auf die frühe Phase der Ideensuche im Innovationsprozess gerichtet und hat sich dabei insbesondere auf die Unterstützung der Generierung von diversen Ideen für

diskontinuierliche Innovation fokussiert. Die spezifischen Erfahrungen, Anforderungen und Herausforderungen dieser Phase der Ideensuche konnten wir mit den zwanzig Partnerunternehmen des Innovation Lab Germany als empirisch-explorativer Basis der Konzeptentwicklung diskutieren und mit den beteiligten nationalen und internationalen Wissenschaftlern im Kontext jüngster Erkenntnisse der Innovationsforschung spiegeln. Dabei zeigte sich, welche zentrale Rolle Gewahrsein („awareness“) und Wertschätzung („appreciation“) für die Förderung und Motivation des kreativen Potentials eines Unternehmens spielen. Hierauf zielt die Anzeige der über eine (Web-basierte) Innovationsplattform zur Verfügung stehenden Ideen auf großen Wandbildschirmen in halb-öffentlichen Bereichen.

Die Herausforderungen bei der Einführung neuer Benutzungsschnittstellen in betrieblichen Informationssystemen liegen sowohl in der Integration der Technik (Verknüpfung der neuen Benutzungsschnittstellen mit den Web-basierten Informationssystemen) als auch in der soziopolitischen Akzeptanz und dem resultierenden Verhalten. Letzteres steht im Zentrum weiterführender Forschungsarbeiten zur Umsetzung und Implementierung der Idea Mirror-Konzeption im Unternehmen. Unsere bisherigen Erfahrungen mit Community Mirrors in anderen Anwendungskontexten haben uns bereits gezeigt, dass die Bereitstellung eines „Fensters“ im natürlichen Umfeld potentieller Nutzer (als „Kunst“ an den Wänden halb-öffentlicher Räume) die Reichweite eines solchen Community-Unterstützungs-Systems entscheidend erweitern kann. Dies motiviert die weiterführende Forschung im beschriebenen Anwendungsfeld.

Auch im Kontext soziopolitischer Akzeptanz zu sehen ist die berechtigte Frage nach der Einhaltung von Vertraulichkeit bei der Kommunikation von Ideen. Wir sind in unserer Motivation immer davon ausgegangen, dass es vorteilhaft ist, Ideen innerhalb des Unternehmens möglichst frei zugänglich zu machen. In einigen Anwendungsszenarien lässt sich diese Forderung aber voraussichtlich nicht durchsetzen. Hier ergeben sich also Einschränkungen für den Einsatzbereich von Idea Mirrors.



## Literatur

- Amabile, T.M. (1987): The Motivation to be Creative. In: Isaksen, S.G. (Ed.): *Frontiers of Creativity Research*, Bearly Press: Buffalo NY 1987, S. 229-230.
- Amabile, T.M. (1993): Motivational Synergy: Toward New Conceptualizations of Intrinsic and Extrinsic Motivation in the Workplace. *Human Resource Management Review*, 3(3): S. 185ff.
- Bessant, J. und Francis, D. (2004): *Developing Parallel Routines for Radical Product Innovation*, AIM Working Paper No. 10, Advanced Institute of Management Research, London.
- Bessant, J. (2006): *Dealing with Discontinuous Innovation*, Unpublished Working Paper, HHL – Leipzig Graduate School of Management, Center for Leading Innovation & Cooperation (CLIC), Leipzig.
- Churchill, E.; Nelson, L. und Denoue, L. (2003): *Multimedia Flyers – Informal Information Sharing with Digital Community Bulletin Boards*. In: *Proc. Communities and Technologies*, Amsterdam, Kluwer Publishers.
- Churchill, E.; Girgensohn, A.; Nelson, L. und Lee, A. (2004): *Blending Digital and Physical Spaces for Ubiquitous Community Participation*. *Communication of the ACM*, Feb. 2004, 47 (2), S. 39-44.
- Clark, H. H. (1996): *Using Language*, Cambridge University Press.
- Deci, E.L. (1971): Effects of Externally Mediated Rewards on Intrinsic Motivation, in: *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 18, 1971, S. 114ff.
- Deci, E.L. (1975): *Intrinsic motivation*. New York and London: Plenum Press.
- Deci, E.L. und Ryan, R.M. (1985): *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.

- Dourish, P. und Belotti, V. (1992): Awareness and Coordination in Shared Workspaces. In: Proc. of the Conf. on Computer-Supported Cooperative Work, S. 107-114.
- Frey, B.S. und Jegen, R. (2000): Motivation Crowding Theory: A Survey of Empirical Evidence. CESifo Working Paper Series CESifo Working Paper No. 26.
- Frey, B.S. und Oberholzer-Gee, F. (1997): The cost of price incentives: An empirical analysis of Motivation Crowding-Out. *American Economic Review*, 87(4): S. 746ff.
- Geissler, J. (1998): Shiffle, throw or take it! Working efficiently with an interactive wall. In: Proc. CHI'98, Los Angeles, LA.
- Goffin, K. und Pfeiffer, R. (1999). *Innovation Management in UK and German Manufacturing Companies*, London: Anglo-German Foundation.
- Gottschalg, O. (2004): Towards a Motivation-Based Theory of the Firm: Integrating Governance and Competence-Based Approaches. INSEAD Working Paper.
- Gutwin, C., Greenberg, S. und Roseman, M. (1996): Workspace Awareness in Real-Time Distributed Groupware: Framework, Widgets, and Evaluation. In: Proc. Conf. on Human-Computer Interaction: People and Computers (HCI), Springer, S. 281-298.
- Hillery, G. A. (1955): Definitions of Community: Areas of Agreement, *Rural Sociology*, 20, S. 111 – 123.
- Ishida, T. (1998): *Community Computing*. John Wiley and Sons.
- Koch, M. und Möslein, K. (2006): Community Mirrors for Supporting Corporate Innovation and Motivation. Proc. Europ. Conf. on Information Systems (ECIS), Göteborg, Sweden, Jun. 2006.
- Koch, M. und Prinz, W. (2005): Communities und Community-Unterstützung. *i-com Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien*, 4(2), 2005, S. 4-7.
- Koch, M. (2005): Supporting Community Awareness with Public Shared Displays. Proc. Bled Intl. Conf. on Electronic Commerce, Bled, Slowenien, Jun. 2005.

- Koch, M. (2004): Building Community Mirrors with Public Shared Displays. Proc. eChallenges e-2004 Conference, Vienna, Austria, Okt. 2004.
- Koch, M. (2003): Community-Unterstützungssysteme – Architektur und Interoperabilität, Habilitationsschrift, Fakultät für Informatik, Technische Universität München, Feb. 2003
- Krueger, M. W. (1991): Artificial Reality III, Addison-Wesley.
- Möslein, K. und Neyer, A.-K. (2006): Leading Innovation: The role of leadership systems for the leadership of boundary spanning innovation, 26th Annual International Conference "Strategy and Governance in a World of Institutional Change", Strategic Management Society (SMS), Wien, 29. Oktober - 1. November 2006.
- Munshi, N.; Oke, A.; Puranam, P.; Stafylarakis, M.; Towells, S.; Möslein, K.; Neely, A. (2005): Leadership for Innovation. Summary Report from an AIM Management Research Forum in cooperation with the Chartered Management Institute, AIM Research, London, Feb. 2005.
- Mynatt, E. D.; Adler, A.; Ito, M.; Oday, V. L. (1997): Design for Network Communities. In: Proc. ACM SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems.
- Oke, A. und Goffin, K. (2001): Innovation Management in the Service Sector. Management Focus, Cranfield School of Management, UK, Summer Issue.
- Osterloh, M. und Frost, J. (2000): Motivation in a Knowledge-Based Theory of the Firm, Working Paper, Universität Zürich.
- Phillips, W.; Noke, H.; Bessant, J. und Lamming, R. (2004): Beyond The Steady State: Managing Discontinuous Product and Process Innovation, AIM Working Paper No. 10, Advanced Institute of Management Research, London.
- Robinson, S. und Stern, B (1997): Corporate Creativity: How Innovation and Improvement Actually Happen. Koehler Publishers.
- Scanlon, J. (2003): If walls could talk, streets might join in. New York Times, 18.9.2003.

- Schlichter, J.; Koch, M. und Xu, C. (1998): Awareness - The Common Link Between Groupware and Community Support Systems. Community Computing and Support Systems (Toru Ishida eds.), Springer Verlag, S. 77-93, Jun. 1998.
- Snowdon, D. und Grasso, A. (2002): Diffusing information in organizational settings: learning from experience. Proc. ACM CHI'02 Conf. on Human Factors in Computing Systems, S. 331-338.
- Tidd, J.; Bessant, J. und Pavitt, K. (2005): Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change, 3rd ed., Wiley & Sons: Chichester, UK.
- Wenger, E. (1998): Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity. Cambridge University Press.

# Conceiving an environment for managing the lifecycle of collaborative business processes

Dirk Werth, Philipp Walter, Peter Loos

Institut für Wirtschaftsinformatik  
im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz  
66123 Saarbrücken  
{dirk.werth,philipp.walter,peter.loos}@iwi.dfki.de

## Abstract

Business process lifecycle management is established for the continuous improvement of business processes within a single enterprise. However, the concept could also be applied to enhance collaborative business processes spanning over multiple enterprises. In contrast to the intra-organizational case, lifecycle management of cross-organizational collaborative processes imposes several organizational and technological challenges that results from the multiple-independent-actors-environment of collaborations. This paper focuses on these challenges and presents a conceptual solution for the different phases of this lifecycle. This concept has already been integrated into a prototypical software environment, that supports networked enterprises in the lifecycle management of collaborative business processes and that is presented in this paper.

## 1 Introduction

Classical industrial enterprises incorporated a high amount of the value generation within themselves. Due to the increasing complexity in management and manufacturing, enterprises nowadays tend to transform into smaller value units which are strongly specialized in their core competence [PrHa90]. Thus the added value is successively generated in networked structures [ÖsFl00], i.e. the companies intensively interact along the added value chain in order to produce the intended output conjointly. This intensification of exchanges leads to strong collaborative relationships (also called collaborative business, cf. [RöSc01]). So the ground is prepared for enterprise networks and virtual organizations [DaMa92]. Such collaborations are mainly driven

by the intention to generate added value, which is achieved through synchronized execution of associated business tasks. This activity sequence constitutes a collaborative business process.

Collaborative business processes [Wert06] are a special kind of conventional (intra-organizational) business processes. Like the conventional ones, they consist of a sequence of business activities. However, they possess special properties that strongly differ from the regular case. First, they are spanning over multiple organizations, because generation of added value is performed through cross-organizational division of labour. Second, each of the individual business activities that compose the process clearly belongs to a unique organization. Thus the collaborative business process can be partitioned into several parts, each of which contains one or more activities distinctly associated with an organization that fully controls this part in the sense that it independently executes, administrates and manages it. In this way those parts of cross-organizational business processes can be characterized as autonomous fragments.

Therefore collaborative business processes strongly differ from intra-organizational ones. Consequently concepts and solutions that are developed for the intra-organizational case are in most cases not suitable for cross-organizational purposes. This article investigates the aptitude of the business process lifecycle concept for such collaborative environments. After showing the gaps within the 'classic' lifecycle concept, we propose a platform which is apt to support the lifecycle for cross-organizational business processes. In the following sections the conceptual and technical basics of this platform are presented. In contrast to other approaches, e.g. [GrAb01], we do not focus bilateral processing of business processes only, but complete end-to-end processes. Therefore we will step through the three phases of the cross-organizational Business Process Lifecycle and show the concepts we developed for every phase. Afterwards we will show how the concept is realized so far and finish with a short outlook

## **2 The Business Process Lifecycle in Collaborations**

For a continuous and successful business strategy it is insufficient to cover the design of business processes only, since the design solely results in static models of the considered processes which do not allow for process changes. However, execution of these static models usually yields improvement potential over time, e.g., because the execution context changed or certain execution aspects were not reflected in the model. To realize and quantify these improvement

potentials, it is necessary to measure execution of the models, i.e., perform controlling of them, which allows for identifying weaknesses and changing the models accordingly.

These three steps are integrated in the Business Process Lifecycle shown in Figure 1: business process design, business process implementation and business process controlling [ScJos02]. The basic lifecycle concept can be found in the House of Business Engineering [ScNü95;Sche96]. Business process design refers to modelling of existing as-is or intended to-be processes. This can be accomplished using modelling languages (e.g., EPC [KeNü92], BPML [Arki02]) and the respective modelling tools. Business process implementation summarizes all operative steps that are necessary to execute a process which was modelled before, including IT systems for execution as well as human interaction. Among the technical means for process execution are for example ERP systems and workflow engines. Research effort is currently put into the exploration of mechanisms to minimize the need for human interaction in business process implementation. Business process controlling denotes all actions that aim towards measurement and examination of running and finished processes with the goal of discovering optimization potentials. Once found, such a potential can be realized by changing the process model in the modelling phase of the next cycle pass.

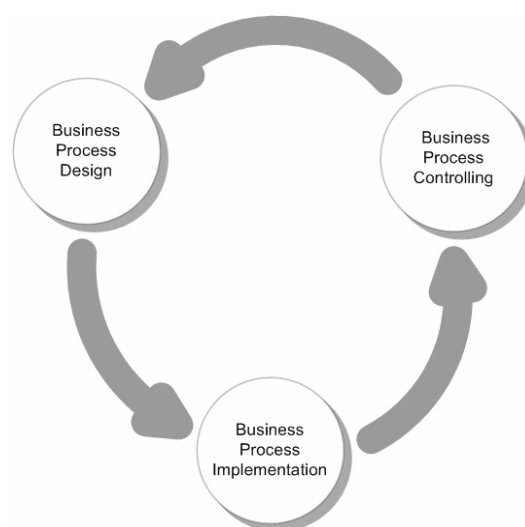


Fig. 1: Business Process Lifecycle

This lifecycle is conceived for a single organization. In the design phase, each process model is changed by a single modeller at a time. During execution, the process is handled by a single execution system within a single organization. Consequentially all controlling information can be gathered “indoor”, i.e., within the organization. However, in environments with multiple organizations acting cooperatively, collaborative processes cannot be regarded as monolithic

anymore, since the different parts of them are designed, executed and controlled by different organizations [LuBu99]. Consequently the lifecycle gets very complex and difficult to handle:

The *design* (respectively *modelling*) task comprises multiple autonomous modellers that act independently and follow different goals. This results in self-contained parts of the collaborative business process. Therefore the process design can rather be characterized as an assembly task of autonomous process parts.

The *execution* is distributed over different enterprises. Consequently there is no central processing engine. Instead each autonomous process part has its own independent processing engine, so classic workflow concepts and technologies have to be extended to match the new cross-organizational requirements [Schu02].

*Controlling* means monitoring of running and finished processes and comparing them with set values. However, monitoring in the sense of determining unique process states is impossible for collaborative workflows, because their state is hidden in the autonomous workflow engines. They only disclose virtual state information that clouds the real procedures. Moreover, the controlling comprises the aggregation and calculation of valuation functions. However, these functions contain information on business structures (esp. cost factors). Such information is considered business-critical and inaccessible to third parties, even if they are partners.

Having revealed these gaps, we will step through these three phases and show the concepts for collaborative business processes in the next section.

### **3 Conceiving a Cross-Organizational Business Process Lifecycle**

Transferring the concept of lifecycle-based business process management to cross-organizational environments requires a shift from a centralized paradigm to a support for distributed environments, because cross-organizational business processes are characterized by the involvement of multiple actors in the different life-phases. For these actors a collective behaviour cannot be supposed. Thus each phase requires new techniques that are different to those of the classical business process management and that incorporate the split activities. Therefore we do not focus on bilateral processing of business processes, but on end-to-end processes with potentially a huge number of contributors.



### 3.1 Distributed Business Process Modelling

The design of business processes is considered a fundamental management task. In order to document the design, a specification medium is needed. On the conceptual level models have raised as the primary medium for business process specifications (e.g. EPC, BPML, BPEL, etc.). Thus the design task can be summarized as the creation of business process models. With regard to cross-organizational business processes, this actually comprises the model generation for an original that spans over multiple organizations. In principle this can be performed in a centralized and a decentralized way:

Supposing a centralized model creation, a single actor (that may also be incorporated by a group of collectively acting individuals) is responsible for the whole process model. This implies detailed knowledge of and unrestricted access to all aspects of the process. Due to the individual demand of secrecy, real-world organizations usually do not agree to fully expose their knowledge and processes to a third party. So this case can be considered implausible.

Assuming a decentralized model creation, this implies the existence of different modelling individuals, each of which generates only parts of the process. Within this procedure they may follow different modelling paradigms, methods and languages. Therefore this approach requires both a technique for assuring the consistent individual model creation and a technique for the integration of the partial models.

Another dimension is the direction of the model creation procedure. Here we distinguish between creating a model by more and more detailing an abstract description of the model object, and building a model by adding more and more aspects to it and aggregate it afterwards. So we can distinguish a top-down and a bottom-up approach in the model creation procedure:

Many approaches follow a *top-down modus operandi* for modelling cross-organizational business processes [AdCh05]. The foundation for this procedure is a blueprint model (a.k.a. reference model) of the cross-organizational business process which is to be implemented by the different participants. In a second step, each of them must adapt his process parts and refine them according to the blueprint. However, if we postulate independent organizations, i.e. they are legally independent and acting on their own behalf exclusively, this forced adaptation mechanism contradicts with the autonomy property. The presupposition of independent organizations fits most real-world collaboration scenarios, so the modelling procedure must not interfere with the autonomy of the individual organizations.

A *bottom-up approach* follows the reverse direction. It finds on as-is models that reflect the status quo of the participants. These detail models are reduced by removing information that is confidential and not adequate for third party usage. These “alienated” models are composed in a second step and integrated into an overall model. The main advantage of this approach is the elimination of the need to adapt. It satisfies the autonomy postulation, because no participant is obliged to adapt their models and consequently no modifications in the processes have to be performed. In this context, the detail model that constitutes the base of this procedure reflects existing process capabilities, i.e. the ability of a participant to perform a business process. These capabilities are encapsulated in modules from which a new collaborative business process is composed. In order to include flexibility mechanisms in the assembly procedure, the individual actor can incorporate its readiness to adaptation within its module design.

Because these two dimensions in model creation are independent of each other, they can be aligned orthogonally in a 2x2 solution matrix, as shown in Table 1. Reflecting the different characteristics of the two dimensions, neither a centralized modelling nor a top-down approach seems to be appropriate for the special organizational environment of collaborations. In our concept we therefore follow a bottom-up approach using a decentralized modelling procedure (Option 4).

	<b>Centralized Modelling</b> Single actor in charge of whole process model (overall knowledge and unrestricted access)	<b>Decentralized Modelling</b> Multiple modellers generate partial models (for their specific area)
<b>Top-Down</b> From a master plan to the operational realization	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Bottom-Up</b> From the capabilities to the overall inter-working plan	<b>3</b>	<b>4</b>

Tab. 1: Procedure options for model creation in multi-actor-environments

Although from a theoretical perspective, such an approach has to cope with all potential permutations of modelling techniques, our approach is a homogeneous one based on a single modelling language. Even in this scenario there are sufficient degrees of freedom for the modelling

subject. In our implementation the event-driven process chain (EPC) language is used. Since EPC is one of the most common process model languages (at least in Europe), this seems to be a suitable assumption. More precisely, our design procedure comprises four steps:

1. *Definition of process modules:* In contrast to the top-down approach described above, we start with the assessment of the status quo of the different organizations involved by specifying their capabilities. In our case they have to express their ability to produce output using process models that describe their possible processing sequences. The results are component-like models that can be assembled together and that incorporate process interface descriptions specifying interaction points.
2. *Definition of process intentions:* The composition of process modules has to follow certain business objectives. In order to construct an objective-adequate process model, the intention of the underlying process must be defined. In particular this addresses the output the process has to deliver as well as the organizational constraints (e.g., the whole process has to be performed within the EU).
3. *Process module composition:* The composition itself is performed by analyzing compatibility of process interface pairs. That yields pairs of matching interfaces through which process modules can be connected. Based on those modules which are able to produce the intended outcome, a network of modules is successively constructed. This finally results in a set of modules that generate the final product. Thus the composition is directed by the matching assignments of the process interfaces. The set is filtered by the organizational constraints of step 2 and rated by a common target function. The best rated result is the final one and describes a common cross-organizational business process model for all participants.
4. *Process model consistency analysis:* To avoid contradictions within the overall process model, the composition phase closes with a consistency analysis during which the model is analyzed with respect to flow logic consistency. Such a test is described for example in [SaOr99]. Having passed this test, the cross-organizational business process model can be realized within all involved organizations.

### 3.2 Distributed Business Process Execution

The distributed execution of a business process starts with a common process model that all participants share and that is business oriented, i.e., its content is mainly conceptual and its purpose is organizational management. From this model every participant extracts those parts that he has to execute and augments them with arbitrary information he needs for execution, e.g., refinements of process sub-parts or execution context parameters (cf. Figure 2). Thus the business model is transformed into an IT-oriented workflow model, the main purpose of which is the execution of the contained process. The following section introduces the steps from the common process model to execution of the workflow model:

1. *Splitting Up the Common Process Model:* All activities in the common process model are annotated with the executing organization unit (“Company X”), or with an organization unit role (“Customer”) that can be mapped onto a concrete actor within the execution context. So the common model disaggregates in disjoint process model fragments that are executed by exactly one actor each. Because the process modules, which were composed to the common process model during the modelling phase, have interface descriptions, it is possible to define exactly which goods and which information must be transferred from one actor to another.
2. Apart from goods and information, the execution of the whole process devolves from one actor to another at an interface. Therefore it is necessary to define how the control of the process is transferred. At process junctions it may be even possible to split up process control or join multiple execution threads again.
3. *Augmenting the Process Fragments:* Execution of a process fragment usually requires considerable prearrangements on the part of the executing actor. Therefore the process fragment is first transformed from the modelling language into an executable language. Since the business process model is business oriented, it usually does not contain information about execution parameters, e.g., an IP address of an interface or authentication credentials for an ERP system. So it must be augmented with these missing execution parameters during or after transformation to the executable language. After transformation and augmentation, the process fragment is contained in an executable workflow model.

4. Usually the common business process model disaggregates into multiple process fragments, each of which is transformed into a single workflow model. These workflow models are deployed to the respective IT systems then, which are finally configured with the contained information.
5. *Executing the Process*: Figure 2 shows how the whole top-level process is implemented by executing the workflow models of the process fragments which it consists of. After configuration of all involved systems this happens automatically, i.e., without interaction with individual process instances.

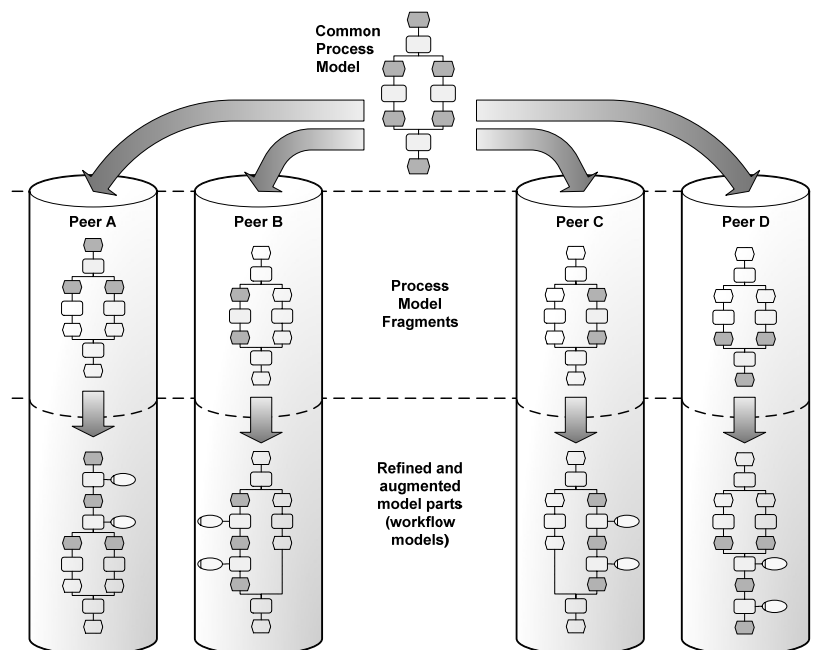


Fig. 2: Distributed business process execution

Since the whole process is executed fragment-wise by multiple separate systems, there must be transition points from one system to another where execution is finished or suspended at the source system and perpetuated at the target system. This transition has two different aspects: data flow and control flow. Data transfer between separate IT systems is widely used already, e.g., between departments within a single organization. However, the transfer of process execution control and context via push and pull mechanisms is not common. Especially in split and join situations, e.g., when a simultaneous execution of multiple process parts on multiple systems begins or finishes, the process context must be duplicated and merged accordingly. During execution, performance data is gathered as a means for the next lifecycle step: the controlling phase.

### 3.3 Distributed Business Process Controlling

From the management perspective, the ability to execute a business process is not sufficient. In order to improve the design and the way of execution it is essential to measure the target object, i.e., to reveal performance indicators of the cross-organizational business process. In the intra-organizational case, this means to extract historical execution information from a single process execution system (mostly a workflow management system) and to calculate the performance indicators from them. In contrast to that, the cross-organizational case is rather complicated. On the one hand there are multiple execution systems, each of which holds only partial information about the execution of a single cross-organizational business process. Thus the challenge is not only to compose performance data from multiple sources, but also to identify linked process chunks and to reconstruct the complete structures of historical cross-organizational business processes under the side condition of heterogeneous keeping of data and system ownership. On the other hand this information on the reconstructed process not necessarily leads to performance indicators for the whole process, because the calculation of these indicators requires the valuation of process execution data. However this valuation (e.g., the cost function) is usually considered a business secret, so an overall indicator processing cannot be performed without exposing individual business knowledge. Therefore we propose to calculate distributed performance indicators in a way equivalent to the execution data processing: each organization transforms the process information gathered from the execution systems into its individual (partial) performance indicators. These figures will then be used to compute the overall indicators. Following this procedure, the organizations are not obliged to publish their calculation scheme and only communicate the resulting values.

## 4 Technical Realization

In this section the realization of the concepts described above will be presented. Within the research project P2E2 (Peer-to-Peer Enterprise Environment<sup>1</sup>), a platform has been developed that prototypically implements the distributed Business Process Lifecycle management principles. The basic idea is to form a network of actors (“peers”) which are all equal with respect to rights and what they are able to do [ScFi02]. The network is dynamic, i.e., peers may enter and leave

---

<sup>1</sup> P2E2 is funded under the SE2006 initiative by the German ministry of education and research (BMBF).

the network at any time. The peer-to-peer principle guarantees equal opportunities for all participating parties. Every party distributes models of the processes that it offers to perform. A customer peer can reassemble these process fragments to the model of a complete process and buy the execution of it (or parts of it) from other peers. Thus the P2E2 network structurally corresponds to the organizational network of the collaborating organizations and therefore provides a wide set of advantages as a technological base for enterprise networks [KuWe04].

#### **4.1 Distributed Business Process Modelling**

First, the processes offered in the network must be modelled, aggregated, assembled and so on. The top-level modelling language used in the P2E2 prototype is the event-driven process chain (EPC). Modelling is performed using the ARIS Toolset by IDS Scheer AG. However, the P2E2 meta-model explicitly supports other modelling languages, too.

In the first step, every peer designs his own processes in any desired detail, thus obtaining a “private” model which can contain arbitrary (even secret) information about the process and therefore is not shared with other peers. Then he generates a “public” view to the model by reducing the contents of the private model to the minimum that is necessary for other peers to comprehend the modelled process and its interfaces.

In the next step, all public models by all actors are distributed among the network. For this purpose we developed the Process Distribution and Discovery Tool (PDDT), a peer-to-peer software which is based on the JXTA peer-to-peer framework and supports distributing, versioning, searching and transferring models (see Figure 3). With the shared information about the available process fragments, any peer can construct a complete process from the fragments. Using the PDDT again, this common process model is shared with all peers that participate in its execution.

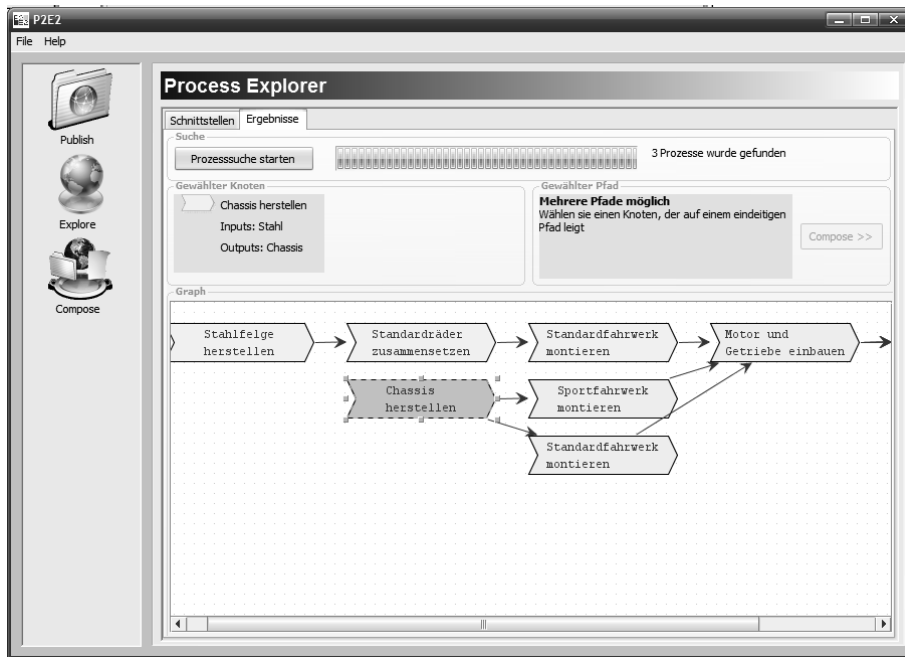


Fig. 3: Screenshot of PDDT

## 4.2 Distributed Business Process Execution

Figure 4 shows the architecture of a P2E2 peer along with the controlling and configuration applications which are not an integral part of the peer itself. This subsection about execution starts with the output of the modelling tool in the lower left corner of the figure.

In P2E2, the execution part of the lifecycle is simplified compared to the scenario outlined in Section 2, because the common process model is composed from several process fragments. So the responsibilities for the execution of the process parts are ex ante established and partitioning the common process can be omitted, because the fragments already exist. The augmentation of the process fragments with execution information also benefits from the fact that the private model with all execution details already exists. So it is sufficient that every peer augments its process fragments once and reuses this information in every execution.

Another part of the augmentation phase is the conversion of all models into a common execution model language, i.e., XPDL in our case: finally, all P2E2 process fragments exist as executable XPDL models. To obtain the final XPDL models, a multi-stage conversion and augmentation is performed. First, the EPC models are automatically converted into XPDL format using the modelling tool. Then the attributes of all XPDL model elements are filled in with data necessary for execution using another tool developed within the project, which is named “augmentation tool” in Figure 4.



Execution in P2E2 is finally performed using workflow engines by Carnot AG and abaXX Technology AG (“WFMS” in Figure 4). Whenever necessary, communication between executing peers is performed by calling BAPI methods using Wf-XML.

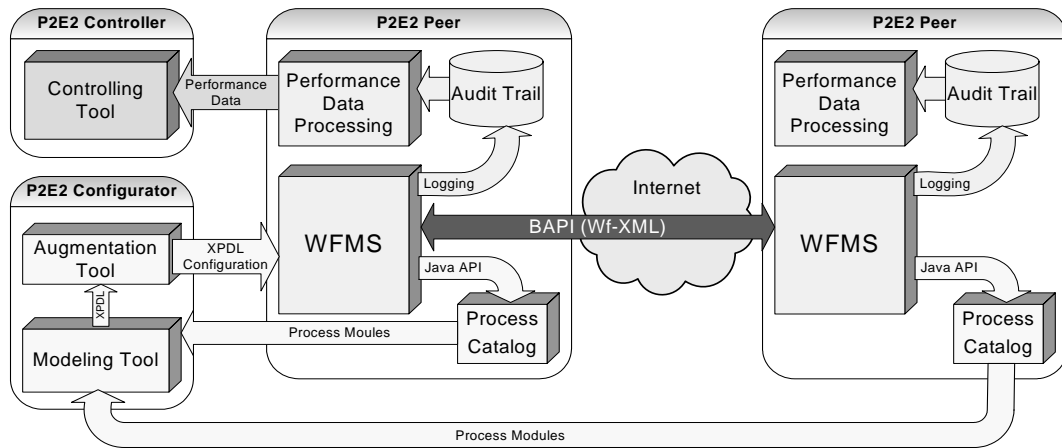


Fig. 4: P2E2 Technical Architecture

### 4.3 Distributed Business Process Controlling

During execution, every engine records performance data and stores it for the third lifecycle phase: controlling. The most basic performance data gathered during execution is stored in the audit trails of the workflow management systems (see Figure 4). However, mainly due to business secrecy, their content is not exposed directly. Instead, every peer processes its performance data to its liking and exposes the results or parts of the results over a specific web service interface exclusively. Of course, this information only refers to the execution of a process fragment, not the process as a whole.

The reassembly from fragments to the whole process is achieved using a specific controlling tool (see Figure 4). It first fetches performance information about process fragments from all participating peers using the web service described above. Then the information how the whole process is composed from process fragments is used to aggregate per-process information from per-fragment data.

## 5 Related Work

The approach presented tries to bring together several research areas that originally are addressed isolated. The concept of distributed business processes has raised ten years ago (e.g. [GrGr96], [AaWi98]). It was mainly driven by distributed system research and tried to archive the cross-system execution of workflows (e.g. [BaDa97], [ScSt94]). Such attempts also resulted in the definition of various standards (e.g. WF-XML) to simplify the interoperability of workflow management systems (cf. [WFMC96]). But they assume the existence of a single, atomic workflow specification model (e.g. [MuWo98]). On the other hand exists various approaches of distributed business process resp. workflow modelling (e.g. [GrGr95]). They describe the creation of singular models by multiple actors. But they mainly miss either the link to the distributed execution or the interconnection to the controlling task. Especially this task is neglected in other management approaches to cross-organizational business processes [DaHs01; LeRo02; PeK199].

## 6 Conclusion and Outlook

In this paper, we have presented a concept for the cross-organizational business process lifecycle management, including distributed modelling, execution and controlling, that is already implemented in most parts. In particular we addressed and ensured the continuous IT support of all three lifecycle phases, the decision autonomy and secrecy demand of the participating organizations during all three lifecycle phases, and the technical and conceptual feasibility of our approach (which will be finally verified when the entire prototype is completed).

Currently, two business scenarios are evaluated with our concept. One of them is taken from the financial services sector and deals with factoring, the other one deals with supply chain management in international and national product distribution.

This concept was developed at the Competence Centre Business Integration (CCBI), Institute for Information Systems (IWi) at the German Research Centre for Artificial Intelligence (DFKI), Saarbruecken. The work is performed by clustering national and international funded research projects (esp. ArKoS, ATHENA, INTEROP, P2E2), intending the development of solutions for a better interoperability in business networks.

## References

- [AaWi98] van der Aalst, Willibrordus M. P.: Interorganizational Workflows. In: Proceedings of the PROLAMAT 98., 1998, pp. 21-43
- [AdCh05] Adam, O.; Chikova, P.; Hofer, A.; Vanderhaeghen, D.: Customer-Driven Process Management in Value-Added Networks Using an Architecture for Collaborative Business. In: Karduck, A. P. (ed.): Proceedings of COLLECTeR (Collaborative Electronic Commerce Technology and Research) Europe 2005 - Collaborative Business, Session 2: Customer-Supported Activity Coordination, 2005, pp. 1-9.
- [Arki02] Arkin, A.: Business Process Modelling Language-Business Process Management Initiative. 2002.
- [BaDa97] Bauer, T.; Dadam, P.: A Distributed Execution Environment for Large Scale-Workflow Management Systems with Subnets and Server Migration. In: Proceedings of the 2nd IFCIS Conference on Cooperative Information Systems., 1997
- [Cama02] Camarinha-Matos, L. M.: Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises. Kluwer Academic, Norwell 2002.
- [DaHs01] Dayal, U.; Hsu, M.; Ladin, R.: Business process coordination: State of the art, trends, and open issues. In: Proceedings of 27th International Conference on Very Large Data Bases., 2001
- [DaMa92] Davidow, W. H. & Malone, M. S.: The Virtual Corporation - Structuring and Revitalizing the Corporation for the 21st Century. Harper Collins, New York 1992.
- [GrAb01] Grefen, P., Aberer, K., Hoffner, Y., & Ludwig, H.: CrossFlow: Cross-organizational Workflow Management in Dynamic Virtual Enterprises. In: International Journal of Computer Systems, Science and Engineering 15 (2001) 5, pp. 277-290.

- [GrGr95] Graw, G.; Gruhn, V.: Distributed Modeling and Distributed Enaction of Business Processes. In: Proceedings of the 5th European Software Engineering Conference. Berlin et al. Springer, 1995, pp. 8-27
- [GrGr96] Graw, G.; Gruhn, V.; Krumm, H.: Support of cooperating and distributed business processes. In: Parallel and Distributed Systems., 1996, pp. 22-31
- [KeNü92] Keller, G., Nüttgens, M., & Scheer, A.-W.: Semantische Prozessmodellierung auf der Grundlage "Ereignißgesteuerter Prozeßketten (EPK). In: Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, A.-W. Scheer 1992.
- [KuWe04] Kupsch, F.; Werth, D.: Process-Driven Business Integration Using Peer-to-Peer Technology. In: Mehdi Khosrow-Pour (ed.): Innovations Through Information Technology., 2004, pp. 1294-1300.
- [LeRo02] Leymann, F.; Roller, D.; Schmidt, M.-T.: Web services and business process management. In: IBM Systems Journal 41 (2002), No. 2, pp. 198-211
- [LuBu99] Ludwig, H., Bussler, C., Shan, M., & Grefen, P.: Cross-Organizational Workflow Management and Co-ordination - WACC99 Workshop Report. In: ACM ASIGGROUP Bulletin 20 (1999) 1.
- [MuWo98] Muth, Peter; Wodtke, Dirk; Weissenfels, Jeanine; Kotz-Dittrich, Angelika; Weikum, Gerhard: From Centralized Workflow Specification to Distributed Workflow Execution. In: Journal of Intelligent Information Systems 10 (1998), No. 2, pp. 159-184
- [ÖsFl00] Österle, H., Fleisch, E., & Alt, R.: Business Networking - Shaping Enterprise Relationships on the Internet. Springer, Berlin et al 2000.
- [PeK199] Pereira Klen, A. A.: Distributed Business Process Management. In: Proceedings of the IFIP / PRODNET Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises: Networking Industrial Enterprises. Kluwer, 1999, pp. 241-258
- [PrHa90] Prahalad, C. K. & Hamel, G.: The core competence of the corporation. Springer, Berlin et al. In: Harvard Business Review 63 (1990) 3, pp. 79-91.

- [RöSc01] Röhrich, J. & Schlögel, C.: cBusiness. Erfolgreiche Internetstrategien durch Collaborative Business. Addison-Wesley 2001.
- [SaOr99] Sadiq, W.; Orłowska, M.E: Applying Graph Reduction Techniques for Identifying Structural Conflicts in Process Models. In: Proceedings of the 11th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE '99). Springer, 1999, pp. 195-209.
- [Sand99] Sandler, T.: Collective Action - Theory and Applications. University of Michigan Press 1999.
- [Sche96] Scheer, A.-W.: ARIS-House of Business Engineering: Von der Geschäftsprozeßmodellierung zur Workflow-gesteuerten Anwendung ; vom Business Process Reengineering zum Continuous Process Improvement. In: Scheer, A.-W. (ed.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, No. 133, Saarbrücken : Universität des Saarlandes, 1996.
- [ScNü95] Scheer, A.-W.; Nüttgens, M.; Zimmermann, V.: Rahmenkonzept für ein integriertes Geschäftsprozeßmanagement. In: Wirtschaftsinformatik 37 (1995), No. 5, pp. 426-434.
- [ScJo02] Scheer, A.-W. & Jost, W.: ARIS in der Praxis - Gestaltung, Optimierung und Implementierung von Geschäftsprozessen. Springer, Berlin et al 2002.
- [ScFi02] Schoder, D.; Fischbach, K.: Peer-to-Peer : Anwendungsbereiche und Herausforderungen. In: Schoder, D.; Fischbach, K.; Teichmann, R. (eds.): Peer-to-peer: ökonomische, technische und juristische Perspektiven. Springer, 2002, pp. 3-21.
- [Schu02] Schulz, K.: Modelling and Architecting of Cross-Organizational Workflows, PhD Thesis. University of Queensland 2002.
- [ScSt94] Schuster, Hans; Jablonski, Stefan; Kirsche, Thomas; Bussler, Christoph: A client/server architecture for distributed workflow management systems. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Parallel and Distributed Information Systems., 1994, pp. 253-256

- [Wert06] Werth, D.: Kollaborative Geschäftsprozesse - Integrative Methoden zur modellbasierten Deskription und Konstruktion. PhD Thesis, Saarland University 2006.
- [WFMC96] Workflow Management Coalition: Workflow Standard - Interoperability, Abstract Specification, TC-1012, Version 1.0., 1996

# Infrastrukturen zur Aneignungsunterstützung

## Ein Konzept zur Integration von produkt- und prozessorientierter Flexibilisierung

Gunnar Stevens<sup>1)</sup>; Volker Wulf<sup>1,2)</sup>; Volkmar Pipek<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fraunhofer-Institut für Angewandte  
Informationstechnik FIT  
53754 Sankt Augustin  
{gunnar.stevens@fit.fraunhofer.de}

<sup>2)</sup>Wirtschaftsinformatik  
Universität Siegen  
57068 Siegen  
{volker.wulf, volkmar.pipek}@uni-siegen.de

### Abstract

Die Aneignung und Einbettung von Computersystemen in den Nutzungskontext stellt einen zentralen, nichtsdestotrotz von der bisherigen Forschung ungenügend adressierten Aspekt der Softwarenutzung dar. Es muss dabei klar sein, dass Aneignung ein kollektiver und kreativer Prozess gesehen werden muss. In diesem Beitrag stellen wir das Konzept der Aneignungsinfrastruktur vor. Dabei handelt es sich um eine sozio-technische Methode, die auf die Kombination hoch anpassbaren Softwaredesigns mit der Nutzung einer Kommunikations- und Kooperations-Infrastruktur innerhalb der Nutzercommunity sowie zwischen Benutzern und Entwicklern aufbaut. Die Kommunikations- und Kooperationsinfrastruktur ermöglicht es, nicht antizipierte Anforderungen des Nutzungskontexts zu fassen und in einen agilen Entwicklungsprozess einfließen zu lassen. Die dadurch möglich gemachte technische Flexibilität unterstützt den Umgang mit differenzierten und dynamisch wechselnden Anforderungen. Anhand des BSCWeasel-Projektes zeigen wir, wie eine entsprechende Aneignungsinfrastruktur realisiert werden kann.

## 1 Einführung

Die Forschung, die durch das *Produktivitätsparadox* angeregt wurde, hat das Verständnis für die wirtschaftlichen Effekte von Informationstechnologien enorm verbessert. So zeigen

Brynjolfsson und Hitt, dass die meisten Produktivitätseffekte nicht direkt auf Computer-Anwendungen zurückzuführen sind, sondern auf die spezifische Aneignung der Artefakte in der organisationalen Umwelt [Bryn98]. Aneignung von Technologien wird dabei als kreativer Prozess des Anwenders – sowohl Organisation, als auch Endbenutzers - verstanden, der auch über die zugehörigen intendierten Nutzungsmöglichkeiten der Softwareentwickler hinausgehen kann [Pipe05]. Der erfolgreiche Prozess der Technologie-Aneignung führt dabei zu neuen Arbeitsweisen, innovativen Geschäftsprozessen oder veränderten organisatorischen Strukturen. Da die organisationale Umgebung sich typischerweise während des Aneignungsprozesses ändert und eine erfolgreiche IT-Aneignung zusätzliche Auswirkung auf die Arbeitspraxis, Geschäftsprozess oder organisatorische Strukturen hat, sind die IT-Anforderungen im Prozess nicht stabil [Orli96, Pip+99]. Deshalb muss sich ein Ansatz, der die IT-Aneignung unterstützt, mit den Dynamiken des Anwendungskontexts auseinandersetzen. Daneben muss die Ausdifferenzierung von Anforderungen aus verschiedenen Anwendungsfeldern berücksichtigt werden. Darüber hinaus sollte das Potential der Benutzer berücksichtigt werden, die aufgrund ihrer Praxiskenntnis und ihrer Nutzungserfahrung im kreativen Handeln innovative Lösungen entwickeln [vHip88].

Im Folgenden zeigen wir einen Ansatz, der einen Brückenschlag zwischen entwicklungsorientierter und nutzungsorientierter Flexibilisierung schlägt. Dabei werden wir zunächst den aktuellen Stand in der Diskussion innerhalb von HCI und SE aufarbeiten. Dann werden wir ein allgemeines Framework für die Aneignungsunterstützung vorstellen und anschließend anhand des Groupwaresystems BSCWeasel zeigen, wie sich das darlegte Konzept in die Praxis umsetzen lässt.

## **2 Aneignung und Flexibilisierung**

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen Aneignungsprozessen und den technischen Konzepten zur Flexibilisierung darlegt. Das Studium der Literatur zeigt, dass das Thema der Flexibilisierung dabei zumeist unter zwei unabhängig voneinander betrachteten Perspektiven – der produktorientierten und der prozessorientierten Flexibilisierung - angegangen wird. Doch aufgrund der unter der jeweiligen Perspektive erzielten Fortschritte scheint es nun angebracht, die beiden Perspektiven wieder zu synthetisieren.



## 2.1 Aneignungsprozesse

Aneignungsprozesse bei Groupware wurden in verschiedenen Langzeitstudien untersucht [Orli96, Pip+99, Kar+98, Wulf99, Tör+03]. Diese Fallstudien geben ein gutes empirisches Bild der Aneignungsprozesse und den daraus resultierenden Änderungen in der Arbeitspraxis, Geschäftsprozessen und organisatorischen Strukturen.

Orlikowski und Hofmann bieten ein konzeptionelles Modell an, um die organisatorischen Änderungen, die aus der Aneignung von Groupware resultieren, zu verstehen [Orl+97]. Sie unterscheiden drei verschiedene Typen von im Prozess auftretenden Änderungen: *Anticipated changes* sind organisatorische Transformationen, die geplant sind und während der Groupware-Nutzung in der Organisation auch umgesetzt werden. Im Gegensatz dazu stehen die *opportunity-based changes*, die bei der Einführung nicht vorhergesehen waren, sondern auf der Entdeckung von Potentialen des Systems im Verlauf der Aneignung und darauf aufbauender zielgerichteter Weiterentwicklung beruhen. Demgegenüber sind *emergent changes* nicht nur in der Einführungsphase nicht vorhersehbar, sie finden insbesondere unter der Hand in dezentralen und ungeplanten Aktivitäten statt.

Die gelegheitsbasierten, und emergenten Änderungen bedürfen einer Aneignungsinfrastruktur, um sich als Potential lokal sich entwickelnden Innovation entfalten zu können. Diese Formen nicht vorhergesehener Aneignung geschehen immer dann, wenn ein Einzelner oder eine Gruppe von Benutzern eine technische Funktionalität auf innovative Weise in Praxis integrieren kann. Oft löst dabei eine externe Irritierung die Reflektion über die Anwendung und die herrschende Praxis aus. Typischerweise lernen dabei die Benutzer voneinander, wobei sich benutzer-getriebene Innovationen über lokale Wissensnetzwerke verbreitern.

Mit dem Aufkommen vernetzter, kooperativer Applikationen ist der Bedarf an flexiblen, gruppenanpassbaren Anwendungen gestiegen [Wul+95, Ben+95]. Zugleich stellt die Verteiltheit der Akteure stellt auch neue Anforderung an die Gestaltung der Anpassbarkeit der Systeme [Ober94]. Einige dieser Herausforderungen wurden durch Pipek mit seinem Konzept der Diskursinfrastrukturen angegangen [Pipe05]. Ein integrierter Ansatz zur Aneignungsunterstützung steht jedoch noch aus.

## 2.2 Produkt-orientierte Flexibilisierung

Die HCI-Forschung betrachtet Flexibilität hauptsächlich als ein Produktmerkmal, das es erlaubt, Anwendungen innerhalb ihres Nutzungskontextes anzupassen [Hen+91, Teeg00]. Das Anpassen findet nach der eigentlichen Design- und Implementierungsphase statt. Typischerweise beginnt es direkt nach der Installation oder während der Installation einer Anwendung. Das Anpassen erfolgt normalerweise als Zusammenarbeit von normalen Benutzern, lokalen Experten, System Support oder Helpdesk-Personal, wobei man drei Ebenen der Komplexität -Parametrisierung, Erweiterung und Neuprogrammierung - unterscheidet [Mørre97].

Die Forschung zu produkt-orientierter Flexibilisierung fokussiert dabei vor allem auf den Entwurf von geeigneten Softwarearchitekturen, der Gestaltung von Anpassungswerkzeugen und der kognitiven Anforderungen an den Endbenutzer. Verschiedene hoch anpassbare Systeme - kommerzielle wie Forschungsprototypen - wurden hierzu entwickelt, wie z.B. OVAL [Mal+95], oder FreEvolve [Stiem00].

Die Frage, wie Flexibilitätsanforderungen in geeigneter Weise erhoben werden, wird jedoch selten bis gar nicht adressiert. Dieser blinde Fleck liegt unter anderem daran, dass die Ansätze zur Gestaltung hoch anpassbarer Systeme Fragen der Flexibilität von Produkten nicht mit Fragen der Flexibilisierung von Entwicklungsprozessen verbinden.

### **2.3 Prozess-orientierte Flexibilisierung**

Selbst die Gestaltung hoch anpassbarer Systeme kann nicht sämtliche Nutzungssituation und die daraus abgeleiteten Flexibilitäts-Anforderungen vorhersehen. Deshalb kann es immer wieder vorkommen, dass die bereitgestellten Anpassungsmöglichkeiten der Systeme nicht ausreichen. Deshalb sollte auch der Entwicklungsprozess auf nicht antizipierte Anforderungen vorbereitet sein. Insbesondere bedarf es hierfür einer Infrastruktur, die es erlaubt, solche nicht antizipierten Situationen im Nutzungskontext überhaupt erst einmal sichtbar zu machen.

Agile Vorgehensmodelle, wie eXtreme Programming (XP) [Beck00], gehen davon aus, dass Anforderungen sich permanent ändern können und haben deshalb verschiedene, aufeinander abgestimmte Techniken entwickelt, die es erlauben, den Änderungswünschen mit vertretbaren Kosten nachzukommen [Beck00].

Der Ansatz des Radical Tailoring [Mal+95] versucht, sämtliche zukünftige Anforderungen mittels hoch anpassbarer Produkte zu erschlagen. Demgegenüber verfolgt XP die Strategie, hierauf mit hoch agilen Entwicklungsprozessen zu reagieren. Damit stellt XP sicherlich die bekannteste und extremste Form einer prozess-orientierten Flexibilisierungsstrategie dar.

Da sich aber XP als reines Ausführungsorgan der Kundenanforderung versteht, kümmert sich XP nicht selbst um Aneignungsprozesse im Nutzungskontext. Insbesondere findet man keine Überlegungen zu einer geteilten Infrastruktur, die einen gemeinsamen Lernprozess von Benutzern und Entwicklern unterstützt. Stattdessen erhalten Entwickler nur indirekt Feedback über das *Customer on Side*-Prinzip [Beck00]. Erschwerend kommt hinzu, dass dieses Prinzip in der Praxis schwer zu realisieren ist [Rum+01].

Von partizipativ orientierten evolutionären Prozessmodellen wie STEPS [Flo+89] unterscheidet sich XP insbesondere im Verständnis der Beziehung von Entwicklern und Nutzern. Die Kernidee von STEPS beruht diesbezüglich darin, Softwareentwicklung als ein fortdauernden gegenseitigen Lernprozess aufzufassen, bei dem sich Software in enger Zusammenarbeit von Benutzern und Entwicklern in diversen Releases entwickelt. Die kontinuierliche Verbesserung sollte dabei auf Grund von konkreten, alltagsweltlichen Nutzungserfahrungen erfolgen. STEPS ist jedoch ein sehr allgemeines Modell. Die Realisierung der unterschiedlichen Teile des Modells wurde innerhalb von STEPS auch nicht weiter ausgearbeitet.

Insbesondere auf der konzeptionellen Ebene unberücksichtigt blieb in STEPS jedoch der Aspekt heterogener Umwelten, an die das Produkt im Nutzungskontext jeweils individuell angepasst werden muss. Eine Erweiterung in diese Richtung findet man aber im erweiterten STEPS Modell von Wulf und Rohde [Wul+95]. Auf der softwaretechnischen Ebene fanden Ideen des erweiterten STEPS-Modells Eingang in den Forschungsprototypen FreEvolve [Stie00]. Jedoch ist auch bei FreEvolve keine Aneignungsinfrastruktur integriert, die es erlaubt, nicht antizipierte Aneignungsphänomene und Anpassungsbedarfe zu erfassen.

Andere relevante Arbeiten sind Fischers konzeptionellen Überlegungen zur der Erweiterung seines Konzepts der End-User Modifiability [Fis+90]. Ähnlich dem erweiterten STEPS Modell schlägt er in den Arbeiten zum Prozessmodell SER vor, dass die produktorientierte Flexibilisierung Teil eines evolutionären Entwicklungsprozesses sein sollte [Fis+02]. Er geht dabei von einem Phasenmodell aus, bei dem sich Nutzung und kooperative Gestaltung abwechseln. Jedoch finden sich in seinen Arbeiten nur vereinzelt Hinweise darauf, wie eine solche Zusammenführung beider Flexibilisierungsstrategien aussehen könnte.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den neueren Arbeiten ein Trend zu erkennen ist, Ansätze zur produkt-orientierter Flexibilisierung mit prozess-orientierter Flexibilisierung zu kombinieren. Jedoch ist in den Arbeiten kein klarer Ansatz herausgearbeitet, der die Lücke zwischen den beiden Perspektiven überbrückt.

### 3 Vermittlung zwischen prozess- und produkt-orientierter Flexibilisierung: Das Konzept einer Infrastruktur zur Aneignungsunterstützung

Im Folgenden wollen wir unser Konzept einer technischen Infrastruktur zur Unterstützung von Aneignungsprozessen in Organisationen umreißen. Der Begriff Infrastruktur adressiert dabei genau jenes offene Problem bisheriger Ansätze, produkt-orientierte mit prozess-orientierter Flexibilisierung zu verbinden.

Das Konzept verfolgt dabei zwei grundsätzliche Ziele:

- die Förderung des Wissensaustausch innerhalb der Nutzercommunity
- die Förderung einer reziproken Partizipation am Nutzungs- bzw. Entwicklungskontext

Durch die Förderung einer reziproken Partizipation soll dabei die Chance erhöht werden, innovative Nutzungen als auch eventuelle Nutzkrisen zu erkennen und aufgrund geeigneter Produktmodellierung (wie z.B. durch komponenten-basiertes Software Engineering) und geeigneter Prozessmodellierung (wie z.B. eXtreme Programming) auf eine effiziente Art und Weise reagieren und die Anwendung an den lokalen Kontext anpassen bzw. erweitern zu können.

Bei der Gestaltung der Infrastruktur gilt es zu beachten, dass sowohl die Nutzercommunity, als auch Benutzer und Entwickler üblicherweise räumlich sowie zeitlich verteilt sind, da Aneignung ein kontinuierlicher, nicht auf einen bestimmten Zeitraum beschränkter Prozess ist. Zum anderen gilt es zu berücksichtigen, dass hier zwischen Akteuren mit deutlich unterschiedlichen Arbeitspraxen, Interessen, Wissenshorizonten und Kulturen vermittelt werden soll.

Bei der Vermittlung zwischen heterogenen Kulturen, haben Star und Griesemer anhand einer Fallstudie gezeigt, dass sogenannten *Boundary Objects* eine besondere Rolle zur Lösung des Vermittlungsproblem zukommt [Sta+89]. *Boundary Objects* zeichnen sich dabei dadurch aus, dass sie auf der einen Seite eine gemeinsam geteilte Entität in den verschiedenen Kulturen darstellen, dass sie aber auf der anderen Seite von den jeweiligen Akteuren anders betrachtet und genutzt werden können. Strübing erläutert anhand eines Betatests des Programms ATLAS/ti<sup>1</sup>, wie das Artefakt selbst die Rolle eines *Boundary Object* innerhalb des Gestaltungs- und Nutzungsdiskurs einnehmen kann [Strü99].

Im Falle der Aneignungsunterstützung von Softwareartefakten gilt es unseres Erachtens darum, dass Konzept von *Boundary Objects* mit dem softwareergonomischen Konzept der *Direct*

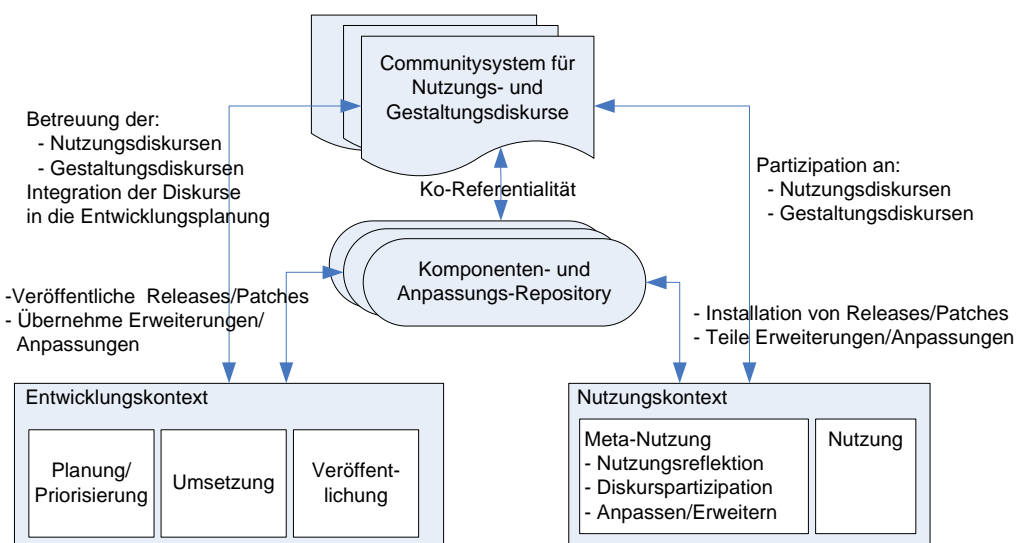
---

<sup>1</sup> Vgl. <http://www.atlasti.de/>

*Manipulation* zu verbinden. Das von Ben Shneidermann eingeführte Konzept besagt im Kern, dass die für den Nutzungskontext relevanten Dinge, die so genannte *Objects of Interest*, am User Interface visuell präsentiert werden und dort auch direkt bearbeitbar sein sollten [Shne83]. Umgekehrt zeigte sich in unserer Evaluation, dass die symbolische Interpretation des Artefakts durch das an der Benutzerschnittstelle sichtbare Verhalten geprägt wird und die visuelle Repräsentation in der Kommunikation zwischen den Akteuren eine besondere Bedeutung zukommt.

Für die technische Umsetzung der Aneignungsunterstützung lassen sich aus der Verbindung beider Konzepte folgende Anforderungen ableiten:

- sollten die Nutzungs- und Gestaltungsdiskurse am User Interface sichtbar gemacht werden und direkt aus der Nutzung zugänglich sein [Wul+01]
- sollte bei der Rolle des Artefakts als *Boundary Object* insbesondere seine visuelle Repräsentation und den Aspekt des *Direct Manipulation* mit einbeziehen
- sollte deshalb das direkte Referenzieren auf die *Objects of Interest* innerhalb der Nutzungs- und Gestaltungsdiskurse unterstützt werden



**Abbildung 1:** Schaubild einer geteilten, technischen Infrastruktur, die zwischen Nutzungs- und Entwicklungskontext vermittelt.

Abbildung 1 zeigt das Schaubild einer von Benutzern und Entwicklern geteilten Infrastruktur, die die verschiedenen Aspekte der Aneignungsunterstützung integriert und den Akteuren, eine an ihre Bedürfnisse angepasste Sicht auf die Meta-Nutzung erlaubt. Dabei sollten die Komponenten samt deren Anpassungen und die darauf sich beziehenden Diskurse einander ko-

referenziell verweisen [Wul+01], umso den Übergang zwischen Nutzungskritik und Nutzungsanpassung zu erleichtern.

Weite Teile dieser Architektur konnten im BSCWeasel-Projekt auf Basis von Eclipse umgesetzt werden. Die Realisierung des *Component Repository* wurde dabei von Eclipse mitgeliefert. Die *Discourse Infrastructure* wurde durch die im Folgenden beschriebenen Module *CHiC* und *PaDU* realisiert. Der Übergang zwischen Nutzungskritik und Nutzungsanpassung ist jedoch noch eine Herausforderung für zukünftige Arbeiten.

#### **4 Umsetzung einer Aneignungsunterstützung innerhalb des BSCWeasel Projekts**

Um unser Konzept zu erforschen, haben wir ein Groupware-System namens BSCWeasel entwickelt, das die hier vorgeschlagene Infrastruktur zur Aneignungsunterstützung als integralen Bestandteil besitzt. BSCWeasel ist ein Rich Groupware Client für das BSCW System, das an der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD – heute integriert in die Fraunhofer-Gesellschaft) Mitte der 1990er Jahre entwickelt wurde [Ben+95].

BSCW ist eine erfolgreiche, vollständig browserbasierte Groupware-Anwendung. Die zugrunde liegende Architektur hat bestimmte Vorteile für die Benutzer, so z.B. bedarf sie keines zusätzlichen Installationsaufwands. Jedoch hat die *Thin Client*-Lösung auch verschiedene Nachteile gegenüber einer modular aufgebauten *Rich Client*-Lösung, insbesondere was die eigenständige Erweiterbarkeit durch den Nutzer anbetrifft [Ste+04].

Das BSCWeasel – ein Open Source Projekt<sup>2</sup>, das im Frühjahr 2004 begonnen wurde –ergänzt deshalb das BSCW um solch einen modular aufgebauten *Rich Client* auf Eclipse-Basis (siehe Abbildung 2). In der ersten Version des BSCWeasel wurden dabei einige Hauptfunktionen des BSCW umgesetzt, die über die XML RPC API des BSCW Systems angesprochen wurden. Die erste Realisierung konnte dabei fast vollständig durch die von der *Eclipse Rich Client*-Plattform (RCP) bereitgestellten Komponenten und einige weitere schon vorhandene Komponenten realisiert werden. Später wurde der *Rich Client* durch das Hinzufügen und das Adaptieren bestehender Komponenten um neue Funktionalität erweitert (z.B. ein Chat auf XMPP/Jabber Basis).

---

<sup>2</sup> Vgl. [www.bscweasel.de](http://www.bscweasel.de)

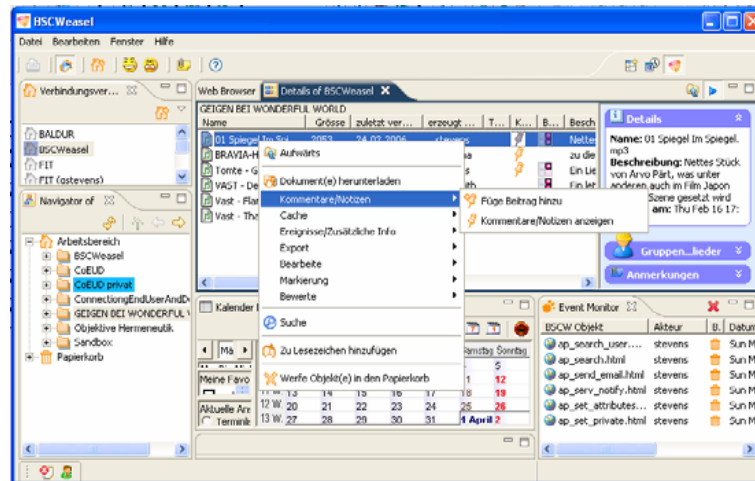


Abbildung 2: Snapshot des BSCWeasel Client

In das BSCWeasel wurden zusätzlich zwei (aktuell noch getrennte) Teilsystemen – ChiC und PaDU - integriert, die den Aneignungs- und Gestaltungsdiskurs zwischen den Benutzern bzw. Benutzern und Entwicklern verbessern sollen.

#### 4.1 CHiC - Community Help In Context

Das eine Teilsystem ist die *Community Help In Context* (ChiC) [Ste+06a]. Die Kernidee von ChiC besteht dabei darin, das Konzept kontext-sensitiver Hilfe mit dem Wiki-Konzept zu verbinden. Das integrierte Hilfesystem wird so von einem unidirektionalen Medium zwischen Hersteller und Benutzer zu einem Community-orientierten Medium. Er erlaubt den Benutzern zu jeglicher Funktion des Anwendungssystems einen Beitrag zu erzeugen, zu ändern, zu kommentieren oder zu Bewerten und mit anderen Benutzern auszutauschen. Das entwickelte System macht sich dabei zu Nutze, dass heutige Anwendungssysteme nach dem *Direct Manipulation* Prinzip [Schne83] aufgebaut sind. Durch die algorithmische Inspektion der Widgetstruktur der laufenden Anwendung erlaubt das ChiC-System, die Nutzungsdiskurse an die betreffenden *Objects of Interest*, den Widgets, zu heften. Das hierbei angewendete Verfahren, das auf Prinzipien der Metaprogrammierung basiert, hat darüber hinaus den Vorteil, dass es auch in beliebigen Anwendungssystemen auf Eclipse-RCP-Basis eingesetzt werden kann. Die technischen Details von ChiC sind in [Ste+06a] genauer dargelegt.

#### 4.2 PaDU – Participatory Design in Use

Um die reziproke Partizipation zwischen Benutzern und Entwicklern zu fördern, haben wir ein professionelles *Issue-Tracking*-System in die BSCWeasel-Applikation integriert, in dem

Benutzer und Entwickler in gleicher Weise partizipieren können [Ste+06b]. Um den Einstieg für den Endbenutzer zu vereinfachen, haben wir das System dabei mit einer speziell für Endbenutzer angepassten Benutzerschnittstelle ausgestattet. Dies erlaubt Benutzern des BSCWeasel-Systems nun einen speziellen Zugang aus ihrem unmittelbaren Nutzungskontext heraus.

Die Nutzerbeteiligung wird durch ein Formular zur Beschreibung des Nutzungsproblems unterstützt: Das Formular ist dabei eine Abwandlung des ursprünglichen *Critical Incident-Dialog* (Castillo), so wie er in der Studie von Hartson, Castillo et al. benutzt wurde [Har+96]. Im Gegensatz zu Hartson, Castillo et al. erlaubt PaDU auch das graphische Annotieren des Nutzungskontexts. Hierzu wird vom aktuellen Zustand automatisch ein Screenshot angelegt, in den Dialog eingefügt und mit einem speziellen Annotationswerkzeug verknüpft. Dies erlaubt dem Benutzer, nicht nur textuell, sondern auch graphisch auf die *Objects of Interest* zu verweisen.

Da Systementwicklung ein im hohen Maße kommunikativer Aushandlungsprozess ist, war es bei der Gestaltung von PaDU wichtig, die Kommunikationsprozesse für alle Beteiligten transparent zu machen. Deshalb wird z.B. der Benutzer nach dem Senden eines Feedback-Reports direkt an die Stelle in *Issue-Tracking*-System geführt, wo sein Beitrag samt aller Ergänzungen Dritter verwaltet wird. Dieses Feature erlaubt es dem Benutzer, den Fortgang seines Beitrags weiterzuverfolgen, die Kommentare von anderen Benutzern/Entwicklern zu lesen bzw. selber neue Kommentare zu verfassen.

Die technischen Details und die Einordnung von PaDU in die Landschaft anderer Systeme zur Beteiligung von Anwendern während der Nutzung ist in [Ste+06b] dargestellt.

## **5 Diskussion der Aneignungsunterstützung im BSCWeasel Projekt**

Das BSCWeasel wurde an der Universität Siegen entwickelt. Die Kerngruppe bestand aus zwei Entwicklern, die zu verschiedenen Zeitpunkten durch Studententeams unterstützt wurden. Eine erste anfängliche Version des BSCWeasel wurde ab Mai 2005 von den Entwicklern und den Studententeams benutzt. Spätere Versionen wurden innerhalb der Forschungsgruppe (ca. 15 Mitglieder) und einer befreundeten Forschungsgruppe (ca. 15 Forscher) ca. 100 km von Siegen entfernt veröffentlicht.



Das BSCWeasel-Projekt folgt einen Aktionsforschungsansatz. Hieraus ergibt sich, dass primär formative Evaluationen betrieben werden, um die Ergebnisse in die Verbesserung der Gestaltung einfließen zu lassen. Sie beruht auf der Untersuchung von Paper-Mockups, semi-strukturierten und informellen Interviews, gesammelten Feldnotizen und BSCWeasel bezogener Email-Korrespondenz. Zusätzlich wurden zwei Usabilitystudien nach dem DaTech-Verfahren durchgeführt. Die erste Studie wurde ohne die Aneignungsinfrastruktur im April 2005 mit 9 Nutzern durchgeführt. Die zweite wurde im Januar 2006 mit der Aneignungsinfrastruktur mit 6 Nutzern durchgeführt.

Hinsichtlich des Nutzungsgrads des BSCWeasel an der Universität Siegen und dem Forschungsinstitut haben wir 11 regelmäßige Nutzer gezählt. Alle diese Nutzer waren zuvor auch intensive BSCW Nutzer und haben im BSCWeasel spezielle Funktionen entdeckt, die ihnen die alltägliche Arbeit vereinfachen.

Von September 2005 bis 2006 wurden 74 Gestaltungsvorschläge mittels der Aneignungsinfrastruktur gemeldet. Die meisten der dort adressierten Problem verweisen auf Nutzungsprobleme, die zwar die Nutzer irgendwie gemeistert haben, bei denen jedoch eine Erweiterung bzw. ein Redesign der Groupware das Nutzerverhalten ändern oder die Effizienz steigern könnte.

Basierend auf unseren Studien innerhalb des BSCWeasel-Projekts konnten wir drei Dimensionen identifizieren, die bei der Gestaltung einer Infrastruktur zur Aneignungsunterstützung berücksichtigt werden sollte. Wir wollen die einzelnen Dimensionen im Einzelnen darlegen. Die Ausarbeitung konkreter Gestaltungsrichtlinien ist jedoch noch eine zu leistende Aufgabe.

### **5.1 Die epistemologische Dimension: Krisensituationen und Erforschungsprozesse**

Die heutige Forschung betrachtet die verschiedenen Aspekte von Krisensituation<sup>3</sup> in der Nutzung und damit einhergehende Reflektionsprozesse meist noch getrennt. So wird die Konsultierung des Hilfesystems, das Anpassung des Systems oder die Partizipation am Gestaltungsdiskurs in Open-Source-Projekten getrennt voneinander studiert. In unseren Interviews ist uns jedoch aufgefallen, dass sich diese Trennung aus Nutzersicht nicht so scharf darstellt. Vielmehr fanden es die Nutzer in einer Krisensituation häufig schwierig, die richtige Unterstützungsfunktionalität auszuwählen.

---

<sup>3</sup> Im Folgenden soll hier der englische Begriff der *breakdown situation* mit Krisensituation übersetzt werden.

Einen Hinweis auf das zugrunde liegende Problem fanden wir in einen Kommentar eines Nutzers. Er kommentierte sein Erweiterungsvorschlag mit den Hinweis: „*Funktion nicht vorhanden oder nicht gefunden, d.h. ich bin ein DAU ;-)*“. Im ersten Abschnitt des Satzes wird das fehlende Feature als ein Mangel des Systems konstatiert, was einen Kontakt zu den Entwicklern legitim erscheinen lässt. Im zweiten Abschnitt wird das Problem jedoch auf mangelndes eigenes Wissen über das System zurückgeführt, was die Konsultation eines Hilfesystems legitimieren würde. Der springende Punkt hier ist aber, dass aus der Perspektive des Nutzers in der Krisensituation nicht entschieden werden kann, welcher Fall hier tatsächlich vorliegt.

Um die Struktur von Krisensituation und deren Umgang durch den Nutzer besser verstehen zu können, haben wir deren Manifestationen in den ‚Thinking-Aloud‘-Protokollen, die während der Usability Studien angefertigt wurden, eingehender studiert. Dabei haben wir auf die von Ullrich Oevermann entwickelte Methode der Sequenzanalyse zurückgegriffen [Oeve97]. Aus Platzgründen kann an dieser Stelle die Ergebnisse nur komprimiert anhand einer Passage illustriert werden.

„*Na, komm!* [das routinisierte Handeln gerät in eine Krise] - *Ja, jetzt wäre die Frage,* [der Nutzer fängt an über die aktuelle Situation zu reflektieren] *jetzt bin ich hier im Navigator und wenn ich den Inhalt jetzt da drüben sehen wollte, ne* [im Sinne von: „nicht wahr?“], *ganz einfach, also dann, vielleicht ... weiß ich nicht, vielleicht kann man das da reinschieben.* [er entwickelt eine Hypothese über die Problemsituation] *Da geht irgendwas nicht.* (T: *zustimmend Hmm*) [experimentiert herum]. *Nee, so! O.k., prima, kriege ich jetzt nicht hin. Ich hatte jetzt nur gedacht, vielleicht könnte man - sozusagen wie im Windows Explorer ...* [er kommt zu den Schluss, dass seine Annahme nicht stimmt und fängt an sie durch eine neue zu ersetzen] [er probiert verschiedene Hypothesen aus] *so wie ich mir das vorstelle, scheint das nicht zu gehen* [kommt zu einer Überzeugung] *aber das ist egal, macht nix.*[beschließt die Sache nicht weiter zu erforschen]“ (Passage aus einem Thinking-Aloud Protokoll).

Wir können unsere Interpretation einer Krisensituation in der Softwarenutzung wie folgt zusammenfassen: Das Hauptmerkmal einer Krisensituation ist der Zweifel, der in aktuellen Situation gründet<sup>4</sup>. In seiner allgemeinen Form kann er durch den höchst indexikalischen Ausdruck charakterisiert werden: „*Hier und jetzt ist irgendwas ungewöhnlich*“. Dies löst einen Forschungsprozess aus, in welchem Hypothesen entwickelt werden, die auf der einen Seite über

---

<sup>4</sup> Anhand dieses Beispiel wird auch klar, dass mit Krisensituation keine existentielle Krise gemeint ist. Vielmehr bedeutet eine Krisensituation zunächst einmal nur, dass die üblichen Handlungsroutinen nicht greifen.

die Nutzungsroutine hinausgehen müssen (da diese ja gerade in die Krise geraten ist), auf der anderen Seite an diese zurückgebunden bleiben (da nur von den bestehenden Überzeugungen die neue Situation interpretiert werden kann). Dieses Spannungsverhältnis kann nur aufgelöst werden, wenn man die entwickelten Hypothesen irgendwie an der Realität prüft. Dabei ergibt sich ein offener zyklischer Prozess von Reflektion und Aktion, der strukturell viele Ähnlichkeiten zu dem aufweist, was der Pragmatist H. Joas mit "Kreativen Handeln" bezeichnet hat [Joas96]. Insbesondere kann zu Beginn dieses Prozesses nicht entschieden werden, welche Handlungsstrategie letztendlich zielführend ist. Entsprechend kann es vorkommen, dass der Akteur innerhalb dieses Prozesses verschiedene Handlungsstrategien ausprobiert.

Auf dieser Ebene kann das Artefakt *epistemisch* die Funktion eines *Boundary Objects* übernehmen, wenn im Rahmen des Umgangs mit dem Artefakt gemachte Erfahrungen als Bindeglied zwischen seiner symbolischen Interpretation und der in die Krise geratenen Handlungsroutine fungieren kann. Als Folge des Forschungsprozesses kann dabei sowohl die symbolische Interpretation als auch die Handlungsroutine transformieren werden.

## **5.2 Die mediale Dimension: Visuelle Annotation und die Referenzierung des Nutzungskontext**

Wie oben beschrieben gründet eine Krisensituation in einer momentanen Situation und verweist höchst indexikalisch auf die aktuellen *Objects of Interests*. Dies hat auch Konsequenzen für die mediale Dimension einer Aneignungsunterstützung. So zeigte sich in der Evaluation der Beiträge, dass sich die Nutzer in ihren Beiträgen implizit oder explizit auf das Softwareartefakt und die aktuelle Nutzungssituation beziehen. Dabei wird häufig auf die aktuelle Benutzerschnittstelle Bezug genommen, in der die Krisensituation auftrat. Des Weiteren haben wir festgestellt, dass die Funktionalität, einen Screenshot vom aktuellen Zustand der Applikation zu erstellen, ein sehr hilfreiches Werkzeug dafür ist, ein ‚Etwas‘ des ‚Hier und Jetzt‘ einer aktuellen Krisensituation einzufangen. Des Weiteren wird das eingebaute graphische Annotierungswerkzeug nicht nur dazu verwendet, auf die Problemsituation zu verweisen, sondern auch dazu, ein alternatives Design zu illustrieren.

Auf dieser Ebene kann das Artefakt *medial* die Funktion eines *Boundary Objects* einnehmen, indem es eine gemeinsame Interpretationsbasis herstellt, mittels derer sich die indexikalischen Bezüge innerhalb Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren verorten lassen.

### 5.3 Die politische Dimension: Ich, meine Community und der Hersteller

Die Entwicklung und Nutzung von Technologien ist eingebettet und beeinflusst von den vorhandenen Machtstrukturen. Als Folge davon besitzt die Aneignung und kreative (Um-)Nutzung auch eine politische Dimension. Dies ist zwar ein allgemein bekanntes Faktum, trotzdem wird dieser Aspekt selten im Kontext von User Innovation diskutiert.

In unseren Evaluationen haben wir verschiedene Indikatoren für die Wichtigkeit der politischen Dimension und den Aspekt des Vertrauens gefunden. Dabei haben wir aus Nutzersicht drei verschiedene Akteure identifiziert, die eine kritische Rolle im Aneignungsprozess spielen: die Gruppe von Freunden und Kollegen, die weltweite Nutzercommunity und den Hersteller. Dabei wird die Rolle des Herstellers von den Nutzern unterschiedlich beurteilt. Auf der einen Seite vertrauen einige Nutzer den Informationen der Hersteller, da sie von offizieller Seite geprüft worden sind. Jedoch haben wir auch die gegenteilige Meinung gefunden. Exemplarisch wird diese Haltung in den Kommentar eines Nutzers ausgedrückt: *„Ich würde den Hilfetexten von anderen Nutzern mehr vertrauen, insbesondere weil der Text von jemand geschrieben wurde, der sich in einen ähnlichen Nutzungskontext befindet.“* Gegenüber großen Herstellern fehlt auch das Vertrauen, dass ihr Feedback Ernst genommen wird und dass dieser etwas bewirken kann.

Ein anderer wichtiger Punkt bei den Nutzern ist die Angst, dass ihre Beiträge von irgendjemand falsch interpretiert werden. Hierbei kann eine zu große Transparenz auch problematisch werden. Ein Ausschnitt aus einer Email Korrespondenz soll diesen Aspekt verdeutlichen. Hierbei haben wir eine Benutzeranfrage per Email bekommen: *“Ein ‚Killer-Feature‘ wäre m.M.n. sicher weiter eine einfache Backup / Transfer-Möglichkeit von Server zu Server.“* Auf Grund unseres Entwicklungsansatzes haben wir die Anfrage auf das öffentliche Design-Diskussionsforum gestellt und den Nutzer per Email darüber informiert: *„Ich habe Deine Anregung auch mal unter [URL] aufgenommen.“* Da die Anfrage jedoch eine politische Implikationen hat, hat uns zweite Email erreicht, in der der Nutzer folgende äußerte *“Eine Bitte: Kannst Du meinen Request nochmal löschen und ich erstelle ihn neu, dann kann ich es etwas präziser formulieren und wir vermeiden ggf. Konflikte mit [Hersteller], die den ‚Server-to-Server‘-Transfer meines Wissens als kommerzielle Dienstleistung anbieten.“* Dieses Beispiel zeigt auf, dass die Kommunikation und einhergehend damit auch die Entwicklung von Gestaltungsideen von dem jeweiligen politischen Kontext abhängen.

Insbesondere kann auf dieser Ebene das Artefakt *politisch* die Funktion eines *Boundary Object* einnehmen, auf die sich die verschiedenen Gestaltungs- und Nutzungsinteressen beziehen und

miteinander ausgehandelt werden können. Der Erfolg eines Artefakts ergibt sich dabei aus seiner Fähigkeit, die unterschiedlichen Interessen der einzelnen Akteure im ausreichenden Maße zu integrieren.

## 6 Zusammenfassung

Der Flexibilisierung von IT-Landschaften kommt eine immer größere Bedeutung zu. In der Forschung werden jedoch meist produkt-orientierte und prozess-orientierte Flexibilisierungsstrategien noch getrennt von einander betrachtet.

Synthetisiert man jedoch beide Richtungen, erkennt man, dass ein integrierendes Glied fehlt, das in der praktischen Umsetzung zwischen beiden Konzepten vermittelt. Bei der Vermittlung kommt dem Endbenutzer eine entscheidende Rolle zu, da er zum einen mit den (geänderten) Anforderungen im Nutzungskontext unmittelbar konfrontiert und zum andern in der Lage ist, auch eigenständig Innovation zu entwickeln.

Das Konzept der Infrastrukturen zur Aneignungsunterstützung erweitert die Ideen der *User Innovation* [vHip88, vHi+02] um das Konzept anpassbarer Software [Tege00, Hen+91], wobei es sich die Eigenschaft der *Direct Manipulation* [Shne83] heutiger Anwendungssysteme zunutze macht, um Meta-Nutzungsfunktionalitäten direkt in das User Interface einzuweben.

Auf der analytischen Ebene konnte das Konzept der *Boundary Objects* [Sta+89] fruchtbar gemacht werden um die einzelnen Dimensionen einer Aneignungsunterstützung zu thematisieren. Dabei zeigt sich, dass die materielle Struktur des Artefakts nicht nur in der Nutzung, sondern auch im Diskurs hierüber eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt. Insbesondere zeigt die genaue Analyse von Krisensituation, dass die Trennung der verschiedenen Aspekte der Nutzungsreflektion aus der Perspektive des Nutzers problematisch ist.

Im BSCWeasel-Projekt konnte gezeigt werden, dass sich weite Teile des Konzepts der Infrastrukturen zur Aneignungsunterstützung mit Hilfe der durch Eclipse bereitgestellten Möglichkeiten auf eine effiziente Art und Weise umsetzen lassen [Ste+04, Ste+06a, Ste+06b].

Erste praktische Erprobungen der Infrastruktur beim BSCWeasel-Projekt deuten auch an, dass die hier vorgestellte technische Infrastruktur schon heute dazu beitragen kann, das Potential der Nutzer in einem kontinuierlichen Entwicklungsprozess besser zu nutzen. Jedoch hat sich auch bei der technischen Umsetzung gezeigt, dass die Architektur von Eclipse nicht darauf anlegt ist,

den Übergang von Nutzung zur Meta-Nutzung zu fördern. Inwieweit dies nachträglich durch geeignete Erweiterung behoben werden kann, ist Teil der zukünftigen Arbeiten der vorgestellten, prototypischen Umsetzung der Infrastruktur.

## References

- [Beck00] Beck, K.: Extreme Programming Explained: Embrace Change. 2000, Pearson Education: Addison-Wesley.
- [Ben+95] Bentley, R., Dourish, P.: Medium versus mechanism: Supporting collaboration through customisation. In: Proceedings of ECSCW'95, 1995. Sweden: Kluwer.
- [Bryn98] Brynjolfsson, E., Hitt, L.M.: Beyond the productivity paradox. Communications of the ACM, 1998. 41(8): S. 49-55.
- [Fis+02] Fischer, G., Ostwald, J.: Seeding, Evolutionary Growth, and Reseeding. In: Proc. of PDC 02, CPSR, 2002, S. 292-298.
- [Fis+90] Fischer, G., Girgensohn, A.: End-user modifiability in design environments. In: Proceedings of the SIGCHI. 1990, ACM Press, 1990, S. 183 - 191.
- [Flo+89] Floyd, C., Reisin, F.-M., Schmidt, G.: STEPS to Software Development with Users Source. In: Proc. of the European SE Conf., Springer-Verlag, 1989, S. 48-64.
- [Har+96] Hartson, H.R., Castillo, J.C., Kelso, J., Kamler, J., Neale, W.: Remote Evaluation: The Network as an Extension of the Usability Laboratory. In Proc. of CHI'96, 1996, S. 228-235
- [Hen+91] Henderson, A., Kyng, M.: There's No Place Like Home: Continuing Design. In: Use, in Design at Work, 1991, S. 219 - 240.
- [Joas96] Joas, H., Die Kreativität des Handelns, 1996, Suhrkamp.
- [Kar+98] Karsten, H., Jones, M.. The long and winding road: Collaborative IT and organisational change. In: Int. Conference on CSCW'98. ACM Press, 1998, S. 28-38.

- [Mal+95] Malone, T.W., Lai, K.-Y., Fry, C.: Experiments with Oval: a radically tailorable tool for cooperative work. In: ACM TOIS. 13 (2), 1995, S. 177 - 205.
- [Mørc97] Mørch, A.: Three Levels of End-user Tailoring: Customization, Integration and Extension. In: Computers and Design in context, MIT Press, 1997, S. 51 – 76.
- [Ober94] Oberquelle, H., Situationsbedingte und benutzerorientierte Anpassbarkeit von Groupware. In: Menschengerechte Groupware, Teubner, 1998, S. 31-50.
- [Orl+97] Orlikowski, W.J., Hofman, J.D.: An Improvisational Model for Change Management.. In: Sloan Management Review, 1997, S. 11-21.
- [Orli96] Orlikowski, W.J.: Evolving with Notes: Organizational change around groupware technology. In Groupware & Teamwork, J. Wiley, 1996, S. 23 – 60.
- [Oeve97] Oevermann, U.: Thesen zur Methodik der werkimmanenten Interpretation vom Standpunkt der objektiven Hermeneutik, Manuskript, gehalten auf der 4. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft objektive Hermeneutik e.V. 1997: Frankfurt a. M
- [Pipe05] Pipek, V.: From Tailoring to Appropriation Support: Negotiating Groupware Usage. PhD Thesis, University of Oulu: Oulu, Finland, 2005.
- [Pip+99] Pipek, V., Wulf, V.: A Groupware's Life. In: Proc. of ECSCW '99, Kluwer, 1999, S. 199 – 219.
- [Rum+01] Rumpe, B., Schröder, A.: Quantitative Untersuchung des Extreme Programming Prozesses, Technischer Bericht TUM-I0110 and ViSEK/006/D2001, 2001.
- [Shne83] Shneiderman, B.: Direct manipulation: a step beyond programming languages. In: *IEEE Computer* 16(8), 1983, S. 57-69.
- [Sta+89] Star, S.L., Griesemer, J.R.: Institutional Ecology, Translations and Boundary Objects. In: *Social Studies of Science*, 19, 1989, S. 387-420.
- [Ste+04] Stevens, G., Budweg, S, Pipek, V.: The "BSCWeasel" and Eclipse-powered Cooperative End User Development. In: Workshop at the CSCW'04, 2004.

- [Ste+06a] Stevens, G., Wiedenhöfer, T.: CHIC - A pluggable solution for community help in context. In: Proc. of the NordCHI 2006 (in Druck).
- [Ste+06b] Stevens, G. Draxler, S.: Partizipation im Nutzungskontext. In: Konferenzband Mensch & Computer 2006 (in Druck).
- [Stiem00] Stiemerling, O.: Component-Based Tailorability. Dissertation, Institut für Informatik III., Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 2000.
- [Strü99] Strübing, J.: Digging the Gold Mine. Vortragsmanuskript, gehalten an der Spring School on STS, Zurich, March, 3, 1999.
- [Teeg00] Teege, G.: Users as Composers: Parts and Features as a Basis for Tailorability. In: Computer Supported Cooperative Work, 9(1), 2000, S. 101-122.
- [Tör+03] Törpel, B., Pipek, V., Rittenbruch, M.: Creating Heterogeneity - Evolving Use of Groupware in a Network of Freelancers. In: Computer Supported Cooperative Work, 12(1-2), 2003.
- [vHip+02] von Hippel, E., Katz, R.: Shifting Innovation to Users via Toolkits, In: Management Science, 48(7), 2002, S. 821-834.
- [vHip88] von Hippel, E.: The sources of innovation, Oxford University Press, 1988.
- [Wul+01] Wulf, V., Golombek, B.: Exploration environments: concept and empirical evaluation. In: Proc. of the GROUP. 2001, S. 107-116.
- [Wul+95] Wulf, V., Rohde, M.: Towards an Integrated Organization and Technology Development. In: Proc. of Designing Interactive Systems. 1995, S. 55-64.
- [Wulf99] Wulf, V.: Evolving Cooperation when Introducing Groupware – A Self-Organization Perspective. In: Cybernetics and Human Knowing, 6(2), 1999, S. 55 – 75.



# INDIVIDUAL AND HUMAN-ASSISTED COMPUTER SELF-EFFICACY: AN EMPIRICAL EXAMINATION

Jason Bennett Thatcher

College of Business and Behavioral Science - Clemson University  
Clemson, SC 29634 USA  
jthatch@clemson.edu

Michael J. Gundlach

College of Business - Florida State University  
*Tallahassee, FL 32306-1110 USA*  
*mjg1052@garnet.acns.fsu.edu*

D. Harrison McKnight

Eli Broad College of Business - Michigan State University  
East Lansing, MI 48824-1121 USA  
mcknight@bus.msu.edu

Mark Srite

Sheldon B. Lubar School of Business - University of Wisconsin-Milwaukee  
Milwaukee, WI 53201 USA  
msrite@uwm.edu

## **Abstract**

Researchers have found computer self-efficacy to be important to technology adoption. Past research has treated computer self-efficacy (CSE) as a unitary concept. This study proposes that CSE has two dimensions—individual and human-assisted. Using items drawn from the Compeau and Higgins' [CoHi95b] CSE instrument, the paper examines each dimension's relationship to computer anxiety and perceived ease of use of information technology. The paper contributes to the literature by showing that the Compeau and Higgins instrument measures two CSE dimensions with distinct effects on computer anxiety and perceived ease of use of information technology. Implications for research and practice are offered.

## 1 Introduction

Successfully adopting technologies is crucial for effective enterprises, and computer self-efficacy is a key factor in adoption. Learning to utilize information technology (IT) rests on the shoulders of individual organizational members. At this individual level of analysis, understanding factors influencing IT use has been of great interest to information systems researchers [CoHH99, Davi89, MaHZ96]. Numerous studies have demonstrated that computer self-efficacy (CSE) plays an important role in influencing IT perceptions and use [HiSM87, Igl95, MaYJ98]. CSE refers to an individual's "judgment of one's capability to use a computer" [CoHi95b, p. 192]. In general, research suggests that CSE is an important antecedent to beliefs and emotions that influence IT use. For example, CSE positively influences perceptions about the ease of use (EOU) of IT [VeDa96] and negatively impacts computer anxiety [CoHH99].

Although CSE has been frequently researched, critics of the CSE literature suggest that, "the results obtained to date have, in some cases, been either equivocal or contradictory" [MaYJ98, p. 126]. For example, using an established CSE scale, Compeau and Higgins [CoHi95a] found support for a model linking CSE to outcome expectancy, which refers to a person's estimate that a behavior will lead to an outcome [Band77]. However, using a new CSE scale, Johnson and Marakas [JoMa00] found stronger support for CSE exerting a positive influence on outcome expectancy. After examining these contradictions, we feel that the problematic findings are likely rooted in how studies have operationalized the CSE construct [Band77]. Some have employed self-developed measures [Busc95, HeSt95, JoMa00], while others have modified existing measures [TaTo95, WeMa93], creating a lack of consistency in the way CSE has been operationalized. Furthermore, CSE has been treated as a unitary concept, even though, as discussed later in the paper, its measures reflect two distinct concepts. Treating multi-dimensional concepts as unitary constructs can cause empirical problems, as found in other domains [Rubi73]. A lack of conceptual clarity and measurement issues may be responsible for fragmented findings affecting the development of the CSE concept [MaYJ98]. This paper examines two questions: 1) What are the conceptual dimensions of CSE?; and 2) Can the Compeau and Higgins' [CoHi95b] CSE scale be adapted to operationalize these conceptual dimensions?

## 2 Theoretical Background

Drawing on social cognitive theory [Band77], CSE research brings *self-efficacy* to the domain of IT. Self-efficacy refers to “people’s judgments of their capabilities to organize and execute courses of action required to attain designated types of performances” [Band86]. Self-efficacy’s implications have been studied extensively in many fields such as education, psychology, social psychology, health, athletics, and management [Band97].

Computer self-efficacy refers to individuals’ judgment of their capabilities to use computers [MaYJ98]. Research suggests that individuals who express higher CSE levels are likely to express more positive beliefs about, and more frequently use, IT [CoHH99]. CSE may be conceptualized at two levels – general and task-specific [MaYJ98]. *General CSE* refers to individuals’ beliefs about their ability to use a computer across situations or applications. *Task-specific CSE* refers to individuals’ beliefs about their ability to use a specific information technology. *Task-specific CSE* may be influenced by training or experience [AgSS00]. General and task-specific CSE do not differ from each other in terms of their conceptual makeup, only in terms of level of specificity. Rather, they are the same basic construct applied to either general or specific technologies. A number of recent studies have examined the construct of computer self-efficacy. Unfortunately a consensus does not seem to have emerged as to how to operationalize CSE. In other research, Compeau and Higgins’ ten-item scale has been used in its entirety [GuNd06, Haya04, ShPC03] as well as reduced to a smaller subset [ThCH06, Hasa06, ChLu04]. A number of other scales have also been employed [Hasa06, ReDM05, StHe03, YiIm04, FaNW03].

### 2.1 Attribution Theory and CSE

Individuals may attribute computer self-efficacy beliefs to internal and external sources [Band88, KeCH99, MaYJ98, SiMG95]. Attribution theory helps explain individuals’ causal explanations for events or performance. It suggests that individuals’ beliefs about locus of causality influence perceptions about their performance in various situations. Locus of causality refers to whether individuals believe that their ability to perform an action (such as using an IT) rests on external factors or resides within themselves [Mart95, p. 9]. Thus, external attribution relates to human-assisted CSE. When individuals make external attributions, they assess their capability in light of external factors such as peer or technical support. In terms of CSE, external attributions reflect beliefs about one’s capability to perform a task on a computer *with*

*assistance or support* from an external source. When individuals make internal attributions, they believe that they can exert personal control over performance or other outcomes (i.e., without external help). In terms of CSE, internal attributions reflect individuals' beliefs about their ability to independently accomplish a task using a computer. Hence, internal attribution relates to individual (unassisted) CSE.

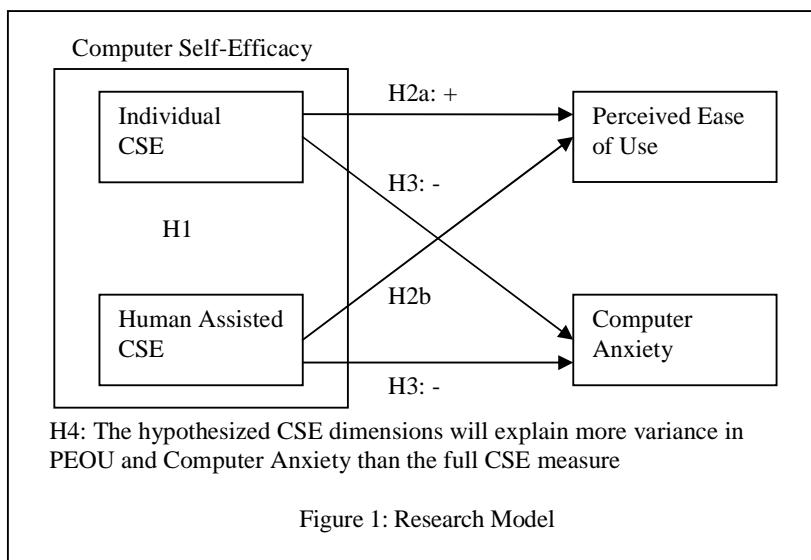
Applying attribution theory to CSE terms yields two construct definitions. *Individual CSE* means a belief about one's ability to independently accomplish a task on a computer. A little child demonstrates individual self-efficacy by proudly saying, "Look, Mom, I can do it all by myself". *Human-assisted CSE* means a belief about one's ability to perform a task on a computer with support from another person. This type of CSE reflects the need for help, as when, frustrated at the computer, you ask for help from colleagues or support personnel. Distinguishing between internal and external sources of efficacy beliefs is important because individuals who make internal attributions express more confidence in their ability to perform a task and report more positive beliefs and attitudes than do those who make external attributions [Band77, Schu84, ScGu86, SiMG95]. In this way, splitting CSE along attributional lines extends theory beyond the levels-of-specificity distinction of general and task-specific CSE. Distinguishing between individual and human-assisted CSE is important because it distinguishes the two underlying attributional thought structures that influence how CSE will operate. Because of their attributional differences, individual and human-assisted CSE should apply to both general and task-specific CSE situations.

Rather than develop a new CSE measure, this study focuses on refining an existing instrument to measure the internal and external dimensions of CSE. By doing so, we build on prior empirical research. The Compeau and Higgins' [CoHi95b] instrument was designed to capture the magnitude and strength of CSE across situations. The instrument has received varying support through its wide use in the information systems literature [AgKa00, AgSS00, CoHH99]. Although designed to assess individuals' overall CSE level, we believe that the Compeau and Higgins' items represent distinct attributional sources of CSE. By carefully evaluating the instrument's items in terms of dimensionality, and then validating these dimensions across general and specific CSE, we believe researchers will possess more effective tools to evaluate CSE across settings. Hence, the next section of the paper develops hypotheses that predict the multi-dimensionality of Compeau and Higgins' instrument, and evaluates the

nomological network of relationships between the dimensions of CSE and two effects of CSE-computer anxiety and perceived ease of use.

### 3 Research Model and Hypotheses

The research model was developed as follows (see Figure 1). First, the researchers examined the face validity of the Compeau and Higgins' CSE instrument to determine whether items fell within the internal and external dimensions of efficacy beliefs. Face validity is a method most often used to assess whether measurement items adequately represent the concept they are intended to measure, thereby assuring the important logical link between empirical measures and theoretical concepts, on which the veracity of logical positivist science depends [Schw80]. Face validity was assessed prior to empirical analysis in order to identify *a priori* which items



best measured each attributional CSE dimension.

Two of the researchers separately examined the wording and phrasing of the instrument in order to identify items that implied different sources of attributional

causation. The items were examined in light of: (a) what the researchers knew about attribution theory and (b) the definitions of individual and human-assisted CSE presented in the Theoretical Background section. The researchers consistently identified six items that uniquely represented the two distinct dimensions of CSE – the individual (I) and human-assisted (H). Their coding for items comprising each dimension is shown in Table 1. Overall, the researchers agreed on the placement of all but one of the items (Cohen's Kappa = .92).

Meeting to discuss their item codings, the two researchers agreed that the remaining four items did not have sufficient clarity to be clustered with either dimension or to form a distinct conceptual dimension; rather, these items represented such beliefs as familiarity with the

technology, resources such as time required to complete a task, or an automated help facility built into the system. Ignoring these items (coded O in Table 1), the scale appears to have two distinct dimensions representing individual and human-assisted CSE. Thus, an analysis of these measures in light of attribution theory suggests that:

**Hypothesis 1.** The Compeau and Higgins' [CoHi95b] computer self-efficacy instrument measures two distinct dimensions of efficacy beliefs.

<b>Computer Self Efficacy Items</b>	<b>Rater 1</b>	<b>Rater 2</b>
<i>I could complete my job using the technology if ...</i>		
1. ... there was no one around to tell me what to do. (I)	I	I
2. ... I had never used a package like it before. (I)	I	I
3. ... I had only the software manuals for reference. (I)	I	I
4. ... I had seen someone else using it before trying it myself.	H	O
5. ... I could call someone for help if I got stuck. (H)	H	H
6. ... someone else helped me get started. (H)	H	H
7. ... I had a lot of time to complete the job for which the software was provided.	O	O
8. ... I had just the built-in help facility for assistance	O	O
9. ... someone showed me how to do it first. (H)	H	H
10. ... I had used similar packages like this one before to do the job.	O	O
I = Items comprising the individual dimension of CSE. H = Items comprising the human-assisted dimension of CSE. O = Other sources of efficacy such as resource availability or experience. Cohen's Kappa, a measure of interrater reliability, was .92		

Table 1. Compeau and Higgins' (1995) General Self-Efficacy Measure

The Information Systems literature was then reviewed to identify perceptions of IT with which the individual and human-assisted dimensions would demonstrate distinct relationships. In this way, nomological validity of the constructs could be demonstrated. Nomological validity means whether or not the construct does what is expected within its nomological network [Schw80], such as relating to other constructs as theory suggests [WeMa93]. If two constructs perform differently in their nomological network, this provides additional evidence that they are discriminant constructs.

To establish the nomological validity of the CSE dimensions, we examined two well-established correlates of CSE – the perceived ease of use (EOU) of IT and computer anxiety. We selected EOU and computer anxiety as dependent variables for two reasons. First, CSE exhibits distinct relationships with EOU and computer anxiety. When individuals express high levels of CSE, research suggests that they report high levels of EOU [Venk00, VeDa96]. Inversely, when individuals express low levels of CSE, studies consistently show individuals report higher levels of computer anxiety [JoMa00, MaYJ98]. Second, EOU and computer anxiety were used as outcome variables in important CSE research. In an important extension

of the technology acceptance model, Venkatesh [Venk00] found that CSE was a significant positive correlate of EOU. Also, in their seminal CSE research, Compeau and Higgins [CoHH99, CoHi95a] found that computer anxiety and general computer self-efficacy were negative correlates. Because EOU and computer anxiety are well established constructs in CSE research, we believe they serve as useful outcome variables for research examining the nomological validity of dimensions of CSE. EOU is defined as “the degree to which the prospective user expects the target system to be free of effort” [DaBW89]. Venkatesh and Davis [VeDa96] found that general CSE was a significant positive correlate of EOU of IT. Since a belief that one can independently accomplish a computer task (individual CSE) will make a system seem simple to use, we believe that the individual CSE dimension will positively affect perceived EOU. In other words, when people have higher levels of individual CSE, they should report higher levels of EOU because they have confidence in their personal ability to use IT.

**Hypothesis 2a.** The individual dimension of computer self-efficacy will have a significant, positive influence on perceived ease of use.

Human-assisted CSE reflects beliefs about the ability to use IT with external assistance. Although individuals may believe they can perform a task with assistance, they may not believe that a technology will be easy for them to use. Beliefs linked to ability should improve as the sources of successful performances are attributed to internal causes grounded within one’s self (e.g., ability or effort) rather than external circumstances [Band77, Band88, GiSR89, HeST95, MaHZ96, SiMG95]. Because perceptions of EOU should be based primarily on beliefs in individuals’ capabilities without receiving potential human assistance, we believe that the human-assisted dimension of CSE should not influence the perceived ease of use of IT. EOU perceptions tend to involve ease of use by the unaided person, indicating perceptions about how easy it is for the individual to use the technology without help. The EOU items match this definition of the concept.

**Hypothesis 2b.** The human-assisted dimension of computer self-efficacy will not significantly affect perceived ease of use.

Computer anxiety reflects negative emotional arousal linked to actual or potential computer use [IgPH89]. Computer anxiety stems from irrational fears about the implications of computer use such as the loss of important data or fear of making other mistakes [Siev88]. Compeau et al. [CoHH99] found that CSE was a significant negative correlate of computer anxiety. Given that

computer anxiety reflects irrational fears about IT use, it is reasonable to expect that it will be influenced by individual beliefs about using IT alone or with human assistance. Either type of CSE should influence computer anxiety. A high level of individual CSE should lower anxiety about using the computer because it implies one has personal control over the computer. Human-assisted CSE should lower anxiety because one would feel more assured (and thus less anxious) knowing that help is available. As a result, we expect that the individual and human-assisted CSE dimensions will each demonstrate significant negative relationships with computer anxiety.

**Hypothesis 3.** Individual and human-assisted computer self-efficacy will demonstrate significant negative relationships with computer anxiety.

Even if hypothesized relationships to EOU and computer anxiety are demonstrated, to be a useful extension of CSE research, the distinction between individual and human-assisted CSE must offer more explanatory power than the original, full CSE instrument. We believe it will. A broad, dual construct will tap both the individual and human-assisted aspects of CSE. Two separate CSE measures should provide more explanatory power than one conflicted measure.

**Hypothesis 4.** The hypothesized dimensions of computer self-efficacy will explain more of the variance in perceived ease of use and computer anxiety than will the original measure of computer self-efficacy.

## 4 Method

Stinchcombe [Stin68] argued that two somewhat different tests of a theory provide stronger support for the theory than does one test. To determine the distinction between the two types of CSE, we propose that they must pass two tests. First, they must factor separately, and, second, they must predict at least one related consequent in distinct ways (see Hypotheses 2a, 2b). To add contextual variety, two studies were conducted to assess the dimensionality of the CSE measure and to test the nomological validity of the CSE dimensions. Study 1 focused on general CSE, while Study 2 examined specific CSE. We felt it possible that the model constructs would behave differently under these two conditions. If the proposed dimensions operate as hypothesized under both conditions, this would more strongly support the two-dimension CSE model because it is a more rigorous test.



Study 1 operationalized constructs in terms of general CSE, anxiety, and the perceived ease of use of computers. The sample consisted of undergraduate business students enrolled in a required introductory computing course in the College of Business at a large public university in the Southeastern United States. The male to female ratio was 58% to 42%. Surveys were distributed during the first week of the course. A list-wise deletion yielded 153 usable responses (72.8%). Study 2 operationalized the constructs in terms of task-specific self-efficacy, anxiety and the perceived ease of use associated with Oracle Developer 2000. The sample consisted of senior-level MIS undergraduate students enrolled in an upper division systems analysis and design course in their major at the same university in the Southeastern United States. The male to female ratio was 69% to 31%. One hundred seventy-five surveys were distributed to students in a course that required using Oracle Developer 2000. The initial survey captured task-specific efficacy beliefs. At the conclusion of the Oracle module six weeks later, a second survey was administered that measured anxiety evoked by, and the ease of use of, Oracle Developer 2000. A list-wise deletion yielded 149 usable responses (74.5%). Across both studies, respondents completed questionnaires during regularly scheduled class times. Power analysis suggested that the sample sizes were more than sufficient to detect medium effect sizes based on the number of predictors used in the study [Gree91].

Measures were drawn from the information systems literature. CSE was measured using the ten-item scale developed by Compeau and Higgins [CoHi95b]. Computer anxiety was measured using four items developed by Heinssen, Glass, and Knight [HeGK87]. Four items were used to evaluate ease of use [Davi89]. Consistent with prior CSE research, we controlled for age, gender, and years of computer experience [MaYJ98] in the tests of Hypotheses 2 and 3.

## **5 Data Analysis and Results**

We used Partial Least Squares (PLS), a structural equation modeling (SEM) technique, to assess the dimensionality and nomological validity of the CSE dimensions. This involved predicting EOU and CA with CSE (Hypotheses 2-4). PLS was used for two reasons. It does not require normality and allows researchers to estimate models using ordinal data derived from scales [Wold82]. When determining sample size, Barclay et al. [BaHT95] suggest a “rule of thumb” of ten times the most complex construct’s number of indicators or the largest number of paths leading to a latent construct. With more than 140 cases per study, the datasets satisfy suggested

guidelines for using PLS [BaHT95]. The model was then evaluated in two steps – measurement (to evaluate the measures’ dimensionality) and structural (to examine nomological validity). When using PLS, internal composite reliability (ICR), the average variance extracted (AVE), and items’ loadings and cross-loadings are used to evaluate the convergent and discriminant validity of the latent constructs in the research model. Composite reliability is calculated by squaring the sum of loadings, then dividing it by the sum of squared loadings, plus the sum of the error terms. Interpreted like a Cronbach’s alpha, an internal composite reliability (ICR) of .70 is sufficient for research [FoLa81]. With the exception of the full CSE measure in Study 2 (ICR = .67), results presented in Tables 3a and 3b suggest that the measures displayed adequate convergent validity. The AVE measures the variance captured by the indicators relative to measurement error [FoLa81]. To demonstrate convergent validity, the AVE should be greater than .50 [BaHT95]. To evaluate discriminant validity, Fornell and Larcker [FoLa81] suggest that the square root of the AVE may be compared with the correlations among the latent variables. To be discriminant, the square root of a construct’s AVE should be greater than its correlation with any other construct. Across studies, the AVE square roots presented in Table 2 suggest that the constructs demonstrated adequate discriminant validity. In each study, it is interesting to note that the three-item measures of individual and human-assisted CSE yielded higher AVE’s than the 10-item general CSE measure. A second way to evaluate discriminant validity is to examine the factor loadings of each indicator [Chin88]. To be discriminant, each indicator should load higher on the construct of interest than on any other variable. Inspection of loadings and cross-loadings presented in Tables 3a and 3b suggests that the items load on the appropriate constructs. Inspection of the loadings and cross-loadings suggests that the individual and human-assisted CSE items were discriminant. Hence, card sorting and analysis of the measurement model support Hypothesis 1.

PLS results provided mixed empirical support for Hypotheses 2 through 4 (see Table 4). PLS structural model results may be interpreted like a regression analysis. Each  $R^2$  indicates the amount of variance explained in the latent construct [BaHT95]. Path coefficients can be read like standardized betas resulting from ordinary least squares regression. To test the significance of path coefficients, a bootstrapping procedure was used to generate t-statistics [Chin98]. Hypothesis 2, which suggested that individual and human-assisted CSE should demonstrate distinct relationships to the ease of use of IT, was supported. However, analysis provided limited support for Hypotheses 3 and 4. Results will be discussed in more detail below.

Study 1- Full Self-Efficacy Model							Study 1 - Dimensions Self-Efficacy Model							
	CSE	CA	EOU	Age	Exp	Gen		HACSE	ICSE	CA	EOU	Age	Exp	Gen
CSE	<b><u>0.75</u></b>						HACSE	<b><u>0.89</u></b>						
CA	-0.41	<b><u>0.89</u></b>					ICSE	0.53	<b><u>0.85</u></b>					
EOU	0.38	-0.35	<b><u>0.90</u></b>				CA	-0.38	-0.36	<b><u>0.89</u></b>				
Age	-0.04	-0.01	-0.07	-			EOU	0.25	0.42	-0.35	<b><u>0.90</u></b>			
Exp.	0.27	-0.27	0.17	0.04	-		Age	-0.03	-0.08	-0.01	-0.07	-		
Gen.	0.14	-0.23	0.23	0.23	0.15	-	Exp.	0.28	0.21	-0.27	0.17	0.04	-	
							Gen.	0.05	0.18	-0.23	0.23	0.23	0.15	-
Study 2- Full Self-Efficacy Model							Study 2 - Dimensions Self-Efficacy Model							
	CSE	CA	EOU	Age	Exp	Gen		HACSE	ICSE	CA	EOU	Age	Exp	Gen
CSE	<b><u>0.68</u></b>						HACSE	<b><u>0.86</u></b>						
CA	-0.31	<b><u>0.82</u></b>					ICSE	0.38	<b><u>0.80</u></b>					
EOU	0.27	-0.35	<b><u>0.90</u></b>				CA	-0.20	-0.38	<b><u>0.82</u></b>				
Age	0.03	0.15	-0.02	-			EOU	0.11	0.35	-0.35	<b><u>0.90</u></b>			
Exp.	0.02	0.03	-0.03	-0.16	-		Age	0.08	-0.02	0.15	-0.02	-		
Gen.	-0.06	-0.07	-0.04	0.25	-0.14	-	Exp.	0.03	-0.05	-0.03	-0.03	-0.16	-	
							Gen.	-0.03	-0.06	-0.07	-0.04	0.25	-0.14	-

<sup>a</sup> The diagonal is the square root of the average variance extracted. To be discriminant, the diagonal item should be greater than corresponding off-diagonal elements.

Key: CSE = Computer Self-Efficacy, CA = Computer Anxiety, EOU = Perceived Ease of Use, Exp. = Experience, Gen = Gender, HACSE = Human-Assisted CSE, ICSE = Individual CSE

Table 2 - Correlation of Latent Constructs<sup>a</sup>

Study 1 - Full Self-Efficacy Model							Study 1 - Dimensions Self-Efficacy Model							
ITEMS	CSE	CA	EOU	Gen	Exp	Age	ITEMS	HACSE	ICSE	CA	EOU	Gen	Exp	Age
CSE1	<b><u>0.69</u></b>	-0.29	0.33	0.12	0.15	-0.10	CSE5	<b><u>0.92</u></b>	0.53	-0.34	0.23	0.05	0.23	-0.03
CSE2	<b><u>0.71</u></b>	-0.38	0.36	0.15	0.17	-0.08	CSE6	<b><u>0.84</u></b>	0.49	-0.30	0.24	0.06	0.29	-0.02
CSE3	<b><u>0.75</u></b>	-0.27	0.39	0.19	0.22	-0.02	CSE9	<b><u>0.90</u></b>	0.38	-0.36	0.18	0.01	0.21	-0.02
CSE4	<b><u>0.82</u></b>	-0.29	0.33	0.19	0.18	0.05	CSE2	0.41	<b><u>0.87</u></b>	-0.38	0.36	0.15	0.17	-0.08
CSE5	<b><u>0.80</u></b>	-0.34	0.23	0.05	0.23	-0.03	CSE3	0.52	<b><u>0.83</u></b>	-0.27	0.39	0.19	0.22	-0.02
CSE6	<b><u>0.77</u></b>	-0.30	0.24	0.06	0.29	-0.02	CSE1	0.41	<b><u>0.87</u></b>	-0.29	0.33	0.12	0.15	-0.10
CSE7	<b><u>0.77</u></b>	-0.29	0.19	0.06	0.20	0.03	CA1	-0.30	-0.34	<b><u>0.89</u></b>	-0.39	-0.25	-0.21	0.04
CSE8	<b><u>0.76</u></b>	-0.28	0.31	0.06	0.21	-0.06	CA2	-0.35	-0.32	<b><u>0.90</u></b>	-0.29	-0.17	-0.26	0.02
CSE9	<b><u>0.72</u></b>	-0.36	0.18	0.01	0.21	-0.02	CA3	-0.35	-0.31	<b><u>0.89</u></b>	-0.25	-0.20	-0.25	-0.08
CSE10	<b><u>0.71</u></b>	-0.21	0.17	0.14	0.19	-0.04	CA4	-0.34	-0.33	<b><u>0.88</u></b>	-0.32	-0.22	-0.24	0.03
CA1	-0.34	<b><u>0.89</u></b>	-0.39	-0.25	-0.21	0.04	EOU1	0.24	0.38	-0.33	<b><u>0.92</u></b>	0.19	0.11	-0.02
CA2	-0.36	<b><u>0.90</u></b>	-0.29	-0.17	-0.26	0.02	EOU2	0.16	0.37	-0.29	<b><u>0.89</u></b>	0.24	0.18	-0.12
CA3	-0.36	<b><u>0.89</u></b>	-0.25	-0.20	-0.25	-0.08	EOU3	0.27	0.38	-0.32	<b><u>0.90</u></b>	0.18	0.18	-0.05
CA4	-0.32	<b><u>0.88</u></b>	-0.27	-0.22	-0.23	-0.05	EOU4	0.19	0.36	-0.34	<b><u>0.91</u></b>	0.21	0.16	-0.08
EOU1	0.35	-0.33	<b><u>0.92</u></b>	0.19	0.11	-0.02	Gen	0.04	0.18	-0.23	0.23	<b><u>1.00</u></b>	0.15	0.23
EOU2	0.29	-0.29	<b><u>0.89</u></b>	0.24	0.18	-0.12	Exp	0.28	0.21	-0.27	0.17	0.15	<b><u>1.00</u></b>	0.04
EOU3	0.35	-0.32	<b><u>0.90</u></b>	0.18	0.18	-0.05	Age	-0.03	-0.08	-0.01	-0.07	0.23	0.04	<b><u>1.00</u></b>
EOU4	0.33	-0.30	<b><u>0.91</u></b>	0.22	0.15	-0.08								
Gen	0.14	-0.23	0.23	<b><u>1.00</u></b>	0.15	0.23								
Exp	0.27	-0.27	0.17	0.15	<b><u>1.00</u></b>	0.04								
Age	-0.04	-0.01	-0.07	0.23	0.04	<b><u>1.00</u></b>								
ICR	0.75	0.89	0.90	-	-	-	ICR	0.81	0.89	0.89	0.90	-	-	-

Table 3a - Loadings, Cross Loadings, and Reliabilities

Study 2 - Full Self-Efficacy Model							Study 2 - Dimensions Self-Efficacy Model							
ITEMS	CSE	CA	EOU	Gen	Exp	Age	ITEMS	HACSE	ICSE	CA	EOU	Gen	Exp	Age
CSE1	<b>0.50</b>	-0.33	0.41	-0.04	-0.06	-0.03	CSE5	<b>0.85</b>	0.35	-0.16	0.15	-0.07	-0.03	0.21
CSE2	<b>0.54</b>	-0.24	0.19	0.01	-0.10	0.06	CSE6	<b>0.87</b>	0.39	-0.22	0.06	-0.01	0.05	0.09
CSE3	<b>0.70</b>	-0.35	0.26	-0.11	0.03	-0.08	CSE9	<b>0.87</b>	0.24	-0.14	0.09	-0.01	0.06	-0.08
CSE4	<b>0.71</b>	-0.16	0.15	-0.07	-0.03	0.21	CSE2	0.22	<b>0.81</b>	-0.33	0.41	-0.04	-0.06	-0.03
CSE5	<b>0.79</b>	-0.22	0.06	-0.01	0.05	0.09	CSE3	0.27	<b>0.81</b>	-0.24	0.19	0.01	-0.10	0.06
CSE6	<b>0.74</b>	-0.14	0.09	-0.01	0.06	-0.08	CSE1	0.42	<b>0.79</b>	-0.35	0.26	-0.11	0.03	-0.08
CSE7	<b>0.67</b>	-0.11	0.08	0.02	0.07	0.13	CA1	-0.09	-0.35	<b>0.84</b>	-0.31	-0.03	0.01	0.15
CSE8	<b>0.73</b>	-0.19	0.16	-0.13	0.04	0.00	CA2	-0.17	-0.43	<b>0.90</b>	-0.37	-0.02	-0.04	0.17
CSE9	<b>0.64</b>	-0.21	0.35	-0.04	0.07	-0.09	CA3	-0.19	-0.23	<b>0.81</b>	-0.30	-0.20	-0.01	0.06
CSE10	<b>0.70</b>	-0.25	0.23	0.00	-0.03	-0.03	CA4	-0.22	-0.23	<b>0.73</b>	-0.17	0.03	-0.05	0.12
CA1	-0.22	<b>0.84</b>	-0.31	-0.03	0.01	0.15	EOU1	0.11	0.32	-0.21	<b>0.89</b>	-0.03	-0.06	-0.09
CA2	-0.32	<b>0.90</b>	-0.37	-0.02	-0.04	0.17	EOU2	0.09	0.28	-0.37	<b>0.89</b>	-0.04	-0.03	0.07
CA3	-0.23	<b>0.81</b>	-0.30	-0.20	-0.01	0.06	EOU3	0.11	0.33	-0.39	<b>0.92</b>	-0.05	-0.03	-0.07
CA4	-0.25	<b>0.73</b>	-0.17	0.03	-0.05	0.12	EOU4	0.10	0.35	-0.31	<b>0.91</b>	-0.04	0.00	0.03
EOU1	0.27	-0.21	<b>0.89</b>	-0.03	-0.06	-0.09	Gen	-0.03	-0.06	-0.07	-0.04	<b>1.00</b>	-0.14	0.25
EOU2	0.20	-0.37	<b>0.89</b>	-0.04	-0.03	0.07	Exp	0.03	-0.05	-0.02	-0.03	-0.14	<b>1.00</b>	-0.16
EOU3	0.25	-0.39	<b>0.92</b>	-0.05	-0.03	-0.07	Age	0.08	-0.02	0.15	-0.02	0.25	-0.16	<b>1.00</b>
EOU4	0.26	-0.31	<b>0.91</b>	-0.04	0.00	0.03								
Gen	-0.06	-0.07	-0.04	<b>1.00</b>	-0.14	0.25								
Exp	0.02	-0.02	-0.03	-0.14	<b>1.00</b>	-0.16								
Age	0.03	0.15	-0.02	0.25	-0.16	<b>1.00</b>								
ICR	0.67	0.82	0.90	-	-	-	ICR	0.86	0.80	0.82	0.90	-	-	-

Table 3b - Loadings, Cross Loadings, and Reliabilities

	Study 1. General Computer Self-Efficacy Dependent Variable				Study 2. Specific Computer Self-Efficacy Dependent Variable			
	Ease of Use		Computer Anxiety		Ease of Use		Computer Anxiety	
	Path	T-Statistic	Path	T-Statistic	Path	T-Statistic	Path	T-Statistic
<b>Full CSE Model</b>								
Age	-0.11	1.70*	0.02	0.16	0.02	0.25	0.19	2.34*
Gender	0.20	2.52**	-0.16	2.16*	-0.02	0.24	-0.14	1.52~
Computer Experience	0.06	0.61	-0.15	1.97*	-0.04	0.55	-0.02	0.21
Computer Self-Efficacy	0.33	5.63**	-0.34	3.93**	0.36	4.43**	-0.38	4.97**
	(R <sup>2</sup> = 0.19)		(R <sup>2</sup> = 0.22)		(R <sup>2</sup> = 0.13)		(R <sup>2</sup> = 0.18)	
<b>Dimensions Model</b>								
Age	-0.09	1.44~	0.02	0.11	0.00	0.00	0.18	2.17*
Gender	0.17	2.31*	-0.17	2.35*	-0.02	0.26	-0.14	1.71*
Computer Experience	0.07	0.80	-0.14	1.81*	-0.02	0.21	-0.03	0.38
Individual CSE	0.35	4.43**	-0.18	2.73**	0.39	4.33**	-0.37	4.16**
Human-Assisted CSE	0.03	0.32	-0.23	2.49*	0.00	0.36	-0.08	0.81
	(R <sup>2</sup> = 0.21)		(R <sup>2</sup> = 0.23)		(R <sup>2</sup> = 0.14)		(R <sup>2</sup> = 0.20)	

<sup>a</sup> Significance was calculated using a bootstrapping technique. For Study 1, 152 samples were generated. For Study 2, 148 samples were generated. ~ = p<.10, \* = p<.05, \*\* = p<.01

Table 4. PLS Results<sup>a</sup>

## 6 Discussion & Implications

This study suggests that CSE is a multi-faceted construct comprised of two dimensions with distinct attributional sources. In general, results supported the hypotheses. Across independent samples, operationalizations of CSE, and analytic techniques (i.e., card sorting and partial least squares analysis), supported the notion that the Compeau and Higgins' scale provided reliable, distinct measures of individual and human-assisted dimensions of CSE (H1). Even though the results of each study may be deemed anomalous, because it could be a function of the type of specificity of the questions asked, the results of the two studies taken together show a consistent pattern that one would not expect to see by chance. This eliminates the plausible alternative explanation of the study's findings that the results are an artifact of the type of CSE studied. Overall, our findings suggest that IT users may attribute their CSE to individual (i.e., internal) and human-assisted (i.e., external) sources.

Our findings support the notion that the individual CSE dimension correlates with general and specific beliefs about IT. PLS analysis supported Hypotheses 2a and 2b, which state individual CSE should exert a significant positive effect on EOU (Study 1: path = .35,  $p \leq .01$ , Study 2: path = .39,  $p \leq .01$ ), whereas human-assisted CSE should not affect EOU (Study 1: path = 0.03, n.s., Study 2: path = 0.00, n.s.). This finding is consistent with the self-efficacy construct's foundations in social cognitive theory and attribution theory. These theories suggest that self-efficacy attributable to one's own skill set and/or knowledge base should lead to positive perceptions of ability in a specific context. According to Bandura [Band77], successful performances perceived as resulting from internal causes rather than the circumstance should enhance beliefs about future performance in specific situations such as the ease of use of IT. Additionally, studies in attribution theory [Heid58, Kell71, Mart95, Wein95] have shown that people who perceive themselves as sources of change in their lives should have more stable beliefs across situations [Kloo88, Wein85]. Hence, our findings underscore the importance of individual CSE for encouraging positive perceived ease of use of IT.

Even when organizations offer human support for using information technology, our findings suggest that users will experience anxiety when using a specific IT. Mixed support was found for Hypothesis 3, that states that both individual and human-assisted CSE should negatively affect computer anxiety. At a general level, Study 1 results suggest that both CSE dimensions negatively affect computer anxiety. Human-assisted CSE demonstrated a slightly stronger negative relationship with computer anxiety (path = -.23,  $p \leq .01$ ) than individual CSE did (path

= -.18,  $p \leq .01$ ). This finding implies that at a general level, computer anxiety can be offset by beliefs about one's own capabilities and by forms of human support, and the latter may be very applicable to assisting those experiencing computer anxiety across technologies or software packages. However, when considering specific CSE, Study 2 results suggest that anxiety associated with using a specific IT was diminished solely by individuals' internal judgments of capabilities (path = -0.37,  $p \leq .01$ ); they were not influenced by their awareness of human support for using the software (path = -0.08,  $p \leq .01$ ). Apparently, believing they could do the task with someone's help did not effectively mitigate respondents' anxiety about using Oracle Developer2000. Hence, this finding underscores the importance of building individuals' sense of competence for using software independently of human support. While this finding contradicts Hypothesis 3, it does indicate that for the task specific situation, individual CSE acts different from human-assisted CSE, supporting the overall thesis that these constructs are distinct. Although the individual and human assisted dimensions used fewer items, they offered comparable explanatory power to the full CSE instrument (H4). The CSE dimensions' scales explained only .02 more variance in EOU and computer anxiety than the full CSE instrument. However, because 3-item scales explained approximately the same amount of variance as the full 10-item CSE instrument, this finding suggests that the CSE dimensions' instruments may offer a more parsimonious set of CSE scales for future research.

This paper has implications for Information Systems researchers and practitioners. For research, this paper's findings respond to concerns about the validation of instruments used in Information Systems research [StKa97, ZmBo91]. Our findings clarify CSE's theoretical underpinnings and present parsimonious measures of individual and human-assisted CSE dimensions. Moreover, specifying the dimension(s) of CSE in which researchers are interested can only strengthen the internal, external, and nomological validity of future studies. By identifying reliable, parsimonious measures of CSE and related constructs, results within and across studies may be more effectively interpreted and compared. This is an interesting and difficult issue to comment on, however, since these concerns apply to CSE researchers as well as to the broader community of self-efficacy researchers [Band88]. Coming to a consensus about what CSE means conceptually and how to measure it consistently will take time, requiring practical considerations about the nature of different information technologies, theoretical considerations about the construct's foundations, and communication and debate between CSE researchers.

For applied communities, this research directs attention to how firms evaluate IT training programs. CSE is a frequently used measure of IT training programs' effectiveness. If programs seek to raise participants' overall level of IT competence, trainers should evaluate trainees' general self-efficacy. However, if trainers seek to encourage independent use of IT, our findings suggest trainers should evaluate training programs based on internal (individual) CSE attributions. To build internal efficacy attributions, education research suggests programs emphasize providing positive feedback on prior performance and ability [Schu83, Schu82]. However, because this study does not link training or CSE to performance with IT, additional research is needed which ties specific forms of training and feedback to CSE's dimensions and to outcomes such as IT use in organizations.

## **7 Conclusion**

This present study underscores CSE's multidimensional nature and the associated difficulties with operationalizing its meaning. Rather than a critique of prior research, this study should be interpreted as clarifying CSE's conceptualization and measurement and providing evidence of the usefulness of a refined version of a well-established CSE instrument.

## **Works Cited**

- [AgKa00] Agarwal, R. and E. Karahanna: Time flies when your having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS Quarterly*, 2000. 24(4): p. 665-694.
- [AgSS00] Agarwal, R., V. Sambamurthy, and R.M. Stair: The evolving relationship between general and specific computer self-efficacy - An empirical assessment. *Information Systems Research*, 2000. 11(4): p. 418-430.
- [Band97] Bandura, A.: *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. 1997, New York: W.H. Freeman.
- [Band77] Bandura, A.: Self-efficacy: Towards a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 1977. 84: p. 191-215.
- [Band88] Bandura, A.: Self-regulation of motivation and action through goal systems, in *Cognitive Perspectives on Emotion and Motivation*, V. Hamilton, G.H. Bower, and N.H. Frijda, Editors. 1988, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, Netherlands.
- [Band86] Bandura, A.: *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. 1986, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- [BaHT95] Barclay, D., Higgins, C. and Thompson, R.: The Partial Least Squares (PLS) Approach to Causal Modeling: Personal Computer Adoption and Use as an Illustration (with commentaries), *Technology Studies* (2:2), 1995, pp. 285-324.
- [Busc95] Busch, T.: Gender differences in self-efficacy and attitudes toward computers. *Journal of Educational Computing*, 1995. 12(2): p. 147-158.
- [ChLu04] Chan, S. and M. Lu: Understanding Internet Banking Adoption and Use Behavior: A Hong Kong Perspective. *Journal of Global Information Management*, 2004. 12(3): p. 21-43.
- [Chin88] Chin, W.: "The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling" in G.A. Marcoulides (Ed.), *Modern Methods for Business Research*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, 1988.
- [CoHH99] Compeau, D., C.A. Higgins, and S. Huff: Social cognitive theory and individual reactions to computing technology: A longitudinal study. *MIS Quarterly*, 1999. 23(2): p. 145-158.
- [CoHi95a] Compeau, D.R. and C.A. Higgins: Application of social cognitive theory to training for computer skills. *Information Systems Research*, 1995. 6(2): p. 118-143.
- [CoHi95b] Compeau, D.R. and C.A. Higgins: Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 1995. 19(2): p. 189-211.
- [Davi89] Davis, F.D.: Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 1989. 13(3): p. 319-340.
- [DaBW98] Davis, F.D., R.P. Bagozzi, and P.R. Warshaw: User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 1989. 35(8): p. 982-1003.
- [FaNW03] Fagan, M., S. Neill, and B. Wooldridge: An Empirical investigation into the Relationship Between Computer Self-Efficacy, Anxiety, Experience Support and Usage. *The Journal of Computer Information Systems*, 2003/2004. 44(2): p. 95-104.
- [FoLa81] Fornell, C., and Larcker, D.F.: Evaluating Structural Equations Models with Unobservable Variables and Measurement Error, *Journal of Marketing Research*, 1981. 18(1): 1981, pp. 39-50.
- [GiSR89] Gist, M.E., C.E. Schwoerer, and B. Rosen: Effects of alternative training methods on self-efficacy and performance in computer software training. *Journal of Applied Psychology*, 1989. 74: p. 884-891.
- [Gree91] Green, S.B.: How many subjects does it take to do a regression analysis? *Multivariate Behavioral Research*, 1991. 26(3): p. 499-510.
- [Hass06] Hassan, B.: Effectiveness of Computer Training. *Journal of Organizational and End User Computing*, 2006. 18(1): p. 50-68.
- [Haya04] Hayashi, A., et al.: The Role of Social Presence and Moderating Role of Computer Self Efficacy in Predicting the Continuance Usage of E-Learning Systems. *Journal of Information Systems Education*, 2004. 15(2): p. 139-154.
- [Heid58] Heider, F.: *The Psychology of Interpersonal Relations*. 1958, New York: Wiley.
- [HeGK87] Heinssen, R.K., C.R. Glass, and L.A. Knight: Assessing computer anxiety: Development and validation of the computer anxiety rating scale. *Computers and Human Behavior*, 1987. 3: p. 49-59.
- [HeSt95] Henry, J. and R. Stone: A Structural Equation Model of Job Performance Using a Computer-Based Order Entry System. *Behaviour and Information Technology*, 1995. 14(3): p. 163-173.



- [HiSM87] Hill, T., N.D. Smith, and M.F. Mann: Role of efficacy expectations in predicting the decision to use advanced technologies: The case of computers. *Journal of Applied Psychology*, 1987. 72(2): p. 307-313.
- [Igli95] Igbaria, M. and A. Iivari: The effects of self-efficacy on computer usage. *Omega*, 1995. 23(6): p. 587- 605.
- [IghPH89] Igbaria, M., F.N. Pravir, and S.L. Huff: Microcomputer applications: An empirical look at usage. *Information and Management*, 1989. 16: p. 187-196.
- [JoMa00] Johnson, R.D. and G.M. Marakas: The role of behavioral modeling in computer skills acquisition - Toward refinement of the model. *Information Systems Research*, 2000. 11(4): p. 402-417.
- [KeCh99] Kelley, H., D. Compeau, and C.A. Higgins: Attribution Analysis of Computer Self-Efficacy. in *Americas Conference on Information Systems*. 1999. Milwaukee, Wisconsin: Association for Information Systems.
- [Kell71] Kelley, H.H.: *Attribution in Social Interactions*. 1971, Morristown, NJ: General Learning Press.
- [Kloo88] Kloosterman, P.: Self-confidence and motivation in mathematics. *Journal of educational Psychology*, 1988. 80: p. 345-351.
- [MaYJ98] Marakas, G.M., M.Y. Yi, and R.D. Johnson: The multilevel and multifaceted character of computer self-efficacy: Toward clarification on the construct and an integrative framework for research. *Information Systems Research*, 1998. 9(2): p. 126-163.
- [Mart95] Martinko, M.J.: The nature and function of attribution theory within the organizational sciences, in *Attribution Theory: An Organizational Perspective*, M. Martinko, Editor. 1995, St. Lucie Press: Delray Beach, FL. p. 7-16.
- [MaHZ96] Martinko, M.J., J.W. Henry, and R.W. Zmud: An attributional explanation of individual resistance to the introduction of information technologies in the workplace. *Behavior and Information Technology*, 1996. 15(5): p. 313-330.
- [ReDM05] Reed, K., D.H. Doty, and D. May: The Impact of Aging on Self-Efficacy and Computer Skill Acquisition. *Journal of Managerial Issues*, 2005. 17(2): p. 212-228.
- [Rubi73] Rubin, Z.: *Liking and loving: An invitation to social psychology*. 1973, New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- [Schu83] Schunk, D.H.: Developing children's self-efficacy and skills: THE roles of social comparative information and goal setting. *Contemporary Educational Psychology*, 1983. 8: p. 76-86.
- [Schu82] Schunk, D.H.: The effects of effort attributional feedback on children's achievement: A self-efficacy analysis. *Journal of educational Psychology*, 1982. 74: p. 548-556.
- [Schu84] Schunk, D.H.: Self-efficacy perspective on achievement behavior. *Educational Psychologist*, 1984. 45(3): p. 819-825.
- [ScGu86] Schunk, D.H. and T.P. Gunn: Self-efficacy and skill development: Influence of task strategies and attributions. *Journal of Educational Research*, 1986. 79: p. 238-244.
- [Schw80] Schwab, D.P.: Construct validity in organizational behavior, in *Research in Organizational Behavior*, B.M. Staw and L.L. Cummings, Editors. 1980, JAI Press: Greenwich, CN. p. 3-43.

- [ScPC03] Sheng, Y.P., M. Pearson, and L. Crosby: Organizational Culture and Employees' Computer Self-Efficacy: An Empirical Study. *Information Resources Management Journal*, 2003. 16(3): p. 42-58.
- [Siev88] Sievert, M.E., et al.: Investigating computer anxiety in an academic library. *Information Technology and Libraries*, 1988. 7(9): p. 243-252.
- [SiMG95] Silver, W.S., T.R. Mitchell, and M.E. Gist: Responses to successful and unsuccessful performance: The moderating effect of self-efficacy on the relationship between performance and attributions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1995. 62(3): p. 286-299.
- [Stin68] Stinchcombe, A.L.: Constructing social theories. 1968, New York: Harcourt, Brace, and World. 15-56.
- [StHe03] Stone, R. and J. Henry: The Roles of Computer Self-Efficacy and Outcome Expectancy in Influencing the Computer End User's Organizational Commitment. *Journal of End User Computing*, 2003. 15(1): p. 38-53.
- [StKa97] Straub, D. and E. Karahanna: Knowledge Worker Communications and Recipient Availability: Toward a Task Closure Explanation of Media Choice. *Organization Science*, 1997(In Press): p. 1-37.
- [TaTo95] Taylor, S. and P.A. Todd: Understanding information technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, 1995. 6(2): p. 144-176.
- [ThCH06] Thompson, R., D. Compeau, and C. Higgins: Intentions to Use Information Technologies: An Integrative Model. *Journal of Organizational and End User Computing*, 2006. 18(3): p. 25-46.
- [Venk00] Venkatesh, V.: Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 2000. 11(4): p. 342-365.
- [VeDa96] Venkatesh, V. and F.D. Davis: A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test. *Decision Sciences*, 1996. 27(3): p. 451-482.
- [WeMa93] Webster, J. and J.J. Martocchio: Turning work into play: Implications for microcomputer software training. *Journal of Management*, 1993. 19(1): p. 127-146.
- [Wein85] Weiner, B.: An Attributional Theory of Achievement Motivation and Emotion. *Psychological Review*, 1985. 92(4): p. 548-573.
- [Wein95] Weiner, B.: *Judgements of Responsibility*. 1995, New York: Guilford Press.
- [WiBr94] Williams, L.J. and B.K. Brown, Method variance in organizational behavior and human resources research on correlations, path coefficients, and hypothesis testing. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1994. 57: p. 185-209.
- [Wold82] Wold, H.: Soft modeling: the basic design and some extensions, in *Systems Under Indirect Observation: Causality, Structure, Prediction*, K.G. Joreskog and H. Wold, Editors. 1982, North Holland: New York. p. 1-47.
- [YiIm04] Yi, M. and K. Im: Predicting Computer Task Performance: Personal Goal and Self-Efficacy. *Journal of Organizational and End User Computing*, 2004. 16(2): p. 20-37.
- [ZmBo91] Zmud, R. and A.C. Boynton: Survey measures and instruments in MIS: Inventory and appraisal, in *The Information Systems Challenge: Survey Research Methods*, K.L. Kraemer, J.I. Cash, Jr., and J.F.J. Nunamaker, Editors. 1991, Harvard Business School: Boston, MA.

# **Einführung in den Track**

## **Customer und Supplier Relationship Management**

**Prof. Dr. Freimut Bodendorf**

Universität Erlangen-Nürnberg

**Prof. Dr. Roland Holten**

Universität Frankfurt a.M.

**Prof. Dr. Andreas Geyer-Schulz**

Universität Karlsruhe (TH)

Das Electronic Business umfasst sowohl operative als auch strategische Aspekte der Geschäftstätigkeit eines Unternehmens mit seinen Partnern. Die Gestaltung und Unterstützung der längerfristigen Geschäftsbeziehungen durch Informations- und Kommunikationssysteme gewinnen dabei zunehmend an Bedeutung. Die u. a. durch Outsourcing-Strategien getriebene Intensivierung der Kooperation von Unternehmen in der vernetzten Wirtschaft führt zu erhöhten Anforderungen an das Lieferantenmanagement. Auf der anderen Seite werden auch Kunden mehr und mehr als Partner des Unternehmens betrachtet, mit denen nicht nur Transaktionen effizient abzuwickeln, sondern auch insbesondere dauerhafte Beziehungen aufzubauen und zu gestalten sind.

Das Beziehungsmanagement mit Kunden und Lieferanten des Unternehmens erfordert einerseits Informationen über diese Partner und andererseits Instrumente zur Kommunikation, Koordination und Kooperation. Der Track widmet sich Strategien, Modellen, Umsetzungskonzepten und Werkzeugen für ein umfassendes Customer und Supplier Relationship Management.

**Programmkomitee:**

Dr. Frank Bensberg, Universität Münster

Prof. Dr. Christoph Lattemann, Universität Potsdam

Dr. Vanessa Niemeyer, Universität Regensburg

Prof. Dr. Richard Pibernik, MIT-Zaragoza

Dr. Susanne Robra-Bissantz, Universität Erlangen-Nürnberg

Dr. Eric Sucky, Universität Frankfurt a. M.

# Optimierung des Customer Lifetime Value auf Basis einzelvertraglicher Entscheidungen

## Ein dynamisches Optimierungsmodell

Dr. Ulrich Faisst

Bain & Company, Inc.  
D-80335 Munich  
ulrich.faisst@bain.com

Martin Gneiser

Lehrstuhl WI-IF (Prof. Buhl)  
Universität Augsburg  
D-86159 Augsburg  
martin.gneiser@wiwi.uni-augsburg.de

Dr. Nina Kreyer

IBM Global Business Services  
London, SE1 9PZ, UK  
nina.kreyer@uk.ibm.com

Dr. Nina Schroeder

O2 Germany  
D-80992 München  
nina.schroeder@o2.com

### Abstract

Der Customer Lifetime Value (CLV) hat sich als zentrale Größe zur Beurteilung und Gestaltung von Kundenbeziehungen etabliert. Während intuitiv verständlich ist, dass Verträge mit einem positiven Wertbeitrag stets angeboten werden, stellt sich die Frage, ob und wann sich auch der Abschluss von Verträgen mit einem negativen Wertbeitrag lohnt, um zukünftig profitable Geschäfte mit dem Kunden zu tätigen und den CLV zu maximieren. Um solche Strategien adäquat zu unterstützen, sind geeignete Entscheidungsmodelle notwendig. Der folgende Beitrag greift diesen Bedarf auf und schlägt ein dynamisches Optimierungsmodell vor, das Unternehmen bei Entscheidungen über das Angebot oder die Ablehnung einzelner Verträge unterstützt und leistet damit einen Beitrag zu einer wertorientierten Unternehmensführung.

# 1 Einleitung

Zur Maximierung des Customer Lifetime Value (CLV) über die gesamte Kundenlebensdauer stehen Entscheider im täglichen Geschäft vor der Frage, welche Verträge mit welchen Kunden (nicht) zu kontrahieren sind. Hierzu kann es sinnvoll sein, bspw. zu Beginn der Kundenbeziehung aus einer Einzelgeschäftsicht unwirtschaftliche Kontrakte zu schließen (und bspw. Kunden ein kostenfreies Girokonto zur Verfügung zu stellen), um im späteren Verlauf der Beziehung ertragreiche Geschäfte zu realisieren. Trotz der recht umfangreichen Forschung auf dem Gebiet des CLV sind Modelle, die solche Entscheidungen unterstützen, bislang rar. Dieser Beitrag greift diesen Bedarf auf und entwickelt aufbauend auf eine kurze Literaturanalyse ein Modell, welches den Abschluss verschiedener Kontrakte als Sequenz einzelner Investitionsentscheidungen analysiert und mit Hilfe eines dynamischen Optimierungsmodells den CLV eines Kunden maximiert.<sup>1</sup>

Die zentrale Forschungsfrage des Beitrags lautet:

*Wie kann die Kundenbeziehung als Sequenz einzelner Entscheidungen über die Akzeptanz bzw. Ablehnung einzelner Kontrakte dargestellt werden und wie kann eine optimale Entscheidungsreihenfolge gewährleistet werden, die den Abschluss einzelner unwirtschaftlicher Verträge zulässt, den CLV langfristig jedoch maximiert?*

Während Entscheidungsträger im Management i.d.R. eine ganzheitliche Sicht auf den Kunden fordern, die alle Verträge des gesamten Kundenlebenszyklus (sowie ggf. weitere Elemente wie die Kundenhistorie oder relationale Daten) berücksichtigt, steht der einzelne Vertriebsmitarbeiter (täglich) vor der Entscheidung, ob der Abschluss einer konkreten, vom Kunden nachgefragten (Dienst-) Leistung wirtschaftlich ist. Das vorgestellte Modell soll diese scheinbar gegensätzlichen Ziele verbinden und sowohl die Erreichung der strategischen Ziele des Managements (hier: der Maximierung des CLV über die gesamte Kundenbeziehung) als auch der operativen Ziele des Vertriebs bei der Entscheidung über den Abschluss einzelner Verträge sicherstellen.

Darüber hinaus werden folgende Forschungsfragen adressiert:

---

<sup>1</sup> Im Rahmen des Beitrags wird häufig auf Beispiele aus der Finanzdienstleistungsbranche zurückgegriffen; das Modell lässt sich aber grundsätzlich auch auf andere Branchen übertragen. Analysen zu den immateriellen Werten der Unternehmen [vgl. GuLe03; GuLS04; NaRa05] machen die Relevanz eines effektiven Kundenmanagements gerade für Finanzdienstleister deutlich. Die Tatsache, dass Banken von 52% profitablen, 23% nicht-profitablen und 25% profit-neutralen Kunden ausgehen [Mess05, S. 50] und vielfach 20% der Kunden 80% der Umsätze bzw. 75% der Gewinne generieren [vgl. KaKP05; Koch04; Plat04] zeigt zusätzlich, dass ein fundiertes, wertorientiertes Management der Kundenbeziehung auch und gerade in der Finanzdienstleistungsbranche notwendig ist. Dies gelingt jedoch nur in wenigen Fällen und die sich durch CRM bietenden Potenziale bei Finanzdienstleistern werden nicht oder nur unzureichend ausgeschöpft [vgl. KaKP05].

*Wie lässt sich die optimale Dauer einer Kundenbeziehung ermitteln?*

Zur Maximierung des CLV muss sichergestellt werden, dass die Kundenbeziehung erst endet, wenn die ertragreichen Geschäfte mit dem jeweiligen Kunden abgeschlossen wurden. Ab dem Zeitpunkt, ab dem keine weitere Steigerung des CLV möglich ist, sollte bspw. auf zusätzliche Marketing-Aktivitäten verzichtet werden.

*Lassen sich generelle Regeln ableiten, die Unternehmen bei der Entscheidung für bzw. gegen das Angebot von Verträgen unterstützen und wie hoch ist der Wertbeitrag, den ein Kontrakt mindestens erreichen muss, um aus Sicht des Unternehmens ökonomisch sinnvoll zu sein?*

## **2 Stand der Forschung und Literatureinbettung**

Im Rahmen des Kunden-Beziehungsmanagements [vgl. JoSe05, S.11] propagieren einschlägige Publikationen seit vielen Jahren die Vorteilhaftigkeit kundenzentrischer Strategien [vgl. Pe-Wa82, ReiSa90], die im Verkauf eines Produkts oder einer Dienstleistung erst den Anfang (statt wie lange Zeit eher das Ende) einer Beziehung zwischen dem Unternehmen und einem Kunden sehen. Statt einer isolierten Betrachtung verschiedener Einzelgeschäfte soll durch die umfassende und ganzheitliche Analyse der Kundenbeziehung ein nachhaltiger Beitrag zum Unternehmenserfolg geleistet werden. In diesem Zusammenhang wurde der Begriff des Customer Relationship Management (CRM) geprägt. Hierunter wird im Folgenden ein bereichsübergreifender, kundenorientierter Managementansatz verstanden, bei dem mit Hilfe moderner IKS die Initiierung, Gestaltung, Erhaltung sowie Verstärkung von Kundenbeziehungen durch ganzheitliche Marketing-, Vertriebs- und Servicekonzepte unter Berücksichtigung von Profitabilitätskriterien angestrebt wird.<sup>2</sup>

### **2.1 Der CLV als zentrale Größe zur Bewertung der Kundenbeziehung**

Einer der Gründe dafür, dass CRM-Initiativen vielfach die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen, ist in Mess- und Prognoseproblemen der durch CRM erreichten bzw. erreichbaren Erfolge zu suchen. Während sich der Erfolg produktzentrierter Konzepte vergleichsweise einfach ermitteln lässt, verlangt der Übergang zu kundenzentrischen Strategien neue Messinstrumente und -methoden, da hier Ergebnisse ex ante schwer(er) prognostizierbar sind Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge nicht immer eindeutig identifiziert werden können. Als Prädiktoren

---

<sup>2</sup> Für weitere Definitionen des CRM-Begriffs sei auf [AlPÖ05], [BrMi03] und [HiWi04], S. 16f verwiesen.

der Profitabilität kundenzentrischer Strategien werden häufig vorökonomische Zielgrößen wie Vertrauen, Loyalität, Commitment, Kundennähe oder –zufriedenheit genannt. In der einschlägigen Literatur wird dabei insbesondere der Kundenzufriedenheit – als zentralem Faktor zur Beeinflussung von Wiederholungskäufen, die wiederum unmittelbar auf die Umsätze wirken – sowie dem Zusammenhang zwischen der Kundenzufriedenheit und Faktoren wie der Loyalität und der Profitabilität hohe Aufmerksamkeit geschenkt [vgl. Kraf99; Gerp00; Kotl03, Kap. 3; PffFa04; ReKu00; ReKu02; ReKr01]. Obwohl eine umfangreiche wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den oben genannten Prädiktoren stattfindet, sind die Ergebnisse nach wie vor ambivalent und es bestehen unterschiedliche Auffassungen darüber, in welchem Ausmaß diese Faktoren tatsächlich dazu geeignet sind, die Profitabilität einer Kundenbeziehung zu beurteilen. So zeigt eine aktuelle Studie, dass finanzwirtschaftliche Metriken im Vergleich zu „weichen“ Faktoren eine bessere Prognose zukünftiger Verkäufe erlauben [vgl. NaRa05]. Dagegen konnten Anderson et al. einen stark positiven Zusammenhang zwischen der Kundenzufriedenheit und dem Unternehmenserfolg aufweisen [vgl. AnFL94] und auch Gerpott zeigt, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Kundenzufriedenheit und der Wiederkaufabsicht besteht, wobei die Wirkung der Kundenzufriedenheit auf die *tatsächliche* Wiederkauftrate nicht untersucht wurde [vgl. Gerp00]. Edvardsson et al. kommen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass von einer hohen Loyalität (und Kundenzufriedenheit) im industriellen Sektor negative Effekte auf den Unternehmenserfolg ausgehen, während beides in serviceorientierten Branchen positiv auf den Erfolg wirkt [EJGS00]. Neben anderen Arbeiten zeigen auch Bolton et al. in einer aktuellen Untersuchung, dass die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Prädiktoren und dem Unternehmenserfolg i.A. komplex und nur schwer messbar sind [vgl. BoLV04; s.a. Hall96; MiKa01]. Vor diesem Hintergrund sollten Entscheider – statt bspw. einer ausschließlichen Fokussierung auf die Verlängerung bestehender Kundenbeziehungen oder der Erhöhung der Loyalität – die tatsächlich durch den Kunden erreichbaren Werte ermitteln und auf dieser Basis Entscheidungen über die optimale Gestaltung der Kundenbeziehung treffen [vgl. KuRB04; ThRK04]. Aufgrund der mit vielen herkömmlichen Verfahren zur Kundenbewertung<sup>3</sup> verbundenen Probleme (wie bspw. die mangelnde Berücksichtigung zukünftiger Perioden, der hohe Einfluss subjektiver Einschätzungen oder die mangelhafte Quantifizierbarkeit der verschiedenen Einflussfaktoren) wurde in den letzten Jahren verstärkt das Konzept des CLV propagiert, mit dessen Hilfe die Bewertung der mit dem Kunden (direkt oder indirekt) zu erwirtschaftenden

---

<sup>3</sup> Vgl bspw. [KrA199] für einen Überblick zu diesen Verfahren.



Einzahlungsüberschüsse über die gesamte Kundenbeziehungsdauer möglich wird. Im Allgemeinen wird der CLV – der originär auf Dwyer zurückgeht [vgl. Dwyer89] – als Summe der abdiskontierten Cash-flows während der gesamten Kundenbeziehung definiert. Dabei leistet der CLV einen monetären Ergebnisbeitrag, in den alle mit dem Kunden verbundenen direkten und indirekten, gegenwärtig und künftig erreichbaren Zahlungen über die gesamte Kundenbeziehungsdauer einfließen.<sup>4</sup> Das Konzept des CLV genießt in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung hohe Aufmerksamkeit und wird zur Analyse verschiedener unternehmerischer Probleme angewandt.<sup>5</sup> Im Folgenden wird ein Modell vorgestellt, welches ausgehend vom einzelnen Kunden sowohl das Management bei der Gestaltung von CRM-Strategien unterstützt, als auch auf der Ebene einzelner Kunden optimale Investitionsentscheidungen zur Maximierung des CLV erlaubt.

## 2.2 Kundenbeziehungsmuster und Kaufverhalten

Im Rahmen des Beitrags wird von einem sog. „Kundenmigrations“-Szenario ausgegangen. Dieser Begriff wird u.a. bei Dwyer verwendet, der bei den von ihm entwickelten CLV-Modellen zwischen einem „Customer-retention environment“ und einem „Customer-migration environment“ unterscheidet [vgl. Dwyer89]. Die einschlägige Forschung unterscheidet zwischen Modellen, in denen Kunden alle Bedarfe bei einem Unternehmen decken und solchen, in denen Kunden zur Bedarfsdeckung mehrere Anbieter nutzen. Innerhalb der erstgenannten Modelle geht man davon aus, dass Kunden, die den Anbieter wechseln „für immer“ verloren sind und bezeichnet es daher als „lost-for-good“-Szenario. Kehrt ein Kunde zu einem späteren Zeitpunkt wieder zu einem Anbieter zurück, wird er als neuer Kunde betrachtet und seine Historie vernachlässigt. Im Gegensatz dazu scheint die zweite, sog. „always-a-share“-Situation, in der Kunden ihren Gesamtbedarf bei verschiedenen Unternehmen decken realistisch und soll daher im Rahmen der folgenden Modellierung unterstellt werden.<sup>6</sup>

## 3 Grundlagen der Modellierung

---

<sup>4</sup> Für eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem CLV-Konzept und seinen verschiedenen Forschungsrichtungen – die nicht Gegenstand dieses Beitrags sind – sei auf BeNa98; B1Th01; BoLV02; DhGl03; Dwyer89; GiKo02; GuLe03; LiSh05; JaSi02; JoSe04; KuRB04; PfHC05; RuZL02; ScPe95; ZeRL01 verwiesen.

<sup>5</sup> Vgl. dazu bspw. BeNa01; Dwyer89; GuLe03; GuLS04; JaSi02; KeWa95; KuRB04

<sup>6</sup> Anmerkung: In diesem Szenario werden (ehemalige) Kunden, die aktuell keine Produkte nachfragen, als Bestandskunden betrachtet und für den Fall, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt erneut in Kontakt mit dem Anbieter treten, nicht wie Neukunden behandelt.

Das vorgestellte Modell unterstellt eine Entscheidungssequenz zwischen einem Finanzdienstleister und einem Kunden, in deren Verlauf der Kunde verschiedene Produkte des Finanzdienstleisters nachfragt. Der Finanzdienstleister entscheidet mit dem Ziel der CLV-Maximierung über eine Angebotsunterbreitung, was wiederum die Zufriedenheit des Kunden beeinflusst und dazu führt, dass der Kunde während seiner Kundenbeziehung – mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten – einen oder mehrere Verträge mit dem Anbieter abschließt.

### 3.1 Modellannahmen

Dem Modell liegen einige Annahmen zu Grunde, die nachfolgend dargestellt werden sollen, bevor das Modell spezifiziert und die Ergebnisse präsentiert werden.

- A1 Ein Kunde fragt während seines Lebenszyklus  $m=1, \dots, n$  verschiedene Kontrakte zu unterschiedlichen Zeitpunkten  $t_m$  (mit  $t_1=0$ ) nach. Die Art der Kontrakte und die Zeitpunkte zu denen diese nachgefragt werden, sind bekannt.
- A2 Das Unternehmen entscheidet zu jedem Zeitpunkt, ob er den vom Kunden nachgefragten Kontrakt anbietet. Diese Entscheidung wird durch die Entscheidungsvariable  $s_m$  repräsentiert, wobei gilt:  $s_m = \begin{cases} 1 & \text{der Vertrag } m \text{ wird dem Kunden angeboten} \\ 0 & \text{der Vertrag } m \text{ wird dem Kunden nicht angeboten} \end{cases}$ .

Weiterhin wird angenommen, dass die Entscheidung des Unternehmens keinen Einfluss auf bereits mit dem Kunden geschlossene Verträge hat.

- A3 Die Zustandsvariable  $x_m \in [0;1]$  repräsentiert die Zufriedenheit des Kunden zum Zeitpunkt  $t_m$ . Die Zufriedenheit des Kunden zu Beginn der Kundenbeziehung ist dem Unternehmen bekannt, so dass gilt:  $x_1 = x_s$ .
- A3a Wenn der Kunde zum Zeitpunkt  $t_{m+1}$  keinen Kontrakt schließen will, hängt die Variable  $x_{m+1} \in [0;1]$  nur von der Zufriedenheit des Kunden in der Vorperiode  $t_m$  ab.<sup>7</sup> Für diesen Fall wird angenommen, dass die Zufriedenheit des Kunden mit jeder Periode, in der er keinen neuen Vertrag nachfragt, um einen Faktor  $\beta_m \in (0;1)$  abnimmt.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der Periodenbegriff hier nicht – wie in anderen Arbeiten z.T. unterstellt – davon ausgeht, dass Perioden Zeiträume gleicher Dauer abgrenzen, sondern die Periodenlänge hier durchaus unterschiedlich sein kann.

<sup>8</sup> Diese Annahme ist u.a. vor dem Hintergrund plausibel, dass Kunden, die über einen längeren Zeitraum keine Verträge mit dem (angestammten) Anbieter abschließen, vermutlich eine engere Beziehung mit einem anderen Unternehmen eingehen und hierdurch eine Unzufriedenheit mit dem bisherigen Finanzdienstleister zum Ausdruck bringen. Darüber hinaus lässt sich mit Hilfe des Parameters  $\beta_m$  auch eine intuitive Darstellung der Kundenmigrationssituation erreichen.

A3b Wenn der Kunde in  $t_{m+1}$  einen Kontrakt nachfragt, hängt seine Zufriedenheit von seiner Zufriedenheit in der Vorperiode  $t_m$  und davon ab, ob das Unternehmen seine Anfrage positiv oder negativ beantwortet. In diesem Fall wird zusätzlich angenommen, dass die Kundenzufriedenheit von einem „Zufriedenheitsparameter“  $\alpha_m \in R_+$  beeinflusst wird, die den Nutzen/Disnutzen des Kunden ausdrückt, wenn ihm das Unternehmen für einen nachgefragten Kontrakt kein Angebot macht.<sup>9</sup>

Die Transformationsfunktionen  $f_{\alpha_m} : R_+^2 \rightarrow R_+$  und  $f_{\beta_m} : R_+ \rightarrow R_+$  spezifizieren die verbal beschriebene Überführung der Kundenzufriedenheit von einer Periode zur nächsten:<sup>10</sup>

$$x_{m+1} = \begin{cases} f_{\alpha_m}(x_m, s_m) = \frac{1}{1 + \alpha_m} (x_m + \alpha_m \cdot s_m) & \text{wenn der Vertrag } m \text{ vom Kunden nachgefragt wird} \\ f_{\beta_m}(x_m) = \beta_m \cdot x_m & \text{wenn der Kunde Vertrag } m \text{ nicht nachfragt} \end{cases}$$

Die Funktion  $f_{\alpha_m}$  wurde so gewählt, dass die Kundenzufriedenheit (dargestellt durch den Parameter  $\alpha_m$ ) je nachgefragtem Kontrakt mit einem Vertragsangebot steigt und mit einer Ablehnung der Kundenanfrage sinkt. Die Transformationsfunktionen sind darüber hinaus so gestaltet, dass eine sinkende Kundenzufriedenheit durch Angebote in Folgeperioden wieder ausgeglichen (oder übertroffen) werden kann. Zur Illustration wird in Abbildung 1 der Einfluss, den die Entscheidung, dem Kunden einen Vertrag zum Zeitpunkt  $t_m$  (nicht) anzubieten auf dessen Zufriedenheit in  $t_{m+1}$  hat, dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass Kunden mit einer höheren Ausgangszufriedenheit ( $x_m=0,8$ ) stärker auf einen ablehnenden Bescheid reagieren ( $x_{m+1}=0,27$ ,  $\Delta=0.53$ ), als Kunden, deren Zufriedenheit geringer ist ( $x_m=0,3 \rightarrow$  Ablehnung  $\rightarrow x_{m+1}=0,1$ ,  $\Delta=0.2$ ). Ergo führt eine Zusage bei einem Kunden mit geringer Zufriedenheit zu höheren „Zufriedenheitszuwachsen“ ( $x_m=0,3 \rightarrow$  Zusage  $\rightarrow x_{m+1}=0,77$ ,  $\Delta=0.47$ ) als bei vergleichsweise zufriedenen Kunden ( $x_m=0,8 \rightarrow$  Zusage  $\rightarrow x_{m+1}=0,93$ ,  $\Delta=0.13$ ).<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Mit Hilfe des Parameters  $\alpha_m$  lassen sich kontraktsspezifische Nutzen/Disnutzen darstellen, die bspw. reflektieren, dass ein Kunde eine höhere Unzufriedenheit aufweist, wenn ihm ein für ihn besonders wichtiges Produkt verweigert wird, als bei der Ablehnung eines für ihn eher unwichtigen Produktes.

<sup>10</sup> Neben den beiden an dieser Stelle spezifizierten Transformationsfunktionen existieren selbstverständlich auch andere, mit den Annahmen kompatible Funktionen, so dass die hier gewählten Funktionen lediglich der Illustration des Vorgehens dienen.

<sup>11</sup> Abhängig vom Wert der Variable  $\alpha_m$  fallen die maximale Kundenzufriedenheit begrenzenden (und in der Abbildung gepunkteten) Linien steiler (für  $\alpha_m < 2$ ) bzw. flacher (für  $\alpha_m > 2$ ) aus. Hieraus erkennt man bereits, dass mit Hilfe des Parameters  $\alpha_m$  neben dem bislang unterstellten Kundenmigrations-Szenarios auch eine „lost-for-good“-Situation dargestellt werden kann, in dem von einem vergleichsweise hohen  $\alpha_m$  ausgegangen wird. In

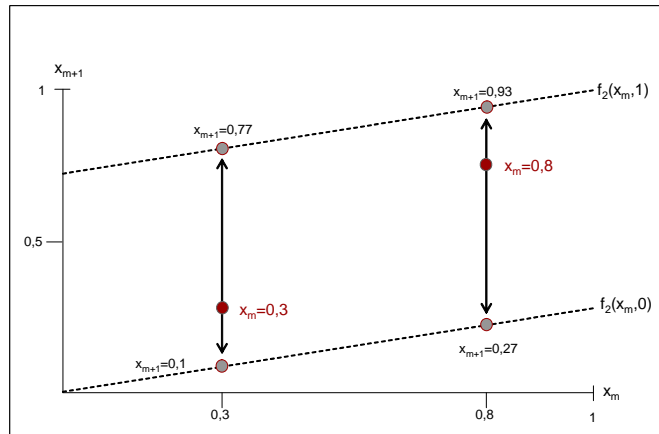


Abb. 1: Illustration der Transformationsfunktion mit  $\alpha_m=2$

A4 Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kunde ein Angebot für einen Kontrakt  $m$  nachfragt ( $p(x_m)$ ), hängt von seiner Zufriedenheit  $x_m$  ab, es gilt also:  $p(x_m) = x_m$  mit  $p(x_m) \in [0;1]$ .

A5 Das Unternehmen gilt als risikoneutraler Entscheider. Da es lediglich darüber entscheiden kann, ob es einen vom Kunden nachgefragten Kontrakt anbietet, dieser dann aber mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit  $q_m \in (0;1)$  den Abschluss tätigt<sup>12</sup>, werden angebotene Kontrakte nicht automatisch geschlossen. Der Wertbeitrag  $V_m$  misst den Wert eines Vertrags zum Zeitpunkt  $t_m$  und ergibt sich aus dem Produkt der Entscheidungsvariable  $s_m$ , der Wahrscheinlichkeit  $q_m$ , dass der Kunde, das Angebot annimmt und dem erwarteten Kontraktwert  $E(KW_m)$ . Letzterer ergibt sich aus der Summe der aus dem Vertrag resultierenden Cash-flows abdiskontiert zum Zeitpunkt  $t_m$  in dem der Vertrag geschlossen wird. Der Zins  $r$  wird über die Zeit hinweg als konstant angenommen und Kosten, die ggf. für die Angebotserstellung anfallen, werden vernachlässigt, so dass gilt:

$$V_m(s_m) = s_m \cdot q_m \cdot E(KW_m) = s_m \cdot q_m \cdot E\left(\sum_{i=1}^T CF_{m,i} \cdot (1+r)^{t_m-t_i}\right) \quad (1)$$

A6 Der Wert eines Kunden zum Zeitpunkt  $t_m$  ( $= CLV_m$ ) ergibt sich aus der Summe aller Vertragswerte des Kunden, abdiskontiert auf den Zeitpunkt  $t_m$  wie folgt:

$$CLV_m = \sum_m^n V_m \cdot (1+r)^{-t_m} \quad \text{mit } r \in [0;1]. \quad (2)$$

diesem Fall nähern sich beiden Szenarien an und es wird (aufgrund der hohen Unzufriedenheit des Kunden) zunehmend unwahrscheinlich, dass der Kunde weitere Produkte nachfragt.

<sup>12</sup> Die Variable  $q_m$  hat keinen Einfluss auf die Zufriedenheit des Kunden, sondern dient an dieser Stelle lediglich dazu, den Fall, dass ein Kunde ein Angebot des Finanzdienstleisters ablehnt, abzubilden.

A7 Das Unternehmen verfolgt das Ziel, den CLV eines Kunden zu maximieren.

Die wiederholte Interaktion zwischen einem Kunden und dem Unternehmen kann als dynamisches Optimierungsproblem modelliert werden, in dem das Unternehmen in jeder Periode entscheidet, ob er ein (potenziell) vom Kunden nachgefragtes Produkt anbietet. Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Modellvariablen  $s_m$ ,  $x_m$ , den jeweiligen Transformationsfunktionen und den Wertbeiträgen  $V_m$  einzelner Kontrakte kann der folgenden Abbildung entnommen werden:

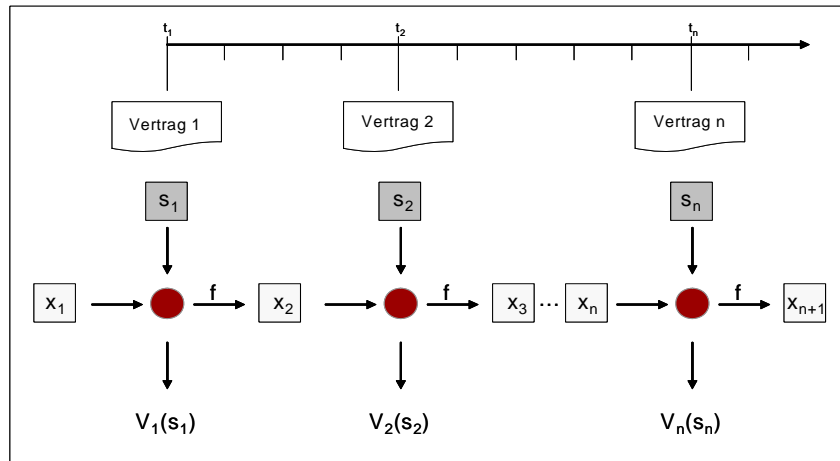


Abb. 2: Zusammenhang der Modellvariablen

Aufbauend auf den obigen Annahmen kann nun ein Entscheidungsbaum (s. Abb. 3) für die Nachfrage des Kunden nach den jeweiligen Kontrakten zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgeleitet werden:

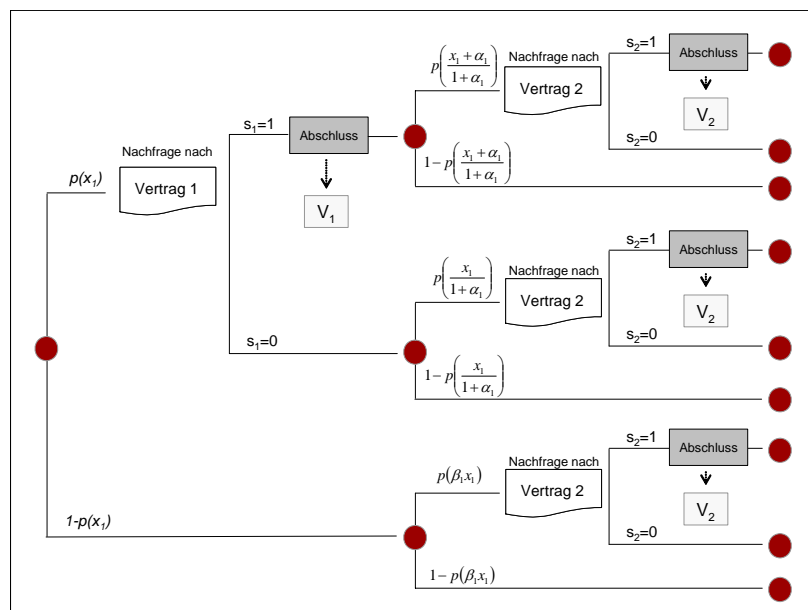


Abb. 3: Entscheidungsbaum aus Sicht des Unternehmens

Zur Entscheidung darüber, ob einem Kunden ein nachgefragter Vertrag angeboten wird, müssen alle Äste des Entscheidungsbaums berücksichtigt werden. Die Lösung des Optimierungsproblems lässt sich mit Hilfe der (Lösung der) Bellmanschen Funktionalgleichung, die wie folgt lautet, ermitteln:

$$CLV_m^*(x_m) = p(x_m) \cdot V_m(s_m) + \lambda_{m+1} \cdot [p(x_m) \cdot CLV_{m+1}^*(f_{\alpha_m}(x_m, s_m)) + (1 - p(x_m)) \cdot CLV_{m+1}^*(f_{\beta_m}(x_m))] \Rightarrow \max! \quad (3)$$

mit  $\lambda_{m+1} = (1 + r)^{t_m - t_{m+1}}$  und  $CLV_m^* : R \rightarrow R$ .

### 3.2 Modellergebnisse

Durch die Lösung der obigen Zielfunktion lässt sich die optimale Entscheidungssequenz, die implizit die optimale Kundenzufriedenheit und Aussagen über die optimale Dauer der Kundenbeziehung beinhaltet, ermitteln [vgl. Bell57].<sup>13</sup> Darüber hinaus lässt sich eine Entscheidungsregel für das Unternehmen ableiten, ob es den jeweils nachgefragten Kontrakt anbieten soll oder nicht. Nachfolgend werden diese Ergebnisse detailliert dargestellt.

#### 3.2.1 Ermittlung optimaler Entscheidungssequenzen zur CLV-Maximierung

Die Lösung der Zielfunktion zeigt, dass sich die optimalen Entscheidungssequenzen  $s^*$  und die optimalen Kundenzufriedenheiten  $x^*$  wie folgt ergeben:

$$s^* = (s_1^*(x_s), s_2^*(x_2), \dots, s_n^*(x_n))^T \Leftrightarrow x^* = (x_s, x_2, \dots, x_n)^T = (x_s, f_{\alpha_1}(x_s, s_1), \dots, f_{\alpha_{n-1}}(x_{n-1}, s_{n-1}))^T \quad (4).$$

Diese optimalen Sequenzen determinieren den maximal erreichbaren Kundenwert des jeweiligen Kunden. Es zeigt sich, dass die Entscheidung, ob ein Kontrakt angeboten werden sollte von der Zufriedenheit des Kunden abhängt. Es sind also Situationen denkbar, in denen auf ein Angebot verzichtet wird, während es in einem anderen Fall (bei anderer Kundenzufriedenheit aber ansonsten identischen Voraussetzungen) angeboten wird. Darüber hinaus zeigt sich, dass es für Unternehmen rational sein kann, einem Kunden kein Angebot zu machen und die daraus resultierenden negativen Folgen (wie eine sinkende Kundenzufriedenheit) in Kauf zu nehmen.

Obwohl dieses Ergebnis aus einer ökonomischen Perspektive einleuchtet, bedeutet die Umsetzung der daraus resultierenden Strategie umfassende Änderungen bei bestehenden Geschäftspraktiken. So würden Fälle auftreten, in denen Kunden (zu denen u.U. eine langjährige Ge-

<sup>13</sup> Die optimale Entscheidungssequenz beschreibt dabei eine optimale Anfangsentscheidung und zustandsabhängige bedingt-optimale Entscheidungen für die Kontrakte  $m=2, \dots, n$ .

schäftsbeziehung besteht) aufgrund der ermittelten optimalen Politik kein Angebot für eine nachgefragte Leistung erhalten würden. Darüber hinaus müssten Vertriebsmitarbeiter auf den Abschluss von Geschäften verzichten, um die langfristigen Ziele des Unternehmens (die Maximierung des CLV über die gesamte Beziehungsdauer) zu erreichen. Dies ist insbesondere bei Unternehmen, die ihre Vertriebsmitarbeiter (wie bspw. Versicherungen) derzeit in erster Linie über Abschlussprovisionen steuern, nur schwer durchsetzbar. Gleichzeitig zeigen die Projekterfahrungen der Autoren, dass derzeit viele Unternehmen der Finanzdienstleistungsbranche ihre bestehenden Provisionierungssysteme überprüfen und neue, die kundenzentrischen Strategien unterstützenden Provisionierungs- bzw. Vertriebssteuerungssystemen entwickeln. Das vorgestellte Modell unterstützt die Bemühungen dahingehend, als dass bspw. Provisionen nur für solche Verträge gezahlt werden sollten, deren Abschluss sich auch auf Basis des vorgestellten Modells empfiehlt. Ggf. könnte darüber hinaus auch ein Incentivierungssystem entwickelt werden, welches die Erhöhung der Abschlusswahrscheinlichkeit auf Seiten des Kunden belohnt.

### 3.2.2 Ermittlung der optimalen Dauer der Kundenpflege

Wie die Wahrscheinlichkeit  $p(x_m)$  mit der der Kunde einen Vertrag nachfragt zeigt, gibt es (eigentlich) keinen Zeitpunkt, zu dem eine Kundenbeziehung als beendet bezeichnet werden kann, da Kunden zu beliebigen Zeitpunkten Kontrakte nachfragen können. Betrachtet man jedoch die oben ermittelte Sequenz optimaler Entscheidungen über Vertragsangebote, so erkennt man, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt keine Vertragsangebote durch das Unternehmen erfolgen werden. Dieser Zeitpunkt wird mit  $t_{opt}$  bezeichnet und es gilt:  $t_{opt} = t_{m-1}$  mit  $s_i^*(x_i) = 0 \forall i \geq m$ . Auch wenn ab diesem Zeitpunkt selbstverständlich die Kundenbetreuung für die bis zu diesem Zeitpunkt geschlossenen Verträge (die bereits in den jeweiligen vertragsspezifischen Cashflows berücksichtigt sind) weitergeführt wird, sollten ab diesem Zeitpunkt keine zusätzlichen Investitionen zur Kundenpflege (bspw. im Sinne von Präsenten oder Vergünstigungen) erfolgen, da diese unwirtschaftlich wären. Dieses Ergebnis bietet große Einsparpotenziale, da sich Marketing-Aktivitäten nun präziser steuern und gezielt auf einzelne Kunden ausrichten lassen, statt – wie bisher – große Streuverluste bei Kampagnen in Kauf nehmen zu müssen.

### 3.2.3 Entscheidungen über das Angebot einzelner Kontrakte

Die beiden obigen Ergebnisse unterstützen insbesondere Entscheidungen, die sich auf die Kundenbeziehung während des gesamten Kundenlebenszyklus beziehen. Darüber hinaus sind je-

doch auch Instrumente wichtig, die Vertriebsmitarbeiter bei der Entscheidung darüber unterstützen, ob ein aktuell vom Kunden nachgefragter Kontrakt angeboten werden sollte. Darüber hinaus kann die Analyse auf einzelvertraglicher Basis auch Aufschluss darüber geben, welcher minimale Vertragswert aus Sicht des Finanzdienstleisters gerade noch tolerabel ist, um bspw. Entscheidungen über Rabatte oder andere Vergünstigungen zu treffen. Dieser minimale Vertragswert lässt sich – abhängig von der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Kunde das Angebot annimmt – wie folgt ermitteln:

$$E(KW_m^{\min}) = - \left( \lambda_{m+1} \cdot \left[ CLV_{m+1}^* \left( \frac{x_m + \alpha_m}{1 + \alpha_m} \right) - CLV_{m+1}^* \left( \frac{x_m}{1 + \alpha_m} \right) \right] \right) \cdot q_m^{-1} \quad (5).$$

Im Rahmen von Verhandlungen über die Konditionen eines Vertragsangebots können hierdurch die aus Sicht des Unternehmens gerade noch akzeptablen Vertragswerte ermittelt und damit Kundengespräche effektiver geführt und der Vertrieb beim Abschluss von Geschäften unter der Berücksichtigung kundenzentrischer Ziele unterstützt werden.

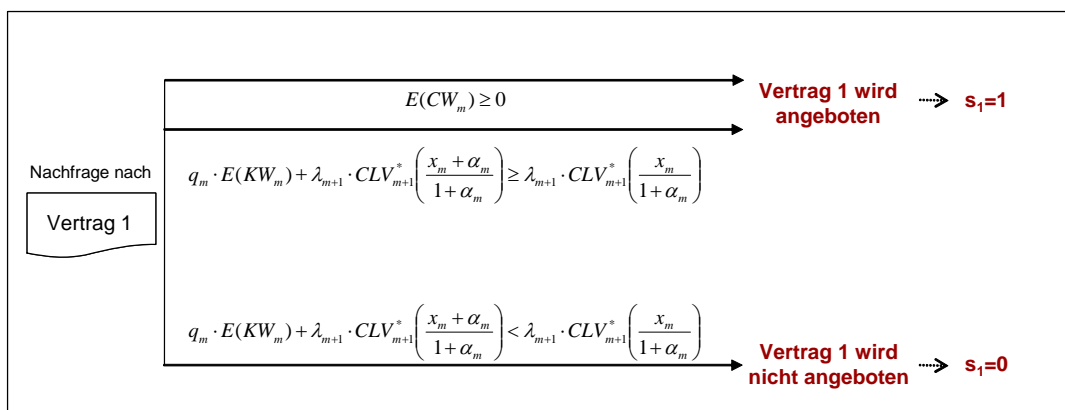


Abb. 4: Entscheidungsregeln für einen vom Kunden nachgefragten Vertrag

Abbildung 4 verdeutlicht, ausgehend von einem vom Kunden nachgefragten Vertrag, die daraus resultierende Entscheidungsregel, ob dieser Vertrag durch den Finanzdienstleister angeboten werden sollte. Die Grafik zeigt, dass – unabhängig von Kundenwertbetrachtungen – immer dann ein Vertrag angeboten wird, wenn der erwartete Kontraktwert  $E(KW_m)$  positiv ist. Darüber hinaus werden auch dann Angebote erstellt, wenn der Vertragswert zwar negativ ist, dies aber durch die erwarteten positiven Cash-flows späterer Geschäfte (über-)kompensiert werden kann *und* dieser CLV größer ist als der CLV des Kunden, wenn das Geschäft nicht angeboten wird. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit derzeit am Markt beobachteten Strategien. So bietet bspw. die HypoVereinsbank ein sog. „Starter Paket“ für junge Kunden an, welches – neben einem kostenfreien Giro-Konto – eine Reihe attraktiver und kostenfreier Zusatzleistungen bein-



haltet. Dahinter verbirgt sich das Kalkül, dass junge Kunden vergleichsweise günstig akquiriert werden können und (aufgrund der erreichten Kundenbindung und –zufriedenheit) im Verlauf ihrer späteren Kundenbeziehung ertragreiche Geschäfte tätigen welche die negativen Cashflows der ersten Zeit kompensieren. Auch wenn beim Starter Paket nicht alle der im Modell definierten Annahmen gelten und das Entscheidungskalkül daher nicht exakt übertragen werden kann, zeigt das Beispiel, dass es in der unternehmerischen Realität eine Reihe interessanter Anwendungsbereiche für die entwickelte Methodik gibt und sich hierdurch fundierte Entscheidungen über die Kundenbetreuung und –bearbeitung treffen lassen. Darüber hinaus lassen sich im Modell auch Szenarien ableiten, in denen Kunden – obwohl sie einen positiven CLV besitzen – kein nachgefragtes Angebot unterbreitet würde, da sich hieraus ein negativer Vertragswert ergeben kann, der den CLV (der nach wie vor größer Null sein kann) senken würde. Dieses Ergebnis unterscheidet sich von Empfehlungen gängiger Forschungsarbeiten, die i.d.R. davon ausgehen, dass Kunden immer bedient werden, so lange wie der Gesamt-CLV positiv bleibt.

#### **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Das vorgestellte Modell zeigt, dass sich scheinbar konträre Ziele (wie die eher langfristige Perspektive des Managements und die eher abschlussorientierte, zeitpunktbezogene Sicht des Vertriebs) integriert optimieren lassen und sowohl der CLV über die gesamte Kundenbeziehungsdauer maximiert als auch Entscheidungen über das Angebot einzelner Verträge im Einklang mit den Zielen des CRM getroffen werden können. Dabei konnten – neben intuitiv einsichtigen Empfehlungen wie der, bspw. dann Verträge anzubieten, wenn der aus dem Vertrag resultierende Kontraktwert positiv ist – auch Situationen identifiziert werden, die (wie bspw. die Ablehnung eines Vertrags, obwohl der Kunde über einen positiven CLV verfügt) zunächst fraglich erscheinen, aber vor dem Hintergrund eines ökonomischen Kalküls plausibel sind. Das Modell kann sowohl bei Neukunden als auch bei Bestandskunden angewandt werden. Weiterhin lässt sich das Modell sowohl für strategische Entscheidungen des Managements (z.B. bei der Entwicklung ökonomisch fundierter CRM-Strategien) als auch für die Steuerung, Kontrolle und Unterstützung des Vertriebs einsetzen. So lassen sich mit Hilfe des Modells z.B. Empfehlungen von Kundenberatern (die über langjährige Erfahrungen und gute Kenntnisse der einzelnen Kunden verfügen) zum Abschluss vermeintlich unwirtschaftlicher Geschäfte prüfen und es können

Regeln abgeleitet werden, unter welchen Bedingungen auch Verträge, die isoliert betrachtet einen negativen Wertbeitrag leisten, kontrahiert werden sollten.

Neben den beschriebenen Vorteilen soll an dieser Stelle auch auf die dem Modell immanenten Risiken und Limitationen eingegangen und hieraus zusätzlicher Forschungsbedarf abgeleitet werden.

Die Optimierung des CLV auf Basis von Einzelverträgen stellt hohe Anforderungen an die verwendeten Daten. Während sich diese in Segmenten wie dem Retail-Geschäft, für das viele Informationen verfügbar und die Kunden einander eher ähnlich sind, z.B. mit Hilfe adäquater Data-Mining-Methoden [vgl. Bens02] vermutlich (zumindest in guter Näherung) ermitteln lassen, kann das Modell bei zunehmender Spezifität der Kunden nur mit verhältnismäßig hohem Aufwand implementiert werden. Darüber hinaus sollte untersucht werden, inwieweit die Annahme, nach der eine (ablehnende) Entscheidung über ein Kontrahierungsangebot keinen Einfluss auf die bestehenden Geschäfte hat, ggf. relativiert werden muss. Gleiches gilt für die bisher im Modell fehlende Berücksichtigung des relationalen CLV-Potenzials, da zu vermuten ist, dass Kunden sich über Angebote des Finanzdienstleisters austauschen und insbesondere unzufriedene Kunden wenig dazu beitragen werden, andere Kunden von den Vorteilen des Finanzdienstleisters zu überzeugen und das Image des Anbieters schädigen können. Darüber hinaus wären Forschungen hilfreich, welche die Rolle des Vertriebsmitarbeiters (der i.d.R. viele wertvolle Informationen über die von ihm betreuten Kunden besitzt) genauer untersuchen und bspw. Instrumente entwickeln, wie dieser sein Wissen im Sinne des Unternehmens in das Entscheidungsmodell einbringen kann, ohne dabei den Verlust von Einfluss oder Kompetenzen befürchten zu müssen. Bisher wurde im Modell lediglich die Kundenzufriedenheit als wesentlicher, die Kaufentscheidung beeinflussender Faktor berücksichtigt. Wie im Abschnitt 2 gezeigt, gibt es darüber hinaus auch eine Reihe weiterer, den Wert einer Kundenbeziehung beeinflussende Faktoren (wie Vertrauen, Loyalität oder aufgebaute Wechselbarrieren), deren Berücksichtigung einen Beitrag zur besseren Adaption des Modells an die unternehmerische Realität leisten würde. Darüber hinaus wären empirische Arbeiten wünschenswert, die helfen, das Modell zu untermauern (oder zu verwerfen) und weiter zu entwickeln.

## Literaturverzeichnis

- [AnFL94] Anderson, Eugene W.; Fornell, Claes; Lehmann, Donald R.: Customer satisfaction, market share, and profitability. Evidence from Sweden. In: *Journal of Marketing*, Vol. 56, 1994, S. 53-66.
- [Bell57] Bellmann, Richard E.: *Dynamic Programming*, Princeton University Press, Princeton, 1957.
- [BeNa98] Berger, Paul D.; Nasr, Nada: Customer Lifetime Value: Marketing Models and Applications. In: *Journal of Interactive Marketing*, Vol. 12, Nr. 1, 1998, S. 18..
- [BeNa01] Berger, Paul D.; Nasr, Nada: The allocation of promotion budget to maximize customer equity. In: *Omega. The International Journal of Management Science*, Vol. 29, 2001, S. 49-61.
- [Bens02] Bensberg, Frank: Data Mining im Rahmen des analytischen CRM. Methoden und Anwendungen. In: Mayer, R.; Kemper, H.-G. (Hrsg.): *Business Intelligence in der Praxis Erfolgreiche Lösungen für Controlling, Vertrieb und Marketing*, Hrsg.: Bonn 2002, S. 63-87.
- [BlTh01] Blattberg, Robert C.; Thomas, Jacquelyn: *Customer Equity: Building and Managing Relationships as Valuable Assets*, Boston, 2001.
- [BoLV04] Bolton, Ruth N.; Lemon, Katherine N.; Verhoef, Peter C.: The Theoretical Underpinnings of Customer Asset Management: A Framework and Propositions for Future Research. In: *Journal of the Academy of Marketing Sciences*, Vol. 32, Nr. 3, 2004, S. 271-292.
- [Dwy89] Dwyer, Robert F.: Customer Lifetime Valuation to Support Marketing Decision Making. In: *Journal of Direct Marketing*, Vol. 8, Nr. 2, 1989, S. 8-15.
- [EJGS00] Edvardsson, Bo; Johnson, Michael D.; Gustafsson, Anders; Strandvik, Tore: The Effects of Satisfaction and Loyalty on Profits and Growth: Products Versus Services. In: *Total Quality Management*, Vol. 11, Nr. 7, 2000, S. 917-927.

- [Gerp00] Gerpott, Torsten, J.: Kundenbindung – Konzepteinordnung und Bestandsaufnahme der neueren empirischen Forschung. In: Die Unternehmung, Vol. 54, Nr. 1, 2000, S. 23-42.
- [GiKo02] Gierl, Heribert; Koncz, Julia: Customer Lifetime Value. In: Dallmer, H (Hrsg.): Das Handbuch des Direct Marketing & More. 8. Auflage, Gabler, Wiesbaden, 2002, S. 939-956.
- [GuLe03] Gupta, Sunil; Lehmann, Donald R.: Customer As Assets. In: Journal of Interactive Marketing, Vol. 17, Nr. 1, 2003, S. 9-24.
- [GuLS04] Gupta, Sunil; Lehmann, Donald R.; Stuart, Jennifer A.: Valuing Customers, in: Journal of Marketing Research, Vol. 41, Nr. 1, 2004, S. 7-18.
- [Hall96] Hallowell, Roger: The relationships of customer satisfaction, customer loyalty, and profitability: an empirical study. In: International Journal of Service Industry Management, Vol. 17, Nr. 1, 1996, S. 27-40.
- [HiWi04] Hippner, Hajo; Wilde, Klaus, D.: Grundlagen des CRM – Konzepte und Gestaltung, Gabler-Verlag, Wiesbaden, 2004.
- [JaSi02] Jain, Dipak; Singh, Siddarth: Customer Lifetime Value Research in Marketing: A Review and Future Directions. In: Journal of Interactive Marketing, Vol. 16, Nr. 2, 2002, S. 34-46.
- [JoSe05] Johnson, Michael D.; Selnes, Fred: Diversifying Your Customer Portfolio. In: MIT Sloan Management Review, Spring, 2005, S. 11-14.
- [KaKP05] Karakostas, Bill; Kardaras, Dimitri; Papathanassiou, Eleutherios A.: The state of CRM adoption by the financial services in the UK: an empirical investigation. In: Information & Management, Vol. 42, Nr. 6, 2005, S. 853-863.
- [KeWa95] Keane, Timothy, J.; Wang, Paul: Applications for the Lifetime Value Model in Newspaper Publishing. In: Journal of Direct Marketing, Vol. 9, Nr. 2, 1995, S. 59-66.
- [Koch04] Koch, Richard: Das 80/20-Prinzip, Campus-Verlag, Berlin, 2004.

- [Kotl03] Kotler, Philip: Marketing Management. 11. Auflage, Prentice Hall, New York, 2003.
- [Kraf99] Krafft, Manfred: Der Kunde im Fokus: Kundennähe, Kundenzufriedenheit, Kundenbindung – und Kundenwert? In: Die Betriebswirtschaft, Vol. 59, Nr. 4, 1999, S. 511-530.
- [KrAl99] Krafft, Manfred; Albers, Sönke: Ansätze zur Segmentierung von Kunden – Wie geeignet sind herkömmliche Konzepte? In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Vol. 52, 1999, S. 515-536.
- [KuRB04] Kumar, V.; Ramani, Girish; Bohling, Timothy.: Customer Lifetime Value Approaches and Best Practice Applications. In: Journal of Interactive Marketing, Vol. 8, Nr. 3, 2004, S. 60-72.
- [Mess05] Messner, Wolfgang: CRM-Investitionen – wann sind sie rentabel? In: Die Bank, Nr. 3, 2005, S. 50-54.
- [LiSh05] Liu, Duen-Ren; Shih, Ya-Yueh.: Integrating AHP and data mining for product recommendation based on customer lifetime value. In: Information & Management, Vol. 42, Nr. 3, 2005, S. 387-400.
- [MiKa01] Mittal, V.; Kamakura, W.A.: Satisfaction, Repurchase Intent, and Moderating Effect of Customer Characteristics. In: Journal of Marketing Research, Vol. 38, Nr. 1, 2001, S. 177-194.
- [NaRa05] Nagar, Venky; Ragan, Madhav: Measuring Customer Relationships: The Case of the Retail Banking Industry. In: Management Science, Vol. 51, Nr. 6, 2005, S. 904-919.
- [PeWa92] Peters, Thomas, J.; Waterman, Robert, H.: In search of excellence, Warner Books, New York, 1982.
- [PfFa04] Pfeifer, P.; Farris, P.: The elasticity of customer value to retention: the duration of a customer relationship. In: Journal of Interactive Marketing, Vol. 18, Nr. 2, 2004, S. 20-31.

- [PfHC05] Pfeifer, Phillip, E.; Haskins, Mark, E.; Conroy, Robert, M: Customer Lifetime Value, Customer Profitability, and the Treatment of Acquisition Spending. In: Journal of Managerial Issues, Vol. 17, Nr. 1, 2005, S. 11-25.
- [ReiSa90] Reichheld, F.; Sasser, W.: Zero Defections: Quality comes to service. In: Harvard Business Review, 68 Jg., Vol. 5, S. 105-111.
- [ReKr01] Reinartz, Werner; Krafft, Manfred: Überprüfung des Zusammenhangs von Kundenbindungsdauer und Kundenertragswert. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Vol. 71., 2001, S. 1263-1281.
- [ReKu00] Reinartz, Werner; Kumar, V.: On the Profitability of Long-Life Customers in a Noncontractual Setting: An Empirical Investigation and Implications for Marketing. In: Journal of Marketing, Vol. 64, Nr. 4, 2000, S. 17-35.
- [ReKu02] Reinartz, Werner; Kumar, V.: The Mismanagement of Customer Loyalty, Harvard Business Review, July 2002, S. 86-94.
- [RuZL02] Rust, Roland T. / Zeithaml, Valerie A. / Lemon, Katherine: Driving Customer Equity: How Customer Lifetime Value is Reshaping Corporate Strategy, New York, 2002.
- [ScPe95] Schmittlein, David C.; Peterson, Robert A.: Customer Base Analysis: An Industrial Purchase Process Application. In: Marketing Science, Vol.13, Nr. 1, 1995 S. 41-68.
- [ThRK04] Thomas, Jacquelyn S.; Reinartz, Werner; Kumar, V.: Getting the Most out of All Your Customers. In: Harvard Business Review, Juli-August 2004, S. 117-123.
- [ZeRL01] Zeithaml, Valarie A.; Rust, Roland T.; Lemon, Katherine N.: The Customer Pyramid: Creating and Serving Profitable Customers. In: California Management Review, Vol. 43, Nr. 4, 2001, S. 118-142.

# Spezifizierung des Kano-Modells zur Messung von Kundenzufriedenheit

Hans Ulrich Buhl, Dennis Kundisch, Annette Renz, Nicola Schackmann

Lehrstuhl WI-IF  
Universität Augsburg  
86135 Augsburg  
{hans-ulrich.buhl,dennis.kundisch}@wiwi.uni-augsburg.de

## Zusammenfassung

„Weiche“ Faktoren wie die Kundenzufriedenheit werden bei IT-Projektentscheidungen in ihrer Bedeutung für den Unternehmenserfolg oft vernachlässigt oder nur unzureichend mit einbezogen. In diesem Beitrag wird ein Modell vorgestellt, welches auf Basis des Ansatzes von Kano dazu dient, die Auswirkungen der Einführung neuer Leistungen oder der Steigerung ihrer Qualität hinsichtlich deren Wirkung auf die Gesamtzufriedenheit der Zielkundensegmente konsistent zu bewerten. Die so bestimmten Zufriedenheitswerte können als Input für eine Schätzung der Auswirkungen von Maßnahmen auf die Kundenloyalität dienen und einen Beitrag zur Objektivierung von Projektentscheidungen leisten.

## 1 Einleitung<sup>1</sup>

Die Erzeugung von Kundenzufriedenheit ist kein unternehmerischer Selbstzweck, sondern soll der Steigerung des Unternehmenswertes dienen. Zufriedenheitssteigernde Maßnahmen werden dabei zunehmend als strategische Investitionen in die Kundenbindung angesehen, die sich im Laufe der Zeit amortisieren und den Erhalt und die Steigerung des Unternehmenswerts sichern müssen. [MaSt00, S. 630] Da diese Maßnahmen jedoch überwiegend immaterielles und somit schwer quantifizierbares Vermögen schaffen, das mit den heutigen Controlling-Systemen nur unzureichend erfasst werden kann, [Kraf99, S. 513] wird in der Praxis die Bedeutung der Kundenzufriedenheit in Ermangelung valider Zahlen oftmals unterschätzt und bei einer Entscheidung für oder gegen ein Projekt gerade bei einer kurzfristigen Interpretation des Shareholder-

---

<sup>1</sup> Die Autoren danken drei anonymen Gutachtern für die zahlreichen wertvollen Hinweise zur Verbesserung des Beitrags, welche im Hinblick auf die Platz- und Zeitrestriktionen so weit möglich aufgegriffen wurden.

Value-Konzeptes nicht in ausreichendem Maße gewürdigt. In vielen Unternehmen besteht ein Bedarf, die Ergebniswirkungen solcher Investitionen besser abschätzen zu können.

Es stellt sich die Frage, wie eine Bestimmung der Gesamtzufriedenheit einzelner Kunden bzw. von (Ziel-)Kundensegmenten mit bestehenden und insbesondere geplanten Unternehmensleistungen auf Basis der (erwarteten) Zufriedenheit mit Einzelleistungen erfolgen kann. Der Ansatz von Kano stellt dabei einen in der Praxis weit verbreiteten Ansatz zur Messung von Kundenzufriedenheit dar. [BHMS96; KaHu01; Saue00] Gleichwohl stehen für eine Transformation der Ergebnisse einer Kundenbefragung nach Kano in „harte“ und vergleichbare Aussagen über den Nutzenbeitrag durch die Steigerung der Kundenzufriedenheit auf Basis mehrerer Maßnahmenprogramme bisher noch keine geeigneten Methoden zur Verfügung.

Dies war auch der Ausgangspunkt eines gemeinsam mit der Deutschen Bank durchgeführten Projektes. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungstools zur Bewertung von Maßnahmenprogrammen für Funktionserweiterungen und -modifikationen im geschlossenen Bereich der Private Banking Webseite. Der Ansatz von Kano erschien für die Bewertung des Kundenzufriedenheitssteigerungspotenzials eines Maßnahmenprogramms zwar grundsätzlich geeignet, war aber wegen der lediglich qualitativen Formulierung nicht direkt anwendbar, sondern bedurfte einer Spezifikation (dies stellt auch eine in der Literatur identifizierte Forschungslücke dar [KaHu01, S. 142f.]). Auf Basis des erwarteten Effekts verschiedener Maßnahmenprogramme auf die Kundenzufriedenheit wurde in darauf aufbauenden Schritten der Einfluss der Kundenzufriedenheit auf die Loyalität und letztendlich auf den Unternehmenserfolg geschätzt. Im vorliegenden Beitrag steht nur der erste Schritt – die konsistente Bewertung des Kundenzufriedenheitseffekts von Maßnahmenprogrammen – im Vordergrund, da hier u. E. verallgemeinerbare Ergebnisse erzielt werden konnten.

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert. Auf Basis einer kurzen Vorstellung der theoretischen Basis für das Konstrukt Kundenzufriedenheit und des Kano-Modells (Abschnitt 2) wird darauf aufbauend ein Bewertungsmodell entwickelt, welches dazu dient, Unternehmenseinzelleistungen hinsichtlich ihres Zufriedenheitsbeitrags zu bewerten und konsistent zu einem Gesamtzufriedenheitswert zu aggregieren (Abschnitt 3). Eine kurze Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf runden den Beitrag ab (Abschnitt 4).



## 2 Kundenzufriedenheit und das Kano-Modell

Als grundsätzlicher Beitrag zum Verständnis der Kundenzufriedenheit hat das Confirmation/Disconfirmation-Paradigma (C/D-Paradigma) weite Verbreitung in der Kundenzufriedenheitsforschung erlangt. [Oliv97, S. 99] Laut des C/D-Paradigmas ist die Kundenzufriedenheit eine Einstellung, die aus einem Soll-Ist-Vergleich resultiert. Unter der „Ist-Leistung“ wird dabei die wahrgenommene Qualität eines Produkts oder einer Leistung verstanden. Die Sollkomponente als subjektive Größe stellt dagegen einen Vergleichsstandard dar und drückt sich bspw. in einer bestimmten Erwartungshaltung des Kunden aus. Sie unterliegt verschiedenen Einflussgrößen, zu denen vorhandene und bewusste Bedürfnisse ebenso zählen wie bereits gemachte Erfahrungen mit einer Leistung oder Mund-zu-Mund-Propaganda. Entspricht die wahrgenommene Leistung genau dem Vergleichsstandard, so ist das sog. Konfirmationsniveau der Zufriedenheit erreicht. Übertrifft die wahrgenommene Leistung die Erwartungen, spricht man von positiver Diskonfirmation (Zufriedenheit), im gegenteiligen Fall von negativer Diskonfirmation (Unzufriedenheit). [HoSt01, S. 20] Das C/D-Paradigma basiert hauptsächlich auf der kognitiven und weniger auf der affektiven Evaluation der Performance eines Produkts oder einer Leistung und ist daher eher zur Anwendung geeignet, wenn funktionale Anforderungen – wie dies beim Internetangebot eines Finanzdienstleisters oft der Fall sein dürfte – bei der Evaluation im Vordergrund stehen. [WiLe03, S. 346]

Die merkmalsorientierte Messmethode der Kundenzufriedenheit von [KTST84] unterstellt, dass nicht bei allen Produkten ein linearer Zusammenhang zwischen der Funktionalität des Produkts und der Kundenzufriedenheit besteht. Kano et al. gehen zudem davon aus, dass ein Kunde mit einzelnen Aspekten eines Produkts (un-)zufrieden sein kann, und dass sich die Gesamtzufriedenheit mit diesem Produkt aus seinen Teilurteilen zusammensetzt. Dafür teilen Kano et al. sämtliche Produktbestandteile oder -eigenschaften in *Basis-*, *Leistungs-* und *Begeisterungsanforderungen* ein, die in unterschiedlicher Weise zur Entstehung von Kundenzufriedenheit beitragen.

Zahlreiche Autoren verwenden das Kano-Modell und übertragen es auf die Kundenzufriedenheitsforschung. [BHMS96; HoSt01; KaHu01; MaSt00]<sup>2</sup> Statt der Funktionalität eines Produkts wie bei Kano wird bei der Übertragung auf die Kundenzufriedenheit die Erwartungserfüllung betrachtet. [BHMS96, S. 118; HoSt01, S. 33] In diesem Kontext können die drei Kategorien von Kano folgendermaßen beschrieben werden:

---

<sup>2</sup> Zur Kritik an der Kano-Methode vgl. [KaHu01, S. 142f.; Saue00, S. 159].

*Basisfaktoren* (BaF) sind „Mussfaktoren“, deren Angebot und Erfüllung als selbstverständlich vorausgesetzt wird, sodass die BaF nicht mehr explizit vom Kunden nachgefragt werden. Die Erfüllung der Erwartungen dringt beim Kunden oftmals nicht ins Bewusstsein. Insofern wird das Konfirmationsniveau der Kundenzufriedenheit im besten Fall erreicht, jedoch nicht überschritten. Den Kunden fällt eine Nichterfüllung ihrer als selbstverständlich verstandenen Erwartungen sehr deutlich auf, sodass eine Nichterfüllung der BaF zu einem starken Absinken der Kundenzufriedenheit unter das Konfirmationsniveau führt.

*Begeisterungsfaktoren* (BeF) werden nicht explizit vom Kunden nachgefragt, da es sich um innovative Faktoren handelt, an die der Kunde noch gar nicht denkt. Er hat also noch keine Erwartungen gebildet, sodass der Vergleich von Ist und Soll immer positiv ausfällt und die Zufriedenheit oberhalb des Konfirmationsniveaus liegt. Die Nichterfüllung der BeF führt nicht zu Unzufriedenheit, da der Kunde ihre Erfüllung nicht erwartet bzw. ihm das Fehlen einer Innovation nicht auffällt.

*Leistungsfaktoren* (LF) werden vom Kunden verlangt. Werden sie angeboten, führen sie zu einer Steigerung der Kundenzufriedenheit, werden sie nicht oder nur in unzureichender Qualität angeboten, führen sie zu Unzufriedenheit. Es wird dabei ein linearer Zusammenhang zwischen dem Erfüllungsgrad der Erwartungen und dem Zufriedenheitsniveau vermutet; bei exakter Erfüllung der Erwartungen wird gerade das Konfirmationsniveau erreicht.

Die so beschriebenen Zusammenhänge sind in der folgenden Abbildung dargestellt (vgl. Abb. 1).<sup>3</sup> Die Abszisse der Graphik drückt hierbei die Erwartungserfüllung der einzelnen Leistungskomponenten aus, also den Soll-Ist-Vergleich zwischen erwarteter und wahrgenommener Leistung, die Ordinate zeigt die Ausprägungen der dazugehörigen Kundenzufriedenheit (dabei stellt der Null-Punkt den Referenzpunkt dar [HvNH98, S. 1229]). Im Zeitablauf verschieben sich in der Regel die Zugehörigkeiten einzelner Leistungen zu den drei Kategorien derart, dass sich die BeF zu LF und die LF zu BaF verändern. Dies begründet sich daraus, dass Eigenschaften, die heute noch unerwartete Begeisterung beim Kunden auslösen, morgen bereits als normal betrachtet und vom Kunden erwartet werden. [HoSt01, S. 27ff.] Damit einher geht auch ein Ab-

---

<sup>3</sup> Der Vollständigkeit halber sollen auch noch die Indifferenz- und die Unzufriedenheitsfaktoren genannt werden. Indifferenzfaktoren (IF) werden vom Kunden weder erwartet noch genutzt. Diese haben auf die Kundenzufriedenheit keinen Einfluss. [Tont00, S. 729] Bei Investitionsentscheidungen müssen IF jedoch dann Berücksichtigung finden, wenn diese eine Funktionalität implementieren, auf welche weitere zufriedenheitsrelevante Funktionalitäten aufbauen. Unzufriedenheitsfaktoren sind Funktionalitäten, welche beim Kunden allein auf Grund des Vorhandenseins Unzufriedenheit auslösen. [Tont00, S. 729] Solche Faktoren können über den Kano-Fragebogen identifiziert werden und werden auf Grund ihrer Wirkungsweise in einem vorgeschlagenen Maßnahmenprogramm offensichtlich nicht enthalten sein. Beide Faktoren werden in der folgenden Analyse nicht betrachtet.

sinken der Kundenzufriedenheit über die Zeit, sofern keine neuen Investitionen getätigt werden – ein Umstand, der auch im Projekt mit der Deutschen Bank festgestellt werden konnte. Die gestrichelten Pfeile in der Abbildung sollen diesen Übergang von Leistungen in die niedrigeren Kategorien im Zeitablauf andeuten.

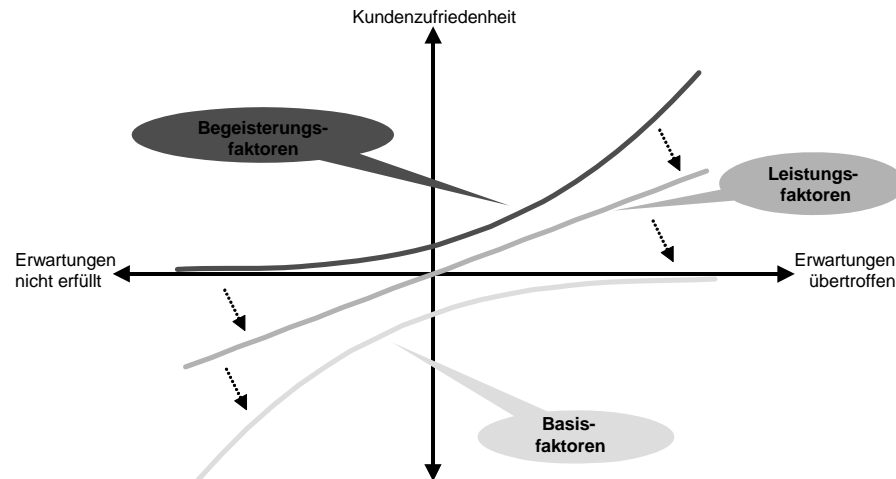


Abb. 1: Kano-Modell übertragen auf die Kundenzufriedenheit [BHMS96, S. 118]

Bei einer genaueren Analyse der Übertragungen des Kano-Gedankenguts auf die Kundenzufriedenheit wurde im Projekt deutlich, dass die grafische und rein qualitative Darstellung trotz aller Plausibilität der zu Grunde liegenden Aussagen einige Schwächen aufweist. Es bleibt bspw. die Frage offen, warum im Bereich der BaF trotz exakter Erfüllung der Erwartungen nicht das Konfirmationsniveau entsteht. Zudem wird unterstellt, dass auch eine Nichterfüllung der Erwartungen bei den BeF auftreten kann, obwohl hier der Kunde per definitionem gar keine Erwartungen gebildet hat. Da sich in der Literatur keine exaktere Modellbeschreibung sowie quantitative Weiterentwicklung des Modells findet – zur qualitativen Auswertung vgl. bspw. [Sae00, S. 40ff.] –, greifen wir dieses Defizit in der Kundenzufriedenheitsforschung auf.

### 3 Bewertungsmodell zur Kundenzufriedenheit

Folgende allgemeine Überlegungen liegen unserem Ansatz zu Grunde: Ein Finanzdienstleister bietet verschiedene Leistungen oder Leistungsbündel in seinem Webauftritt an, die zu Zufriedenheit führen. Diese Zufriedenheit beeinflusst das Verhalten der Kunden und somit letztendlich (über mehrere Zwischenschritte und im Zusammenhang mit weiteren Wirkungsfaktoren) den Unternehmenserfolg. [HoSt01, S. 61] Im Fokus dieser Arbeit steht der Zusammenhang der

Zufriedenheit bzw. Unzufriedenheit mit einzelnen Unternehmensleistungen und dem daraus resultierenden Zufriedenheitsbeitrag (ZB) sowie die aus den ZB zu ermittelnde Gesamtzufriedenheit. Dabei werden zunächst die Beziehungen zwischen den einzelnen Leistungen und den jeweiligen ZB nach Kano hergestellt. Im Anschluss daran erfolgt eine Aggregation der einzelnen ZB innerhalb einer Kano-Kategorie und schließlich über alle drei Kategorien zu einem Gesamtzufriedenheitswert.

### 3.1 Zufriedenheit mit einzelnen Unternehmensleistungen

Die Gesamtheit der Kunden wird nicht gleichermaßen auf die Beeinflussung ihrer Kundenzufriedenheit auf Grund bestimmter Leistungen reagieren, sodass – um diese Heterogenität durch Segmentierung zu berücksichtigen – im Folgenden von mehreren (jeweils homogenen) Kundensegmenten ausgegangen wird, bei denen einzelne Leistungen des Unternehmens stets in ähnlicher Weise in ZB dieses Kundensegments resultieren. Dies schließt auch mit ein, dass verschiedene Kundensegmente teilweise dieselbe Leistung in unterschiedliche Kano-Kategorien einteilen.

Basierend auf den Ausführungen von [HoSt01] und [BHMS96] liegen bei einer quantitativen Darstellung des Kano-Modells der Kundenzufriedenheit die Werte auf der Abszisse zwischen den Extremen „Nichterfüllung“ und „Übererfüllung“ der Erwartungen (vgl. Abb. 1) und entstehen – wie im C/D-Paradigma postuliert – als Ergebnis eines Vergleichs des tatsächlichen Leistungsniveaus  $k_{t,i}$  mit dem Erwartungsniveau  $e_{l,t,i}$ , den das (Ziel)Kundensegment  $l = 1, \dots, L$  (mit  $L \in \mathbb{N}^+$ ) in jeder Periode  $t$  für jede Unternehmensleistung  $i = 1, \dots, n$  zieht. Dabei wird angenommen, dass das Leistungsniveau im Zeitablauf konstant ist, die Erwartungen jedoch in jeder Periode monoton ansteigen (vgl. Abschnitt 2). Eine Veränderung des kundensegmentunabhängigen Leistungsniveaus wäre in diesem Sinne gleichbedeutend mit einer neuen Funktionalität.

Der Vergleich von Erwartungs- und Leistungsniveau liefert einen Wert für die Erfüllung der Erwartungen  $x_{l,t,i}$  als Ergebnis. Des Weiteren werden aus Modellierungsgründen sowohl das Leistungs- als auch das Erwartungsniveau auf das Intervall  $[0,1]$  normiert. Für das Leistungsniveau bedeutet dies, dass es sowohl einen bestmöglichen Wert für die Leistungsqualität (1) gibt als auch einen Wert, der die schlechtest denkbare Leistungsqualität (0) ausdrückt. Bei den Erwartungen gilt das Gleiche – sie sind ebenfalls nach oben und unten begrenzt. 1 bedeutet dabei höchste Ansprüche von Seiten der Kunden, während der Wert 0 angibt, dass der Kunde keine Erwartungen an die Leistung stellt. Es gilt:

- (1)  $k_{t,i} = k_i \quad k_i \in [0,1]$
- (2)  $e_{l,t-1,i} \leq e_{l,t,i} \quad e_{l,t,i} \in [0,1]$
- (3)  $x_{l,t,i} = k_i - e_{l,t,i}, \quad x_{l,t,i} \in [-1,1]$

Auf Grund der vorgenommenen Normierungen für  $k_i$  und  $e_{l,t,i}$  ergibt sich für  $x_{l,t,i}$  ein Wertebereich von  $[-1,1]$ , wobei ein Wert von  $x_{l,t,i} = -1$  bedeutet, dass die Erwartungen des Kundensegments „überhaupt nicht erfüllt“,  $x_{l,t,i} = 1$ , dass sie „völlig übererfüllt“, und  $x_{l,t,i} = 0$ , dass die Erwartungen „gerade erfüllt“ werden und somit das Konfirmationsniveau erreicht wird. Die Festlegung von Maximal- und Minimalwerten für die Erwartungserfüllung erscheint intuitiv plausibel, geht man davon aus, dass auf der einen Seite ein völlig unzufriedener Kunde im Zeitablauf nicht noch unzufriedener werden kann und auf der anderen Seite die Begeisterung eines zufriedenen Kunden ebenfalls eine Obergrenze erreichen wird.

Der ZB resultierend aus einer Unternehmensleistung existiert in jeder Periode  $t$  abhängig vom Grad der Erwartungserfüllung  $x_{l,t,i}$  bezüglich dieser Leistung, wobei der funktionale Zusammenhang zwischen dem Soll-Ist-Vergleich, d. h. der Erfüllung der Erwartungen, und des ZB in jeder der drei Kategorien anders verläuft. An dieser Stelle wollen wir die bisherige qualitative Darstellung des Kano-Modells weiterentwickeln. Für eine präzisere und quantifizierbare Übertragung und Anwendbarkeit des Kano-Modells im Bereich der Kundenzufriedenheit werden zunächst die sich aus unserer Kritik ergebenden Anforderungen formuliert, um dann insbesondere die Funktionsverläufe der BaF und BeF gegenüber dem Kano-Modell der Kundenzufriedenheit von [HoSt01] und [BHMS96] zu modifizieren.

Dafür wird zunächst die Variable  $s_{l,t,i,j}$  für den ZB, welchen eine Unternehmensleistung – bspw. eine Postkorb-Funktionalität – verursacht, eingeführt und auf Werte im Intervall  $[-1,1]$  normiert.  $s_{l,t,i,j}$  resultiert für ein Kundensegment  $l$  zum Zeitpunkt  $t$  aus einer Unternehmensleistung  $i$  aus der Kategorie  $j$  mit  $j \in \{BaF, LF, BeF\}$ . Dabei wird -1 als absolute Unzufriedenheit, 1 als höchste Zufriedenheit und 0 als Bestätigung verstanden, bei der gerade das Konfirmationsniveau der Zufriedenheit erreicht ist. Die Zuordnung einer der drei Kano-Kategorien zu einer Leistung durch ein Kundensegment erfolgt unabhängig von der Zuordnung dieser Leistung durch andere Kundensegmente. Der ZB  $s_{l,t,i,j}$  ergibt sich dann zeitabhängig als Funktion der Erwartungserfüllung  $x_{l,t,i}$  und der Kategorie  $j$ :

$$(4) \quad s_{l,t,i,j} = f_j(x_{l,t,i}) = \begin{cases} f_{BaF}(x_{l,t,i}) & \forall j = BaF \\ f_{LF}(x_{l,t,i}) & \forall j = LF \\ f_{BeF}(x_{l,t,i}) & \forall j = BeF \end{cases}$$

Aus den bereits diskutierten Gründen müssen die modifizierten Funktionsverläufe zur Abbildung der Zusammenhänge von Erwartungserfüllung und ZB innerhalb der einzelnen Kategorien folgende Anforderungen erfüllen:

- (A 1) Leistungen innerhalb der BeF werden vom Kunden nicht gefordert. Daher gilt  $e_{l,t,i} = 0$  bei den BeF.
- (A 2) Der ZB für Werte  $x_{l,t,i} > 0$  in der Kategorie der BeF soll bis zum Maximalpunkt ( $x = 1$ ) streng zunehmend wachsen, da angenommen wird, dass bei immer besserer Erwartungs(über)erfüllung bei den BeF auch die Werte des ZB zunehmend steigen.

Der Wertebereich für die ZB mit einer Unternehmensleistung aus den BeF ist somit auf  $[0,1]$  festgelegt. Im Bereich nicht erfüllter Erwartungen ist die Funktion nicht definiert.

- (A 3) BaF führen auch bei einer Übererfüllung der Erwartungen ( $x_{l,t,i} \geq 0$ ) nicht zu einem positiven ZB, sondern es wird maximal das Konfirmationsniveau der Zufriedenheit erreicht.
- (A 4) Eine Nichterfüllung der Erwartungen bei BaF führt sehr schnell, d. h. bereits bei schwacher negativer Diskonfirmation der Erwartungen, zu absoluter Unzufriedenheit mit dieser Leistung. [CoPL04]

Um diese Anforderungen zu erfüllen, setzen wir innerhalb der BaF die ZB für Werte  $x_{l,t,i} \geq 0$  auf 0. Der Funktionsverlauf bei geringen negativen  $x$ -Werten sinkt sehr rasch vom Wert 0 auf den Minimalwert -1, auf dem es für deutlich negative  $x$ -Werte verbleibt. Als Wertebereich für die ZB mit einer Unternehmensleistung aus den BaF legen wir somit  $[-1,0]$  fest.

- (A 5) Für LF wird von einem proportionalen Zusammenhang zwischen der Erwartungserfüllung  $x_{l,t,i}$  und des ZB  $s_{l,t,i,LF}$  ausgegangen. Die ZB bei Nicht-Erfüllung eines LF müssen dabei stets mindestens so groß sein wie die der BaF, die ZB bei Übererfüllung der Erwartungen allerdings niemals so groß wie die der BeF. Auch an den Endpunkten der Abszisse sollen die LF nicht zu extremen ZB führen, insgesamt sollte die Funktion also stets zwischen den beiden Funktionen der BaF und BeF verlaufen.
- (A 6) Eine Nichterfüllung der Erwartungen wiegt auf Grund der Prospect Theorie schwerer als ein Übertreffen derselben. [KaTv79; MiRB98]

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sollte eine abschnittsweise lineare Funktion gewählt werden. [HaJF93] Da diese stets zwischen den Funktionen der BeF und BaF liegen muss,

die ihre Maximalwerte bei 1 bzw. -1 haben, und eine Nichterfüllung von Erwartungen schwerer wiegen soll als ein Übertreffen derselben, kann als Wertebereich für den ZB mit einer Unternehmensleistung aus den LF der Bereich  $[\underline{a}, \bar{a}]$  mit  $|\underline{a}| > |\bar{a}|$  und  $\underline{a} \in (-1,0)$  bzw.  $\bar{a} \in (0,1)$  festgelegt werden.

(A 7) Die Funktionen  $f_j(x_{l,t,i})$  zur Bestimmung der Zufriedenheitsbeiträge sollen stetig und monoton sein.

Empirisch konnten bislang weder Sprungstellen noch nicht-monotone Kurvenverläufe in den Bewertungsfunktionen identifiziert werden. Die Unterstellung von stetigen und monotonen Funktionen erscheint daher gerechtfertigt. Als Weiterentwicklung von Abb. 1 zeigt Abb. 2 beispielhaft die Funktionsverläufe des modifizierten, auf die Kundenzufriedenheit übertragenen Kano-Modells.<sup>4</sup>

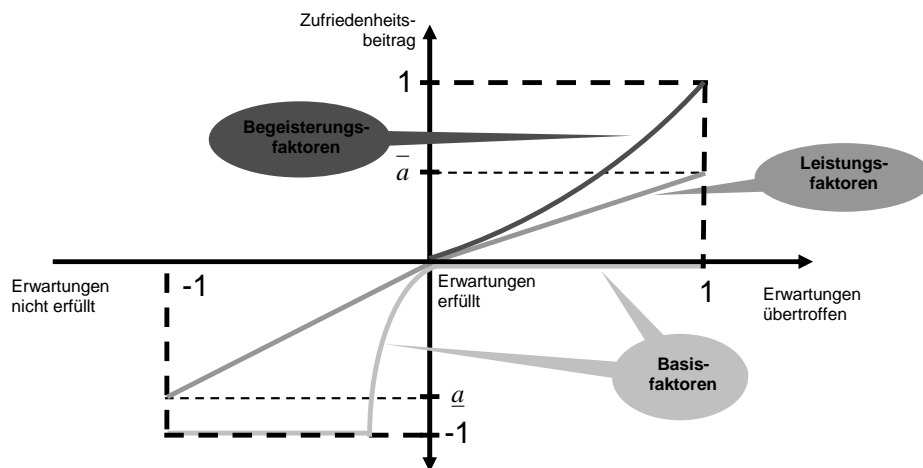


Abb. 2: Modifiziertes Kano-Modell der Kundenzufriedenheit

Die o. g. plausiblen Überlegungen an die Kurvenverläufe in den einzelnen Kategorien und den daraus formulierten Anforderungen (A 1) bis (A 7) schränken die Freiheitsgrade der Funktionen bzw. Funktionsklassen bereits erheblich ein. Auf Basis der Anforderungen und der nachfolgenden Spezifikation dürften sich Schätzfehler daher bei richtiger Kategorisierung in BaF, LF und BeF im Rahmen halten.<sup>5</sup> Im Einklang mit den Anforderungen (A 1) bis (A 7) können die Funk-

<sup>4</sup> Nicht angebotene BaF und LF gehen in die Berechnung mit -1 bzw.  $\underline{a}$  ein, da es sich um „Mussfaktoren“ bzw. vom Kunden verlangte Leistungen handelt. Es stellt sich bei den BaF und BeF also lediglich die Frage nach der (optimalen) Qualität der Umsetzung. Ansonsten könnten die aggregierten Zufriedenheitswerte für die BaF und LF einfach durch Weglassen potenziell gesteigert werden.

<sup>5</sup> Zudem führt eine falsche Einteilung zwischen BaF und LF im Bereich der nicht erfüllten Erwartungen bzw. LF und BeF im Bereich der übererfüllten Erwartungen nur dann zu größeren Schätzfehlern, wenn zwischen Kundenerwartungs- und Leistungsniveau eine substantielle Differenz festzustellen ist (vgl. Abb. 2).

tionsverläufe für BeF, BaF und LF bspw. folgendermaßen dargestellt werden. Hierbei gehen wir zunächst von der Funktion der LF aus und bilden dann die beiden anderen Funktionen ab.

$$(5) \quad s_{l,t,i,LF} = \begin{cases} -\underline{a}x_{l,t,i} & \forall x_{l,t,i} \in [-1,0] \\ \bar{a}x_{l,t,i} & \forall x_{l,t,i} \in (0,1] \end{cases} \quad \text{und } \underline{a} \in (-1,0) \quad \text{und } \bar{a} \in (0,1) \quad \text{mit } |\underline{a}| > |\bar{a}|$$

$$(6) \quad s_{l,t,i,BeF} = \begin{cases} 0 & \forall x_{l,t,i} \in [-1,0] \\ \bar{a}x_{l,t,i} + b(x_{l,t,i})^2 & \forall x_{l,t,i} \in (0,1], \bar{a} \in (0,1) \text{ und } b \in (0,1-\bar{a}] \end{cases}$$

Damit der rechte Parabelast der Funktion der BeF nicht mit der Funktion der LF zusammenfällt (A 5), muss bei der linken Intervallgrenze von  $b$  die Null ausgeschlossen werden. Für die rechte Intervallgrenze gilt: Da die Funktion der BeF im Extremwert  $x_{l,t,i} = 1$  den ZB  $s_{l,t,i,BeF} = 1$  annehmen muss, gilt für die Parameter  $\bar{a}$  und  $b$  für  $x_{l,t,i} > 0$  die folgende Bedingung:

$$(7) \quad b = 1 - \bar{a} \quad \forall x_{l,t,i} \in (0,1] \quad \text{und } j = BeF$$

Wie aus Formel (7) ersichtlich ist, ergibt sich für einen hohen Wert von  $\bar{a}$  ein niedriger Wert von  $b$  und umgekehrt. Bei hohem  $\bar{a}$  besitzt die lineare Funktion der LF eine hohe Steigung, gleichzeitig verläuft der rechte Parabel-Ast der Funktion der BeF mit geringer Steigung nahe oberhalb der linearen Funktion. Diese bedeutet, dass Kunden im Hinblick auf die ZB nahezu indifferent sind zwischen Unternehmensleistungen aus den LF oder den BeF.

Um für den Bereich der BaF die Anforderung (A 4) zu erfüllen, legen wir in dieser Kategorie einen Bereich zwischen 0 und  $-d$  mit  $d \in (0,1]$  fest, innerhalb dessen die ZB für leicht negative  $x$ -Werte auf den Minimalwert von  $-1$  fallen. Links von  $-d$  verbleibt der ZB dann auf dem Minimalwert. Berücksichtigt man auch die Anforderungen (A 3) und (A 7), so kann ein Funktionsverlauf für die BaF bspw. folgendermaßen dargestellt werden:

$$(8) \quad s_{l,t,i,BaF} = \begin{cases} -1 & \forall x_{l,t,i} < -d \\ -\underline{a}x_{l,t,i} - c(x_{l,t,i})^2 & \forall x_{l,t,i} \text{ für die gilt } -d \leq x_{l,t,i} < 0, \underline{a} \in (-1,0) \text{ und } c \in (0, \frac{1}{d^2} + \frac{\underline{a}}{d}] \\ 0 & \forall x_{l,t,i} \geq 0 \end{cases}$$

Damit auch hier die Funktion der BaF nicht mit der der LF zusammenfällt (A 5), muss die Null bei der linken Intervallgrenze von  $c$  ausgeschlossen sein. Die rechte Intervallgrenze ergibt sich aus der Überlegung, dass die Funktion an der Stelle  $x_{l,t,i} = -d$  den ZB  $s_{l,t,i,BaF} = -1$  annehmen soll. Für die Parameter  $\underline{a}$ ,  $d$  und  $c$  gilt dann:

$$(9) \quad c = \frac{1}{d^2} + \frac{\underline{a}}{d} \quad \forall j = BaF$$



### 3.2 Aggregation der Zufriedenheitsbeiträge

Die mit den voranstehenden Funktionen ermittelbaren ZB für jede Unternehmensleistung sollen nun zu einer Gesamtzufriedenheit aggregiert werden. Diese Aggregation erfolgt in zwei Stufen: Zunächst werden die ZB innerhalb eines Kundensegments und einer Kategorie miteinander verknüpft und in einem weiteren Schritt die ZB der drei Kategorien zu einer Gesamtzufriedenheit pro Kundensegment verdichtet.

#### 3.2.1 Aggregation der Zufriedenheitsbeiträge innerhalb einer Kategorie

Bei der Aggregation soll berücksichtigt werden, dass verschiedene Kundensegmente individuelle Präferenzen hinsichtlich ihrer Bedeutung bzgl. einzelner Unternehmensleistungen besitzen. Daher ergibt sich die folgende weitere Anforderung:

(A 8) Die vorangehend ermittelten ZB  $s_{l,t,i,j}$  müssen gemäß ihrer Bedeutung für das Kundensegment gewichtet werden können. Die Bedeutung soll hierbei unabhängig von der Kategorie sein, der eine Leistung zugeordnet ist.

Dazu wird ein Gewichtungsfaktor  $w_{l,t,i} \in [0,1]$  eingeführt, mit dessen Hilfe sich der gewichtete ZB  $S_{l,t,i,j}$  ergibt:

$$(10) \quad S_{l,t,i,j} = s_{l,t,i,j} \cdot w_{l,t,i} \quad \text{mit} \quad \sum_i w_{l,t,i} = 1$$

Um die Ergebnisse bei Variationen von Gewichtungswerten vergleichbar machen zu können, besteht eine Notwendigkeit zur Normierung der Summe aller Werte  $w_{l,t,i}$ , bspw. auf den Wert 1. Durch diese Normierung wird sichergestellt, dass die Wertebereiche für die gewichteten ZB hierbei denen der ungewichteten ZB entsprechen.

Die gewichteten ZB einzelner Unternehmensleistungen müssen nun zu einem ZB pro Kategorie aggregiert werden. Wie diese Aggregation erfolgen soll, wird überraschender Weise in der Kundenzufriedenheitsforschung bisher kaum thematisiert. Vereinzelt wird zwar angenommen, dass die Kunden ihren Gesamteindruck aus den Teilzufriedenheiten mit einzelnen (Teil-) Leistungen zusammensetzen und diese nach ihrer Bedeutung gewichten, [Schü92, S. 175] verwendet wird jedoch stets nur ein einfaches, additives Modell. Dies ist bspw. in Kanos Originalmodell [BHMS96, S. 123] oder bei der Berechnung von Kundenzufriedenheitsindizes [Töpf99, S. 326ff.] der Fall. Dabei werden jedoch u. E. wichtige Aspekte bei der Untersuchung der Zufriedenheitsentstehung vernachlässigt, da ein additives Modell dadurch gekennzeichnet ist, dass Unzufriedenheit in einem Teilbereich durch positive Aspekte in anderen Bereichen ausgegli-

chen werden kann. Dies ist jedoch nicht immer realistisch, da extreme Unzufriedenheitswerte i. d. R. kaum ausgeglichen werden können: In einem solchen Fall ist eine kumulative Aggregation angemessen und eine Durchschnittsbildung inadäquat. Für eine Aggregation der Einzelwerte innerhalb einer Kategorie ergeben sich daher die folgenden Anforderungen:

- (A 9) Die ZB in den BaF und BeF müssen *akkumulativ* sein. Bei Hinzunahme eines positiven (bzw. negativen) ZB innerhalb der BeF (bzw. der BaF) müssen sich also auch die aggregierten Werte erhöhen (bzw. verringern).<sup>6</sup>
- (A 10) Innerhalb der LF soll ein Ausgleich von negativen und positiven Werten möglich sein, da hier einerseits keine extremen ZB zu finden sind, die nachhaltigen Einfluss auf den aggregierten ZB haben, und andererseits der Kunde sämtliche Produkte oder Dienstleistungen der LF erwartet und somit eine Nivellierung von negativen und positiven Werten plausibel erscheint. ZB von LF müssen sich daher aus einer Mittelwertbildung ergeben.

Einen möglichen Lösungsansatz für die akkumulative Aggregation der ZB innerhalb der BaF und BeF gemäß Anforderung (A 9) liefert der aus der Welt der wissensbasierten Systeme bekannte EMYCIN-Ansatz der probabilistischen Output-Aggregation. [BuWe92] Als Certainty-Ansatz wird er ursprünglich bei der Ermittlung von so genannten Certainty Factors für den Eintritt zweier (Regel-Output-)Fakten mit dem Ergebnis verwendet, dass die aggregierten Werte stets betragsmäßig höher sind als die Einzelwerte. Somit stellt er einen möglichen Lösungsansatz für die Aggregation von Werten aus den Extrembereichen der BaF und der BeF dar. In nicht-inkrementeller Schreibweise (im Gegensatz zu oben genannten Arbeiten) kann das Gesamtergebnis der aggregierten ZB pro Kategorie der BeF bzw. BaF als  $\hat{S}_{l,t,BeF}$  bzw.  $\hat{S}_{l,t,BaF}$  folgendermaßen formuliert werden:

$$(11) \quad \hat{S}_{l,t,BeF} = 1 - \prod_{i:j=BeF} (1 - S_{l,t,i,j})$$

$$(12) \quad \hat{S}_{l,t,BaF} = \prod_{i:j=BaF} (1 + S_{l,t,i,j}) - 1$$

$\hat{S}_{l,t,BeF}$  ist damit auch nach beliebig vielen Aggregationsschritten auf das Intervall [0;1] normiert,  $\hat{S}_{l,t,BaF}$  auf [-1;0]. Zusätzlich ist die Aggregation streng monoton in dem Sinne, dass sich der aggregierte Wert  $\hat{S}_{l,t,BeF}$  (bzw.  $\hat{S}_{l,t,BaF}$ ) bei Hinzunahme eines positiven (bzw. negativen) ZB erhöht (bzw. erniedrigt), sodass die Anforderungen aus (A 9) erfüllt werden.

<sup>6</sup> Beispiel zur Verdeutlichung: Ausgehend von einem bereits aggregierten ZB für die Kategorie der BeF von 0,8 soll bei Hinzunahme eines neuen, weiteren BeF mit einem ZB von 0,5 der aggregierte ZB steigen und nicht - wie bei Verwendung des Mittelwerts - sinken.

Anders verhält es sich für ZB innerhalb der Kategorie der LF. Hier sollen die einzelnen Leistungen durch eine Mittelwertbildung aggregiert werden. Hält man sich noch einmal vor Augen, dass der Kunde sämtliche zur Kategorie der LF gehörenden Produkte oder Dienstleistungen erwartet, erscheint die Verwendung des arithmetischen Mittels am intuitivsten.

$$(13) \quad \hat{S}_{l,t,LF} = \frac{1}{|LF|} \sum_{i:j=LF} S_{l,t,i,LF}$$

Dabei meint  $|LF|$  die Kardinalität der Menge der Leistungsfaktoren mit  $|LF| = \sum_{i:j=LF} 1$ . Auch bei

dieser Aggregationsform bleibt auf Grund der Mittelwerteigenschaft der ursprüngliche Wertebereich von  $[\underline{a}, \bar{a}]$  für  $\hat{S}_{l,t,LF}$  erhalten. Damit haben wir nun pro Kundensegment, Zeitpunkt und Kategorie einen aggregierten ZB  $\hat{S}_{l,t,j}$ .

Positiv hervorzuheben ist die Eigenschaft der Reihenfolgeunabhängigkeit für beide vorgeschlagenen Verknüpfungsregeln (für EMYCIN vgl. [BuMW91, S. 213ff.]), denn i. d. R. wird im Rahmen eines zur Verfügung stehenden Budgets über mehrere umzusetzende Funktionalitäten aus eine Vielzahl von Projektideen zu einem Zeitpunkt zu entscheiden sein. Die Entscheidung über ein solches Maßnahmenprogramm soll dabei unabhängig davon sein, in welcher Reihenfolge die Funktionalitäten bei der Bestimmung des ZB einer Kategorie Berücksichtigung finden. Gerade bei zum Entscheidungszeitpunkt noch unklaren möglichen *Projektabhängigkeiten* ist die Vermeidung von Pfadabhängigkeiten bei der *Bewertung* ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

### 3.2.2 Aggregation zu einem Gesamtzufriedenheitswert

Nachdem die ZB innerhalb jeder Kategorie aggregiert wurden, muss nun aus diesen eine Gesamtzufriedenheit ermittelt werden. Folgende Anforderungen werden hierbei an diese Aggregation gestellt:

- (A 11) Basierend auf der Annahme, dass ein ohnehin schon zufriedener Kunde geneigt ist, Wahrnehmungen eher als positiv einzuordnen, um kognitive Dissonanzen zu vermeiden, [Schü92, S. 171] sollte in der gewählten Aggregationsregel eine Veränderung des ZB in einer Kategorie unterschiedliche Auswirkungen auf die Gesamtzufriedenheit haben können, je nachdem, wie hoch die ZB in den anderen Kategorien sind. Dies bedeutet, dass bei großen ZB in zwei Kategorien eine Erhöhung des ZB in der dritten Kategorie

zu einer stärkeren Erhöhung der Gesamtzufriedenheit führt, als es der Fall wäre, wenn in den beiden anderen Kategorien Unzufriedenheit vorherrschen würde.

(A 12) Der Wert der Kategorie der BaF muss ein k.o.-Kriterium darstellen können, d. h., wenn das Kundensegment in dieser Kategorie völlig unzufrieden ist ( $\hat{S}_{l,t,BaF} = -1$ ), darf dies nicht durch gute Werte in den LF oder BeF ausgeglichen werden können, sondern muss insgesamt zu Unzufriedenheit führen. [CoPL04]

(A 13) Sofern  $\hat{S}_{l,t,BaF} > -1$  sollen sich die aggregierten ZB der drei Kategorien ausgleichen können.

(A 14) Die ZB der einzelnen Kategorien sollen mit unterschiedlichen Gewichtungen in die Gesamtzufriedenheit eingehen können, sodass gewährleistet werden kann, dass bspw. BeF stärker gewichtet werden können als BaF.

Auf Grund dieser Anforderungen ist eine rein additive Verknüpfung (z. B. mit dem arithmetischen Mittel) wiederum nicht möglich, da hier weder die Anforderung (A 11) noch (A 12) erfüllt werden kann. Zur Entwicklung einer anforderungskonformen „Customer Satisfaction- (CS-)Funktion“ wird auf Grund ihrer Multiplikatивität und Konkavität von einer Cobb-Douglas-Funktion ausgegangen. Diese enthält die drei Argumente  $y_{BaF}$ ,  $y_{LF}$  und  $y_{BeF}$  (für die drei Kategorien) sowie die (die Gewichtung der Argumente ermöglichenden) Exponenten  $\alpha_{BaF}$ ,  $\alpha_{LF}$  und  $\alpha_{BeF}$  und kann folgendermaßen dargestellt werden:

$$(14) \quad f(y_{BaF}, y_{LF}, y_{BeF}) = y_{BaF}^{\alpha_{BaF}} \cdot y_{LF}^{\alpha_{LF}} \cdot y_{BeF}^{\alpha_{BeF}}$$

mit  $\alpha_{BaF}, \alpha_{LF}, \alpha_{BeF} \in (0,1)$  und  $\alpha_{BaF} + \alpha_{LF} + \alpha_{BeF} = 1$

Bei der Transformation der Cobb-Douglas-Funktion auf die Kundenzufriedenheit und unser bisheriges Modell muss jedoch Folgendes beachtet werden: Zunächst stellen die drei ZB pro Kategorie die jeweiligen Argumente der Funktion dar. Da in eine Cobb-Douglas-Funktion jedoch keine negativen Argumente eingehen dürfen, müssen die ZB zunächst von ihrem Gesamtwertebereich  $[-1,1]$  auf einen positiven Wertebereich transformiert werden. Normieren wir daher die einzelnen ZB  $\hat{S}_{l,t,j}$  auf das Intervall  $[0,1]$ , so muss folgende lineare Transformationsregel angewandt werden.

$$(15) \quad \bar{S}_{l,t,BaF} = (\hat{S}_{l,t,BaF} + 1)/2, \quad \text{wobei } \hat{S}_{l,t,BaF} \in [-1,0] \Rightarrow \bar{S}_{l,t,BaF} \in [0,0,5]$$

$$(16) \quad \bar{S}_{l,t,LF} = (\hat{S}_{l,t,LF} + 1)/2, \quad \text{wobei } \hat{S}_{l,t,LF} \in [\underline{a}, \bar{a}] \Rightarrow \bar{S}_{l,t,LF} \in [(\underline{a} + 1)/2, (\bar{a} + 1)/2]$$

$$(17) \quad \bar{S}_{BeF} = (S_{BeF} + 1)/2, \quad \text{wobei } S_{BeF} \in [0,1] \Rightarrow \bar{S}_{BeF} \in [0,5,1]$$

Als transformierte Cobb-Douglas-Funktion ergibt sich damit zunächst:

$$(18) \quad f(\bar{S}_{l,t,BaF}, \bar{S}_{l,t,LF}, \bar{S}_{l,t,BeF}) = \bar{S}_{l,t,BaF}^{\alpha_{BaF}} \cdot \bar{S}_{l,t,LF}^{\alpha_{LF}} \cdot \bar{S}_{l,t,BeF}^{\alpha_{BeF}}$$

mit  $f(\bar{S}_{l,t,BaF}, \bar{S}_{l,t,LF}, \bar{S}_{l,t,BeF}) \in \left[0, 0,5^{\alpha_{BaF}} \cdot \left(\frac{\bar{a} + 1}{2}\right)^{\alpha_{LF}}\right]$

Aus den Grundüberlegungen des qualitativen Modells nach Kano abgeleitet (vgl. auch (A 14)), sollen die BeF stets den größten Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit haben. [Saue00, S. 179] Daneben gehen die LF mit einem höheren Wert in die Gesamtzufriedenheit ein als die BaF. Um dies gewährleisten zu können, muss der Exponent der BeF stets als größter, der Exponent der BaF als kleinster Wert gewählt werden.

$$(19) \quad 0 < \alpha_{BaF} < \alpha_{LF} < \alpha_{BeF} < 1$$

Damit die transformierte Cobb-Douglas-Funktion für eine mögliche Ermittlung der monetären Auswirkungen der Gesamtzufriedenheit berücksichtigt werden kann, sollte ihr Wertebereich nun ebenfalls auf [0;1] normiert werden. Dies geschieht, indem wir die Funktion durch ihren Höchstwert  $\left(0,5^{\alpha_{BaF}} \cdot \left(\frac{\bar{a} + 1}{2}\right)^{\alpha_{LF}}\right)$  dividieren. Es ergibt sich somit für die Gesamtzufriedenheitsfunktion CS für ein homogenes Kundensegment:

$$(20) \quad CS_{l,t} = \frac{\bar{S}_{l,t,BaF}^{\alpha_{BaF}} \cdot \bar{S}_{l,t,LF}^{\alpha_{LF}} \cdot \bar{S}_{l,t,BeF}^{\alpha_{BeF}}}{0,5^{\alpha_{BaF}} \cdot \left(\frac{\bar{a} + 1}{2}\right)^{\alpha_{LF}}} \Rightarrow CS_{l,t} \in [0,1]$$

Man beachte, dass diese Funktion insbesondere auch die k.o.-Eigenschaft (A 12) für die Kategorie der BaF erfüllt, diese aber nicht für die beiden anderen Kategorien gelten. Mit Hilfe verschiedener, den jeweiligen Anforderungen gerecht werdender Aggregationsformen wurden also die ZB bzgl. einzelner Unternehmensleistungen zu ZB der jeweiligen Kategorien zusammengefasst, die wiederum im Anschluss daran zu einer Gesamtzufriedenheit aggregiert wurden. Der auf diesem Wege ermittelte Wert für die Gesamtzufriedenheit bzgl. aller Unternehmensleistungen je Kundensegment kann nun als Basis sowohl für eine empirische Überprüfung als auch für weiterführende Aggregationen verwendet werden, bspw. dann wenn segmentübergreifende Investitionen analysiert werden sollen.

Kritisch sei angemerkt, dass nach unserer Projekterfahrungen Investitionen in die Kundenzufriedenheit nur dann wirtschaftlich erfolgreich sind, wenn eine hohe bis sehr hohe Kundenzufriedenheitssteigerung erzielt werden kann. Denn auf Grund der Indifferenzzone der Kundenzu-

friedenheit führt nur ein starker Anstieg der Kundenzufriedenheit zu wahrnehmbaren Verhaltensänderungen (konsistent mit [HeJo99, S. 595]).

#### **4 Fazit und Ausblick**

Das in diesem Beitrag vorgestellte Modell wurde entwickelt, um in der Praxis die Kundenzufriedenheit besser und vor allem konsistenter quantifizieren zu können. Den Herausforderungen einer Analyse von Kundenzufriedenheitsquellen und deren Modellierung auf Basis des Kano-Modells ist bisher in der Literatur nach unserer Kenntnis noch nicht hinreichend Rechnung getragen worden. In der praktischen Anwendung erlaubt das Modell die konsistente Berücksichtigung von Faktoren, die bislang als schwierig quantifizierbar galten und bei Entscheidungen daher oft vernachlässigt wurden. Mit den in diesem Beitrag begründeten Funktionsklassen kann das vorgestellte Modell dem Anwender daher eine gewisse Hilfestellung geben, um die dargestellten Zusammenhänge quantitativ zu erfassen und zumindest grob abzuschätzen.

Für die Zukunft besteht weiterer Forschungsbedarf, das dargestellte Modell insgesamt zu erweitern und zu verfeinern. Neben der Überprüfung der Validität und Reliabilität der vorgeschlagenen Methode, sollte das Augenmerk auf die Schätzung von (zumindest) branchenspezifischen Transformationsfunktionen von Kundenzufriedenheit (und weiteren Einflussfaktoren) in Loyalität und Unternehmenserfolg gelegt werden. Die Entwicklung und Implementierung von IT-Controlling-Systemen stellen weitere wichtige Instrumente zur gezielten Informationsbeschaffung über die Verhaltensweisen des Kunden dar. Durch den Einsatz derartiger Anwendungen lässt sich z. B. die Nutzung von verschiedenen Funktionalitäten einer Webseite oder eines mobilen Portals durch die Kunden messen, im Zeitablauf vergleichbar machen und somit das Kundenverhalten empirisch überprüfen. Im Rahmen der Bewertung von Maßnahmenprogrammen ist insbesondere die Bestimmung eines (in langfristiger Perspektive) kapitalwertoptimalen Niveaus der Kundenzufriedenheit. Auch eine allgemeine Aussage darüber, ob eine Investition in BaF, LF oder BeF am aussichtsreichsten ist bzw. in welcher Reihenfolge die entsprechenden Funktionalitäten generell zur Verfügung gestellt werden sollten, stellen theorie- und praxisrelevante Themen dar, denen sich die zukünftige Forschung widmen sollte.

## Literatur

- [BHMS96] *Bailom, F.; Hinterhuber, H.J.; Matzler, K.; Sauerwein, E.*: Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit. In: *Marketing ZFP* 18 (1996) 2, S. 117-126.
- [BuMW91] *Buhl, H.U.; Massler, T.; Weinhardt, C.*: EAG: Ein Erweiterungsansatz zur Darstellung und Verarbeitung unsicheren Wissens in wissensbasierten Systemen. In: *Wirtschaftsinformatik* 33 (1991) 3, S. 213-218.
- [BuWe92] *Buhl, H.U.; Weinhardt, C.*: EAG: Ein Verfahren zur Gewissheitsverarbeitung in wissensbasierten Systemen. In: *Informationstechnik it* (1992) 5, S. 296-306.
- [CoPL04] *Conklin, M.; Powaga, K.; Lipovetsky, S.*: Customer satisfaction analysis: Identification of key drivers. In: *EJOR* 154 (2004) 3, S. 819-827.
- [HaJF93] *Hardie, B.; Johnson, E.; Fader, P.*: Modeling Loss Aversion and Reference Dependence Effects on Brand Choice. In: *Marketing Science* 12 (1993) 4, S. 278-294.
- [HvNH98] *Herrmann, A.; von Nitzsch, R.; Huber, F.*: Referenzpunktbezogenheit, Verlustaversion und abnehmende Sensitivität bei Kundenzufriedenheitsurteilen. In: *ZfB* 68 (1998) 11, S. 1225-1244.
- [HeJo99] *Herrmann, A.; Johnson, M.*: Die Kundenzufriedenheit als Bestimmungsfaktor der Kundenbindung. In: *ZfbF* 51 (1999) 6, S. 579-598.
- [HoSt01] *Homburg, C.; Stock, R.*: Theoretische Perspektiven zur Kundenzufriedenheit. In: *Homburg, C. (Hrsg.): Kundenzufriedenheit – Konzepte, Methoden, Erfahrungen*, 4. Aufl., Wiesbaden, 2001, S. 19-50.
- [KaTv79] *Kahneman, D.; Tversky, A.*: Prospect Theory. In: *Econometrica* 24 (1979) 2, S. 263-291.
- [KTST84] *Kano, N.; Tsuji, S.; Serak, N.; Takahashi, F.*: Attractive Quality and Must-be Quality. In: *The Journal of the Japanese Society for Quality Control* (1984) 4, S. 39-48.

- [KaHu01] *Kaapke, A.; Hudetz, K.:* Der Einsatz des Kano-Modells zur Ermittlung von Indikatoren der Kundenzufriedenheit. In: *Müller-Hagedorn, L.* (Hrsg.): Kundenbindung im Handel, 2. Aufl., Frankfurt a.M., 2001, S. 123-146.
- [Kraf99] *Krafft, M.:* Der Kunde im Fokus: Kundennähe, Kundenzufriedenheit, Kundenbindung – und Kundenwert?. In: *DBW 59* (1999) 4, S. 511-530.
- [MaSt00] *Matzler, K.; Stahl, H.:* Kundenzufriedenheit und Unternehmenswertsteigerung. In: *DBW 60* (2000) 5, S. 626-639.
- [MiRB98] *Mittal, V.; Ross, W.; Baldasare, P.:* The asymmetric impact of negative and positive attribute-level performance on overall satisfaction and repurchase intentions. In: *Journal of Marketing*, 62 (1998) 1, S. 33-48.
- [Oliv97] *Oliver, R.:* Satisfaction: A Behavioral Perspective on the Consumer. New York, 1997.
- [Saue09] *Sauerwein, E.:* Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit: Reliabilität und Validität einer Methode zur Klassifizierung von Produkteigenschaften, Wiesbaden, 2000.
- [Schü92] *Schütze, R.:* Kundenzufriedenheit – After Sales Marketing auf industriellen Märkten, Wiesbaden, 1992.
- [Tont00] *Tontini, G.:* Identification of customer attractive and must-be requirements using a modified Kano's method: Guidelines and case study. In: *Annual Quality Congress Proceedings*, 2000, S. 728-734.
- [Töpf99] *Töpfer, A.:* Kundenzufriedenheit messen und steigern, 2. Aufl., Neuwied, 1999.
- [WiLe03] *Wirtz, J.; Lee, M.C.:* An Examination of the Quality and Context-Specific Applicability of Commonly Used Customer Satisfaction Measures. In: *Journal of Service Research* 5 (2003) 4, S. 345-355.



## **Einführung in den Track**

### **eHealth / Informationsmanagement im Gesundheitswesen**

**Prof. Dr. Hans Czap**

Universität Trier

**Prof. Dr. Dr. Detlef Ruland**

McKinsey & Company, Inc.

**Dr. Jörg Haas**

HWB AG

The Health-Care Domain shows still features that are typical for the information systems (IS) domain in industry of the 1970ies. Also, there are standards, like HL7, hospital IS in general are fragmented lacking integration. Since a couple of years process-oriented views, like Clinical pathways and evidence based medicine are widely discussed. Nevertheless, their deployment still remains in the stage of requirement definition and development. Similar deficits are reported for planning and control on the operational level, not to mention planning and control on the more strategic level.

Besides the old problems, which are widely known, some new problems arose stemming from recent developments. For example, the integration of different actors of the health care domain establishes a major issue of future IS. Electronic Patient records and their exchange, the introduction of Patient Data Cards, and the problem how models of integrated care and disease management should look like are some of the topics discussed intensively. Mobile devices have the potential to overcome traditional organizational structures in hospitals and in the healthcare sector. Their integration in connection with autonomous subsystems, like intelligent agents, will allow for better care and medical attendance in standard situations as well as in emergency cases.

This track aims to promote research and scientific exchange related to still unsolved problems of Health Information Systems and to bring together practitioners, scientists, and researchers.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Detlev Ruland, McKinsey & Company, Inc.

Florian Schaudel, McKinsey & Company, Inc.

Prof. Dr. Hans Czap, Universität Trier

Prof. Dr. Helmut Krcmar, Technische Universität München

Dr. Ingo Schellhammer, McKinsey & Company, Inc.

Dr. Jörg Haas, HWB AG

Maren Rowold, McKinsey & Company, Inc.

Matthias Behrens, navisco

Dr. Michael Dahlweid, GWI

Prof. Dr. Ralph Bergmann, Universität Trier

Prof. Dr. Rainer Unland, Universität Duisburg-Essen

# Elektronische Intermediation im Gesundheitswesen – das Beispiel Schweiz

Konrad Walser; Thomas Myrach

Institut für Wirtschaftsinformatik, Abteilung Information Management  
der Universität Bern  
Engehaldenstr. 8  
3012 Bern/Schweiz  
{konrad.walser | thomas.myrach}@[iwi.unibe.ch](mailto:iwi.unibe.ch)

## Abstract

In diesem Beitrag werden Geschäftsmodelle von elektronischen Intermediären analysiert, die im Gesundheitswesen der Schweiz tätig sind. Dabei steht der Rechnungsdatenaustausch zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern im Vordergrund. Anhand der Fallbeispiele wird einerseits die Motivation zur Intermediation ersichtlich, andererseits wird der Einfluss unterschiedlicher Trägerschaften auf die Einstellung zur Intermediation deutlich. Sowohl aus Sicht der Leistungserbringer als auch der Kostenträger werden unterschiedliche Nutzungsstrategien bezüglich der Intermediäre dargestellt. Über die Darstellung der Spezifika der elektronischen Intermediation im Gesundheitswesen hinaus werden dadurch auch generelle Einsichten in die Positionierung von Intermediären möglich.

## 1 Einleitung

Intermediation wird als Vermittlungsdienst zwischen Marktpartnern definiert. Bei vielen Geschäftstransaktionen kann die Abwicklung von Leistungsaustauschen zwischen Marktakteuren von Intermediären unterstützt werden. Intermediäre können vielfältige betriebswirtschaftliche und technische Funktionalitäten bzw. Leistungen bereitstellen. Im E-Business werden Mittler zwischen Marktpartnern auf elektronischer Ebene auch als Cybermediäre [SBS95] oder Hypermediäre [Har02] bezeichnet. Diese üben ihre Vermittlungsfunktion über elektronische Plattformen und Medien aus. Elektronische Intermediäre treten in verschiedenen Branchen und Geschäftsbereichen auf. Teilweise stellen

sie ein Pendant zu etablierten Offline-Intermediären dar. Daneben werden auch neue Intermediationsformen realisiert, die so in der Offline-Welt nicht existieren. Ein Beispiel dafür sind Value Added Networks (VAN [Har02]), über die der elektronische Datenaustausch (EDI) zwischen Geschäftspartnern ermöglicht wird [HaNe05: 736].

Bei der Transformation des Gesundheitswesens richtung eHealth können Intermediäre eine wesentliche Rolle spielen [WE05]. Geschäftsmodelle von Intermediären im Gesundheitswesen existieren in der Schweiz wie im Ausland teilweise schon länger. Jedoch sind aufgrund neuer technologischer Entwicklungen (Internetverbreitung, EAI-Technologie und B2B-Integration) neue Geschäftsmodelle von Interesse. Zudem können je nach (staatlicher oder privater) Organisation des Gesundheitswesens integrative Infrastrukturen erforderlich sein, da sich Partner im Gesundheitswesen auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren wollen.

Der vorliegende Beitrag erläutert die Rahmenbedingungen für die Integration anhand des schweizerischen Gesundheitswesens. Weiter werden Kosten-Nutzen-Überlegungen zur Intermediation angestellt. Die Situation im Schweizer Gesundheitswesen wird anhand einer Geschäftsmodellanalyse der jeweiligen Intermediäre und entsprechender Intermediärsstrategien zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern illustriert.

## **2 Integration im Gesundheitswesen**

Die entwickelten Industrieländer sind trotz teilweise sehr unterschiedlicher Ausprägungen ihres Gesundheitswesens mit grundsätzlich ähnlichen Problemen konfrontiert. Steigende Anforderungen an medizinische Leistungen und ein massives Anwachsen entsprechender Leistungskataloge, eine ungünstige Altersstruktur der Population, aber auch die Überlagerung von staatlichen Reglementierungen und Marktmechanismen tragen zu einer überproportionalen Steigerung der Ausgaben im Gesundheitswesen bei, so auch in der Schweiz.

Angesichts dieser Entwicklung, die insbesondere das Funktionieren der kollektiven Sicherungssysteme bedroht, stehen Politikern und anderen Akteuren im Gesundheitswesen grundsätzlich drei Maßnahmen zur Verfügung: Zum einen können die Beiträge zu den kollektiven Sicherungssystemen entsprechend des steigenden Finanzierungsbedarfs angehoben werden; weiterhin besteht die Möglichkeit, zunehmend Leistungen ganz oder teilweise aus dem Leistungsumfang der Versicherungen auszugliedern und sie der privaten Finanzierung anheim zu stellen; schließlich kann mit verschiedenen Maßnahmen versucht werden, die Kosten-

steigerung im Gesundheitswesen einzudämmen. Eine der Maßnahmen, um Einsparungen im Gesundheitswesen zu erreichen, besteht in der Verbesserung der inner- und zwischenbetrieblichen Prozesse insbesondere im administrativen Bereich. So verspricht man sich durch besser integrierte Informationsaustausche zwischen den Beteiligten der Gesundheitswertschöpfungskette Sparpotentiale. Der elektronische Datenaustausch wurde mit dem Tarif Médical (TarMed) per 1.1.2006 vereinbart [Ae04]; dies gemäß Artikel 5, Absatz 5 des Rahmenvertrags zum Krankenversicherungsgesetz (KVG) und zum Unfallversicherungsgesetz (UVG). Er ist jedoch aus verschiedenen Gründen heute noch nicht vollständig umgesetzt. Beim TarMed handelt es sich um den gesamtschweizerischer Tarif für die Abrechnung von ambulanten Arztrechnungen, der zwischen ambulanten Leistungserbringern oder Ärzten und Versicherungen vereinbart wurde. Der TarMed gilt entsprechend dem UVG ab dem 1.5.2003 und entsprechend dem KVG ab dem 1.1.2004.

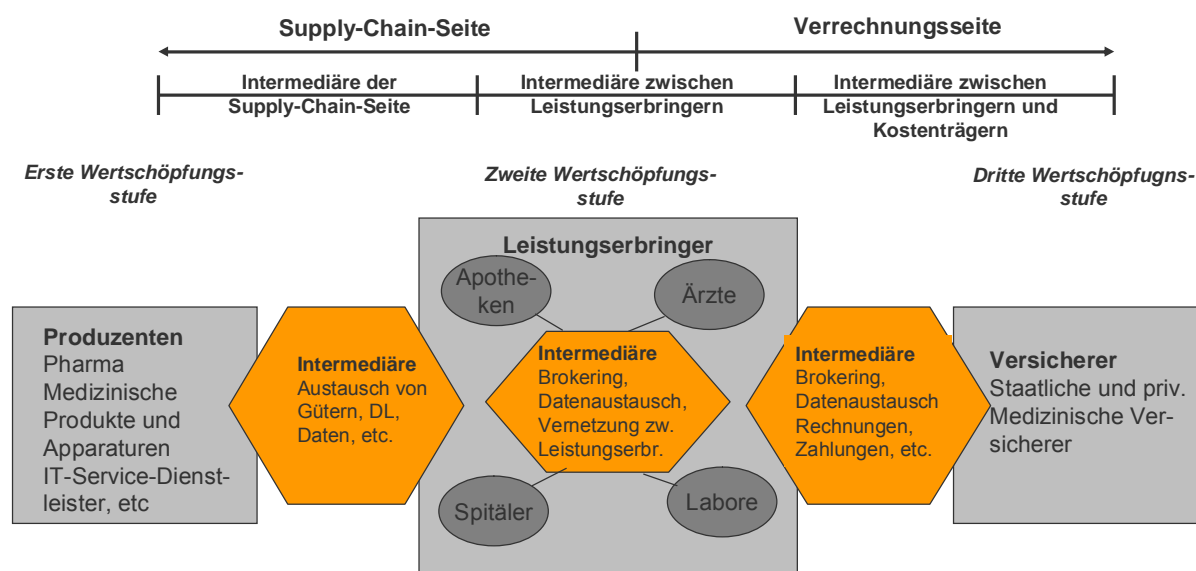


Abbildung 1: Wertschöpfungskette des Gesundheitswesens.

In einer groben Betrachtung können drei Akteursgruppen oder Wertschöpfungsstufen in der Gesundheitswertkette unterschieden werden (Abbildung 1) [WE05]. Auf einer ersten Wertschöpfungsstufe sind Produzenten und Dienstleister von Vorleistungen für die eigentliche Leistungserstellung angesiedelt. Sie gehören den Bereichen Pharma, medizinisches Zubehör, medizinische Apparate und Einrichtungen an. Auf einer zweiten Stufe sind die eigentlichen Leistungserbringer medizinischer Leistungen zu positionieren. Dies sind Ärzte, Spitäler, Kliniken, Apotheken, Labore, etc. Auf einer dritten Stufe können je nach Betrachtungsfokus Patienten oder Kunden als Leistungsnehmer oder Krankenkassen als Kostenträger aufgeführt

werden. Zu den Kostenträgern gehören (private und staatliche) Unfall- und Krankenversicherer, d.h. kollektive Absicherungssysteme, über welche eine direkte oder indirekte finanzielle Abgeltung der durch Patienten in Anspruch genommenen Leistungen erfolgt. Auf Basis der Wertschöpfungsstufen können unterschiedliche Bereiche der Intermediation und verschiedene Intermediärstypen unterschieden werden: Intermediäre der Supply-Chain-Seite, Intermediäre zwischen den Leistungserbringern sowie Intermediäre zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern [WE05]. Auf Letztere wird in diesem Beitrag fokussiert.

Der Gesundheitswesen der Schweiz ist geprägt durch eine große Zahl verschiedener Leistungserbringer. So existieren ca. 700 Spitäler und ähnliche Institutionen, ca. 19'000 Ärzte, ca. 1'900 Apotheken sowie ca. 300 Labore. Bei den Kostenträgern existieren ca. 100 private Versicherer und die Schweizerische Unfall-Versicherungsanstalt (SUVA) als staatlicher Versicherer. Zudem kommt erschwerend hinzu, dass seitens der Leistungserbringer (Spitäler, Ärzte, Labore, Apotheken) und der Kostenträger jeweils eine Reihe von Anbietern ERP-ähnlicher Lösungen vorhanden ist. Nebst der Anzahl an Leistungserbringern und Kostenträgern erhöht das einerseits die Integrationskomplexität und andererseits den potentiellen Nutzen der Intermediation.

Bei den genannten Zahlen an Leistungserbringern und Kostenträgern ergibt sich eine sehr hohe Zahl an (potentiellen) Kommunikations- und Transaktionsbeziehungen und daraus abgeleiteten technischen Schnittstellen und Prozessintegrationen, die ohne Intermediäre durch die Beteiligten selbst initialisiert, gepflegt und administrativ verwaltet werden müssten. Zudem ist eine zwischenbetriebliche Integration zwischen Kostenträgern und Leistungserbringern (mit oder ohne Intermediär) im Gesundheitswesen grundsätzlich dann lohnend, wenn dadurch eine Kostenreduktion für administrative oder (redundanter) medizinische Prozesse oder eine Wirkungs- oder Nutzensteigerung für die beteiligten Partner erreicht wird. Durch die erforderliche Integration zwischen den verschiedensten Partnern (mit oder ohne Intermediär) resultieren die folgenden ökonomischen Konsequenzen. Auf der Kostenseite resultieren hohe Transaktionskosten aufgrund der Verhandlungen mit verschiedensten Partnern (Versicherer, Lieferanten, Apotheken). Kostenseitig wirken sich zudem die Aufwände für die betriebliche und technische Integration mit den verschiedensten Partnern aus, welche ohne Intermediär mit den relevanten Geschäftspartnern je separat aufzubauen sind. Bei den Partnern sind dabei unterschiedliche Daten- und Prozesstypen sowie unterschiedliche Informationssysteme vorhanden. In Abhängigkeit von den eingesetzten Informationssystemen bestehen auch

unterschiedliche Grade der Rechnungsdatenintegration. Weiter fallen Kosten für spezifische Soft- und Hardware an, welche eine einfache Adaption und Integration verschiedenster Partner im Gesundheitswesen erlaubt. Zudem führt der Einsatz unterschiedlicher Soft- und Hardware seitens der Nutzer der Intermediärsdienstleistungen zu Zusatzaufwänden für Schnittstellen sowie Soft- und Hardware-Anpassungen, etc. Dies kann gar Auswirkungen auf die Integration weiterer (interner) Informationssysteme bei den Partnern haben.

### **3 Allgemeine Überlegungen zur Intermediation im Gesundheitswesen**

Für die Etablierung einer zwischenbetrieblichen Integration, wie sie etwa für den elektronischen Austausch von Rechnungsdaten erforderlich ist, müssen unter Umständen erhebliche Investitionen in die technische Infrastruktur getätigt werden. Ein Kostentreiber ist dabei die Anzahl der Partnerbeziehungen, die dafür aufzubauen sind. Es ist damit zu rechnen, dass für jede aufzubauende Beziehung spezifische Investitionskosten anfallen. Zur Reduktion der Aufwände, die mit der technischen und organisatorischen Implementierung zwischenbetrieblicher Integration anfallen, sind hauptsächlich zwei Hebel denkbar: Zum einen die Standardisierung des Datenaustausches und der betriebswirtschaftlichen und technischen Schnittstellen. Dies senkt die Initialkosten für den Aufbau der technischen Infrastruktur und die wiederkehrenden Kosten für den Verbindungsaufbau zu Partnern. Zum anderen kann durch das Einschalten eines Intermediärs, z.B. auf Basis eines elektronischen Hubs, die Zahl der aufzubauenden Partnerbeziehungen reduziert werden.

Im schweizerischen Gesundheitswesen wurde vom [www.forum-datenaustausch.ch](http://www.forum-datenaustausch.ch) eine Standardisierung des Datenaustauschs zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern initiiert. Dieses stellt für das schweizerische Gesundheitswesen auf Basis des XML-Standards *Templates* für unterschiedliche Transaktionstypen des elektronischen Datenaustausches bereit. Das Ziel dieser Bemühungen ist es, die Kosten des elektronischen Datenaustausches zu senken, weil ein entsprechender Standard die individuelle Anpassung der Datenformate für eine Integration in andere Informationssysteme aufhebt oder nicht mehr notwendig macht. Jedoch ist es innerhalb des gesamten Gesundheitswesens schwierig, entsprechende Standards durchzusetzen, an die sich alle Beteiligten halten, weil dadurch unter Umständen kostenintensive Anpassungen der Informationssysteme der Beteiligten erforderlich sind. Damit würden die Transaktionskosten ohne Intermediär hoch bleiben. Ausgehend von den Schwierigkeiten der

Standardisierung des Datenaustausches werden zudem Geschäftsmodelle von Intermediären interessant, welche Datentransformationen unterschiedlicher Art übernehmen und unter Umständen auch innerbetriebliche Datentransformationen (etwa in Spitälern) lösen können.

Unter der Annahme, dass Beziehungsaufbau und -pflege mit entsprechenden Transaktionskosten belastet sind [PiWi01], wird das Kosteneinsparungspotential durch Intermediation plausibel, wobei die potentiellen Einsparungen von der Größe des Netzwerks abhängen. Während die Anzahl der Beziehungen ohne Intermediation mit der Zahl der Partner geometrisch wächst, erfolgt dieses Wachstum mit Intermediation arithmetisch. Die auf relativ einfachen Modellannahmen beruhende Analyse eines Beziehungsnetzwerks für die zwischenbetriebliche Integration zeigt, dass eine Intermediation in Anlehnung an *Metcalf's Law* prinzipiell umso nützlicher ist, je mehr Partner am Netzwerk partizipieren [SV98: 184]. Dabei wird allerdings eine übergeordnete und auf das gesamte Netzwerk bezogene Kosten-Nutzen-Betrachtung vorgenommen. Bei den Akteuren im Netzwerk handelt es sich jedoch typischerweise um eigenständige Einheiten, die opportunistische Interessen verfolgen. Dies gilt prinzipiell auch für einen eingeschalteten Intermediär, der sich seine Wertschöpfung von den angeschlossenen Partnern entgelten lassen wird. Dabei hängt es vom Erlösmodell ab, welche (Arten von) Belastungen die jeweiligen Akteure tragen müssen. Durch das Entgelten der Leistungen wird den Partnern zumindest ein Teil der wirtschaftlichen Einsparungen durch die Intermediation wieder genommen. Darauf basiert das finanzielle Geschäftsmodell eines Intermediärs [PiWi01] [Zbo96] [Har02].

Eine besondere Qualität erhält ein Beziehungsgeflecht unter Einbezug eines Intermediärs durch die dabei entstehenden Abhängigkeiten. Diese können unter Umständen durch einen opportunistisch handelnden Partner ausgenutzt werden. Allein die Furcht vor einem derartigen Verhalten kann eine erfolgreiche Intermediation verhindern. Deshalb spielen Vertrauen, vertrauensbildende Maßnahmen und Absicherungen gegen Missbrauch aus theoretischer und praktischer Sicht eine nicht unerhebliche Rolle bei der Intermediärsetablierung. In diesem Zusammenhang dürfte auch das Betreibermodell oder die Trägerschaft des Intermediärs eine wesentliche Rolle spielen. Ein unabhängiger Intermediär ist möglicherweise in einer anderen Situation als abhängige Intermediäre, welche einer Interessensgruppe im Netzwerk nahe stehen.



## **4 Geschäftsmodellanalyse dreier Intermediäre**

Der Markt für Intermediäre im schweizerischen Gesundheitswesen ist je nach Intermediärskategorie verhältnismäßig jung, bezüglich Preisgestaltung und Wettbewerbssituation stark in Bewegung und teilweise restriktiv in der Herausgabe von Preis-, Kosten- und Umsatzinformationen. Der entsprechende Markt ist determiniert durch das Wechselspiel von freiem Markt, gesetzlichen Regelungen und politischen Interessen der beteiligten Parteien der Wertschöpfungskette. Der Markt für Intermediäre ist weiter heterogen aufgrund der unterschiedlichen Dienstleistungen sowie Leistungsbündel und -abgeltungen, aber auch aufgrund der verschiedenen Eignermodelle. Es existieren, wie zu zeigen ist, unterschiedliche Geschäftsmodelle der Intermediation.

### **4.1 Überblick über Geschäftsmodelle**

Nachfolgend sollen drei im Schweizerischen Gesundheitsmarkt operierende Intermediäre miteinander verglichen werden, die ausschließlich oder teilweise zwischen den Wertschöpfungsstufen Leistungserbringer und Kostenträger operieren. Bei den vorgestellten Intermediären handelt es sich um Trust Center, H-Net und Medidata, die sich bezüglich Trägerschaft und Geschäftsmodellen deutlich voneinander unterscheiden (Abbildung 2). Bemerkenswert ist dabei, dass alle drei denkbaren Intermediationsformen zwischen zwei Parteien auftreten: Verbindung einerseits zu den Leistungserbringern und andererseits zu den Kostenträgern sowie Unabhängigkeit bezüglich beider Parteien.

	Trust Center	H-Net	Medidata
<b>Eignerschaft</b>	Ärzeschaft, Kantonale Ärztesellschaften, FMH. Diese drei Eigenergruppen besitzen mehr als 85% der finanziellen Anteile.	Keine Beteiligungen seitens Leistungserbringer oder Kostenträger. 100% im Besitz der Mitarbeiter und des Managements.	Mehrheitsbeteiligung > 70% durch fünf große Krankenversicherer (Kostenträger).
<b>Dienstleistungen</b>	Plattform Mediport; Datentransport und Haltung für ein oder mehrere Kantone sowie Aggregationsmöglichkeit für ganze Schweiz; Rechnungsdaten können von Kostenträgern über Code (Token) abgerufen werden.	Produkte H-Net eFaktura und H-Net Business Connector; Einsatz für Meldungsvermittlung und Datenaustausch unterschiedlichster Formate; Rechnungsvermittlung und Anbindungen zu EBPP- und Logistikanietern.	Datenaustausch und -haltung für Rechnungsdaten.
<b>Verbundene Partner</b>	Ärzte und Ärztesellschaften, teilweise Supplier für Ärzte, Versicherer über Token.	Ärzte, Spitäler, Labore, Post, Paynet, PostFinance, GHX, Krankenversicherer, etc.	Versicherer, Spitäler, Labore, Ärzte, Ärztekassen.
<b>Schwerpunkt der Intermediärstätigkeit</b>	Ärzte; Rechnungsspeicherung zur Aggregation und Weitergabe.	Weitergabe von Daten, keine eigene Datenhaltung; Ziel ist es, möglichst viele verschiedene Kunden in verschiedensten Bereichen des Gesundheitswesens zu erreichen.	Versicherer; Rechnungsabholung und -speicherung. Zudem Angebote von Katalogen verschiedenster Bereiche für Kostenträger.
<b>Betriebsgesellschaft(en)</b>	Verschiedene Betriebsgesellschaften der Trust Center kantonal oder überkantonal, z.B. Argomed.	H-Net.	Mediport.
<b>Plattformbetreiber/-entwickler</b>	<i>Technisch:</i> HIN (Health Info Net) für die gesamte Schweiz.	Integic.	Medidata.

Abbildung 2: Vergleich dreier schweizerischer Verrechnungsintermediäre.

Das Gesamtvolumen der jährlich 50 Mio. auszutauschenden Rechnungen verteilt sich zwischen den Leistungserbringern etwa wie in der folgenden Abbildung 3 angegeben [WEKO06].

Gültig für das Jahr 2005	Spitäler	Ärzte	Labore	Apotheken
<b>Geschätzte Anzahl ambulanter Rechnungen</b>	5 Mio.	30 Mio.	3 - 6 Mio.	15 - 19 Mio.
<b>Davon in elektronischer Form (Tendenz steigend)</b>	15 - 20 % ca. 1 Mio.	5 - 10 % ca. 3 Mio.	10 - 20 % ca. 0.45 Mio.	70 - 90 % ca. 13.6 Mio.
<b>Davon in Papierform</b>	80 - 85 % ca. 4 Mio.	90 - 95 % ca. 27 Mio.	80 - 90 % ca. 4.05 Mio.	10 - 30 % ca. 3.4 Mio.

Abbildung 3: Verteilung der Rechnungen in elektronischer Form und in Papierform je Leistungserbringerkategorie.

Zur Anzahl und zu den Anteilen an elektronischen und in Papierform empfangenen Rechnungen seitens der Kostenträger sind keine detaillierten Zahlen bekannt. Ebenfalls ist es schwierig, Marktanteile der erwähnten Intermediäre zu nennen. Die Mehrheit der

Apothekenrechnungen werden über den nicht weiter charakterisierten Intermediär der OFAC (Berufsgenossenschaft der Schweizer Apotheker) übermittelt. Die Mehrheit der Rechnungen der ambulanten Ärzte wird über die Trust Center abgewickelt und die Mehrheit der Spitalabrechnungen sowie der Laborabrechnungen erfolgt über die H-Net.

Ausgehend von den drei in Abbildung 2 erwähnten Finanzierungsarten und Differenzierungskriterien lassen sich unterschiedliche Kosten-Nutzen-Rechnungen oder Erlösmodelle der Intermediäre unterscheiden ([Sch05], [Sc06]). Auf Basis der Geschäftsmodell-Charakterisierung können folgende Macht- und Interessensverhältnisse festgestellt werden.

Die *Trust Center* sind, da letztlich von den Ärztesgesellschaften und der FMH (Foederatio Medicorum Helveticorum) kontrolliert, als Interessensvertreter der Ärzte anzusehen. Sie haben neben der reinen Datenaustauschfunktion zuhanden der Kostenträger auch die Funktion, in der Verhandlung um die Höhe der TarMed-Taxpunktweite die sogenannte Datenparität [Sto03] sicherzustellen. Dies umfasst die (anonymisierte) Aggregation der Verrechnungsdaten auf kantonaler und nationaler Ebene zur Taxpunktwertverhandlung mit den Versicherern oder Kostenträgern. Der „politische Gegner“, d.h. die Kostenträger, möchten tendenziell Taxpunktweite senken. Die Geschäftsstrategie der Trust Center ist hauptsächlich auf die Ärzte ausgerichtet. Sie berücksichtigt keine weiteren Leistungserbringer des Gesundheitssystems. Vorteile der Plattform liegen aufgrund der großen Anzahl Ärzte und Rechnungen bei den Economies of Scale.

*H-Net* als unabhängiger und politisch nicht gebundener Intermediär bietet aufgrund von deren Transaction Delivery Network (TDN) auf Basis der Software von Sun-Seebeyond umfassende zwischenbetriebliche Integrationsfunktionalität an, wie sie auch in Enterprise-Application-Integration-Lösungen abgedeckt werden. Dazu gehört unter vielen anderen Funktionen Transformations- und Routing-Funktionalität für Nachrichten (die u.a. Rechnungsdaten enthalten) im elektronischen Datenaustausch. Über den entsprechenden Hub werden unterschiedliche betriebswirtschaftliche und technische Geschäftsvorfälle zwischen Leistungserbringern, Kostenträgern und Lieferanten der Leistungserbringer ermöglicht. Für H-Net ist ausgehend von ihrem Geschäftsmodell und ihrer Plattform die Standardisierung von elektronischen Dokumenten etwa für die Verrechnung somit nicht von so zentraler Bedeutung wie für die anderen Intermediäre. Vorteile von H-Net liegen bei der Skalierbarkeit und den technischen Möglichkeiten der Plattform. Ferner ist die offene Konzeption der Plattform gegenüber Kostenträgern, verschiedenen Leistungserbringern und Lieferanten der

Leistungserbringer ein Vermarktungsvorteil. Die H-Net-Plattform erlaubt zudem aufgrund des Funktionsumfangs eine starke Individualisierbarkeit der Dienstleistungspalette (Economies of Scope). Dies kann zugleich eine Ausstiegshürde für die Partner beidseits des Intermediärs aus der Beziehung darstellen.

*Medidata* als dritte Kraft setzt sich zum Ziel, dass die Kostenträger (primär die fünf großen Versicherer SUVA, Winterthur, Zürich, CSS sowie Helsana als Mehrheitseigner) ein für sie möglichst umfassendes Dienstleistungsportfolio erhalten. Dazu gehören die Verfügbarkeit von Leistungskatalogen sowie die weitgehende Integration des Rechnungsdatenaustausches von möglichst vielen Leistungserbringern (Skaleneffekte). Dabei steht aufgrund der komplexen Datenintegration das Interesse an einer Standardisierung verschiedenster Meldungstypen und Belege auf Basis von XML im Vordergrund. Dies ist einer der Gründe dafür, dass das Forum Datenaustausch als Standardisierungsgremium für den Datenaustausch im schweizerischen Gesundheitswesen früher der Medidata nahe stand. Heute ist dieses Forum unabhängig und es sind heute alle Beteiligten des Gesundheitswesens darin vertreten, auch die Intermediäre.

Strategien der Intermediäre können nicht ohne Erwähnungen von verschiedenen Diskursebenen diskutiert werden. Ein Diskussionspunkt ist die Übernahme einmaliger und wiederkehrender Kosten für die Datenintegration. Hier vertreten die Leistungserbringer die Position, dass die Kostenträger durch die integrierte Leistungsverrechnung größere Vorteile haben als sie selber (Datenerfassung, IT-Integration, etc. verursachen Zusatzkosten), weshalb sie fordern, dass die Kostenträger die Kosten auch für die Integration auf Leistungserbringerseite übernehmen sollen. Dies sehen die Kostenträger nicht so. Eine weitere Ebene ist die der Macht und des Vertrauens, was mit der Datenerfassung und -verwertung einhergeht, insbesondere weil der TarMed eigentlich vorschreibt, dass Diagnosen der Leistungserbringer mit den Rechnungsdaten mitzuliefern sind. Dadurch würde eine Transparenz auf Seiten der Leistungsersteller entstehen, die diese gegenüber den Kostenträgern nicht unbedingt befürworten. Zu Beginn argumentierten die Ärzte denn auch so und es gab und gibt noch immer Versuche, die TarMed-Diagnose-Codes beim Datenaustausch zu unterdrücken. Dieses Vertrauensproblem führte u.a. auch zur Gründung der Trust Center.

## **4.2 Preismodelle**

Ausgehend von den obigen Äußerungen sollen für die drei charakterisierten Intermediäre die entsprechenden Preismodelle vertieft werden. Dafür ist eingangs kurz auf zwei unterschiedliche Abrechnungsverfahren zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern

einzuweisen. Zentral für den Austausch von Daten zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern sind die in der Schweiz verbreiteten unterschiedlichen Abrechnungsarten *Tiers Garant* und *Tiers Payant*, wie sie bei [DGL01] und [Ja01] beschrieben werden. Der *Tiers Garant*, der Normalfall in der ambulanten Behandlung, bezeichnet das Kostenerstattungsprinzip. Honorarschuldner ist der Patient, der die Rechnung bezahlt. Er erhält im Rückgriff auf seine Krankenversicherung die Kosten vergütet. Mit dem *Tiers Payant* wird das Sachleistungs- oder Naturalleistungsprinzip bezeichnet. Honorarschuldner ist die Versicherung, welche die Rechnungen dem Arzt/Spital direkt bezahlt. Dies ist der Normalfall bei stationären Behandlungen (z.B. im Spital) und bei Unfall- und Invalidenversicherungsfällen.

*Trust Center*: Kostenträger, welche die Rechnungen bei den ärztseitigen Trust Centern (betriebswirtschaftliche Abwicklung der Verrechnung) abholen, zahlen im *Tiers Garant* eine Transaktionsgebühr von CHF 1. Die Trust Center verlangen für die mittels *Token* abgeholten Rechnungen offiziell CHF 1.40 zu denen zusätzlich Kosten von CHF 0.02 bis 0.03 für die Übermittlung über die Plattform HIN anfallen sowie eine monatlich an HIN zu entrichtende Gebühr von CHF 50.- pro genutztes Trust Center (in der Schweiz maximal elf). Zudem resultieren für die Trust Center seitens der Leistungserbringer pauschale Einnahmen von jährlich zwischen CHF 160 bis CHF 400 für Mitglieder der Ärztesgesellschaften. Für Nichtmitglieder entstehen weitere Kosten von bis zu CHF 300.

*H-Net*: Für den H-Net Business Connector mit dem größten Dienstleistungsumfang [Bo05] fallen jährlich vier- bis fünfstelligen Kosten (in CHF) an. Für die Übermittlung von elektronischen Rechnungen (eFaktura), was ein Teil des umfassenden Leistungsportfolios von H-Net ist, fallen Verursacher-orientierte Sendekosten von CHF 0.50 pro Rechnung/Meldung an. An H-Net angeschlossen sind mit Stand September 2005 laut [Bo05] etwa 112 Spitäler, 43 Versicherer direkt, 14 Versicherer über das Roaming mit Medidata, 3 Trust Center, 8 Radiologiestationen, ca. 700 Ärzte und diverse Labore.

*Medidata*: Das Preismodell von Medidata sieht für die Leistungserbringer keine Kosten für das Einlesen und Versenden der elektronischen Rechnungen an Medidata vor. Diese bezahlen die Kostenträger (Empfänger) pauschal (sechs- bis siebenstelligen CHF-Beträge pro Jahr für die fünf großen Kostenträger SUVA, Winterthur, Zürich, CSS sowie Helsana) oder mit Einzelabrechnungsbeträgen pro empfangene Rechnung (alle weiteren Versicherer, die nicht Eigner von Medidata sind). Mit dem Pauschalbetrag werden alle Dienstleistungsabgeltungen – z.B. auch Katalogdatenzugriffe – abgegolten [WE05]. Die Kosten für die Einzelabrechnung betragen

CHF 0.30 bei Intermediären, welche z.B. Apothekerrechnungen bündeln (Konzentratoren), im *Tiers Payant* (z.B. OFAC, der Verrechnungsdienstleister für die Apotheken in der Schweiz) und CHF 0.90 bei Kostenträgern im *Tiers Garant*.

Zu den Einsparpotenzialen mittels Intermediäreinsatz im elektronischen Geschäftsverkehr im Gesundheitswesen werden unterschiedliche Aussagen gemacht. [Sc06] gibt Einsparpotenziale von mindestens CHF 3.50 für den Vergleich der elektronisch verarbeiteten Rechnung gegenüber der herkömmlichen Papierrechnung an. Die geringeren Einsparpotenziale ergeben sich bei den Leistungserbringern, welche Druck- und Versandkosten der Papierrechnung vermindern können. Dies ist unterschiedlich, je nachdem, ob *Tiers Payant* oder *Tiers Garant* als Abrechnungsverfahren zum Einsatz gelangen. Die größeren Einsparpotenziale liegen bei den Kostenträgern, welche, sofern die Abrechnungen elektronisch eingelesen werden können, geringere Prozesskosten für die Rechnungsverarbeitung tragen. Das gesamte Einsparpotenzial für die elektronische Verrechnung zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern beträgt laut [SCH05] für beide Wertschöpfungsstufen zusammen ca. CHF 200 bis CHF 300 Mio.

### **4.3 Intermediationsstrategien von Leistungserbringern und Kostenträgern**

Ausgehend von den obigen Aussagen kann auf der Verrechnungsseite der Gesundheits-Wertschöpfungskette von einem unterschiedlichen Vorgehen der Partner bezüglich der Intermediärsnutzung ausgegangen werden. Die Abbildung 4 (in Anlehnung an [Sc06]) bietet einen Überblick über Intermediationsstrategien zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern für den Austausch elektronischer Rechnungsdaten. Kostenträger können die Strategie Single-Channel-, Multi-Channel- und „Kostenloser Rechnungsbezug“-Intermediation haben. Als Vermittlungspartner (mittlere Schicht) kommen die in diesem Beitrag charakterisierten Intermediäre Trust Center (mit HIN als technischer Plattform), Medidata, H-Net und die nicht weiter thematisierte EDS in Frage.

Im Interesse der (fünf) großen *Kostenträger mit Single-Channel-Strategie*, denen Medidata mehrheitlich gehört, steht der Versuch, durch ihre Größe Rechnungsvolumen zu bündeln, um durch die Menge oder Größe der Anzahl Rechnungen und die Anzahl Partner, mit denen zusammengearbeitet wird, Skaleneffekte zu generieren, da die Rechnungsempfänger zahlen. Die fünf großen Kostenträger erlassen (d.h. deren Intermediär Medidata) den Leistungserbringern entsprechend die Kosten für den Rechnungsdatenaustausch (entgegen dem TarMed, welcher ausdrücklich eine Verrechnung beim Leistungserbringer vorsieht).

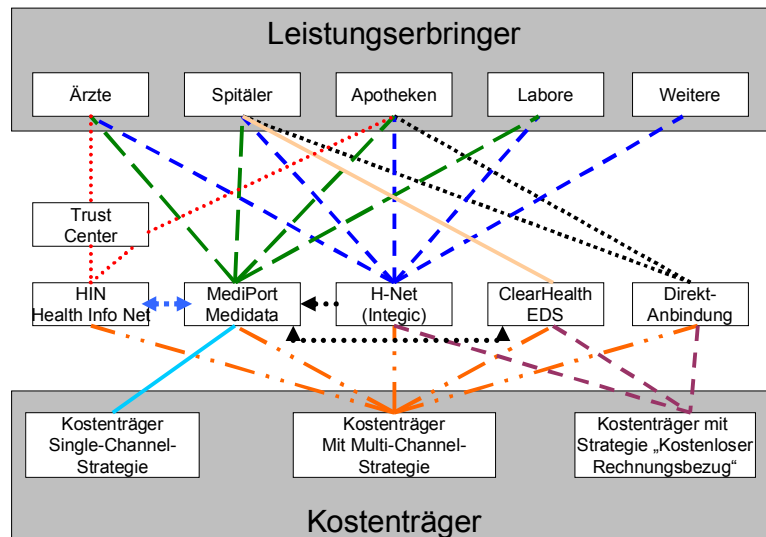


Abbildung 4: Intermediationsstrategien von Leistungserbringern und Kostenträgern.

Ausgehend von den Aussagen zweier mittelgroßer Kostenträger diskutieren auch diese zunehmend Single-Channel-Strategien der Intermediation in Richtung Leistungserbringer. Dies erfolgt hauptsächlich da, wo eine entsprechende Menge an zu übermittelnden Daten Skaleneffekte auf der Intermediationskostenseite ergeben. Zudem können über eigene Single-Channel-Schnittstellen (d.h. separate Verbindungen zu den einzelnen Versicherern) u.a. (hohe) Intermediärsgebühren vermieden werden. Diese Maßnahme kann als gegen Medidata oder H-Net gerichtet verstanden werden (Frage des Intermediations- oder Disintermediations-Nutzens). Die Interessen der *Kostenträger mit Multi-Channel-Strategie* liegen beim günstigsten Preis oder der Erreichbarkeit erforderlicher Partner. Es existieren nicht nur die fünf großen Kostenträger sondern auch kleinere, welche mit den teilweise höheren Preisen der Medidata nicht einverstanden sind und daher günstigere Varianten suchen, etwa über H-Net oder über die Trust Center. Einige wenige Versicherer profitieren hier von einem kostenlosen Rechnungsbezug über die EDS, welche einen Roaming-Vertrag mit der Medidata hat, der den kostenlosen Rechnungsbezug ermöglicht. Bei den Versicherern, die eine günstigere Intermediations-Variante suchen, ist die Masse der (bezogenen) Rechnungen nicht so groß, womit andere Intermediäre interessanter sind als diejenigen für die Single-Channel-Strategie. Es kommen (zudem), in Abhängigkeit von der Rechnungs(daten)menge oder des Leistungsumfangs des Intermediärs, pauschale oder transaktionsorientierte Abgeltungsmodelle zum Einsatz. Zudem ergeben sich über die unterschiedlichen Assoziierungen bei den Intermediären (auch aufgrund der Eignerschaft) unterschiedliche Assoziierungen von Leistungserbringern, so sind beispielsweise die Ärzte mit den „eigenen“ Trust Centern verbunden und die Spitäler

traditionell eher mit der unabhängigen H-Net. Medidata hat keine spezifischere Bindung zu bestimmten Leistungserbringern.

Die Direktanbindung von Kostenträgern und Leistungserbringern spielt vor allem dort eine Rolle, wo aufgrund der Mengen- und Kostenverhältnisse eine Intermediation gegenüber einer selbst erstellten Lösung (aus Leistungserbringersicht, hier vor allem die OFAC betreffend) weniger interessant ist. In der Tat vermittelte die OFAC als Intermediärin oder Konzentratorin der Apotheken 2004 für drei Viertel aller schweizerischen Apotheken (1'300) 11. 6 Mio. Rechnungen über ihr Netzwerk zuhanden der Kostenträger. Dies erfolgte über Telefon, Post und elektronisch. Der Gesamtbetrag der Rechnungsstellung betrug mehr als CHF 2 Mia. [OFAC06]. OFAC bündelt die Apothekenbeziehungen (elektronischer Austausch der Rechnungsdaten, Kostengutsprache) über ihr OVAN-Netzwerk (OFAC Value Added Network; basierend auf ADSL).

Zusätzliche Komplexität entsteht im geschilderten Modell in Abbildung 4 durch die verschiedenen Roaming-Abkommen zwischen den Intermediären, über die einerseits Wettbewerbspolitik betrieben wird und andererseits ein zusätzlicher Nutzen entsteht. Letzterer kann einerseits darin gesehen werden, dass: erstens der Teilnehmerkreis/Netzwerk des Intermediärs aus der Sicht des Dienstleistungsportfolios größer wird; zweitens Konkurrenten durch die machtorientierte Aufoktruierung des eigenen Preismodells in Bedrängnis gebracht werden können, was dann der Fall ist, wenn durch ein Nicht-Eingehen des Roamings Mehrkosten beim Intermediär z.B. durch Papiausdrucke der Rechnungen entstehen; drittens über ein erweitertes Roaming (Roaming zwischen eigenem Netzwerk und weiteren Added-Value-Anbietern, etwa im Bereich der elektronischen Rechnungsstellung und -zahlung (EBPP)), wodurch die Attraktivität des Dienstleistungsportfolios des Intermediärs erhöht wird. Roaming-Verträge existieren (per Ende 2005) zwischen EDS und Medidata sowie zwischen H-Net und Medidata. Ein Roaming zwischen Medidata und den Trust-Centern ist technisch realisiert worden, scheiterte aber an den (geschilderten) politisch unterschiedlichen Interessen.

Zu den Wettbewerbsstrategien der drei Intermediäre kann zusammenfassend wie folgt argumentiert werden: Medidata hat aufgrund der bereit stehenden und eingeschossenen finanziellen Mitteln eine starke Stellung. Dies ist durch die Macht der fünf großen Krankenversicherer als Eigner der Medidata gegeben. Medidata bietet eine kleine bis mittelgroße Dienstleistungspalette an, neben der eFaktura auch Katalogdatenzugriffe, etc. Die Dienstleistungspalette ist analog zu den Trust Centern mehrheitlich auf die Rechnungs-



datenvermittlung zwischen Kostenträgern und Leistungserbringern ausgerichtet. Die Trust Center haben durch die Anzahl Ärzte und die dadurch generierte Anzahl Rechnungen eine dominante Machtstellung inne. Sie stellen vom Rechnungsvolumen her den größten Intermediär dar (wobei derzeit nur ein geringer Teil elektronisch vermittelt wird, Tendenz jedoch steigend). Die Dienstleistungspalette ist jedoch eher schmal. Sie beinhaltet zusätzlich zum elektronischen Datenaustausch das Datenanalysewerkzeug Praxisspiegel für Ärzte. Bei der H-Net, dem (volumenmäßig) kleinsten Intermediär zwischen Kostenträgern und Leistungserbringern (nicht aber, was das Dienstleistungsangebot über die gesamte Gesundheitswertschöpfungskette betrifft) gehen Roamingverträge und Dienstleistungspalette weit über den Umfang der anderen beiden Intermediäre hinaus.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Im vorliegenden Beitrag wurde anhand einer explorativen Studie im schweizerischen Gesundheitswesen untersucht, inwieweit die Anforderungen nach besser integrierten Informationsaustauschen zwischen den Beteiligten der Gesundheits-Wertschöpfungskette zum Auftreten von spezifischen Intermediären führen. Ausgehend von allgemeinen Überlegungen zu Vorteilen und Nutzen der Intermediation in diesem Bereich ergibt eine grobe Analyse der Struktur des Gesundheitswesens und der Komplexität der technischen Integration zwischen den einzelnen Akteuren, dass das Einschalten von Intermediären grundsätzlich eine sinnvolle Option sein kann, um Skaleneffekte (oder Economies of Scope) zu realisieren. Tatsächlich zeigt sich anhand des Beispiels der Schweiz, dass sich ein Markt für Intermediation gebildet hat, auf dem verschiedene Intermediäre tätig sind. Dieser Markt befindet sich allerdings erst in einem frühen und daher noch dynamischen Stadium, weshalb in den nächsten Jahren mit Veränderungen und Konsolidierungen seitens der Leistungserbringer, Intermediäre und Kostenträger gerechnet werden muss.

Eine besonders interessante Facette der hier vorgestellten Fallstudie(n) ist, dass die zu beobachtenden Intermediäre zwischen den Leistungserbringern und Kostenträgern bezüglich Trägerschaft und Naheverhältnis den drei denkbaren Idealtypen der Intermediation entsprechen: Verbindung zur Leistungserbringungsseite, Verbindung zur Kostenträgerseite und Neutralität zwischen beiden Parteien. Ausgehend von diesen Konfigurationen wurde anhand einer Analyse des jeweiligen Geschäftsmodells der drei Intermediäre untersucht, inwieweit sich die

spezifischen Interessenslagen niederschlagen. Die Untersuchung zeigt deutlich auf, dass opportunistische Interessen in der Tat einen erheblichen Einfluss auf das Geschäftsgebahren von Intermediären haben und dass dies die Position des Intermediärs zu den jeweiligen Interessensparteien beeinflusst. Dies wiederum schlägt sich nieder in den jeweiligen Intermediationsstrategien der Akteure auf Seiten der Kostenträger und Leistungserbringer.

Somit wird durch die Fallstudie(n) illustriert, dass für die Beurteilung von Intermediation nicht nur verhältnismäßig einfache und globale Betrachtungen auf der Basis der Netzwerkökonomie angestellt werden dürfen, sondern jeweils die Position und opportunistischen Interessen aller beteiligten Parteien berücksichtigt werden muss. Hier spielen neben vordergründig rationalen, ökonomischen Argumenten auch verhaltensorientierte Faktoren wie Macht und Vertrauen bzw. Misstrauen eine nicht unerhebliche Rolle [PiWi01].

Ausgehend von der hier geschilderten explorativen Untersuchung lässt sich weiterer Forschungsbedarf in verschiedene Richtungen ableiten. Hier sollen zwei Stoßrichtungen skizziert werden: Zum einen muss es darum gehen, die hier weitgehend qualitativ vorgenommenen Betrachtungen zu konkretisieren und die Kosten-Nutzen-Relationen der Intermediation im Gesundheitswesen sowie die Transaktionskosten bei verschiedenen Intermediärsmodellen genauer zu bestimmen; zum anderen stellt sich die Frage, inwieweit die hier für die Schweiz beleuchteten Phänomene sich in ähnlicher Form auch im internationalen Bereich finden lassen und ob allenfalls unterschiedliche Gesundheits-Netzwerk- und -Wertschöpfungs-Topologien die Ausprägung von Intermediation beeinflussen.

## Literaturverzeichnis

- [Ae04] Aerosana (2004): Aerosana (2004): Was ist der TarMed, auf URL: [http://www.aerosana.ch/pdf/de\\_bulletin\\_1\\_04.pdf](http://www.aerosana.ch/pdf/de_bulletin_1_04.pdf) (Aufruf per 2005-01-04; erstellt per 2004 Frühjahr).
- [Bo05] Böni, S. (2005): H-Net – Die Integrationsplattform für das Schweizer Gesundheitswesen, Präsentation vom 2005-09-29 vor der Swiss ICT Fachgruppe Investement, auf URL: <http://www.pascal-sieber.net/files/cno/cno-05/fg12-stefan-boeni.pdf> (Aufruf per 2006-06-14, erstellt per 2005-09-29).

- [DGL01] Darioli, R.; Gutzwiller, F.; Ludwig, Ch.; Pernegger, T.; Ramseier, E.W.; Schütz, R.; Westkämper, R. (2001): Texte zur Versicherungsmedizin, Schweizerisches Skript zur Versicherungsmedizin zur medizinischen Ausbildung, auf URL: <http://www.staatsexamen.ch/pdf/Versicherungsmedizin.pdf> (Aufruf per 2004-12-20; erstellt per 2001-12).
- [HaNe05] Hansen, H.R.; Neumann, G. (2005): Wirtschaftsinformatik I, Lucius&Lucius – UTB, Stuttgart.
- [Har02] Hartert, D. (2002): Global Virtual Market – Konzept für einen dezentral organisierten elektronischen Markt, auf URL: [http://bibserv7.bib.uni-mannheim.de/madoc/volltexte/2003/59/pdf/59\\_1.pdf](http://bibserv7.bib.uni-mannheim.de/madoc/volltexte/2003/59/pdf/59_1.pdf) (Aufruf per 2006-06-12; erstellt per 2002).
- [Ja01] Jakob, R. (2001): Vom Tiers Garant zum Tiers Payant, auf URL: [http://www.medidata.ch/news/\\_pdf/Schweizer\\_Versicherung\\_2001-11-de.pdf](http://www.medidata.ch/news/_pdf/Schweizer_Versicherung_2001-11-de.pdf) sowie in: Schweizer Versicherung (2001) 11, S. 71-73.
- [OFAC06] OFAC (2006): Porträt – Wer sind wir?, auf URL: [http://www.ofac.ch/all/societe/text\\_portrait.htm](http://www.ofac.ch/all/societe/text_portrait.htm) (Aufruf per 2006-06-24).
- [PiWi01] Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R.T. (2001): Die Grenzenlose Unternehmung, Gabler, Wiesbaden.
- [SBS95] Sarkar, M. B.; Butler, B.; Steinfield, C. (1995): Intermediaries and cybermediaries: A continuing role for mediating players in the electronic marketplace. Journal of Computer Mediated Communication [Online], 1 (3) sowie unter URL: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol1/issue3/sarkar.html> (Aufruf per 2006-02-27).
- [Sc06] Schellenberg, R. (2006): Ambulante Rechnungen in der Schweiz: Was darf eine elektronische Rechnung kosten?, auf URL: <http://www.ebppinfo.de/portal/forum/schellenberg> (Aufruf per 2006-03-01; erstellt per 2006-02-06).

- [Sch05] Schellenberg, R. (2005): Was darf eine elektronische Rechnung kosten? Auf URL: [http://www.portx.ch/de/media/files/klinik\\_und\\_heim\\_5-05\\_paper-sel.pdf](http://www.portx.ch/de/media/files/klinik_und_heim_5-05_paper-sel.pdf) (Aufruf per 2006-03-01; erstellt per 2005-05).
- [Sto03] Stoffel, U. (2003): Was ist uns Datenparität wert? – Trust-Center versus „Mediport“: Verwirrung um den elektronischen Datenaustausch im TARMED, in: Schweizerische Ärztezeitung 84 (2003) 24, S. 1510-1512.
- [SV98] Shapiro, C.; Varian, H.R. (1998): Information Rules – A Strategic Guide to the Network Economy, Harvard Business School Press, Boston.
- [WE05] Walser, K.; Egle, U. (2005): Intermediation im schweizerischen Gesundheitswesen, auf URL: [http://www.im.iwi.unibe.ch/publikationen/pdfs/Interm\\_eHealth\\_Arb\\_Ber.pdf](http://www.im.iwi.unibe.ch/publikationen/pdfs/Interm_eHealth_Arb_Ber.pdf) (Aufruf per 2006-02-27; erstellt per 2005).
- [WEKO06] Wettbewerbskommission (2006): Nicht veröffentlichter Schlussbericht vom 26. September 2006 zur elektronische Abrechnung im Gesundheitswesen, Bern.
- [Zbo96] Zbornik, S. (1996): Elektronische Märkte, elektronische Hierarchien und elektronische Netzwerke: Koordination des wirtschaftlichen Leistungsaustausches durch Mehrwertdienste auf der Basis von EDI und offenen Kommunikationssystemen, Universitätsverlag Konstanz, Konstanz.

# Process-based Performance Measurement in Healthcare Networks

Günter Schicker, Jörg Purucker, Freimut Bodendorf

Department of Information Systems  
University of Erlangen-Nuremberg  
Lange Gasse 20  
90403 Nuremberg, Germany  
bodendorf@wiso.uni-erlangen.de

## Abstract

Coordination and controlling in healthcare networks becomes increasingly important to enable integrated care scenarios, to enhance patient satisfaction and to reduce costs of the treatment processes. Based on the balanced scorecard a process-oriented approach for performance measurement in healthcare networks is introduced. The underlying systems architecture is presented. Integrating data from different sources and providers enables the calculation and visualization of key performance indicators in a network performance cockpit. Compliance scorecards are used to implement the network strategy and to ensure the achievement of goals. Real-time process data is obtained from a component that controls the flow of interorganizational treatment processes by web service technology. This component also supports treatment processes by process oriented e-services.

## 1 Introduction

The healthcare industry is one of the most important economic sectors in Germany causing annual expenses of about 230 billion euros (over 10 percent of the gross domestic product of Germany) and employing more than 4.2 million people. The German healthcare system is facing massive challenges due to the demographic and economic development as well as the increasing costs for medical innovation. Furthermore the quality is judged to be not better than mediocre [Ramm04, 147]. To improve patient satisfaction and to reduce costs of treatment processes by enhancing the cooperation between the healthcare providers a lot of different healthcare networks have been founded. In Germany the law “GKV-Modernisierungsgesetz”

enacted in 2003 improved the possibilities to realize integrated care mechanisms especially establishing cross-sectoral healthcare networks. An empirical study reveals that 81 percent of the respondents expect that networking in the healthcare industry will increase in the next three to five years [ScKB06, 17]. Moreover 88 percent of the survey participants agree that the demand for coordination and IT-support in healthcare networks is going to rise in the future. The study initiated at the Department of Information Systems II at the University Erlangen-Nuremberg addressed german and suisse ambulant healthcare networks (healthcare network managers as well as physicians). The survey investigated the maturity of healthcare network organizations regarding strategy, processes, and information technology. Only five of 90 networks show good results in overall maturity. Especially in regard of network controlling there are still a lot of challenges to cope with. Whereas three of four participants of the above mentioned survey agree that goals for the network are clearly defined only 17 % have a structured controlling system in place. Moreover just a small minority measures key data of the network to realize performance gaps. To evaluate the achievement of objectives and to improve performance more transparency by introducing an IT-supported controlling system is needed. Otherwise the advantages of healthcare networks regarding quality, efficiency and patient sovereignty can not be proved and as a result the existence of network organizations cannot be assured.

## **2 Research Project**

The research project focuses on the IT-driven management of healthcare networks. Whereas many research projects deal with the integration of health data (e.g., electronic health records [ScKB06, 45]) this project focuses on coordination and control of interorganizational processes. Goal of the project is to support coordination and control of healthcare network processes by providing healthcare suppliers and network managers with a customized set of electronic services. Based on a balanced scorecard approach a healthcare performance cockpit delivers information for healthcare network managers and service providers. Process portals enable the interaction between users (e.g., patients, physicians) and the use of e-services provided by the system [for details see ScBo05, 7]. A process integration platform is realized enabling the design and runtime execution of a process-based e-service logistics. To analyze the requirements of network controlling the research team cooperates with the healthcare network

“Qualitäts- und Effizienzgemeinschaft Nürnberg-Nord (QuE)” which is organized as a gatekeeper system [WaLF05, 13]. The integrated care contract spans ambulant, clinical and home care service providers and is financed by a full capitation model.

### 3 Process-based E-Service Logistics

The concept of process-based e-service logistics is based on the interdisciplinary coordination theory. „Coordination is managing dependencies between activities performed to achieve a goal” [MaCr90, 361]. Whereas this definition is widely accepted coordination theory deals with many different means of coordination (e.g., based on forms, conversation structure or information sharing). This project argues for a process-oriented approach of coordination supported by process models as a special kind of plan in terms of coordination theory. To transfer the general tasks and principles of coordination to the healthcare domain it has to be analyzed who is cooperating and which processes and coordination tasks exist within healthcare networks.

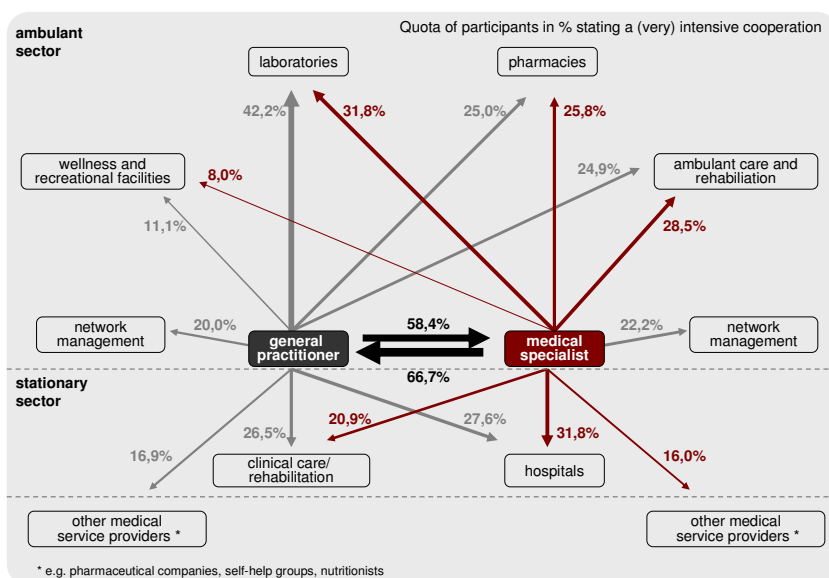


Figure 1: Intensity of cooperation

Figure 1 shows actors within integrated healthcare networks and the intensity of cooperation [ScKB06, 21]. The results show that intensive cooperation is taking place across sectoral borders resulting in numerous coordination tasks along interorganizational treatment processes. Table 1 shows some examples of processes, tasks and supporting e-services.

The research project focuses on the treatment process from a cooperative view regarding the patient’s way throughout the whole healthcare network. The individual characteristics of each

patient, the high degree of volatility of each process and its complexity have to be considered when supporting the execution of individual processes by information technology (e.g., individualization, adaptability, flexibility) [ScBo06].

healthcare network processes	coordination tasks	e-services
<b>management processes:</b> needed to control the healthcare network	goal adjustment, network monitoring and reporting, planning, guideline implementation	healthcare performance cockpit (balanced scorecard, stakeholder-specific reports)
<b>medical treatment processes<sup>1</sup>:</b> adding value to patients and resulting in revenue for healthcare providers	controlling health status of patients, exchange and adjustment of medical reports, discharge letters or prescriptions	patient monitoring service (e.g. bluetooth scale), electronic prescriptions, electronic discharge notes
<b>support processes:</b> enabling processes laying the foundation to run the business	absorption of costs, accounting, billing and payment, master data management	web service orchestrated workflows for cost absorption, e-billing, patient master index

Table 1: Processes, tasks, e-services

The concept of process-based e-service logistics aims to support the coordination of healthcare network processes by providing patients and healthcare suppliers with a customized set of electronic services. Electronic services are software components which encapsulate functions (e.g., logic or data centric services) in a coarse-grained manner, e.g. using web services as technical representation [KrBS04, 70ff]. The e-service requirements regarding information and coordination in healthcare networks are derived from customized process models. They result in a process-based e-service logistics model executed by a process management platform (Individual Value Web System IVWS) supporting the coordination of individual treatment processes by providing network participants with e-services. At the level of individual patient instances treatment processes and the flow of activities throughout the network are coordinated by a gatekeeper model. The gatekeeper system aims to improve the quality of care and to realize synergies during the treatment process e.g. by avoiding unnecessary medical examinations. One member of the healthcare network is the contact person (gatekeeper) collecting all information about the patient and coordinating his treatment. The system architecture has to support this gatekeeper concept which defines the business architecture within the healthcare network [AiDo05, 614]. Hence, the central execution of web service-based workflows [BGHS03, 61] is the basic technical principle ensuring a high degree of structural analogy of business and systems architecture. To achieve this, the research project uses web service technology and the concept of service oriented architecture as technical basis. The process and e-service scheme instantiated at the first stop of the patient in the healthcare network is executed by the IVWS (for details see [ScBo06]). Figure 2 shows the architecture of the IVWS. The Meta-

<sup>1</sup> In literature several terms are used for medical treatment processes (e.g. guidelines, clinical/ critical pathways, interdisciplinary care paths) pointing out different origins, goals and perspectives [GISS04, 19; GrMW03, 22ff; John02, 13].



Orchestration-Server (MOS) enables the execution of individual processes and e-services that can be customized at run time.

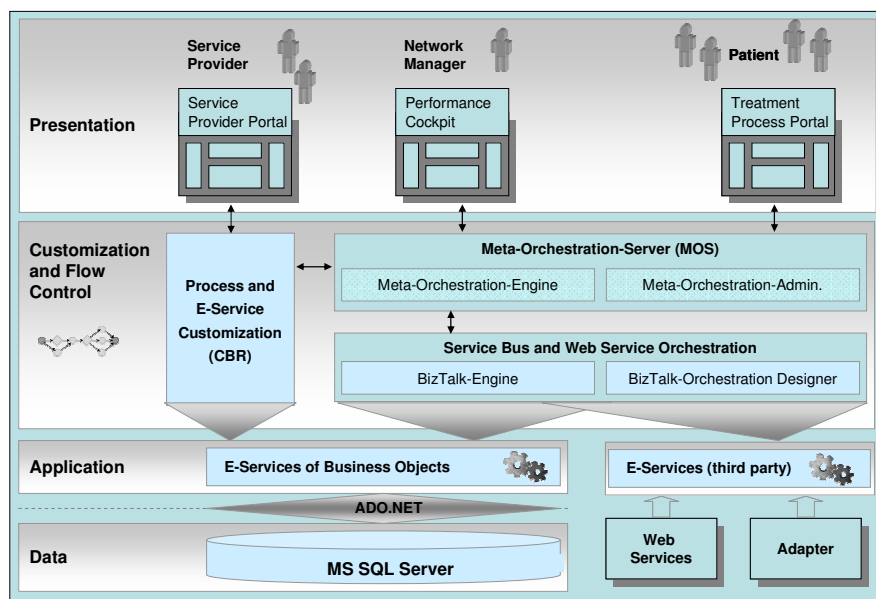


Figure 2: Architecture – Individual Value Web System (IVWS)

The system distributes e-services to roles across the network and informs the gatekeeper about the patient status. Thus the gatekeeper gets transparency concerning the treatment process giving him the possibility to intervene if necessary. The research work is based on the concept of a process-enabled service-oriented architecture (SOA). It enables “lightweight” application frontends which are only responsible for interacting with system users (dialog control). Moreover the concept argues for the encapsulation of processes within process centric (web) services. The complexity of backend systems is encapsulated within intermediary services. As a result the separation of process logic (within a process layer) and business logic (within a basic services layer) is assured [KrBS04, 79].

#### 4 Performance Measurement in Healthcare Networks

Performance measurement is a controlling approach that focuses on the assessment of effectiveness and efficiency in companies by especially considering strategic relevant aspects including non-monetary measures [Glei02, 447]. The process-based approach for performance measurement which is described in this section relies on process data. Therefore the central process management platform that was described in section 3 is one important source of data.

## 4.1 Requirements

Table 2 shows crucial requirements for performance measurement systems in healthcare networks. Domain neutral requirements are relevant for network performance measurement systems not regarding the specific domain, whereas domain specific requirements are aligned to healthcare networks. Because of the given autonomy of actors within a network the network strategy must be developed and operationalized in a cooperative manner [Cors00, 24]. A big challenge for performance measurement is the extraction and integration of data from heterogeneous network actors by taking care of data privacy [LiSS04, 108; Wenn03, 62; PaBr01, 167]. Another challenging task is the definition of measures that reflect the network compliance of healthcare suppliers and that can be compared across the network and to external suppliers [Wenn03, 57ff]. Measures that reflect the network compliance must be influenceable by the suppliers in question. Process related measures can be retrieved by process data but decrease the freedom to act and therefore might badly influence the motivation. On the other hand outcome related measures are hard to calculate and mostly depend on factors that can hardly be influenced by healthcare suppliers (e. g., existence of multiple diseases, occurring of complications, patient and supplier cooperation) [PiRW03, 538ff; AQUA02, 6].

Domain neutral	Domain specific
<ul style="list-style-type: none"> <li>• alignment to network goals</li> <li>• cooperative development and operationalization of network strategy</li> <li>• integration of heterogeneous IC-Systems</li> <li>• taking care of acceptance</li> <li>• prompt success control</li> <li>• operability</li> <li>• comparability of results between different actors in different periods of time</li> <li>• alignment of incentives to network goals and network compliance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• considering goals and needs of stakeholders in healthcare networks</li> <li>• controlling of medical treatment processes</li> <li>• planning and monitoring of performance on network and supplier level</li> <li>• comparability to other healthcare networks and suppliers</li> <li>• considering policy holder structure</li> <li>• identification of potentials to develop supplier structure</li> <li>• considering relationships to external healthcare suppliers</li> <li>• taking care of data privacy</li> <li>• avoiding additional effort for documentation</li> <li>• balance of process and outcome related measures</li> </ul>

Table 2: Requirements for performance measurement systems in healthcare networks [ScKB06; Wenn03; Toph03]

## 4.2 Concept

The concept introduced in this section is based on the balanced scorecard which not only because of its flexibility is said to be the most promising approach in performance measurement [Glei01, 88f]. The balanced scorecard approach is particularly appropriate for controlling in networked organizations. It explicitly addresses the implementation of a strategy throughout an or-

ganization by developing and integrating several dependent scorecards [PiRW03, 573ff]. Figure 3 shows the performance measurement process as a basis for the concept to be introduced in this chapter.

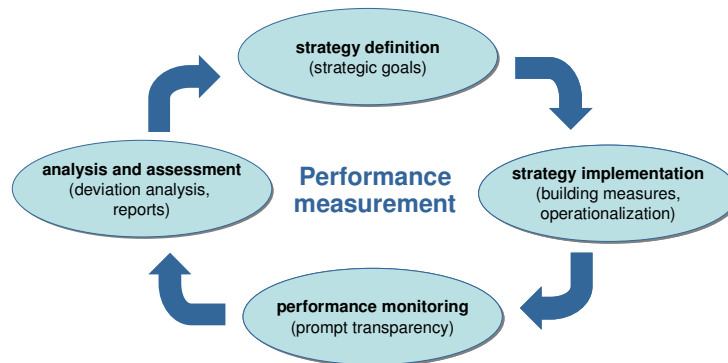


Figure 3: Performance Measurement Process

#### 4.2.1 Strategy definition

Defining a network strategy is the first task in the performance measurement process. For this purpose the network strategy needs to be coordinated between the network management, the internal suppliers and the external partners (e. g. insurance company, association of CHI physicians). Strategy maps can be used as communication instrument [Horv04]. Figure 4 shows an exemplary strategy map for a healthcare network. Unlike in pure social organizations the mission in healthcare networks is related to economic and social aspects. Whereas in pure social organizations the financial perspective of the balanced scorecard can be placed below the process perspective to express that finance is the base for the work in the organization and for achieving the customer related goals, in healthcare networks financial goals play a more important role. Because of the causal relationship between financial and customer related goals, it is suggested to keep the financial perspective above the customer perspective. The importance of social issues can be expressed by connecting goals that are relevant for social aspects to the strategic imperatives that should be placed above the balanced scorecard perspectives [KaNo01, 120f].

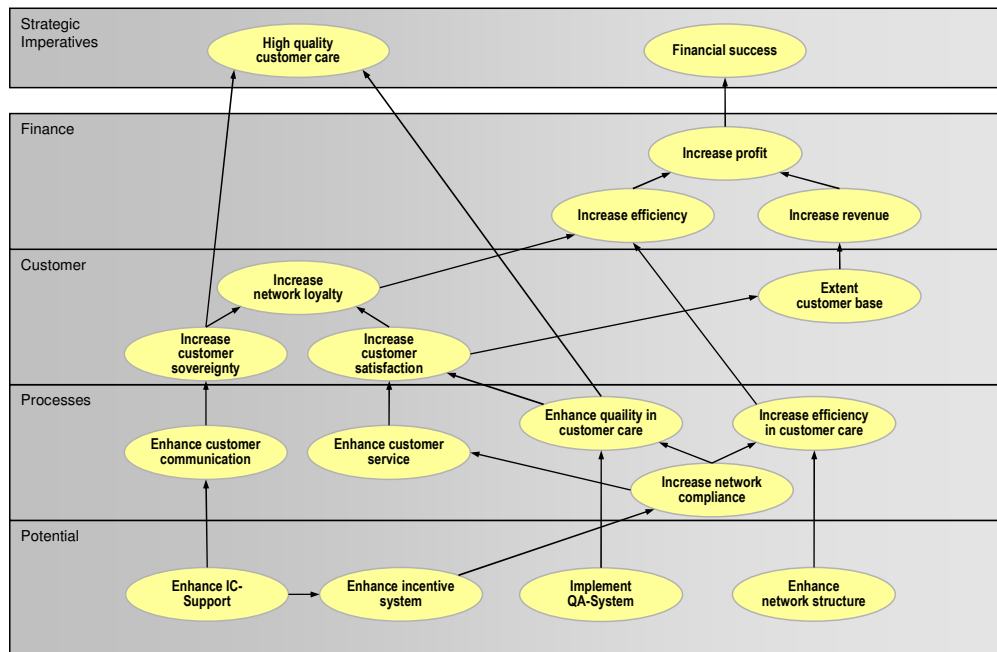


Figure 4: Strategy map for a healthcare network

#### 4.2.2 Strategy implementation

Implementing the network strategy includes defining measures and targets, operationalizing the strategy and aligning incentives to the strategy. These tasks need to be fulfilled in coordination between the network management, the internal suppliers and the external partners. Measures need to indicate the degree of goal achievement. They must be clearly interpretable and influenceable by the actors. Collecting data should not cause too much effort [Horv04, 224]. As part of the research project for each measure in the scorecard of the healthcare network “QuE” potential data sources are retrieved. The measures were arranged in the dimensions relevance and ease of retrieving data to show which information demands can be fulfilled easily, what additional data is needed and what the retrieve costs are.

Operationalizing the strategy can be done by executing projects related to strategic goals. Another way of strategy operationalization is to create more detailed measures and scorecards across the network by building hierarchies. In Figure 5 the balanced scorecard for a healthcare network is translated to more detailed scorecards in order to specify the contribution of network actors to the network strategy. The scorecard for physicians is deduced from the network scorecard and further concretized in scorecards related to special types of physicians like gatekeepers. In this example the scorecard for gatekeepers has own measures and adopts all measures from the scorecard for network physicians. The targets can be specified.

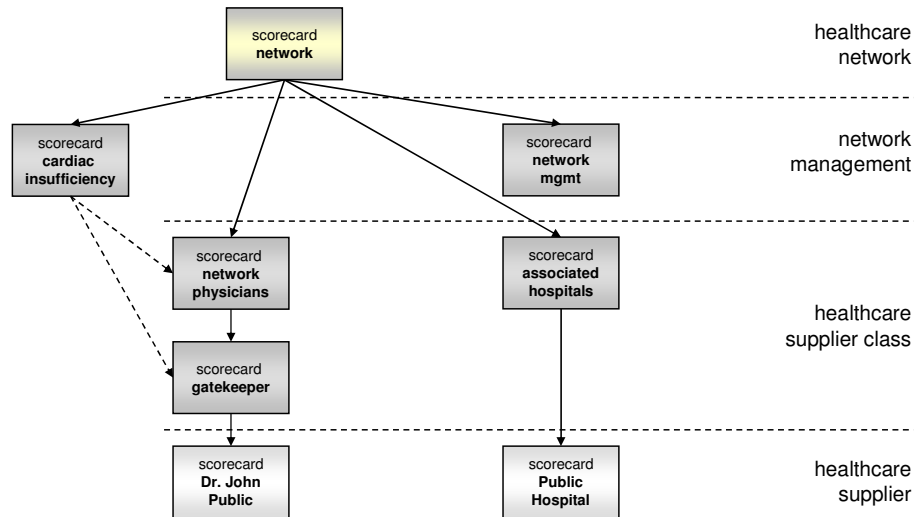


Figure 5: Building scorecard hierarchies

As suppliers in healthcare networks are organizationally independent the network management can not dictate scorecards to them. On the other hand there are directives substantiated in contracts that need to be controlled. For that reason compliance scorecards were implemented which do not necessarily reflect all goals of the suppliers but specify criteria for measuring the suppliers' network compliance. Figure 6 shows an example.

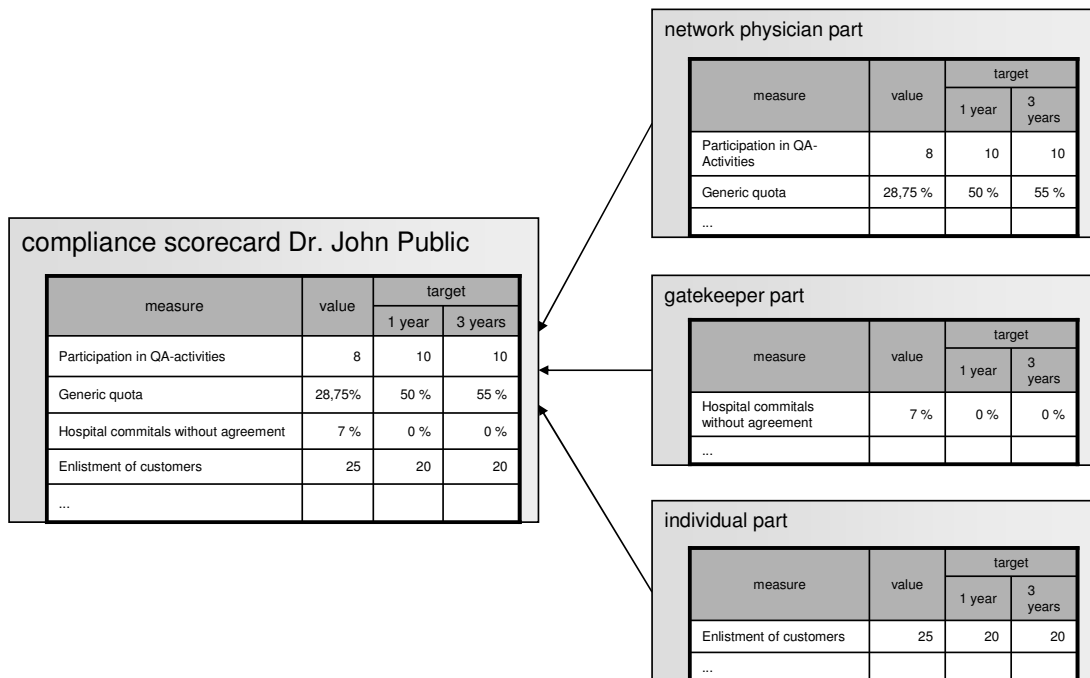


Figure 6: Exemplary compliance scorecard

In healthcare networks medical treatment processes and other network processes need to be considered when operationalizing the network scorecard. For that reason process related scorecards (e. g. for important indications like cardiac insufficiency or for medication) can be

built in an appropriate network board. These process scorecards need to be translated to and coordinated with the scorecards that are related to the network actors. Figure 5 shows an example for building a process-based scorecard hierarchy.

In the traditional German healthcare system there is a permanent incentive for suppliers to enlarge their services and hence cause immense costs for the system (hamster wheel effect). In contrast, the behavior of the network supplier needs to be aligned to network goals in full capitation healthcare networks. This can be done by implementing an incentive system. The measures in the compliance scorecard could form the assessment base for this incentive system. If the network is financed by a full capitation model, the amount of money to be distributed can be determined by the incentive system. The more money the network physicians save (e. g. by avoiding not necessary examinations), the more money can be shared. One effect of an incentive system could be that network physicians are more aligned with the assessment base than with the network goals. To avoid an abuse of the incentive system common values and mutual trust are indispensable [PiRW03, 543].

#### *4.2.3 Performance monitoring*

In order to implement a performance measurement system relevant data needs to be retrieved from different data providers. Internal health suppliers provide data related to medical treatment processes. In a web-service-based approach as described in section 3 data from external suppliers is integrated as well. External partners provide additional data regarding enlisted patients and internal physicians beyond the network processes. Network management provides additional data that was produced inside the network (e.g. surveys regarding customer and member satisfaction) or obtained externally (e.g. medication data).

Collecting, processing, and using personal data is subject to sever conditions regarding data privacy. In healthcare networks these conditions refer to patients and physicians. Processing health-related data needs to be approved by patients or governed by law. Approvals by patients are tied to the medical treatment process and to one institution. Data that was de-personalized by using anonyms or pseudonyms can be used without any patient approval. In contrast to anonyms, pseudonyms can be used to integrate data from different data sources when the same de-personalization key is used. This key must be kept secret, because otherwise mapping tables can be built to gather personalized information [Dier02, 232ff]. Because of the unclear legal position and the high demands related to the collection and processing of personalized data in the research project de-personalized data is used only.

To migrate data from different data providers in a central data pool an ETL-Process (Extraction, Transformation, Load) needs to be implemented. As data providers use different keys for de-personalization data can not be migrated on the level of pseudonyms. Therefore in a first step data is migrated in provider specific data marts. Afterwards parts of the data marts are migrated to a central data warehouse. Regarding patients the migration must be performed on a higher level of aggregation. In a long-term view it needs to be examined whether the single data providers could share the de-personalization key by using appropriate security mechanism.

As relational database systems are not an adequate solution for ad hoc analyses in vast databases, relational data can be converted to multidimensional data whenever necessary. The multidimensional data which is stored in an OLAP server can be used for many purposes as for calculating measures in scorecards and reports or performing ad hoc queries.

#### 4.2.4 Analysis and assessment

Based on the retrieved data the network management creates reports related to the network processes and the network compliance. The healthcare suppliers can access reports automatically created regarding their individual network compliance. Figure 7 shows which features are implemented in the performance cockpit so far and what will be done in a stage of extension.

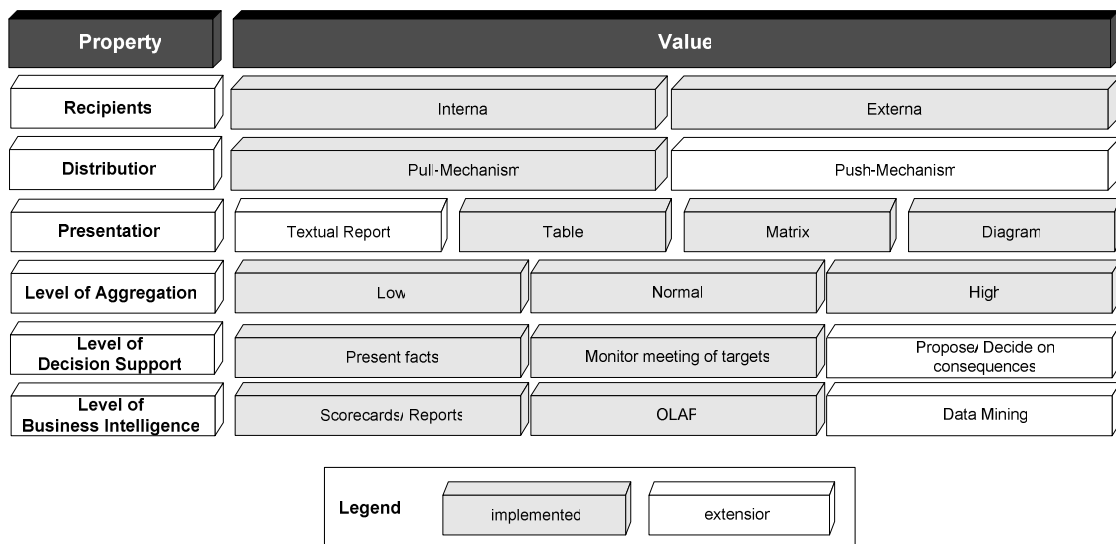


Figure 7: Analyses and report systems in healthcare networks

Reports are automatically created but can be reviewed and adjusted before being presented to external stakeholders. The reports are accessed on demand (pull-mechanism). In certain cases reports can also be automatically distributed depending on the situation and user needs (push-mechanism). Reports are presented as tables, matrices or diagrams. The performance cockpit

presents facts and monitors the achievement of goals, but does not yet propose or decide on consequences. This will be the next step when implementing an incentive system.

### 4.3 Technical Implementation

Figure 8 shows the architecture of the network performance cockpit. It follows the principle of SOA. Application frontends control user interaction, whereas the functionality is realized by e-services with a web service interface [KrBS04, 55ff].

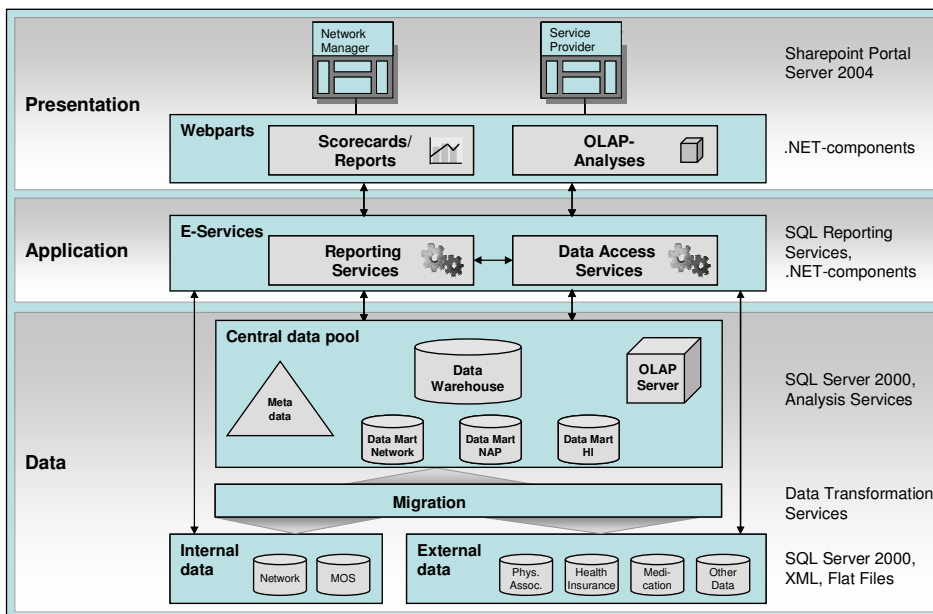


Figure 8: Performance Cockpit Architecture

#### 4.3.1 Data Layer

Figure 9 represents important data sources for healthcare network controlling.

**xDT:** xDT is a collection of interfaces provided by the central institute for statutory medical care. The different xDT interfaces define a set of fields and a corresponding order. Today only ADT is a real standard as it is used for the exchange of billing data. This standard provides billing data and billing diagnoses but no medical data related to treatment processes (e. g. findings, therapies, medication). BDT includes treatment data, but most of it can not be interpreted because the contents of the corresponding fields are not well-defined [LiSe94]. However for many surgery information systems the medication data inside BDT can be interpreted. The STDT standard was implemented by two surgery information system providers only.





Figure 9: Data sources

**MOS:** The Meta-Orchestration-Server (MOS) is the central process management platform as described in section 3 which aims to support the coordination of healthcare processes. Therefore, the corresponding data scheme contains medical treatment processes, services, customer tasks, coordination tasks, e-services, and patient data. The treatment processes and corresponding elements are well-defined in a database scheme.

**Network management:** The network management provides data that is generated in the network, including physician master data, data regarding network activities, the status of quality management, strategic and operative planning data and data generated by customer and member surveys.

**Health insurance:** Insurance companies provide patient related data generated inside and beyond the network (e.g. treatment data from hospitals). This data is very important for the network management as in a full capitation model the network also has to pay for patient treatment beyond the network. The data is delivered after billing which causes a delay of about 9 months.

**Association of CHI physicians:** The association of CHI physicians provides data generated in the ambulant sector inside and beyond the network. The data is delivered after billing which causes a delay of about 9 months.

**Other data:** Depending on the need additional external data sources (e.g. medication catalog) can be integrated. In the future the telematics infrastructure especially the electronic patient record can become an important data source for patient and treatment data.

For controlling issues prompt transparency regarding the network performance is very important. As the data supply by external partners is carried out with a substantial delay, internal data needs to be retrieved. By use of the xDT interfaces data can be generated daily, but can only partly be interpreted. The implemented performance cockpit uses data generated by the MOS to show potentials related to controlling in healthcare networks. As the internal data is limited to treatment processes planned inside the network, external data supplied by health insurance companies and the association of CHI physicians needs to be integrated anyway.

### 4.3.2 Application Layer

Figure 10 shows the applied e-services grouped in two e-service modules. The SQL Reporting Services from Microsoft provide a web service interface to create and adjust reports. The Microsoft Analysis Services provide access to multidimensional infocubes by MDX (Multi-dimensional Expressions) a language with a syntax similar to SQL. All other e-services were developed within the research project.

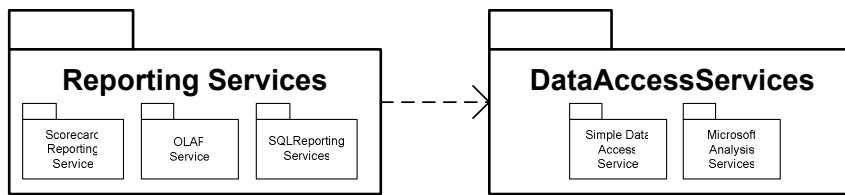


Figure 10: e-service modules

### 4.3.3 Presentation Layer

Figure 11 shows a management dashboard that visualizes the current network performance on a high aggregation level. For more details users can drill down to the process perspective with its goals and related measures (see Figure 12).

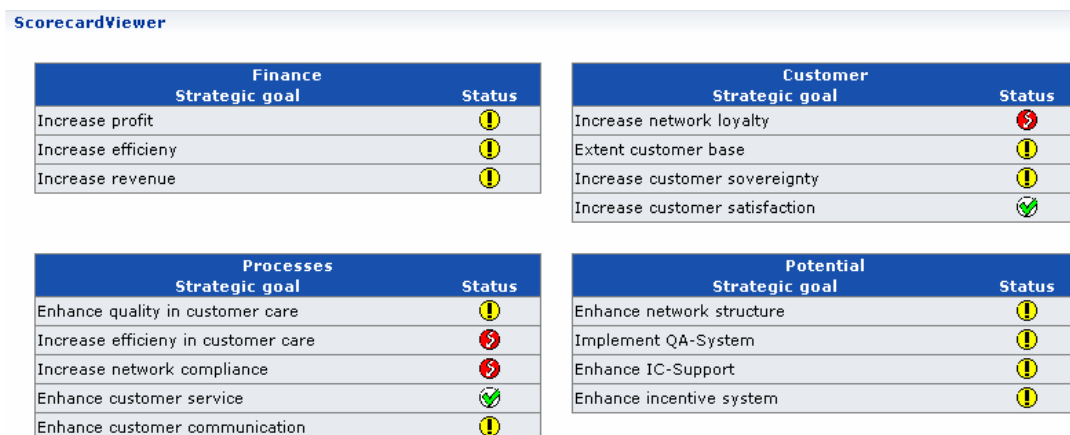


Figure 11: Dashboard for an exemplary balanced scorecard

ScorecardPerspectiveViewer						
Strategic goal / Measure	Processes					
	Status	Value	Trend	Target 06	Target 07	
<input type="checkbox"/> Enhance quality in customer care						
<input type="checkbox"/> Increase efficiency in customer care						
<input type="checkbox"/> Increase network compliance						
compliance to directives related to medical services		36 %		80 %	90 %	
compliance to directives not related to medical services		65 %		80 %	90 %	
<input type="checkbox"/> Enhance customer service						
<input type="checkbox"/> Enhance customer communication						

Figure 12: Process perspective of an exemplary balanced scorecard for healthcare networks

The status symbols are calculated by comparing the current value to the target value taking account of the target type (max, min, point). The compliance scorecard viewer webpart assesses the healthcare suppliers' network compliance. In Figure 13 the compliance scorecard consists of three parts. The first part applies to all network physicians, the second to all gatekeepers and the last one just to Dr. Public containing an individually negotiated target value for customer enlistment.

ComplianceScorecardViewer						
Report part / Measure	Dr. John Public					
	Status	Value	Trend	Target 06	Target 07	
<input type="checkbox"/> Network Physician						
Participation in quality activities		8		10	20	
Generic quota		28,75 %		50 %	55 %	
<input type="checkbox"/> Gatekeeper						
Hospital commitals without agreement		7 %		0 %	0 %	
<input type="checkbox"/> Dr. John Public						
Enlistment of customers		25		20	30	

Figure 13: Exemplary compliance scorecard related to a gatekeeper

In addition to that an OLAP Viewer enables users to navigate in multidimensional infocubes to process ad-hoc-queries.

## 5 Conclusion

A strategy-oriented concept for process-based performance measurement in healthcare networks was designed and prototypically implemented. The solution was developed in cooperation with an innovative healthcare network which is organized as a gatekeeper system with a full-capitation model. By monitoring medical treatment processes prompt transparency regarding network performance is reached. One important challenge for the future of performance measurement in healthcare networks is the extraction and integration of heterogeneous data by guaranteeing data privacy. Therefore standards regarding data interfaces need to be defined. In a full-capitation

model treatment processes must also be monitored beyond the borders of healthcare networks and sectors. To ease comparisons between healthcare suppliers and between healthcare networks standard measures need to be developed and implemented. Next steps will be the integration of incentive systems (“pay for performance”) and the use of more sophisticated methods for analyzing performance data like data mining and simulation.

## Bibliography

- [AiDo05] Aier, Stephan; Dogan, Turgut: Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Unternehmensarchitekturen. In: Wirtschaftsinformatik 2005, 7. Internationale Tagung, Bamberg 2005, S. 614-618.
- [AQUA02] AQUA: Institut für angewandte Qualitätsforschung im Gesundheitswesen: Einführung in das Indikatorenhandbuch. [http://www.aqua-institut.de/pdf/indikatoren\\_einfuehrung.pdf](http://www.aqua-institut.de/pdf/indikatoren_einfuehrung.pdf), 2002-06-25, Abruf am 2006-04-12.
- [BGHS03] Burghardt Markus; Gehrke, Nick; Hagenhoff, Svenja; Schumann, Matthias.: Spezifikation und Abwicklung von Workflows auf Basis von Web-Services. In: Praxis der Wirtschaftsinformatik (Fröschle, H.-P. Hrsg.): Web Services, HMD 234, S. 61-69.
- [Cors00] Corsten, Hans.: Ansatzpunkte für die Koordination in heterarchischen und hierarchischen Unternehmensnetzwerken. Lehrstuhl für Produktionswirtschaft, Univ., Kaiserslautern 2000, S. 2-53.
- [Dier02] Dierks, Christian: Telemedizin aus juristischer Sicht. In: Klusen, Norbert; Meusch, Andreas (Hrsg.): Gesundheitstelematik: Medizinischer Fortschritt durch Informationstechnologien. Nomos, Baden-Baden 2002.
- [Glei01] Gleich, Ronald: Das System des Performance Measurement: Theoretisches Grundkonzept, Entwicklungs- und Anwendungsstand. Vahlen, München 2001.
- [Glei02] Gleich, Ronald: Performance Measurement: Grundlagen, Konzepte und empirische Erkenntnisse. In: Controlling 14 (2002) 8-9, S. 447-454.

- [GISS04] Glock, Gerhard; Sohn, Stefan; Schöffski, Oliver: IT-Unterstützung für den medizinischen Prozess in der integrierten Versorgung. Books on Demand, Burgdorf 2004.
- [GrMW03] Greiling, Michael; Mormann, Johanna; Westerfeld, Ruth: Klinische Pfade steuern. Baumann, Kulmbach 2003.
- [Horv04] Horváth & Partners (Hrsg.): Balanced Scorecard umsetzen. 3. Aufl., Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2004.
- [John02] Johnson, Sue: Interdisziplinäre Versorgungspfade. 1. Aufl., Verlag Hans Huber, Bern 2002.
- [KaNo01] Kaplan, Robert S.; Norton, David P.: Die strategiefokussierte Organisation: Führen mit der Balanced Scorecard. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2001.
- [KrBS04] Krafzig, Dirk; Banke, Karl; Slama, Dirk: Enterprise SOA: Service Oriented Architecture Best Practices. Pearson Education, Maryland 2004.
- [LiSe94] Lichtner, Friedrich; Sembritzki, Jürgen: BDT-Satzbeschreibung: Schnittstellenbeschreibung zum systemunabhängigen Datentransfer von Behandlungsdaten. (unveröffentlicht), Köln 1994.
- [LiSS04] Lindenthal, Jörg; Sohn, Stefan; Schöffski, Oliver: Praxisnetze der nächsten Generation: Ziele, Mittelverteilung und Steuerungsmechanismen. Books on Demand, Burgdorf 2004.
- [MaCr90] Malone, Thomas W.; Crowston, Kevin.: What is Coordination Theory and How can it Help Design Cooperative Work Systems? In: CSCW'90, Los Angeles, Proceedings of the 3rd Conference on Computer-Supported Cooperative Work. New York 1990, S. 357-370.
- [PaBr01] Paul, Volker; Bresser, Bertram: Spezielle Probleme der Medizintelematik im Alltag. In: Hellmann, Wolfgang (Hrsg.): Management von Gesundheitsnetzen. Kohlhammer, Stuttgart 2001, S. 163-180.

- [PiRW03] Picot, Arnold; Reichwald, Ralf; Wigand, Rolf T.: Die grenzenlose Unternehmung. 5. Aufl., Gabler, Wiesbaden 2003.
- [Ramm04] Ramming, Joachim: Integrierte Gesundheitsversorgung. In: Jähn, Karl; Nagel, Eckhard (Hrsg.): e-Health. Springer, Heidelberg 2004, S. 147-151.
- [Toph03] Tophoven, Christina: Integrierte Angebotsstrukturen – Netze auf dem Weg zur markt- und vertragsfähigen Organisation. In: Tophoven, Christina, Lieschke, Lothar (Hrsg.): Integrierte Versorgung: Entwicklungsperspektiven für Praxisnetze. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 2003, S. 229-260.
- [ScBo05] Schicker, Günter; Bodendorf, Freimut: Portalunterstützte Behandlungspfade in Gesundheitsnetzen: Prozesse - Architektur – dynamische Navigation. In: Cremers, Armin B.; Manthey, Rainer; Martini, Peter; Steinhage, Volker (Hrsg.): INFORMATIK 2005: Informatik LIVE! Band 2. GI-Edition „Lecture Notes in Informatics“ (LNI): P68, Bonner Köllen Verlag, Bonn 2005, S. 7-11.
- [ScBo06] Schicker, Günter; Bodendorf, Freimut: Process-based E-Service-Logistics for Healthcare Networks. In: Gesellschaft für Informatik (Hrsg.): Lecture Notes in Informatics (LNI)- Proceedings. European Conference on eHealth (ECEH06). Fribourg 2006.
- [ScKB06] Schicker, Günter; Kohlbauer, Oliver; Bodendorf, Freimut: Praxisnetz-Studie 2006 - Status Quo, Trends & Herausforderungen. Arbeitspapier Wirtschaftsinformatik II Nr. 01/2006, Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg, 2006.
- [WaLF05] Wambach, Veit; Lindenthal, Jörg; Frommelt, Mona: Integrierte Versorgung – Zukunftssicherung für niedergelassene Ärzte. Ecomed MEDIZIN, Landsberg 2005.
- [Wenn03] Wenninger-Zeman, Katrin: Controlling in Unternehmensnetzwerken: Eine organisationstheoretische Betrachtung. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2003.

# **Zielgruppenspezifische Dienste für Virtuelle Patientengemeinschaften**

Achim Dannecker und Ulrike Lechner

Institut für Angewandte Systemwissenschaften und Wirtschaftsinformatik  
Universität der Bundeswehr München  
85577 Neubiberg  
Achim.Dannecker@unibw.de und Ulrike.Lechner@unibw.de

## **ABSTRACT**

Virtuelle Patientengemeinschaften bieten Mitgliedern Informationen zum Thema Gesundheit und wechselseitige Unterstützung. In diesem Beitrag werden die wesentlichen Erfolgsfaktoren von virtuellen Patientengemeinschaften und der Bedarf nach elektronischen Diensten analysiert. Die Resultate beinhalten Erfolgsfaktoren, den Bedarf an elektronischen Diensten für virtuelle Patientengemeinschaften und für jüngere und ältere Mitglieder dieser Gemeinschaften. Kurz werden wesentliche Elemente eines generischen Bewertungsdienstes für medizinisch relevante Informationen dargestellt.

## **1 Einleitung und Motivation**

Virtuelle Patientengemeinschaften (VPG) können –theoretisch– eine ganze Reihe von Aufgaben im Gesundheitswesen übernehmen. Beispiele für VPG, die in der Literatur genannt werden, sind das „Cancerforum“ von compuserve [Rhei94; HaAr97], Virtuelle Gemeinschaften für Brustkrebspatientinnen oder chronisch kranke Patienten [KADL02; Jose04; LeDK04]. Allein im Bereich Gesundheit („Health & Wellness“) bei Yahoo [Yaho05] gibt es mehr als 74.000 Gemeinschaftsforen. Unter VPG verstehen wir Online Gemeinschaften von Patienten, Angehörigen, Medizinern, Interessierten und Forschern, die sich mit einem Krankheitsbild auseinandersetzen und deren wesentliches Kommunikationsmedium eine Plattform im Internet ist. Es ist festzustellen, dass VPG sich heute im Wesentlichen auf wechselseitige Unterstützung von Patienten und Angehörigen untereinander und Information für Patienten und Angehörige zu be-

schränken scheinen. VPG haben häufig nur wenige aktive Mitglieder und nutzen nur wenige Arten von elektronischen Diensten [DaLe04]. VPG stellen eine wichtige Informationsquelle dar und die wechselseitige Unterstützung für Patienten ist wichtig. Daher stellt sich die Frage, ob VPG durch neue elektronische Dienste gestärkt werden können und vielleicht damit ihre Funktionen besser wahrnehmen oder weitere Funktionen im Gesundheitswesen übernehmen können. Es wurde eine empirische Studie bei Mitgliedern und Betreibern von VPG durchgeführt. Die Ergebnisse beinhalten eine Analyse der wesentlichen Faktoren und E-Service Komponenten und der speziellen Anforderungen von jüngeren und älteren Mitglieder von VPG, ein Modell basierend auf einer explorativen Faktoranalyse und eine kurze Beschreibung eines Dienstes, der auf Basis der Resultate der empirischen Studie entwickelt wurde.

Das Papier ist wie folgt strukturiert. Der aktuelle Stand der Forschung im Bereich Selbsthilfeorganisationen und Selbsthilfegruppen von Patienten wird in Kap. 2 dargestellt. Die Forschungsmethode wird in Kap. 3 erläutert. Die Resultate der empirischen Untersuchung werden in Kap. 4 und eine Skizze eines generischen Dienstes in Kap. 5 präsentiert. Eine Diskussion in Kap. 6 beschließt das Papier.

## **2 Stand der Wissenschaft und Praxis**

Das Gesundheitswesen befindet sich in einem Reorganisationsprozess und somit eröffnen sich neue Möglichkeiten für elektronische Dienste und Marktplätze [KaTa05]. Das Internet wird zunehmend als Medium für gesundheitsrelevante Informationen genutzt. Es ist möglich vielfältige Dienste für das Management der eigenen Gesundheit genauso wie Informationen von Dienstleistern und medizinischen Institutionen zu finden [Gold05; HuTa05; PUCS06]. Eine offene Frage ist, wie die Information aus dem Internet mit den Informationen, die Patienten von Medizinern erhalten, bei wichtigen gesundheitsrelevanten Entscheidungen in Relation gesetzt wird [PUCS06]. Im Folgenden wird die aktuelle Situation in der Selbsthilfe von Betroffenen analysiert und wie VPG diese Selbsthilfe unterstützen können.

### **2.1 Selbsthilfeorganisationen und Selbsthilfegruppen von Patienten**

Der Erfahrungsaustausch von Patienten oder als Angehörige von Betroffenen wird traditionell „Offline“ in Selbsthilfeorganisationen (SHO) und Selbsthilfegruppen (SHG) organisiert. SHO informieren typischerweise ihre Mitglieder über alle Aspekte der relevanten Krankheit und a-



gieren als „Repräsentanten“ (Patientenvereinigung). Janke et al. stellen fest, dass Patienten, die in einer SHO Mitglied sind, besser über ihre Krankheit informiert sind, als Patienten, die zu keiner SHO gehören [JKGM05]. Borgaonkar et al. auf der anderen Seite zeigt, dass das bloße zur Verfügung stellen von relevanten Informationen die gesundheitsspezifische Lebensqualität von Betroffenen (health-related quality of life – HRQOL) verschlechtert [BoTD02]. Dies deckt sich mit Resultaten aus Interviews mit Betreibern von SHO, die bestätigen, dass das reine zur Verfügung stellen von gesundheitsspezifischen Informationen und das kontinuierliche Erinnern an die Krankheit der Patienten (auf Basis von Mailings, Broschüren oder Newslettern) kontraproduktiv ist, da es zu einer Verschlechterung des HRQOL und zu nicht unerheblichen Beendigungen von Mitgliedschaften führt. In einer Langzeitstudie konnten Kennedy et al. zeigen, dass eine spezielle Form von Informationen, Informationen die von Patienten für Patienten erstellt wurden “(...) patients given a patient-developed guidebook of self-management skills experienced (...)”, HRQOL signifikant ansteigen lies [KRNR03]. Dies lässt den Schluss zu, dass elektronische Dienste, die nur Informationen anbieten, nicht hinreichend sind, um Patienten in ihrer Lebenssituation zu unterstützen.

Die Teilnehmer einer SHG treffen sich regelmäßig und werden hauptsächlich durch zwei Aspekte getrieben, die wechselseitige Unterstützung und der Austausch von Informationen [Borg04]. Hierbei können die Teilnehmer von den Erfahrungen der Anderen, gerade im Umgang mit der Krankheit im Alltag und in langfristigen Entwicklungen des Krankheitsbildes, profitieren. Teilnehmer empfinden es als positiv zu erfahren, dass sie nicht die einzigen Betroffenen sind. Themen, die besprochen werden, betreffen Ärzte, klinische Institutionen, alternative Behandlungsmethoden, Rehabilitationsinstitutionen, Medikamente und Medikamentierung, aktuelle Forschung und auch die Teilnahme an klinischen Studien.

## **2.2 VPG und Online Gemeinschaften**

Aktuell betreiben viele SHO eine Online Gemeinschaft oder wenigstens ein Forum innerhalb ihres Internetauftritts. Ein Interviewpartner (Betreiber einer VPG einer SHO) beschreibt Ende 2004 die typische Situation: In den letzten Jahren hat sich kaum etwas geändert. Das Forum hat kaum über 100 reguläre Besucher, die i.d.R. nur für eine kurze Zeit im Forum aktiv sind. Die gleiche “Newbie” Frage wird immer und immer wieder gestellt. Gängige, nicht notwendigerweise evidenzbasierte Theorien über die Ursache der Krankheit und mögliche, ebenfalls nicht evidenzbasierte häufig alternative Behandlungsformen werden diskutiert oder „Newbies“ auf ihre Fragen hin angeboten. Neu diagnostizierte Personen stellen i.d.R. im Forum ein oder zwei

dringliche Fragen und verschwinden dann wieder aus dem Forum. Nur wenige bleiben dem Forum für einen längeren Zeitraum als aktive Mitglieder treu. Fundierte Diskussionen finden zum Großteil außerhalb des Forums statt und so kann das typische Mitglied davon nicht profitieren. Dennoch ist diese SHO zufrieden mit der von ihr bereitgestellten Auswahl an medizinischen Informationen und der großen Anzahl von Mitgliedern, die sie über einen Newsletter erreicht. Werden VPG betrachtet, die nicht mit einer Selbsthilfe-Organisation assoziiert sind, bietet sich ein anderes Bild. Viele dieser VPG widmen sich einer bestimmten Krankheit in Verbindung mit eher weltanschaulich geprägten Theorien über Ursache und Behandlungsmöglichkeiten, wenigen Diskussionen und wenig Anzeichen anderer Aktivitäten [DaLe04; Yaho05].

Die Forschung im Bereich der Online Gemeinschaften fokussiert auf aktive Mitglieder von Online-Gruppen und die Beiträge, die diese Mitglieder leisten. Vergleichsweise wenige Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit passiven Mitgliedern, so genannten „Lurkern“, die sehr wenig bis gar nicht aktiv an den Online-Gruppen teilnehmen, sondern vielmehr die Inhalte „nur“ konsumieren. „Lurker“ stellen als solches in Online Gemeinschaften kein Problem dar, da sie sich als Teil der Gemeinschaft fühlen und auch als Teil der Gemeinschaft wahrgenommen werden. Ihr Vorhandensein motiviert andere Mitglieder, aktiv Online ihr Wissen bereitzustellen. [NoPr01; NoPA04; McFa05]. Virtuelle Gemeinschaften werden charakterisiert durch Regeln der Interaktion, Wertesystem, wechselseitige Unterstützung und gemeinsame Ziele und Interessen [WiOD97; Figa98; Pree00; Well01]. Leimeister et al. erfassen technologische, organisatorische und soziale Erfolgsfaktoren von Virtuellen Gemeinschaften im Allgemeinen [LeSK04]. Eine Besonderheit von VPG ist die Integration der Offline- (die Krankheit und welchen Einfluss diese auf das reale Leben hat) und Online-Welt (der Informationen und der wechselseitigen Unterstützung). Das „Integration Principle“ stellt sechs Beziehungen zwischen der „realen“ Welt und der „online“ Welt dar [Sule00]: *“translating troublesome issues from one realm to the other can be helpful, even therapeutic (...)”*.

### **3 Forschungsmethode**

Das Ziel der Forschungsarbeit ist es, Dienste für VPG zu entwickeln. Im ersten Teil werden die Erfolgsfaktoren von VPG ermittelt und ein Modell entwickelt. Unterschiedliche Gruppen innerhalb VPG haben unterschiedliche Bedürfnisse für Dienste [DaLe06a]. Im vorliegenden Papier werden die Bedürfnisse jüngerer und älterer Mitglieder von VPG analysiert.

Der Fragebogen basiert auf Resultaten einer Vorstudie über Interaktion und Dienste in VPG [DaLe04], offenen Interviews mit Betreibern von VPG und einer Studie von [LeSK04] zu Erfolgsfaktoren von virtuellen Gemeinschaften. Der Fragebogen von [LeSK04] wurde um für VPG spezifische Fragestellungen erweitert und die bereits von Leimeister et al. als niedrig in der Rangliste der Erfolgsfaktoren erkannten und die für die befragte Zielgruppe irrelevanten Fragen wurden eliminiert.

Der Fragebogen besteht aus vier Teilen. (1) Demographische Aspekte (Alter, Geschlecht, Internetnutzung etc.), (2) Krankheit betreffende Aspekten, (3) Aspekte der Verknüpfung der Offline- und Online-Welt und (4) Fragen zu elektronischen Diensten und dem sozialen Netzwerk. Dieser vierte Teil besteht aus 34 Fragen zu medizinischen Informationen und Online Inhalten, qualitätssichernden Maßnahmen basierend auf Beiträgen von Mitgliedern und den Betreibern, zur Rolle der Betreiber von Online Gemeinschaften, zu technischen Aspekten, Interaktionsmöglichkeiten und der emotionalen Bindung der Mitglieder an die VPG. In Interviews hat sich herausgestellt, dass Angehörige und Mediziner auf unterschiedliche Weise in die VGP integriert sind und dass es wichtig ist, dass der Großteil der Mitglieder selbst von der in der VPG behandelten Krankheit betroffen ist. Daher wurden Fragen zur Integration von Angehörigen und Mediziner aufgenommen.

Eine Studie zu VPG [DaLe04], der Interaktion und des Grades der Verwendung von Diensten zeigt, dass es Unterschiede in der Handhabung von medizinischen Inhalten in VGP, der Kultur und der Interaktion zwischen Mitgliedern gibt (z.B. sind Diskussionen über alternative Behandlungsmethoden oder klinische Institutionen erlaubt?). Fragen nach Diensten für das Management medizinischer Informationen in VPG wurden in den Fragebogen aufgenommen.

Ein wesentlicher Punkt in den Interviews mit Betreibern von VPG war das Zusammenspiel zwischen Selbsthilfegruppen (Treffen in der realen Welt) und der VPG. Mitglieder von VPG nehmen an Treffen von Selbsthilfegruppen teil und es besteht aber die Wahrnehmung, dass beide Interaktionsformen in Konkurrenz stehen und dass sich Themen und Kultur in den beiden Organisationsformen unterscheiden. Fragestellungen zu Selbsthilfegruppen und der Verknüpfung zwischen der realen Welt und der VPG wurden daher aufgenommen. In den Interviews wurde von den Betreibern der Standpunkt vertreten, dass Neutralität (z.B. nicht durch die Pharmaindustrie unterstützt zu sein) für die Mitglieder sehr wichtig ist und eine entsprechende Frage nach der Wichtigkeit der Neutralität wurde ebenfalls aufgenommen.

In Anlehnung an die Studie von Leimeister et al. [LeSK04] wurde eine bipolare verbal beschriebene Ordinalskala verwendet (beginnend mit “Wichtig ist...”) wobei Zustimmung oder Ablehnung erfragt werden konnte (siehe Tab. 1).

Starke Zustimmung	Zustimmung	Neutral	Ablehnung	Starke Ablehnung	Keine Angabe
=4	=3	=2	=1	=0	=9

Tab 1: Bipolare Ordinalskala und Reinterpretation in Zahlen.

Für Mitglieder und Betreiber von VPG wurden zwei verschiedene Fragenkataloge entwickelt. Unter Betreibern von VPG verstehen wir die Personen, die Plattform und Dienste bereitstellen und typischerweise auch Informationen bereitstellen und als Moderatoren tätig sind. Im Allgemeinen sind auch die Betreiber Betroffene.

Für die Auswahl von VPG im deutschsprachigen Raum wurde eine Internet-Recherche (Yahoo, Google) angewandt. Im Rahmen dieser Recherche wurden ca. 250 VPG im deutschsprachigen Raum identifiziert. VPG mit weniger als 50 Mitgliedern sowie VPG, deren aktuellste Beiträge älter als ein Jahr waren, wurden verworfen. Übrig blieben 117 VPG, von denen 73 (63%) zufällig ausgewählt wurden. Zehn weiteren VPG, mit denen bereits eine Zusammenarbeit bestand, wurde eine erste Version der Fragebögen mit der Bitte um Verbesserungsvorschläge zugesandt und diese 10 VPG wurden ebenfalls befragt.

Zusammen mit einer Ankündigung der Studie wurden die überarbeiteten Fragebögen den Betreibern dieser 83 VPG, mit der Bitte diese Studie zu unterstützen, zugesandt. Die Online Fragebögen wurden 3 Wochen im Mai/Juni 2005 im Internet zur Verfügung gestellt. Nach Elimination von leeren Antworten oder Duplikaten wurden 295 Antworten von Mitgliedern von VPG und 21 Antworten von Betreibern von VPG hinterlegt. Im Folgenden werden vor allem die Antworten der Mitglieder von VPG betrachtet.

## 4 Resultate

Die Teilnehmer der Studie sind in insgesamt 145 unterschiedlichen VPG aktiv. Bei dieser Frage waren Mehrfachantworten möglich. Die „Top Ten“ der meist genannten VPG wurden hierbei von 50% der Teilnehmer genannt. Die zehn am häufigsten genannten VPG (inkl. Anzahl der Antworten und prozentualer Anteil) sind:

	VPG	Anzahl der Teilnehmer	Verteilung
1	rheuma-online.de (Rheumatismus)	50	11,74%

2	fibromyalgie-aktuell.de (Schmerzpatienten)	35	8,22%
3	dccv.de (Morbus Crohn / Colitis Ulcerosa)	31	7,28%
4	croehnchen-klub.de (Morbus Crohn / Colitis Ulcerosa)	24	5,59%
5	sylvia.at (Morbus Crohn / Colitis Ulcerosa)	15	3,50%
6	diabetes-world.net (Diabetes)	14	3,26%
7	prostatakrebse.de (Prostatakrebs)	14	3,26%
8	sd-krebs.de (Schilddrüsenkrebs)	10	2,33%
9	leukaemie-betroffene.de (Leukämie)	9	2,10%
10	kisp.de (Prostatakrebs)	9	2,10%

Tab. 2: Top.Ten Liste der meist genannten VPG

16 der VPG wurden zwei Mal und 100 VPG nur ein Mal genannt. Bei den Krankheiten werden Rheuma (inkl. Fibromyalgie) (20%), gefolgt von Morbus Crohn (17%), Krebs (11%), Diabetes (6%) und Tinnitus (5%) am häufigsten genannt. Es sind mehr als 95% der Befragten von einer chronischen Krankheit betroffen.

#### 4.1 Demographische Informationen

	Mitglieder		
	m	w	Gesamt
Teilnehmer-Anzahl	87	208	295
Durchschnittsalter	47,78	39,13	41,68
Online Zeit (h pro Tag)	3,18	3,30	3,26
Zeit in VPG (h pro Tag)	0,80	0,89	0,87
Anzahl der Mitgliedschaften in VPG	1,21	1,62	1,50
Zeit der Mitgliedschaft oder des Betriebs der VPG (Jahre)	3,67	4,35	4,15
Selbst betroffen von der Krankheit?	ja: 83 nein: 4	ja: 198 nein: 10	
Zeitraum der Erkrankung (Jahre)	8,74	10,37	9,89
Haben Sie schon einmal einen Dienst wie „Ask the expert“ benutzt?	ja: 13 nein: 74	ja: 67 nein: 141	
Nehmen Sie an Selbsthilfegruppen (SHG)-Treffen teil (j / n)? (Sehr oft 4 – Ab und zu 2 – Niemals 0)	44 / 43 1,06	110 / 98 0,96	
Wo fühlen Sie sich besser aufgehoben? VPG / gleich / SHG	28 / 50 / 9	87 / 109 / 12	
Wie oft schreiben Sie Beiträge? (mehrmals tgl. 4 - wöchentl. 2 - nie 0)	1,61	2,00	1,88
Kennen Sie Mitglieder im realen Leben?	ja: 32 nein: 55	ja: 104 nein: 104	
Spielt die VPG eine zentrale Rolle in Ihrem Leben (Stimme stark zu 4 – Unentschieden 2 – Lehne stark ab 0)	2,27	2,76	2,62
Entwicklungszufriedenheit mit der VPG (Sehr zufrieden 4 - Unentschieden 2 – Vollkommen enttäuscht 0)	2,76	3,16	3,04
Stellen Sie Fragen in der VPG, die Sie einem Arzt nicht stellen (Sehr oft 4 – Ab und zu 2 – Niemals 0)	1,75	2,02	1,94

Tab. 3: Demographische Daten (nur Mitglieder)

Auffällig ist, dass 208 Frauen und 87 Männer geantwortet haben. Das Durchschnittsalter ist mit über 40 Jahren für eine Umfrage am Internet hoch (vgl. Abb. 1). Die Mitglieder verbringen ca. 45 Minuten pro Tag in ihren VPG, sind ihrer VPG über Jahre hinweg treu und nur in durch-

schnittlich 1,5 VPG engagiert. 50% der Frauen, aber nur 30% der Männer kennen andere Mitglieder persönlich (aus dem realen Leben). Die Zufriedenheit mit der Entwicklung der VPG liegt mit einem Wert von 1,96 (2,0 entspricht zufrieden; 1.0 sehr zufrieden) hoch. Die am häufigsten genannten Krankheiten passen zu der Alterstruktur der Teilnehmer.

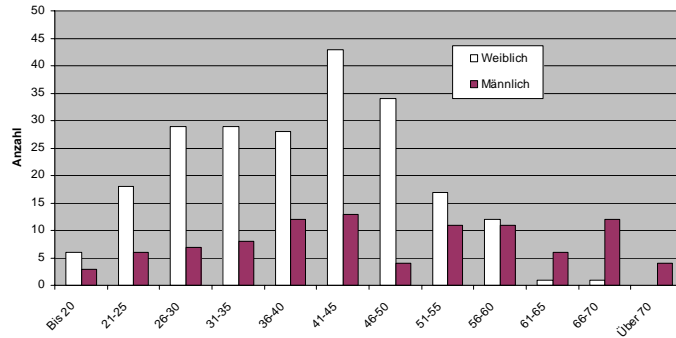


Abb. 1: Alterstruktur und Geschlecht der Teilnehmer

## 4.2 Wichtige Faktoren

In Abb. 2 sind die 10 Fragen, die von den Mitgliedern der VPG als am Wichtigsten bewertet wurden und die Auswirkungen auf E-Service Komponenten haben, nach der Reihenfolge der Wichtigkeit sortiert dargestellt und den Werten der Betreiber gegenübergestellt. Der sensible Umgang mit den Daten der Mitglieder wird von den Mitgliedern am wichtigsten erachtet. Auch die Betreiber erachten diesen Punkt als sehr wichtig.

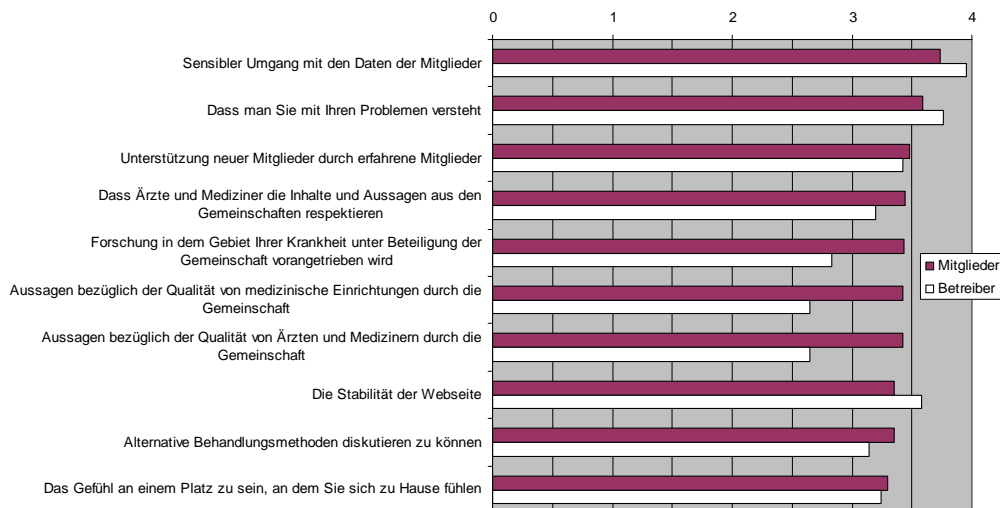


Abb. 2: Vergleich der Werte geordnet nach der Wichtigkeit aus Sicht der Mitglieder (4,0 – sehr wichtig, 0,0 – lehne stark ab)

Die nächsten Punkte behandeln Dienste, die es der VPG erlauben, Informationen über medizinische Einrichtungen, von Ärzten und Mediziner wie auch alternative Behandlungsmethoden be-

reitstellen zu können. Es ist für die Mitglieder wichtig, dass sie auf Aussagen hinsichtlich der Qualität von medizinischen Einrichtungen, Ärzten und Mediziner wie auch auf alternative Behandlungsmethoden zugreifen können, die von Mitgliedern für andere Mitglieder sind. Diese Aussagen werden im Folgenden als Qualitätssichernde Maßnahmen bezeichnet.

Es fällt auf, dass bei diesen Aspekten Mitglieder und Betreiber unterschiedliche Sichtweisen haben. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Etablierung von Verhaltensregeln. Ebenso wie die vorangegangenen Punkte der Qualitätssichernden Maßnahmen differiert die Ansicht über das Angebot von aktuellen relevanten medizinischen Studien zwischen den Betreiber und den Mitgliedern. Noch anzumerken ist, dass die Beteiligung von Medizinern innerhalb der VPG für die Mitglieder, nicht aber für die Betreiber wichtig ist. Zusammenfassend bestehen Unterschiede in dem, was die Betreiber und in dem was die Mitglieder in Bezug auf elektronische Dienste als wichtig in der VPG ansehen.

### 4.3 Modell

Für die weitere Analyse hinsichtlich der Analyse für Dienste, die für die betrachteten Zielgruppen von Bedeutung sind, wird auf das Modell (vgl. Abb. 3) der Einflussfaktoren von Komponenten VPG verwiesen, das von Dannecker und Lechner [DaLe06c] entwickelt wurde. Auf Basis des Modells wird erarbeitet, welche Komponenten für die einzelnen Zielgruppen von Bedeutung sind.

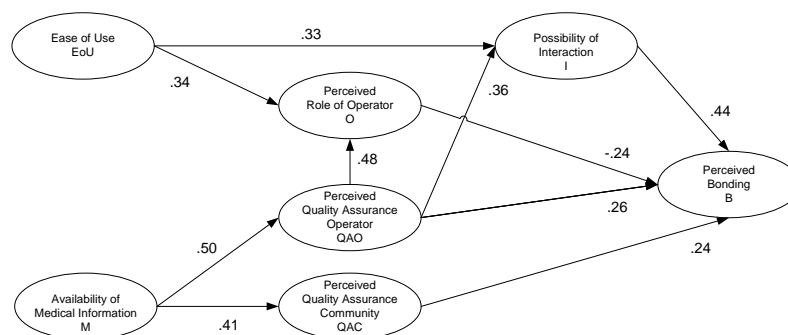


Abb. 3: Einflussfaktoren von Komponenten VPG

Alle latenten Variablen wirken auf die latente endogene Variable „Wahrgenommene emotionale Bindung“ (Perceived Bonding, B). Bemerkenswert ist, dass „Möglichkeit der Interaktion“ (Possibility of Interaction, I) hierbei den höchsten Einfluss hat. „Verfügbarkeit von medizinischen Informationen“ (Availability of Medical Information, M) hat keine direkte kausale Beziehung zu B, dennoch wirkt M nahezu gleich stark (.213) wie die „Wahrgenommene Qualitätssicherung durch die Gemeinschaft“ (Perceived Quality Assurance Community, QAC), „Wahrge-

nommene Qualitätssicherung durch den Betreiber“ (Perceived Quality Assurance Operator, QAO) oder „Wahrgenommene Rolle des Betreibers“ (Perceived Role of Operator, O).

Dies lässt die Interpretation zu, dass eine Verbesserung eines Dienstes hinsichtlich „der Verfügbarkeit medizinischer Inhalte“ (M) auch eine wahrgenommene Verbesserung bei emotionaler Bindung (B) zur Folge hat. Dies spiegelt sich auch in der Bewertung der individuellen Erfolgsfaktoren, die in M eingehen, wider. Der negative Einfluss von O auf B liegt vor allem darin begründet, dass die „Kontinuierliche Überprüfung“ in VPG keine Zustimmung findet. Die „Einfache Nutzung“ (Ease of Use, EoU) der VPG hat - wie M - nur eine indirekte kausale Beziehung zu B. Auswirkungen auf die Entwicklung von elektronischen Diensten in VPG, können auf der Basis des Modells besser abgeschätzt werden. Ein Dienst, der nur medizinisch relevante Informationen zur Verfügung stellt, ist aus der Sicht der Mitglieder nicht hinreichend, sondern viel mehr in einem Kontext qualitätssichernder Maßnahmen durch Betreiber und Mitglieder, zu sehen. Dies ist auch in Übereinstimmung mit der Forschung zu HRQOL (vgl. Kap. 2.1).

#### **4.4 Dienste für jüngere und ältere Mitglieder einer VPG**

Da chronische Krankheiten alle Altersschichten betreffen, ist es notwendig, VPG attraktiv für jüngere wie auch ältere Zielgruppen zu gestalten. Im Folgenden werden „Jüngere“ (bis 25 Jahre) und „Ältere“ (über 55 Jahre) Mitglieder betrachtet. Um zu bestimmen, ob eine paarweise Assoziation der einzelnen normal verteilten Variablen besteht, wurden die Variablen auf eine „Bivariate Correlation“ basierend auf „Pearson“ untersucht. Alle Korrelationen zwischen dem Alter der Mitglieder und den untersuchten Faktoren waren signifikant mit  $p < .001$ . In Abb. 4 sind die Faktoren abgebildet, die in der Sichtweise jüngerer (bis 25 Jahre) und älterer (über 55 Jahre) Mitglieder einen Unterschied in der Wichtigkeit aufweisen, der größer als 0,3 ist.

Bei den Erfolgsfaktoren, die für jüngere Mitglieder wichtiger sind, fallen zwei Punkte auf: Zwei Konstrukte von B, nämlich „Das Gefühl an einem Platz zu sein, an dem Sie sich zu Hause fühlen“ und „Dass man Sie mit Ihren Problemen versteht“ sind für jüngere Mitglieder wichtig, wie auch drei Konstrukte von QAC. Dies sind „Aussagen bezüglich der Qualität von Ärzten und Medizinern durch die Gemeinschaft“, „Alternative Behandlungsmethoden diskutieren zu können“ und „Aussagen bezüglich der Qualität von medizinischen Einrichtungen (z.B. Krankenhäuser) durch die Gemeinschaft“.

Für ältere Mitglieder sind Aspekte wichtiger, wie „Erreichen einer hinreichend großen Mitgliederzahl in kurzer Zeit“, „Die Einbindung von Angehörigen in die Gemeinschaft“ und „Aufrechterhaltung der eigenen Neutralität bei der Präsentation und Auswahl der Angebote“, welche



Teile der Komponente B des Modells sind. Weiter sind wichtig „Individueller Seitenaufbau der Gemeinschaft nach Präferenzen des Mitgliedes“ und „Förderung einer intuitiven Benutzerführung“. Beide sind Teile der Komponente EoU des Modells.

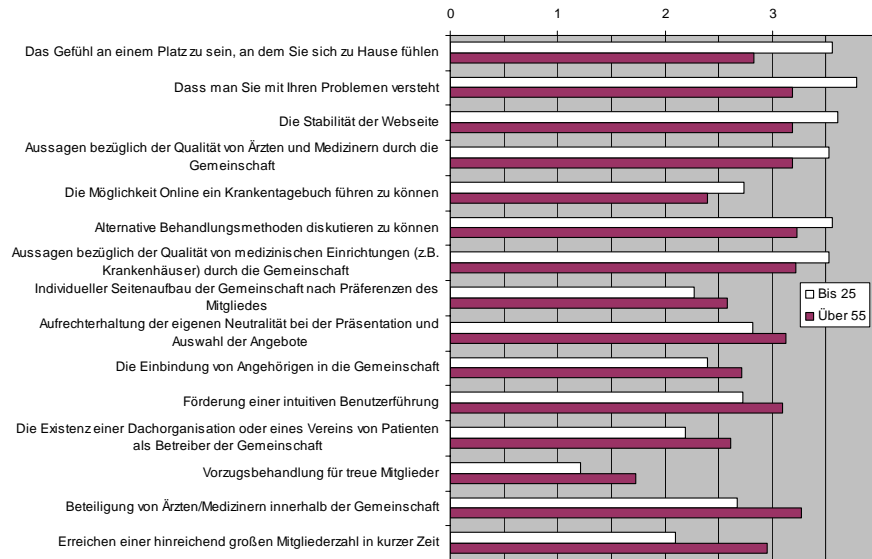


Abb. 4: Hauptunterschiede der Sichtweise jüngerer und älterer Mitglieder VPG (sortiert nach Unterschieden  $\geq 0,3$ ; mit starke Zustimmung 4 – starke Ablehnung 0)

Auch die 10 wichtigsten Faktoren von jüngeren und älteren Mitgliedern unterscheiden sich.

Wichtiger Faktor			
Jüngere Mitglieder (bis 25 Jahre)		Ältere Mitglieder (über 55 Jahre)	
Faktor	Ø	Faktor	Ø
Das Gefühl an einem Platz zu sein, an dem Sie sich zu Hause fühlen	3,79	Dass die Forschung in dem Gebiet Ihrer Krankheit unter Beteiligung der Gemeinschaft vorangetrieben wird	3,56
Die Stabilität der Webseite	3,61	Dass die Mitglieder der Gemeinschaft aktiv an der Qualitätssicherung der Inhalte mitarbeiten	3,30
Alternative Behandlungsmethoden diskutieren zu können	3,56	Alternative Behandlungsmethoden diskutieren zu können	3,23
Aussagen bezüglich der Qualität von medizinische Einrichtungen (z.B. Krankenhäuser) durch die Gemeinschaft	3,53	Aussagen bezüglich der Qualität von medizinische Einrichtungen (z.B. Krankenhäuser) durch die Gemeinschaft	3,21
Aussagen bezüglich der Qualität von Ärzten und Medizinern durch die Gemeinschaft	3,53	Angebot von aktuellen relevanten medizinischen Studien	3,21
Dass die Forschung in dem Gebiet Ihrer Krankheit unter Beteiligung der Gemeinschaft vorangetrieben wird	3,47	Dass man Sie mit Ihren Problemen versteht	3,19
Dass die Mitglieder der Gemeinschaft aktiv an der Qualitätssicherung der Inhalte mitarbeiten	3,35	Aussagen bezüglich der Qualität von Ärzten und Medizinern durch die Gemeinschaft	3,19
Förderung der Interaktion zwischen Mitgliedern	3,22	Die Stabilität der Webseite	3,18
Eine schnelle Reaktionszeit der Webseite	3,21	Eine schnelle Reaktionszeit der Webseite	3,16
		Förderung einer intuitiven Benutzerführung	3,09

Tab 4: Auflistung der 10 wichtigsten Faktoren

Für jüngere Mitglieder sind „Dass man Sie mit Ihren Problemen versteht“ und „Die Stabilität der Webseite“ die wichtigsten zwei Faktoren. Für ältere Mitglieder „Dass die Forschung in dem Gebiet Ihrer Krankheit unter Beteiligung der Gemeinschaft vorangetrieben wird“ und „Dass die Mitglieder der Gemeinschaft aktiv an der Qualitätssicherung der Inhalte mitarbeiten“.

Damit ergeben sich für die unterschiedlichen Komponenten unterschiedliche Wichtigkeiten: Die Komponenten B und QAC sind deutlich wichtiger für die jüngeren Mitglieder als dies der Fall für ältere Mitglieder ist (vgl. Abb. 5). Medizinisch relevante Informationen hingegen sind für ältere Mitglieder wichtiger.

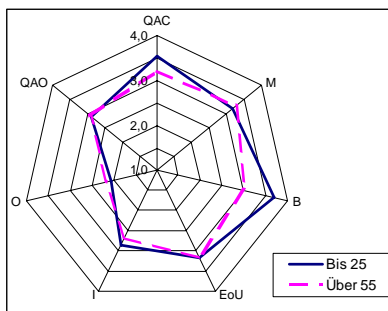


Abb. 5: Durchschnittswerte der Variablen der Komponenten (zur besseren Darstellung beginnt die Abbildung bei 1.0; starke Zustimmung 4 – starke Ablehnung 0)

Zielgruppe	Komponente						
	O	B	EoU	M	QAO	I	QAC
Jüngere Mitglieder	0	2	2	1	1	1	<b>3</b>
Ältere Mitglieder	0	1	<b>3</b>	2	1	0	<b>3</b>

Tab. 5: Anzahl der Faktoren aus den 10 wichtigsten Faktoren abgebildet auf das Modell

In Tab. 5 aufgelistet sind die Komponenten des Modells, mit der Anzahl der Faktoren, die unter den zehn wichtigsten Faktoren der betrachteten Zielgruppen sind (vgl. Tab. 4).

Einträge, die in Tab. 5 grau hinterlegt und fettgedruckt sind, geben an, dass alle Variablen, die Teil der Komponente sind, unter den zehn wichtigsten Faktoren aus Sicht der jeweiligen Zielgruppe sind. Für beide Gruppen von Mitgliedern ist Qualitätssicherung, die durch Mitglieder der VPG durchgeführt wird, von besonderer Bedeutung (vgl. Abb. 5 und Tab. 5). Für jüngere Mitglieder ist die Bindung an eine VPG ein wesentlich wichtiger. Für ältere Mitglieder hingegen ist eine stabile und einfach zu bedienende VPG im Vordergrund.

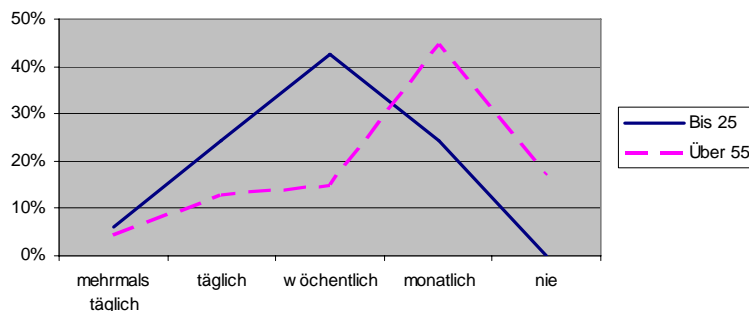


Abb. 6: Verteilung der Aktivität (Beiträge in der VPG)

Abb. 6 zeigt die Aktivität der jüngeren und älteren Mitglieder in Bezug auf die Anzahl der Beiträge, die diese in der VPG tätigen. Mit durchschnittlich einem Beitrag pro Woche, sind die jüngeren Mitglieder aktiver als die älteren Mitglieder, die durchschnittlich nur einmal im Monat einen Beitrag in der VPG leisten. Daraus lässt sich schließen, dass gerade für ältere Mitglieder andere Dienste notwendig sind, um ihnen Beiträge zu VPG zu ermöglichen und ihre Erfahrungen zur Verfügung zu stellen.

	Bis 25	Über 55
Zeit in VPG (h pro Woche)	3	2
Nehmen Sie an Selbsthilfegruppen (SHG) (Sehr oft 1 – Ab und zu 3 – Niemals 5)	4,3939	3,5745
Kennen sie Mitglieder im realen Leben? Ja / Nein	40% / 60%	25% / 75%
Stellen Sie Fragen in der VPG, die Sie einem Arzt nicht stellen (Sehr oft 1 – Ab und zu 3 – Niemals 5)	2,64	4,0
Spielt die VPG eine zentrale Rolle in Ihrem Leben (Stimme stark zu 1 – Unentschieden 3 – Lehne stark ab 5)	2,46	3,0

Tab. 6: Unterschiede in Demographischen Daten zwischen jüngeren und älteren Mitgliedern

Jüngere Mitglieder verbringen 50% mehr Zeit in den VPG als ältere Mitglieder, was sich implizit auch in der höheren Aktivität widerspiegelt und dem Umstand, dass die VPG eine zentralere Rolle im Leben der jüngeren Mitglieder spielt. Ältere Mitglieder nehmen wesentlich öfter an Selbsthilfegruppen teil als jüngere Mitglieder. Interessanterweise kennen anteilig mehr jüngere Mitglieder andere Mitglieder im realen Leben als dies bei älteren Mitgliedern der Fall ist. Der größte Unterschied allerdings findet sich in der Quote, wie oft sie Fragen in ihrer VPG stellen, die sie einem Arzt nicht stellen würde. Diese Art der Fragen wird wesentlich häufiger von jüngeren Mitgliedern gestellt. Für jüngere Mitglieder sind daher Möglichkeiten der Interaktion zentral. Beiden Zielgruppen sind gemeinsam, dass Qualitätssicherung, die durch Mitglieder durchgeführt wird, sehr wichtig ist. Aus diesem Grund wurde gemeinsam mit einem Partner ein Bewertungsmechanismus gestaltet und implementiert, der Mitglieder einer VPG in die Lage versetzt, Qualitätsaussagen auf Basis von Bewertungen durchzuführen.

## 5 Konzeption eines Dienstes: Ein generisches Bewertungssystem

Da Qualitätssicherung durch die Mitglieder ein wesentlicher Punkt für VPG ist (vgl. Abb. 2), wurde ein elektronischer Dienst entwickelt und in einem studentischen Projekt auch implementiert. Dieser Dienst wurde gemeinsam mit der Deutsche Morbus Crohn / Colitis ulcerosa Vereinigung DCCV e.V. ([www.dccv.de](http://www.dccv.de), DCCV) konzipiert und ist seit Sommer 2006 in der Online Gemeinschaft der DCCV verfügbar. Mit diesem Dienst kann die DCCV einfach Online Bewer-

tungen entwickeln, realisieren und die Ergebnisse auswerten. Die Mitglieder erhalten die Möglichkeit, ihre Erfahrungen strukturiert beizutragen. Im Folgenden sollen kurz wesentliche Punkte aus der Gestaltung des Dienstes dargestellt werden.

Die Ziele, die mit diesem Dienst erreicht werden sollen, sind: Mit Online Bewertungen von medizinischen Institutionen oder Informationen soll das Informationsangebot des DCCV verbreitert werden und eine Interaktionsmöglichkeit geschaffen werden, die auch Mitgliedern, die nicht im Forum aktiv sind und sein wollen (v.a. auch älteren Mitgliedern, vgl. Kap. 4.4), eine strukturierte Möglichkeit gibt, zur VPG beizutragen. Die Entwicklung der Bewertungskriterien und die Auswahl, welche Informationen durch die VPG bewertet werden, kann Thema eines gemeinschaftsinternen Prozesses sein. Man erhofft sich, dass durch strukturierte Bewertungen die Diskussion von medizinisch relevanten Themen in einer Gemeinschaft ein Stück weit objektiver und qualitativ hochwertiger wird und damit die Gemeinschaften auch mehr Informationen im medizinischen Bereich anbieten können.

Entwickelt wurde ein generischer Dienst für die Gestaltung, die Durchführung und Evaluation von Online Bewertungen durch eine VPG. Nachdem die Dienstnutzung spezifisch für unterschiedliche Arten von Gemeinschaften ist [DaLe06c; DaLe06a] und sich in einer Vorstudie herausgestellt hat, dass sich auch VPG untereinander unterscheiden, musste ein generischer Dienst, der durch die VPG selbst anpassbar ist, entwickelt werden.

Der hierbei entwickelte Dienst wurde als eine Erweiterung zu Typo3 implementiert [AlFH06]. Die Erweiterung besteht aus einem Modul, das die generische Erstellung des Fragenkatalogs auf Administrator-Seite ermöglicht und einem Plugin, das die generische Darstellung des Fragenkatalogs und der Resultate auf den Typo3-Seiten realisiert.

Der Dienst bietet für eine Bewertung (eine Bewertung errechnet sich aus einer Menge an Einzelbewertungen) folgende Gestaltungsmöglichkeiten:

- Eine Einzelbewertung kann durch andere Mitglieder bewertet werden, ob die Einzelbewertung als hilfreich angesehen wird oder nicht.
- Eine Bewertung wird erst nach einer Mindestanzahl an Einzelbewertungen angezeigt. Damit soll die Aussagekraft der Bewertungen erhöht werden – einzelne, möglicherweise tendenzielle Aussagen erscheinen nicht und werden gegebenenfalls durch mehrere unabhängig abgegebene Bewertungen relativiert.

- Eine Bewertung wird erst angezeigt, wenn sie besser als ein individuell einstellbarer Schwellwert ist. So können schlechte, möglicherweise ungerechtfertigte Bewertungen ausgefiltert werden. Nur positive Bewertungen werden somit angezeigt.
- Es können nur registrierte Benutzer Bewertungen abgeben. Benutzernamen können bei der Darstellung der Bewertung und Einzelbewertungen ausgeblendet werden. Damit kann den Bewertenden Anonymität zugesichert werden und – wenn nötig – ist sichergestellt, dass die Personen hinter den Bewertungen in der Gemeinschaft bekannt sind. Dies soll die Seriosität der Bewertungen erhöhen.
- Bewertungen können auf Basis des Alters gefiltert werden. Damit wird die Tendenz der Entwicklung einer Bewertung sichtbar.

Für die Ausgestaltung der Fragen existieren drei Ausprägungen: Text-Frage, deren Antwort nicht in die Bewertung eingeht, Ja/Nein Fragen und Skalen Fragen. Bei Skalen Fragen wird eine Likert-Skala zu Grunde gelegt und die verbale Repräsentation der Zahlenwerte wird individuell für jede Frage definiert. Für die Fragen können eine Reihe von Parametern angegeben werden:

- Optionale Frage: Muss eine Frage beantwortet werden?
- Gewichtung: Bei der Erstellung des Fragebogens kann eine Gewichtung für jede Frage angegeben werden. Es kann auch festgelegt werden, ob bei der Antwort eine Gewichtung der Frage durch den Bewertenden festgelegt werden kann. Ferner kann die Art der Gewichtung der Frage durch den Bewertenden festgelegt werden. Somit können verschiedene Gewichtungen unterschiedlicher Aspekte in einem Fragebogen erfasst werden. Ein Beispiel: Bei der Bewertung von Reha-Kliniken sind Gesprächsrunden für Patienten ein Kriterium – dies wird bei der Erstellung des Fragebogens festgelegt. Es gibt Mitglieder in der Gemeinschaft, für die Gesprächsrunden eher unwichtig sind. Sie können ihre Antwort entsprechend für ihre Einzelbewertung gewichten. Mitglieder, für die Gesprächsrunden wichtig sind, bewerten die Qualität der Runden und geben eine entsprechend hohe persönliche Gewichtung an.

Der mit der DCCV gemeinsam entwickelte Dienst versetzt Betreiber von VPG in die Lage, elektronische Dienste zur Qualitätssicherung den Mitgliedern zur Verfügung zu stellen. Diese elektronischen Dienste können an beliebige medizinische Inhalte angepasst werden.

## 6 Zusammenfassung

VPG benötigen neue Dienste, um mehr und zielgerichtete Informationen für die Mitglieder und die Betroffenen anbieten zu können, um den Zusammenhalt der VPG besser zu stärken und mehr für die Mitglieder und die Betroffenen im Gesundheitswesen erreichen zu können. Die Studie gibt Aussagen darüber, was Mitglieder und Betreibern dieser Gemeinschaften wichtig ist. Das Modell zeigt auf, wie sich die emotionale Bindung, das zentrale Charakteristikum virtueller Gemeinschaften verstärken lässt. Bemerkenswert ist, dass das Anbieten medizinischer Informationen und die Qualitätssicherung durch Mitglieder als wichtig angesehen wird, es aber kaum Beispiele dafür in existierenden VPG gibt. Im vorliegenden Papier wurden außerdem die Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Mitgliedern von VPG analysiert und aufgezeigt, welche elektronischen Dienste für diese speziellen Zielgruppen von Interesse sind, die die Akzeptanz und Nutzung von VPG fördern. Medizinische Informationen, eine gute, einfach zu nutzende Infrastruktur und ein personalisierter Zugang zur VPG ist für ältere Mitglieder wichtig. Für jüngere Mitglieder ist die Interaktion in der Gemeinschaft wichtig. Dies zeigt sich darin, dass jüngere Mitglieder im Verhältnis mehr Bekanntschaften im realen Leben pflegen. Ein Event-Management, das Treffen in der realen Welt unterstützt, ist für jüngere Mitglieder positiv. Außerdem hat die Interaktion auch einen positiven Einfluss auf die Bindung zu einer VPG.

Im Papier wurden wesentliche Gestaltungsmerkmale eines Dienstes kurz dargestellt. Dieser Dienst ist ein generischer Bewertungsmechanismus, der im Rahmen von VPG für beliebige Inhalte Einsatz finden kann. Qualitätssicherung im medizinischen Bereich durch die Mitglieder von VGP ist ein wichtiger Erfolgsfaktor. Dieser Dienst ermöglicht einer VPG, eigene Bewertungsdienste für medizinische Inhalte zu entwickeln und damit qualitätssichernde Maßnahmen eigenständig durchzuführen. Vier Aspekte sind in unserem Konzept wesentlich: (1) Die VPG kann den Inhalt bestimmen, der durch eine VPG, respektive der Mitglieder, auf Qualität (in Form einer Bewertung) überprüft wird. (2) Die VPG kann die Mitglieder aktiv in die Entwicklung eines Fragenkatalogs einbinden. Dies kann sich positiv auf eine Gemeinschaft und ihr Zusammengehörigkeitsgefühl, auswirken. (3) Die Mitglieder werden - wenn dies im Fragebogen festgelegt wird - auch in die Lage versetzt, Bewertungen auf ihre Qualität hin zu bewerten, indem sie eine Bewertung als hilfreich oder nicht hilfreich kennzeichnen. Damit wird die Aussagekraft eines Bewertungssystems erhöht. (4) Durch vordefinierte Strukturen wird es insbesondere älteren Mitgliedern, die nicht an den offenen Diskussionen im Forum teilnehmen wollen, einfach gemacht, beizutragen. Betreibern einer VPG wird durch diesen Dienst ein Baustein ge-

liefert, die Mitglieder zu aktivieren und mehr Beiträge von Mitgliedern zu erhalten und die Mitglieder auch damit stärker an die VPG zu binden. Ebenso wird das Vertrauen in die durch eine VPG bereitgestellten Inhalte gestärkt und die, von den Mitgliedern geforderte Unabhängigkeit der VPG untermauert. Geplant ist sowohl diesen Dienst weiterzuentwickeln als auch weitere Dienste auf Basis der Ergebnisse der Umfrage zu entwickeln und implementieren.

**Danksagung:** Wir bedanken uns bei allen Teilnehmern der Studie, bei H. Krcmar, J.M. Leimeister und P. Sidiras für die Bereitstellung ihres Fragebogens und bei unserem Kooperationspartner Deutsche Morbus Crohn / Colitis ulcerosa Vereinigung DCCV e.V.

## Literaturverzeichnis

- [AlFH06] *Altmann, Werner; Fritz, Rene; Hinderink, Daniel*: Typo3: Enterprise Content Management. Open Source Press 2006.
- [BoTD02] *Borgaonkar, M.R.; Townson, G.; Donnelly, M.*: Providing Disease-Related information worsens Health-Related Quality of Life in Inflammatory Bowel Disease. In: *Inflamm Bowel Disease* 8 (2002), S. 264-269.
- [Borg04] *Borgetto, Bernhard*: Selbsthilfe und Gesundheit - Analysen, Forschungsergebnisse und Perspektiven. Verlag Hans Huber, Bern 2004.
- [DaLe04] *Dannecker, Achim; Lechner, Ulrike*: "Virtual Communities with a Mission" in the Health Care Sector. In: *Klein, Stefan* (Hrsg.): 11th Research Symposium on Emerging Electronic Markets (RSEEM 2004) (2004), S. 115-128.
- [DaLe06a] *Dannecker, Achim; Lechner, Ulrike*: An empirical analysis of the demand for e-services for virtual communities of patients. In: *Walden, Pirkko; Markus, M. Lynne; Gricar, Joze; Pucihar, Andreja; Lenart, Gregor* (Hrsg.): 19th Bled eConference (2006), S. 18.
- [DaLe06c] *Dannecker, Achim; Lechner, Ulrike*: Success Factors of Communities of Patients. In: *Ljungberg, Jan; Andersson, Magnus* (Hrsg.): 14th European Conference on Information Systems (2006), S. 12.
- [Figa98] *Figallo, Cliff*: Hosting Web Communities: Building Relationships, Increasing Customer Loyalty, and Maintaining a Competitive Edge. John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- [Gold05] *Goldschmidt, Peter C.*: HIT and MIS: Implications of Health Information Technology and Medical Information Systems. In: *Communications of the ACM* 48 (2005) 10, S. 69-74.
- [HaAr97] *Hagel III, John; Armstrong, Arthur G.*: Net gain: expanding markets through virtual communities. Harvard Business School Press 1997.
- [HuTa05] *Hulstijn, Joris; Tan, Yao-Hua*: Design Aspects of a Personalized Information System about Healthcare Regulations. In: *Tan, Yao-Hua* (Hrsg.): 12th Research Symposium on Emerging Electronic Markets (RSEEM 2005) (2005), S. 135-149.
- [JKGM05] *Janke, K.H.; Klump, B.; Gregor, M.; Meisner, C.; Haeuser, W.*: Determinants of life satisfaction in inflammatory bowel disease. In: *Inflamm Bowel Disease* 11 (2005) 3, S. 272-286.

- [Jose04] *Josefsson, Ulrika*: Patients Creating Self-Help on the Internet - Lessons for Future Design of Internet Based Healthcare Resources. In: *Sprague, Ralph H.* (Hrsg.): 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) (2004), S. 9.
- [KaTa05] *Kartseva, Vera; Tan, Yao-Hua*: Designing Controls for a Marketplace of Health Care services: a Case Study. In: *Tan, Yao-Hua* (Hrsg.): 12th Research Symposium on Emerging Electronic Markets (RSEEM 2005) (2005), S. 116-134.
- [KRNR03] *Kennedy, Anne; Robinson, Andrew; Nelson, E; Rogers, A; Reeves, D; Sculpoher, M; Richardson, G; Thompson, David; Roberts, C*: A randomised controlled trial to assess the impact of a package comprising a patient-orientated, evidence-based self-help guidebook and patient-centred consultations on disease management and satisfaction in inflammatory bowel disease. In: *Health Technology Assessment* 7 (2003) 28, S. 140.
- [KADL02] *Krcmar, Helmut; Arnold, Y.; Daum, Miriam; Leimeister, Jan Marco*: Virtual communities in health care: the case of "krebsgemeinschaft.de". In: *SIGGROUP Bull.* 23 (2002) 3, S. 18-23.
- [LeDK04] *Leimeister, Jan Marco; Daum, Miriam; Krcmar, Helmut*: Towards mobile communities for cancer patients: the case of krebsgemeinschaft.de. In: *International Journal of Web Based Communities* 2004 1 (2004) 1, S. 58-70.
- [LeSK04] *Leimeister, Jan Marco; Sidiras, Pascal; Krcmar, Helmut*: Success Factors of Virtual Communities from the Perspective of Members and Operators: An Empirical Study. In: *Sprague, Ralph H.* (Hrsg.): 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) (2004), S. 10.
- [McFa05] *McLure Wasko, Molly; Faraj, Samer*: Why Should I Share? Examining Social Capital and Knowledge Contribution in Electronic Networks of Practice. In: *MIS Quarterly* 29 (2005) 1, S. 35-57.
- [NoPA04] *Nonnecke, Blair; Preece, Jenny; Andrews, Dorine*: What Lurkers and Posters Think of Each Other. In: *Sprague, Ralph H.* (Hrsg.): 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) (2004), S. 9.
- [NoPr01] *Nonnecke, Blair; Preece, Jennifer*: Why Lurkers Lurk. In: *Strong, D.; Straub, D.* (Hrsg.): *Americas Conference on Information Systems* (2001), S. 1521-1531.
- [PUCS06] *Pratt, Wanda; Unruh, Kenton; Civan, Andrea; Skeels, Meredith*: Personal Health Information Management. In: *Communications of the ACM* 49 (2006) 1, S. 51-55.
- [Pree00] *Preece, Jennifer*: *Online Communities: Designing Usability and Supporting Socialbilty*. John Wiley & Sons, Inc. 2000.
- [Rhei94] *Rheingold, Howard*: *Virtual Community: Homesteading on the Electronic Frontier*. HarperTrade 1994.
- [Sule00] *Suler, John*: Bringing Online and Offline Living Together: The Integration Principle. In: *The Psychology of Cyberspace*. [www.rider.edu/suler/psyber/integrate.html](http://www.rider.edu/suler/psyber/integrate.html) (2005).
- [Well01] *Wellmann, Barry*: Computer networks as social networks. In: *Science* 293 (2001) 14, S. 2031-2034.
- [WiOD97] *Whittaker, Steve; Isaacs, Ellen; O'Day, Vicki*: Widening the net: workshop report on the theory and practice of physical and network communities. In: *SIGCHI Bull.* 29 (1997) 3, S. 27-30.
- [Yaho05] *Yahoo*: Health & Wellness.  
[http://health.dir.groups.yahoo.com/dir/Health\\_\\_\\_Wellness/](http://health.dir.groups.yahoo.com/dir/Health___Wellness/), 2005, Abruf am: 29.04.2005.



# **Formalisierung und Automatisierung von SOPs in der Intensivmedizin**

Martin Sedlmayr, Thomas Rose

Fraunhofer-Institut für angewandte Informationstechnik  
53754 St. Augustin  
martin.sedlmayr@fit.fraunhofer.de

Rainer Röhrig, Markus Meister

Klinik für Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie  
Universitätsklinikum Gießen und Marburg – Standort Gießen  
35392 Gießen  
rainer.roehrig@chiru.med.uni-giessen.de

Achim Michel-Backofen

Ressort Klinische und Administrative Datenverarbeitung  
Universitätsklinikum Gießen und Marburg – Standort Gießen  
35392 Gießen  
achim.michel-backofen@akad.uniklinikum-giessen.de

## **Abstract**

Dieser Beitrag präsentiert einen Ansatz zur Prozessunterstützung in der Medizin. Ziel des Ansatzes ist die Erfassung medizinischen Wissens über Vorgehensweisen (Standard Operating Procedures) und die effektive Unterstützung medizinischen Personals in der Befolgung dieser Vorgehensweisen, da es empirisch belegt ist, dass sich die Qualität der Versorgung von Patienten durch die Umsetzung von Standard Operating Procedures erhöht [Mart06]. Zudem ermöglicht die Nutzung standardisierter Vorgehensweisen eine quantitative Analyse und schrittweise Fortschreibung zur Qualitätsverbesserung.

Der hier vorgestellte Ansatz basiert auf einem mehrstufigen Modellierungskonzept, das zunächst auf einer textuellen Ebene Vorgehensweisen konsolidiert und sie dann schrittweise formalisiert bis hin zu Ausführungsvorschriften, die durch Vorgangunterstützungstechniken automatisiert werden.

## 1 Einführung

Kliniken sehen sich durch die Einführung eines fallpauschalenbasierten Entgeltsystems durch Diagnosis Related Groups (DRG) mit einem zunehmenden Druck zur Qualitätssicherung der Behandlungen und zur Einschränkung der Kosten konfrontiert [MSKK03]. Ein Kernelement in der Lösung dieser Herausforderung ist Prozesswissen über sowohl klinische (technisch-administrative) als auch medizinische (fachliche) Vorgehensweisen. Es konnte bereits gezeigt werden, dass standardisierte Behandlungspfade geeignet sind, sowohl die Effizienz und Wirtschaftlichkeit, als auch die Qualität der medizinischen Leistungen zu erhöhen [BHBW00; MDHB96; SEGO95]. Dies spiegelt sich etwa in einer verkürzten Liegezeit des Patienten oder einer signifikanten Reduktion der Mortalität (Sterblichkeit) wider.

Während sich die Unterstützung klinischer Abläufe im Rahmen von Clinical Pathways (siehe Kapitel 2) bereits in der Etablierung befindet, ist die Unterstützung medizinischer Prozesse durch klinische Informationssysteme (KIS) noch weitestgehend offen. Dies liegt zum einen an der hohen Komplexität der medizinischen Prozesse, als auch an einer mangelnden Flexibilität von Vorgangunterstützungssystemen. Zudem ist zumeist nur eine unzureichende Datenbasis als Entscheidungsgrundlage verfügbar. Eine Unterstützung und Assistenz in der Ausführung der Prozesse findet bisher nur für solche Behandlungen statt, die strukturell eindeutig beschreibbar sind und zumeist aus wiederkehrenden Aktivitäten bestehen, z.B. der Therapie chronischer Erkrankungen, wie die Behandlung mit Chemotherapiezyklen, deren Unterstützung eine Domäne von ONCOCIN darstellt [Muse05; SSBC84]. Verlässt man aber das Gebiet dieser strukturierten Vorgehensweisen, so schwindet jede Form der Unterstützung ausgenommen die Dokumentation der Behandlung im Kontext der (elektronischen) Patientenakte.

Ziel unseres Projektes Online Guideline Assist (OLGA) ist die Unterstützung medizinischer Prozesse durch ein wissensbasiertes und prozessorientiertes Assistenzsystem in der Intensivmedizin. Unser Ansatz besteht darin, (1) vorhandene Leitlinien zu sichten, (2) zu bewerten und zu formalisieren, (3) sie in einer Ausführungsumgebung zu automatisieren und (4) den Effekt der Unterstützung zu messen. Bei der Realisierung sollen existierende Standards zur Formalisierung und Automatisierung bewertet und so weit wie möglich genutzt werden, d.h. der Fokus liegt auf dem lauffähigen System und nicht so sehr auf der Entwicklung einer neuen Prozessbeschreibungssprachen für medizinische Vorgehensweisen.

Im Folgenden werden dabei die Ausgangssituation in der Intensivmedizin dargestellt (Kapitel 2), die bestehenden Standards zur Prozessmodellierung, Formalisierung und Unterstützung diskutiert (Kapitel 3), unser Ansatz der mehrstufigen Modellierung vorgestellt (Kapitel 4) sowie die Erfahrungen bei der Umsetzung unseres Ansatzes beschrieben (Kapitel 5).

## 2 Ausgangssituation: Therapierichtlinien in der Intensivmedizin

### 2.1 Intensivmedizin

In der Intensivmedizin werden kritisch kranke Patienten überwacht und behandelt. Intensivpatienten besitzen meist mehrere Erkrankungen oder Verletzungen, die häufig einen Ausfall lebenswichtiger Organsysteme zur Folge haben, der durch Unterstützungs- und Ersatzverfahren - wie z.B. kreislaufunterstützende Therapien, künstliche Beatmung, Nieren- oder Leberdialyse - zeitweise kompensiert werden muss.



Abbildung 1: Integrierter Intensivarbeitsplatz mit Vitaldatenüberwachung, Beatmungsgerät und Patienten-Daten-Management-System, Rechts Dialysegeräte als Nierenersatzverfahren

Aufgrund des eingeschränkten Allgemeinzustandes und der invasiven Therapien kann es jederzeit zu Befundänderungen und Interaktionen zwischen den einzelnen Erkrankungen und Therapien kommen. Intensivmedizin stellt somit ein komplexes Interaktionssystem zwischen Patient und Behandlung mit hoher Dynamik in einem zeitkritischen Hochrisikobereich dar. Dies erfordert eine gut strukturierte interdisziplinäre Zusammenarbeit. Demzufolge zählt die Intensivmedizin zu den kostenintensivsten Bereichen der stationären Patientenversorgung.

### 2.2 Klinische Behandlungspfade, Standard Operating Procedures

Bei den diagnostischen oder therapeutischen Standards unterscheidet man zwischen offiziellen und innerklinischen Handlungsanweisungen. Die offiziellen Handlungsanweisungen werden von der Bundesärztekammer nach ihrer justiziablen Verbindlichkeit in „Empfehlungen“, „Leitlinien“ und „Richtlinien“ unterschieden und von den medizinischen Fachgesellschaften in der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) er-

stellt und veröffentlicht [Bund98]. Bei den innerklinischen Standards werden „klinische Behandlungspfade“ (Clinical Pathways) und „Standard Operating Procedures“ (SOPs) unterschieden. Während klinische Behandlungspfade den vollständigen Diagnostik- und Therapieplan für einen Krankenhausaufenthalt in Abhängigkeit von einer Diagnose oder einem Symptom abbilden, stellen SOPs diagnose-, symptom- oder maßnahmenbezogene Indikations- und Handlungsanweisungen dar [CHBP98, <http://www.bda.de>]. Der englische Terminus „Guideline“ wird als undifferenzierter Oberbegriff für die verschiedenen offiziellen und innerklinischen Standards verwendet.

Die Intensivmedizin bietet aufgrund der hohen Kosten und der zahlreichen, oft komplex ineinander verzahnten Prozessabläufen ein natürliches Einsatzgebiet von SOPs, da mit deren Hilfe Arbeitsschritte verzögerungsfreier und störungsstabiler angegangen werden können. Ziel ist es dabei, mit hoher Qualität eine effiziente und wirtschaftliche Leistung zu erbringen, um eine möglichst optimale Behandlung des Patienten (niedrige Sterblichkeit / Letalität) zu angemessenen Kosten (kurze Liegedauer) zu erbringen.

### **2.3 Entwicklung und Einschränkungen von SOPs**

Basis für die Entwicklung von SOPs ist evidenzbasierte Medizin und der von den Experten der Fachgesellschaften erarbeiteten Maßstäbe [MSKK03]. Weltweit sind mehrere tausend Guidelines definiert, die in nationalen oder fachgesellschaftlichen „Clearinghouses“ im Internet publiziert werden (z.B. bei <http://www.guidelines.gov> und <http://www.leitlinien.de>). Dabei müssen SOPs an örtliche Gegebenheiten und bereits existierende Abläufe angepasst werden. Daraus resultiert, dass eine SOP für andere Abteilungen oder Krankenhäuser nur als Vorlage dienen kann die einer individuellen Ausarbeitung bedarf. Trotzdem stellt die Veröffentlichung von SOPs einen enormen Wissensaustausch und eine Arbeitserleichterung für das Erstellen eigener Standards dar. In den Tauschbörsen wird die überwiegende Zahl der SOPs als strukturierter Fließtext präsentiert. Dies führt bei der Formalisierung zu dem Problem, dass zur Überführung in medizinische Algorithmen eine weitere Präzisierung notwendig wird, die ein hohes Maß an Aufwand und Fachkompetenz erfordert. Zudem erfordert eine Formalisierung als Vorbereitung einer Automatisierung weitere Präzisierungsschritte, da hier auch die Anpassung an die lokale Software, Datenstruktur und Semantik (Bezeichnung, Einheiten) erfolgen muss.

Es gibt bereits seit den 70er Jahren die Möglichkeit zur Unterstützung medizinischer SOPs durch DV-Systeme [SSBC84]. Die Systeme waren meist Standalone-Expertensysteme, die sich nicht in der Routine durchsetzen konnten. Eine Ursache hierfür ist die mangelnde Faktengrundlage, da es den meisten klinischen Informationssystemen bisher an der vollständigen, zeitnahen

Erfassung aller Patientendaten (Befunde, Therapiemaßnahmen, Medikation, etc.) mangelt. Eine zweite Ursache ist die mangelnde Einbindung der Assistenzsysteme in die ärztlichen Arbeitsprozesse: Die meisten klinischen Informationssysteme unterstützen vor allem die Erfassung administrativer und organisatorisch relevanter Daten. Eine Integration in den Behandlungszyklus (Diagnostik, Befund, Therapieentscheidung, Therapieüberwachung) findet bei den herkömmlichen Systemen nicht statt. Eine dritte Ursache ist die mangelnde Formalisierung der SOPs, die zur automatischen Ausführung notwendig ist.

## 2.4 DV-Umgebung auf der Intensivstation

Mit dem Einsatz moderner Patienten-Daten-Management-Systemen (PDMS), die den Anspruch auf eine vollständige Patientendokumentation haben, entsteht die Möglichkeit, ein aktives Unterstützungssystem auf Basis einer umfangreichen Faktenlage in den ärztlichen Arbeitsprozess zu integrieren.

Ein Repräsentant eines PDMS ist das, seit 1999 auf der Operativen Intensivstation des Universitätsklinikum Gießen und Marburg Standort Gießen implementierte, Intensiv-Informationen-Daten-Management-System (IMS) ICUData (IMESO GmbH, Hüttenberg). Dieses PDMS ist mit dem Vitaldatenmonitoring des einzelnen Patienten und dem Beatmungsgerät vernetzt und kommuniziert bidirektional über HL7 mit den klinischen Informationssystemen.

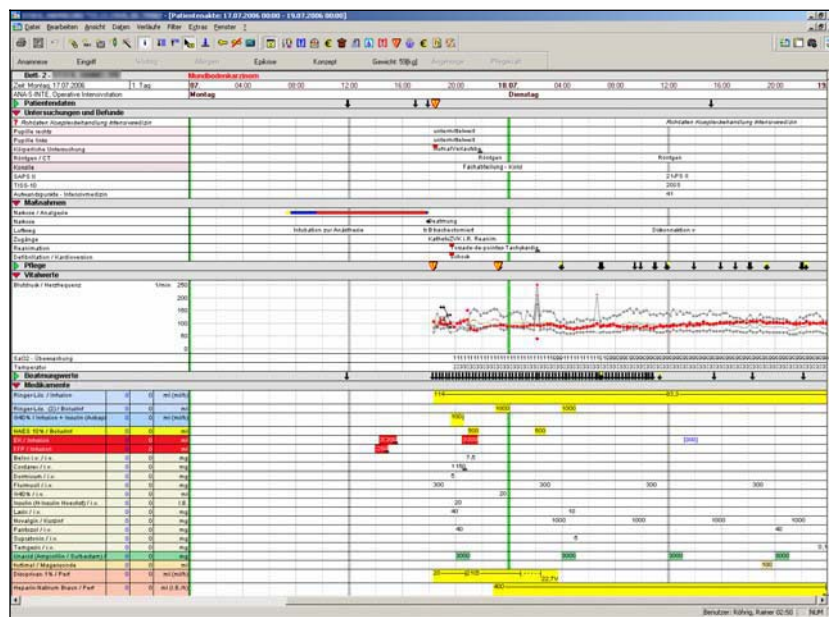


Abbildung 2: Darstellung der vollständigen Patientendaten in der Benutzeroberfläche des PDMS.

Health Level 7 (HL7) ist ein internationaler Standard für den Austausch von Daten zwischen Computersystemen im Gesundheitswesen (<http://www.hl7.org>). Es erfolgt ein automatischer Import der Diagnosen und Prozeduren, sowie der Labor-, Radiologie- oder Mikrobiologiebefun-

de. Auf der Station werden die vollständige Basis- und Verlaufsdokumentation als auch die gesamte Therapie- und Pflegeplanung in dem PDMS durchgeführt (Abbildung 2). Damit stehen in dem PDMS eine Vielzahl der zur Auswahl und Einhaltung von Standardprozeduren benötigten Informationen zur Verfügung, die in Verbindung mit einer Wissensbank eine teilautomatisierte Unterstützung zur Auswahl und Einhaltung von SOPs ermöglichen.

### **3 Prozessunterstützung**

Durch die zunehmende Verbreitung von EDV-Arbeitsplätzen in Kliniken liegt der Einsatz von wissensbasierten und prozessorientierten Systemen zur Unterstützung des ärztlichen und pflegerischen Personals nahe. Trotz der genannten Vorteile haben solche Unterstützungssysteme bisher keinen Eingang in die klinische Routine der Intensivmedizin gefunden.

#### **3.1 Modellierung automatisierbarer SOPs**

Seit dem Ende der neunziger Jahre wurden verschiedene Ansätze zur computergestützten Modellierung klinischer SOPs entwickelt (Computerized Guidelines). Sie reichen von Hypertextbasierten Dokumentensammlungen bis hin zu klassischen, entscheidungsunterstützenden Systemen (<http://www.openclinical.org>). Allen Ansätzen gemeinsam ist, dass sie versuchen, das medizinische Wissen einer Guideline möglichst vollständig zu formalisieren, d.h. die Entscheidungs bäume mit den dazugehörigen Regeln, die Abfolge von Aktivitäten, sowie die assoziierten Datenmodelle.

Es werden verschiedene Formalismen und Techniken verwendet: regelbasiert (Arden Syntax), logik-basiert (PROforma), netzwerk-basiert (PRODIGY) oder vorgangs-basiert (GUIDE) [PTBC03]. Dabei erhebt keiner dieser Formalismen Anspruch auf eine universelle Lösung. Vielmehr konzentrieren sich die einzelnen Forschungsprojekte auf spezifische Problemstellungen: Asbru betrachtet Aspekte der Planung und der zeitlichen Entwicklung, PROforma basiert auf einer formal verifizierbaren Logiksprache, während GLIF die besten Aspekte anderer Projekte zu kombinieren versucht und insbesondere in frühen Versionen den Austausch von Guidelines zum Ziel hatte.

Ultimativ sollen die formal erstellten Modelle von einer Ausführungsumgebung (Execution Engine) automatisch unterstützt werden können. Während klassische entscheidungsunterstützende Systeme hierbei hauptsächlich die eigentliche Entscheidung unterstützen, zielen viele Guidelinesysteme auch auf die Unterstützung bei der Ausführung der notwendigen und empfohlenen Aktivitäten im Sinne der klassischen Vorgangsunterstützung.

### 3.2 Vorgangunterstützung

Im Bereich der Office-Automation und der Produktion unterstützen seit vielen Jahren Workflowsysteme die automatische Ausführung von Arbeitsprozessen. Zunächst wird ein Modell aus Prozessen, Aktivitäten und Ressourcen spezifiziert. Dieses Modell kann durch eine Laufzeitumgebung interpretiert und damit anstehende Aufgaben und Daten den zuständigen Bearbeitern (Benutzer oder Applikationen) zugeleitet werden. Es existieren zahllose Standards (siehe z.B. [www.ebpm1.org](http://www.ebpm1.org) oder [www.bpm-guide.de](http://www.bpm-guide.de)), die sich in der Unterstützung durch Produkte, Firmen, Institutionen und fachlichen Schwerpunkten unterscheiden [AHKB003].

In der Anwendung können Workflowsysteme vor allem dort erfolgreich eingesetzt werden, wo standardisierte, wohldefinierte Arbeitsabläufe existieren. In vielen Anwendungsfällen und Domänen ist dies jedoch nicht der Fall, z.B. weil die Prozesse nicht vollständig a-priori spezifiziert werden können (Komplexität) oder weil zu viele situationsspezifische Abhängigkeiten den Prozess steuern (Dynamik) [HHJN99]. Daher ist besonders die Frage der Flexibilisierung Gegenstand intensiver Forschung. Hier werden unterschiedliche Ansätze verfolgt, von denen wir nur einige kurz betrachten.

- Bestehende Workflows werden während der Ausführung geändert: Dabei reagiert die Ausführungsumgebung auf vorab definierte Ereignisse und Zustände und verändert anhand einer Liste von Regeln die laufende Workflowinstanz. Bekannter Vertreter dieser Regeln sind Event Condition Action Rules (ECA), wie sie z.B. in AgentWork [MüGR04] verwendet werden.
- Im Prozessmodell stellen generische Prozesse Platzhalter für Prozessfragmente, die während der Ausführung aus einer Liste alternativer Implementierungen dynamisch ersetzt werden (z.B. Worklets in YAWL [AHEA05]).
- Statt eines fest definierten Prozessmodells werden Prozessfragmente unter Ausnutzung von Regeln und Constraints während der Laufzeit dynamisch zusammengesetzt [DYWH04; MaSa02] oder ihre Konfiguration wird interaktiv unterstützt [RuPR99].
- Bei der Fallbehandlung wird der explizierte Ablauf von Prozessen durch ein implizites Routing ersetzt, d.h. Aktivitäten werden ausgeführt, wenn ihre Vorbedingungen erfüllt sind [ScWe02; AaWG05].

### 3.3 Einschränkungen

Klinische Guidelines sind keine vollständigen Prozessbeschreibungen im eigentlichen Sinne. Sie stellen vielmehr ein Regelwerk medizinischen Wissens dar, das Prozessfragmente enthält.

Bisherige Projekte konzentrieren sich vornehmlich auf die Modellierung des Expertenwissens und untersuchen damit Probleme der Planung, temporalen Logik und Datenmodellierung. Sie befassen sich jedoch (noch) nicht mit der Spezifikation zur Ausführung benötigter Laufzeiteigenschaften.

Obwohl es nahe liegt, Techniken zur Implementierung einzusetzen, die sich bereits im wirtschaftlichen und industriellen Umfeld bewährt haben, fußt keines der Guidelinesysteme auf bekannten, klassischen Workflowstandards oder Werkzeugen. Lauffähige Ausführungsumgebungen sind – falls existent – vornehmlich wissenschaftliche Prototypen, die sich nicht um Anforderungen der Stabilität, Sicherheit und Skalierbarkeit kümmern (müssen). Neue Entwicklungen beziehen jedoch Workflowsysteme gezielt mit ein, geben jedoch dabei den Anspruch der Automatisierung von Guidelines im Top-Down Verfahren auf: vielmehr werden Prozesse durch Regeln reaktiv auf Event im Workflowsystem getriggert (Bottom up) [TMS04].

Neben der Flexibilisierung klassischer Workflows durch die oben beschriebene Techniken, z.B. durch ECA Regeln, wurden neuartige Ansätze wie Fallbehandlung und Ad-hoc Vorgangunterstützung zur Spezifikation einer Ablauflogik entwickelt. Obwohl die medizinische Domäne dabei häufig als Referenz genannt wird, wurden die Abbildung medizinischer Guidelines auf die Workflowtechnologie und das Mapping zwischen Computerized Guideline und Workflow bisher noch nicht systematisch betrachtet.

## **4 Unser Ansatz**

Das Projekt OLGA verfolgt eine mehrstufige Modellierung der medizinischen Prozessabläufe in der Intensivmedizin. Zunächst wird in einem Konsensfindungsprozess der medizinische Prozessablauf bestimmt. Hierfür ist zum einen das Fachwissen der Beteiligten zu konsultieren als auch eine Recherche relevanter Ressourcen vorzunehmen. Ergebnisse dieser Konsensfindung sind zunächst einfache Ablaufdiagramme und textuelle Beschreibungen. Dieses Vorgehen ist konform zur medizinischen Fachwelt, in der der Austausch von SOPs fast ausschließlich auf Textdateien basiert. Nachfolgend werden die durch Flussdiagramme und Texte beschriebenen Prozessabläufe formalisiert, d.h. in einer Prozessmodellierungssprache dargestellt. Für diese Formalisierung verwenden wir das Guideline Interchange Format GLIF [OGMJ98], da GLIF zunehmend zur Modellierung von Guidelines in der Medizin verwendet wird. Anschließend wird dieses GLIF Modell mit Abbildungsassistenten in ausführbare Vorgangsbeschreibungen transformiert. Das Abbildungsziel sind Prozessmodelle, wie sie beispielsweise mit YAWL [AaHo05] und JBPM (siehe Kapitel 5.1) ausgeführt werden können. Obwohl sich die ver-



schiedenen Sprachen hinsichtlich ihrer Modellierungskonstrukte unterscheiden, so sind diese doch fast zu vernachlässigen gegenüber den offenen Fragen, die der Abbildungsassistent adressieren muss: nicht alle GLIF Konstrukte lassen sich eindeutig auf Vorgangskontrollstrukturen abbilden (siehe 5). Schließlich können die Erfahrungen und Ergebnisse durch die Evaluation und Auswertung von Vorgangsdaten genutzt werden, um die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Prozessabläufe zu bewerten und ggf. Anpassungen bei der Konsensfindung und Formalisierung vorzunehmen.

Unser Ansatz unterscheidet sich dabei wesentlich in zwei Punkten von ähnlichen Projekten: Die umfassende elektronische Patientenakte der Intensivstation in Giessen (siehe 2.4) bietet eine Datengrundlage zum Testen wie sie nur wenigen anderen Projekten zur Verfügung steht. Diese erlaubt umfangreiche Simulationen durch lückenlosen Zugriff auf alle Patientendaten seit 1999 (durch erneutes „Abspielen“ aller HL7 Nachrichten) sowie den Einsatz des OLGA Prototypen im realen Umfeld mit Einwilligung der Ethikkommission im Rahmen der Evaluierung 2007/2008. Diese Voraussetzungen ermöglichen aber auch die Entwicklung eines operativ einsetzbaren Assistenzsystems. Daher kombiniert OLGA in einem eher pragmatischen Ansatz existierende Technologien in Hinblick auf ein im Alltag evaluierbaren Systems (vgl. auch 3.3).

#### **4.1 Formalisierung und Repräsentation**

In Deutschland wurde gemeinsam vom Bund Deutscher Anästhesisten (BDA) und der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) eine SOP-Tauschbörse für ihre Mitglieder im Internet zur Verfügung gestellt. In diesem Forum fanden wir insgesamt 23 SOPs, die wir hinsichtlich ihrer Formalisierbarkeit als Workflow in GLIF untersuchten und deren Automatisierbarkeit beurteilten [MMJR06].

Dabei zeigte sich, dass auch die sehr gut als Algorithmus abbildbaren SOPs hinsichtlich einer automatisierten Assistenz eine detailgenauere Abbildung des Prozesses erfordern. So sind zeitliche Abläufe bzw. Prioritäten von Behandlungsschritten im Textformat häufig unscharf beschrieben oder müssen in Einzelfällen parallel erfolgen. Als Beispiel sei hier der gleichzeitige Volumenersatz mit Infusionen und Blutprodukten (Transfusionen) verbunden mit einer kreislaufunterstützenden Medikation bei starken Blutungen erwähnt. Hier kann selbstverständlich nicht unbegrenzt die alleinige Flüssigkeitssubstitution mit z.B. Kochsalzlösungen bis zu einem definierten Volumenstatus ohne Berücksichtigung der Konzentration der Sauerstoffträger im Blut erfolgen. Auch die Diagnose „Herzinfarkt“ stützt sich nicht auf ein einziges Symptom, sondern vielmehr auf eine komplexe Befundkonstellation, die in einem zeitlichen Zusammen-

hang stehen muss. Hier ist zur Formalisierung von Algorithmen die Verwendung von Parallelprozessen und Synchronisationsschritten nötig.

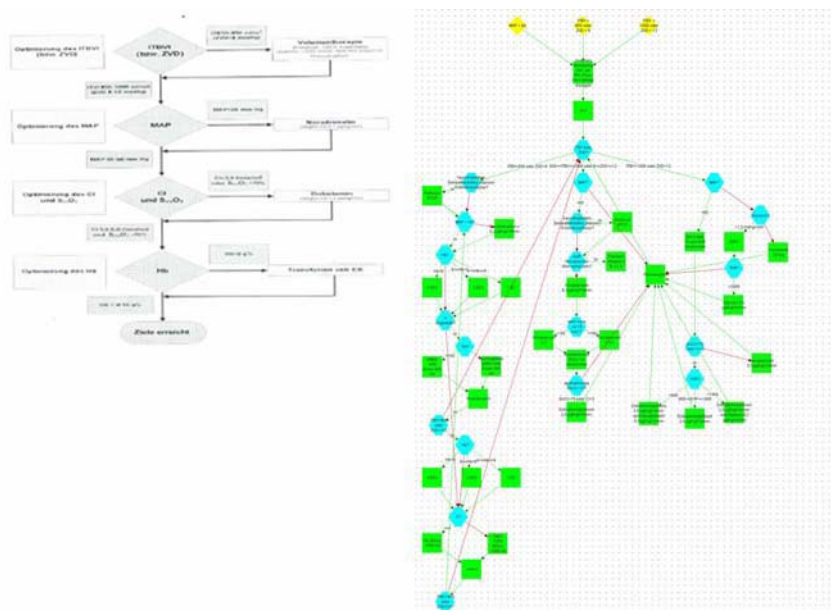


Abbildung 3: Links Darstellung einer SOP aus der SOP-Tauschbörse (BDA/DGAI), rechts die Darstellung der SOP nach der Modellierung in GLIF (Protege).

Die Präzisierung der Modelle führt zu einer erhöhten Komplexität. Die daraus resultierenden Unterschiede sind durch die beiden Flussdiagramme in Abbildung 3 exemplarisch dargestellt.

#### 4.2 Automatisierung und Unterstützung

Wir haben verschiedenen Guidelinemodelle [PTBC03] betrachtet und das Guideline Interchange Format GLIF 3.5 gewählt (<http://www.glif.org>). GLIF entstand in Kooperation mehrerer Vorgängerprojekte und ist eine bekannte und breit angelegte Methode zur Spezifikation computerisierbarer Guidelines [PBTZ04]. Diese werden zunächst auf einer konzeptuellen Ebene als Flowchart graphisch gezeichnet („conceptual layer“), welche anschließend um Entscheidungsregeln und Datenstrukturen angereichert wird. Dazu werden auf dem „computational layer“ die Details der Entscheidungen, Datendefinitionen, Kontrollfluss und Entscheidungsregeln spezifiziert. Schließlich werden die Aktionen und Datenreferenzen auf ein konkretes Krankenhausinformationssystem abgebildet („implementable layer“). Mit Protege ist ein Werkzeug mit Beispielen für GLIF zum Editieren erhältlich (<http://protege.stanford.edu>). Die GLIF Execution Engine GLEE [WPTB04] hat gezeigt, dass GLIF Modelle hinreichend beschrieben werden können, um sie automatisch auszuführen. Wir sehen als weitere Vorteile, dass das Datenmodell von GLIF auf dem Datenmodell (RIM) von HL7 basiert und die Guideline Expression Language GELLO [SBOG04] von HL7 und ANSI als Standard akzeptiert wurde.

Um formalisierte Guidelines auszuführen bieten sich prinzipiell zwei Möglichkeiten an: die direkte Ausführung oder die indirekte Ausführung durch Mapping in ein anderes Prozessformat.

Bei der direkten Ausführung, wie sie z.B. die Guideline Execution Engine (GLEE) für GLIF realisiert [WPTB04], weist das Ausführungsmodell den Elementen (*Guideline\_Steps*) Zustände wie *active*, *prepared*, *started* oder *finished* zu und ermöglicht ein benutzerdefiniertes Scheduling zwischen den Stati. Eine solche direkte Implementierung stellt sicher, dass alle Möglichkeiten und Elemente eines Standards unterstützt werden, ist jedoch stets proprietär. Einen interessanten Ansatz verfolgte das Projekt GESDOR [WPBC03], das eine generische, virtuelle Maschine zur Ausführung verschiedener Standards zum Ziel hatte.

Die mittelbare Ausführung durch Übersetzung der GLIF Guideline in ein Workflow Format und Ausführung durch eine Workflowengine kann auf etablierten Business Standards aufbauen und teilweise schon vorhandene Infrastruktur nutzen sowie gegebenenfalls mit anderen Anwendungen transparent zusammenarbeiten. Zwar lassen sich viele Konzepte von GLIF nicht durch Standardworkflowtechniken realisieren (z.B. eventbasierte Konzepte, siehe Diskussion), die jedoch bei geeigneter Auswahl und Modellierung der Guidelines vermieden werden können.

### **4.3 System Design**

Das in Giessen eingesetzte PDMS ICUData unterstützt eine modulare Datenverarbeitungsumgebung. Die Nachrichtenkommunikation erfolgt über so genannte „Kommunikations-Master“, die die Informationen im HL7-Standard von einem Modul zum anderen leiten. Immer wenn eine Oberflächenapplikation (z. B. das grafische Krankenblatt) auf einem Client gestartet wird, etabliert der jeweilige Master eine Daten-Pipeline zu den Applikations-Servern der Datenbank und den Mastern anderer Clients. Jede Änderung in dem aktuellen Datenpool eines Patienten wird auf diese Weise gleichzeitig an die Datenbank wie auch an andere Clients mit dem geöffneten Krankenblatt des gleichen Patienten weitergeleitet (eventbasierte Kommunikation). Ein einheitlicher Datenbestand eines Krankenblattes desselben Patienten, mit dem mehrere Personen an unterschiedlichen Clients gleichzeitig arbeiten, kann somit gewährleistet werden. Sowohl interne PDMS-Module als auch externe Programme können über diesen standardisierten Mechanismus über die Applikations-Server mit der Datenbank kommunizieren.

Die OLGA Ausführungsumgebung ist ein solches externes Programm, welches über HL7 mit anderen Modulen und dem Datenserver des PDMS kommuniziert und alle Daten- und Eventströme empfängt und somit diese auf relevante Nachrichten filtern kann.

Automatisch generierte Anweisungen, Empfehlungen und Nachfragen des Systems werden über HL7 verschickt und sind Bestandteil der Patientenakte. Bis auf spezifische Alarmierung

findet keine direkte Kommunikation der OLGA Ausführungsumgebung mit dem Endanwender statt, d.h. Therapieempfehlungen gemäß einer SOP erfolgen für den Benutzer transparent über die Benutzeroberfläche des PDMS. Damit integriert sich die Benutzung von OLGA-Guidelines in die normale Stationstätigkeit und ist für den Mediziner und das Pflegepersonal keine zusätzliche Anwendung.

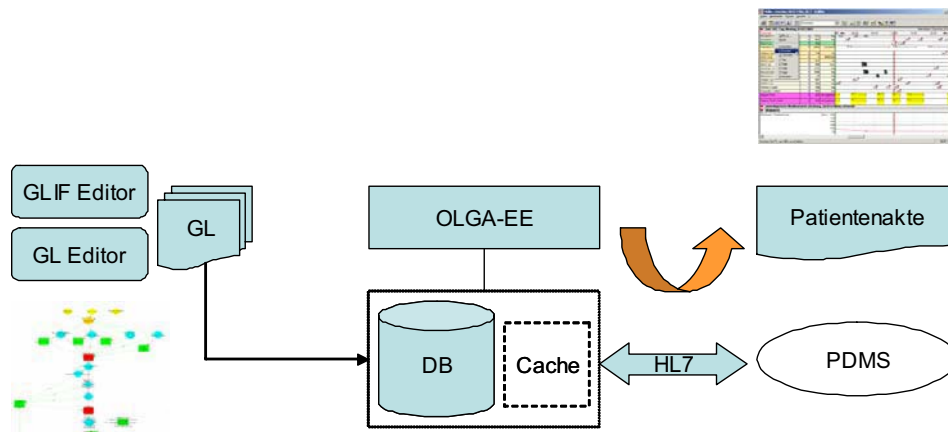


Abbildung 4: Konzept der Systemarchitektur

Zwei Möglichkeiten eröffnen sich für die Architektur von OLGA: clientseitige Installation (an jedem Patientenbett) oder als zentraler Server. In „bettseitiger“ Installation, d.h. auf den Terminals neben jedem Krankenbett, kann OLGA lokal auf alle aktuellen Patientendaten zugreifen. Da sämtliche Datenkommunikation via IMESO Master über die zentrale Patientenakte abläuft, benötigt OLGA keine weitere Synchronisation mit anderen Klienten. Durch den dezentralen Aufbau des PDMS mit lokalen Servern (Master) können Guidelines ausgeführt werden, auch wenn die Verbindung zum Server abbricht. Dies ist die bevorzugte Variante bezüglich Anforderungen der Zuverlässigkeit, Ausfallsicherheit, Skalierbarkeit und Stabilität.

## 5 Automatisches Mapping und Diskussion

Wir haben einen Übersetzer in Java implementiert, das GLIF Modelle liest und als Prozessspezifikation in JPDL ausgibt. Diese Modelle lassen sich mit JBPM ausführen.

### 5.1 Übersetzung von GLIF nach JPDL

Die Java Business Process Management Framework der JBoss Guppe (<http://www.jbpm.org>) ist eine flexible und erweiterbare Ausführungsumgebung für Workflows (Open Source Workflow Engine). Die Prozessmodelle werden in der Java Process Definition Language JPDL spezifiziert. Das zugrunde liegende graphische Programmiermodell lässt sich leicht um eigene Kno-

tentypen erweitern und erscheint dadurch als Basis für eine GLIF Ausführungsumgebung interessant. JBPM lässt sich zudem mit dem Applikationsserver von JBoss sowie mit anderen relevanten Werkzeugen wie der Rule Engine Drools (zur Auswertung von Entscheidungsbäumen) und dem Persistenzframework Hibernate (für lokale Datencaches) kombinieren.

Mit Hilfe der Protege API wird ein GLIF Modell gelesen und sukzessive nach JPDL übersetzt. Für jeden Schritt einer Guideline (*Guideline\_Step*) wird ein korrespondierender Knoten in der Prozessdefinition erzeugt (siehe Tabelle). Nachfolgebeziehungen werden als Transitionen geschrieben. Somit erhält man ein Modell des Kontrollflusses, das JBPM ausführen kann. Die Interpretation von Entscheidungsregeln (*Decision\_Step*) wird an eigens implementierte Klassen delegiert, die direkt auf dem GLIF Modell operieren. Ebenso werden Ausführungsanweisungen (*Action\_Specification*) durch spezifische Java Klassen mittels Protege API interpretiert.

In Referenz zu den drei Modellierungsebenen in GLIF [PBTZ04] wird also das Flowchart der obersten Ebene (Conceptual Layer) übersetzt, wohingegen die Details (Entscheidungen, Datenkommunikation) des Computational und Implementable Layers an händisch implementierte Java Klassen delegiert werden, die das Workflowsystem aufruft.

Es hat sich für geeignete, einfache Beispiele gezeigt, dass sich die darin verwendeten Kontrollstrukturen von GLIF Guidelines relativ leicht nach JPDL übersetzen lassen. Eigene Experimente mit XPDL sowie Literaturstudien lassen schließen, dass dies ebenso für andere Workflowsprachen gilt.

Der Konverter wurde mit prozessorientierten Beispielmustern in GLIF erfolgreich getestet, und auch einfache Guidelines konnten erfolgreich getestet werden. Gegenwärtig werden die Klassen für *Guideline\_Steps*, *Action\_Specification* und die Bedingungen für Entscheidungen erweitert. Im nächsten Schritt werden der Eventmechanismus (*Triggering\_Events*), Iterationen und die Anbindung an das HL7 Netzwerk realisiert.

## 5.2 Diskussion

Der beschriebene Ansatz ist zunächst ähnlich geradlinig wie [PTMA04], bei dem Peleg et. al. unter anderem GLIF Modelle auf Petri-Netze abbilden, um Aussagen zu strukturellen und dynamischen Eigenschaften biologischer Prozesse zu machen. Das dort beschriebene Mapping beschränkt sich bei GLIF jedoch auf ein vereinfachtes Modell, in dem z.B. komplexe Bedingungen in Synchronisationsschritten (continuation) ebenso wenig berücksichtigt werden wie Parallelitätsbedingungen in Verzweigungen. Außerdem machen die Autoren keine Aussagen zur Ausführung von Entscheidungsregeln. Vielmehr steht im Vordergrund, welche Fragen sich mit Petrinetzen bei biologischen Prozessen beantworten lassen.

Vielleicht liegt die Ursache darin begründet, dass GLIF zwar die statischen und strukturellen Eigenschaften von Guidelines in der Medizin sehr gut unterstützt, jedoch keine Aussagen zu Laufzeiteigenschaften trifft, bzw. diese nicht modellieren kann. Dubey [DuCh00] nennt bei den Problemen, die bei der Automatisierung von GLIF auftreten - neben dem Umgang mit unvollständigen Daten sowie der problematischen Anbindung von Datenquellen - vor allem das Fehlen eines Prozesszustandskonzeptes, um den Status einer Guideline über die Zeit zu verfolgen. Der Grund ist sicherlich, dass GLIF nicht vorrangig zur Ausführung von Guidelines entwickelt wurde sondern zur formalen Erfassung und zum Austausch. Wohl daher wird GLIF von verschiedenen Forschergruppen an die jeweiligen Anforderungen und Bedingungen der konkreten Projekte adaptiert. So wird in [MZPT03] berichtet, wie zur Implementierung von Leitlinien zur Behandlung chronisch Kranker GLIF durch einen *Eligibility\_Step* zur Prüfung der Indikation und ein *Notification* Objekt für Nachrichten adaptiert und erweitert wurde. Zudem passte man GLIF in Hinblick auf die Anbindung an das lokale Informationssystem und die elektronische Patientenakte an. Bei der systematischen Umsetzung von GLIF offenbart sich auch, dass die Spezifikation des Standards (Version 3.5, <http://www.glif.org>) selbst nicht eindeutig scheint. So kann beispielsweise offenbar nicht automatisch zwischen deterministischen und nicht-deterministischen Entscheidungen unterschieden werden.

Wir haben zur Implementierung unserer Ausführungsumgebung verschiedene Workflowengines verglichen (für eine umfangreiche Liste von Open Source Workflowengines siehe z.B. [http://www.manageability.org/blog/stuff/workflow\\_in\\_java](http://www.manageability.org/blog/stuff/workflow_in_java)). Einer der Aspekte dabei war die Unterstützung bezüglich Workflowpatterns [SRRM06], aber auch die Erweiterbarkeit und der Support. Wir haben uns für JBPM entschieden, experimentieren jedoch auch mit Übersetzungen nach XPD L [WfMCoJ] und YAWL [AaHo05]. Obwohl sich die einzelnen Werkzeuge bei Spezifikationssprache, Werkzeugen und Support unterscheiden, so sind sie doch bezüglich des GLIF-Mappings und den dabei auftretenden Schwierigkeiten - wie oben beschrieben - ähnlich. Darüber hinaus ist beispielsweise die Abbildung des Event Mechanismus in JPDL (ähnlich wie XPD L und andere WF Sprachen) schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Sofern sich der Einsatz von *Triggering\_Events* auf Zeitconstraints oder Eintrittsbedingungen in Folge eines Vorgängers beschränkt, ist die Umsetzung möglich. Jedoch erlauben beliebige Events in GLIF ein unstrukturiertes Ausführen von Abläufen jenseits der Möglichkeiten der strukturierten Workflowmodellierung und sind damit nicht direkt abbildbar.

Ein interessanter Ansatz zur Implementierung von datengetriebenen Workflows ist die Fallbehandlung (Case Handling), für den sich jedoch in der Literatur bisher keine Verweise auf die Anwendung gerade im medizinischen Bereich finden.

## 6 Zusammenfassung

Wir haben gezeigt, wie klinische Leitlinien formalisiert und mit Standardworkflowtechniken automatisiert werden können. Die Formalisierung klinischer SOPs erfordert eine medizinische und eine technische Präzisierung, da die medizinischen Interpretationsspielräume generischer SOPs auf automatisierbare Systemalgorithmen und Datenstrukturen abgebildet werden müssen. Das in OLGA eingesetzte automatische Mapping von GLIF auf Workflowtechniken stellt eine Basis für den Test und die Evaluation von SOPs in einem PDMS dar, auch wenn sich nicht alle theoretischen Möglichkeiten von GLIF direkt abbilden lassen. Damit implementiert OLGA eine durchgängige, operativ einsetzbare Ausführungsumgebung für SOPs. Zur Zeit werden die gewählten SOPs schrittweise umgesetzt und getestet, damit sie in 2007 im PDMS der anästhesiologischen Intensivstation der Uniklinik Gießen operativ evaluiert, und ihre Effekte im klinischen Einsatz bewertet werden können.

Danksagung: Das Projekt Online Guideline Assist (OLGA) wird gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG (RO 3053/1-1; RO 2030/2-1).

## Literaturverzeichnis

- [AaHo05] *Aalst, W. M. P. v. d.; Hofstede, A. H. M. t.: YAWL: yet another workflow language. In: Inf. Syst. 30 (2005) 4, S. 245-275.*
- [AaWG05] *van der Aalst, W. M. P.; Weske, M.; Grunbauer, D.: Case Handling: A New Paradigm for Business Process Support. In: Data and Knowledge Engineering 53 (2005) 2, S. 129–162.*
- [AHKB003] *Aalst, W. M. P. v. d.; Hofstede, A. H. M. t.; Kiepuszewski, B.; Barros, A. P.: Workflow Patterns. In: Distributed and Parallel Databases 14 (2003), S. 5-51.*
- [AHEA05] *Adams, M.; ter Hofstede, A. H. M.; Edmond, D.; van der Aalst, W. M. P.: Facilitating Flexibility and Dynamic Exception Handling in Workflows through Worklets. In: CAiSE Short Paper Proceedings (2005).*
- [BHBW00] *Basse, L.; Hjort Jakobsen, D.; Billesbolle, P.; Werner, M.; Kehlet, H.: A clinical pathway to accelerate recovery after colonic resection. In: Ann Surg 232 (2000) 1, S. 51-7.*

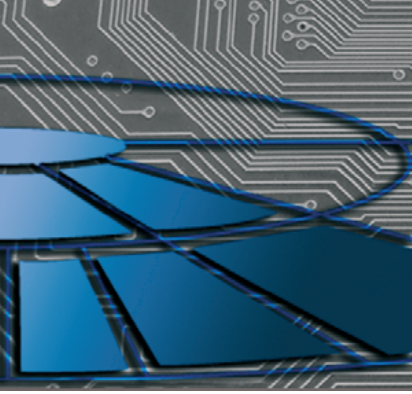
- [Bund98] *Bundesärztekammer: Zur Frage der Verbindlichkeit von Richtlinien, Leitlinien, Empfehlungen und Stellungnahmen.* <http://www.bundesaerztekammer.de/30/Richtlinien/90Verbindlich.html>, 1998, Abruf am 2006-07-24.
- [CHBP98] *Campbell, H., Hotchkiss, R., Bradshaw, N., Porteous, M.: "Integrated care pathways".* *Bmj*, 316 (1998), S. 133-137
- [DuCh00] *Dubey, A. K.; Chueh, H. C.: An XML-based format for guideline interchange and execution.* In: *Proc AMIA Symp* (2000), S. 205-9.
- [DYWH04] *Deng, S. G.; Yu, Z.; Wu, Z. H.; Huang, L. C.: Enhancement of workflow flexibility by composing activities at run-time.* In: *Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing* (2004), S. 667-673.
- [HHJN99] *Heinl, P.; Horn, S.; Jablonski, S.; Neeb, J.; Stein, K.; Teschke, M.: A comprehensive approach to flexibility in workflow management systems.* In: *SIGSOFT Softw. Eng. Notes* 24 (1999) 2, S. 79-88.
- [MaSa02] *Mangan, P. J.; Sadiq, S.: A Constraint Specification Approach to Building Flexible Workflows.* In: *Journal of Research and Practice in Information Technology* 35 (2002) 1, S. 21-39.
- [Mart2006] *Martin, J.: SOP-Tauschbörse.* *Deutscher Anästhesiecongress DAC* (2006); Vortrag H 409. 3.
- [MDHB96] *Mohr, V. D.; Dogan, N.; Haupt, W.; Bengler, K.; Zirngibl, H.; Hohenberger, W.: Optimizing a conventional documentation system on the surgical intensive care unit - a contribution to cost reduction and preventive quality management?.* In: *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 31 (1996) 4, S. 228-38.
- [MMJR06] *Meister M, Michel-Backofen A, Jost A, Röhrig R, Junger A, Hempelmann G: Evaluation der Abbildbarkeit und Automatisierbarkeit von Standard Operating Procedures mit dem Guideline Interchange Format (GLIF);* 53. Jahrestagung der DGAI, Leipzig; Abstraktband DAC 2006; PO-1.4.2.
- [MSKK03] *Martin, J.; Schleppers, A.; Kastrup, M.; Kobylinski, C.; König, U.; Kox, W. J.; Milewski, P.; Spies, C.: Entwicklung von Standard Operating Procedures in der Anästhesie und Intensivmedizin.* In: *Anästhesiologie & Intensivmedizin* 44 (2003), S. 871-876.



- [MüGR04] *Müller, R.; Greiner, U.; Rahm, E.:* AGENT WORK: a workflow system supporting rule-based workflow adaptation. In: *Data & Knowledge Engineering* 51 (2004) 2, S. 223-256.
- [Muse05] *Musen, M. A.:* Getting Decision Support "Right": The Role of Ontologies. [http://clinicalinformatics.stanford.edu/scci\\_seminars/slides/SCCI-musen.pdf](http://clinicalinformatics.stanford.edu/scci_seminars/slides/SCCI-musen.pdf), 2005, Abruf am 2006-07-24.
- [MZPT03] *Maviglia, S. M.; Zielstorff, R. D.; Paterno, M.; Teich, J. M.; Bates, D. W.; Kuperman, G. J.:* Automating complex guidelines for chronic disease: lessons learned. In: *J Am Med Inform Assoc* 10 (2003) 2, S. 154-65.
- [OGMJ98] *Ohno-Machado, L.; Gennari, J. H.; Murphy, S. N.; Jain, N. L.; Tu, S. W.; Oliver, D. E.; Pattison-Gordon, E.; Greenes, R. A.; Shortliffe, E. H.; Barnett, G. O.:* The guideline interchange format: a model for representing guidelines. In: *J Am Med Inform Assoc* 5 (1998) 4, S. 357-72.
- [PBTZ04] *Peleg, M.; Boxwala, A. A.; Tu, S.; Zeng, Q.; Ogunyemi, O.; Wang, D.; Patel, V. L.; Greenes, R. A.; Shortliffe, E. H.:* The InterMed approach to sharable computer-interpretable guidelines: a review. In: *J Am Med Inform Assoc* 11 (2004) 1, S. 1-10.
- [PTBC03] *Peleg, M.; Tu, S.; Bury, J.; Ciccarese, P.; Fox, J.; Greenes, R. A.; Hall, R.; Johnson, P. D.; Jones, N.; Kumar, A.; Miksch, S.; Quaglini, S.; Seyfang, A.; Shortliffe, E. H.; Stefanelli, M.:* Comparing computer-interpretable guideline models: a case-study approach. In: *J Am Med Inform Assoc* 10 (2003) 1, S. 52-68.
- [PTMA04] *Peleg, M.; Tu, S.; Manindroo, A.; Altman, R. B.:* Modeling and analyzing biomedical processes using workflow/Petri Net models and tools. In: *Medinfo* 11 (2004) Pt 1, S. 74-8.
- [RuPR99] *Rupprecht, C.; Peter, G.; Rose, T.:* Ein modellgestuetzter Ansatz zur kontextspezifischen Individualisierung von Prozessmodellen. In: *Wirtschaftsinformatik* 41 (1999) 3, S. 226-236.

- [SBOG04] *Sordo, M.; Boxwala, A. A.; Ogunyemi, O.; Greenes, R. A.*: Description and status update on GELLO: a proposed standardized object-oriented expression language for clinical decision support. In: *Medinfo 11 (2004) Pt 1*, S. 164-8.
- [ScWe02] *Schuschel, H.; Weske, M.*: Fallbehandlung: Ein Neuer Ansatz zur Unterstützung Prozessorientierter Informationssysteme. In: *Proceedings of the Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen - Promise*. GI: Potsdam, 2002, S. 52-63.
- [SEGO95] *Schreiber, T. L.; Elkhatib, A.; Grines, C. L.; O'Neill, W. W.*: Cardiologist versus internist management of patients with unstable angina: treatment patterns and outcomes. In: *J Am Coll Cardiol* 26 (1995) 3, S. 577-82.
- [SRRM06] *Sedlmayr, M.; Rose, T.; Röhrig, R.; Meister, M.*: A Workflow Approach towards GLIF Execution. In: *Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI)*. Riva del Garda, Italy, 2006.
- [SSBC84] *Shortiffe, E. H.; Scott, A. C.; Bischoff, M. B.; Campell, A. B.; Van Melle, W.; Jacobs, C. D.*: An Expert System for Oncology Protocol Management. In: *Buchanan, B. G.; Shortiffe, E. H. (Hrsg.) Rule-Based Expert Systems*. Addison-Wesley Publishing Company, 1984, S. 653-65.
- [TMSC04] *Tu, S. W.; Musen, M. A.; Shankar, R.; Campbell, J.; et. al.*: Modeling guidelines for integration into clinical workflow. In: *Medinfo 11 (2004) Pt 1*, S. 174-8.
- [WfMCoJ] *Workflow Management Coalition: XPDL Resources*. <http://www.wfmc.org/standards/XPDL.htm>, Abruf am 2006-07-24.
- [WPBC03] *Wang, D.; Peleg, M.; Bu, D.; Cantor, M.; Landesberg, G.; Lunenfeld, E.; Tu, S. W.; Kaiser, G. E.; Hripcsak, G.; Patel, V. L.; Shortliffe, E. H.*: GESDOR - a generic execution model for sharing of computer-interpretable clinical practice guidelines. In: *AMIA Annu Symp Proc (2003)*, S. 694-8.
- [WPTB04] *Wang, D.; Peleg, M.; Tu, S. W.; Boxwala, A. A.; Ogunyemi, O.; Zeng, Q.; Greenes, R. A.; Patel, V. L.; Shortliffe, E. H.*: Design and implementation of the GLIF3 guideline execution engine. In: *J Biomed Inform* 37 (2004) 5, S. 305-18.





“eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering“ ist das Leitthema der 8. internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik 2007 (WI 2007). Die Beiträge der WI 2007 greifen folgende Schwerpunkte auf:

**Service-Engineering:**

- | Das Internet der Dinge
- | eGovernment
- | Information Services in der Logistik
- | Mobile Business und Communications
- | Outsourcing und IT-Governance
- | Product Life Cycle Management in Unternehmenssoftwaresystemen
- | Semantic Web
- | Service Oriented Computing
- | Verkehr und Mobilität

**Prozess-Engineering:**

- | Business Intelligence
- | Business Process Engineering
- | Collaborative Business
- | Customer und Supplier Relationship Management
- | eHealth
- | eLearning
- | IS-Architekturen
- | IT-Risikomanagement
- | Modellierung als Innovationsmotor
- | Softwareprozessverbesserung
- | Supply Chain Management
- | Operations Research
- | Wissensmanagement

**Market-Engineering:**

- | Agenten- und Multiagenten-Technologien für betriebliche Anwendungen
- | eFinance
- | eLearning Geschäftsmodelle
- | Elektronische Märkte und elektronische Verhandlungen
- | eMedia
- | eServices
- | Informationsmanagement in der Energie- und Umweltinformatik
- | Internetökonomie
- | Rechtsfragen der Informationsgesellschaft

Die Tagungsbände richten sich an Wissenschaftler und Praktiker, und bieten einen Einblick in aktuelle Forschungsfelder der Wirtschaftsinformatik

ISBN: 978-3-86644-094-4 (Band 1)

ISBN: 978-3-86644-093-7 (Set)

[www.uvka.de](http://www.uvka.de)

Andreas Oberweis ■ Christof Weinhardt  
Henner Gimpel ■ Agnes Koschmider  
Victor Pankratius ■ Björn Schnizler (Hrsg.)

# eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik

# Band 2



universitätsverlag karlsruhe



Andreas Oberweis / Christof Weinhardt / Henner Gimpel /  
Agnes Koschmider / Victor Pankratius / Björn Schnizler (Hrsg.)

**eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering**

8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik

**Band 2**



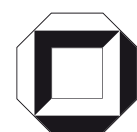


# **eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering**

8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik  
Karlsruhe, 28. Februar – 2. März 2007

## **Band 2**

Andreas Oberweis  
Christof Weinhardt  
Henner Gimpel  
Agnes Koschmider  
Victor Pankratius  
Björn Schnizler  
(Hrsg.)



---

universitätsverlag karlsruhe

## Impressum

Universitätsverlag Karlsruhe  
c/o Universitätsbibliothek  
Straße am Forum 2  
D-76131 Karlsruhe  
[www.uvka.de](http://www.uvka.de)



Dieses Werk ist unter folgender Creative Commons-Lizenz  
lizenziert: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/de/>

Universitätsverlag Karlsruhe 2007  
Print on Demand

ISBN: 978-3-86644-095-1 (Band 2)  
ISBN: 978-3-86644-094-4 (Band 1)  
ISBN: 978-3-86644-093-7 (Set)

# Inhaltsverzeichnis

## Prozess-Engineering

### eLearning: Anforderungen an das Content Management

---

**Track-Chairs: Eric Schoop, Udo Winand, Martin Wessner**

- Mass Customization und Serviceplattformstrategien im Blended Learning Engineering - konzeptionelle Grundlagen und evaluationsgestützte Erfahrungen* 3  
**Roland Gabriel, Martin Gersch, Peter Weber**
- Generische Transformation von Learning-Content. Das MOCCA Projekt.* 21  
**Michael A. Herzog, Matthias Trier**
- Reengineering der Content-Erstellungsprozesse in Industrieunternehmen durch Content-Modellierung: Fallbeispiel* 39  
**Pavlina Chikova, Katrina Leyking, Peter Loos, Eva-Maria Bruch, Lasse Lehmann**
- Modularisierungskonzepte als Voraussetzung zur Gestaltung nachhaltiger Bildungsangebote am Beispiel der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Ökonomielehrkräften* 57  
**Oliver Kamin, Karl Knispel**

### IS-Architekturen

---

**Track-Chairs: Frank Leymann, Johannes Siedersleben, Elmar J. Sinz**

- Eine Strukturvorlage zur effektiven Dokumentation von Software- und IT Architekturen* 77  
**Gernot Starke, Peter Hruschka**
- Anwendungsarchitektur-Beurteilung unter Berücksichtigung zu erwartender Flexibilität* 89  
**Felix R. Müller**
- Sizing Considerations for Enterprise Applications in Dynamic Data Centre Environments* 107  
**H. Thimm**

## **Modellierung als Innovationsmotor**

---

**Track-Chairs: Ulrich Frank, Robert Winter**

*Konfiguration von Informationsmodellen - Untersuchungen zu Bedarf und  
Werkzeugunterstützung* 127  
**Patrick Delfmann, Ralf Knackstedt**

*A Pattern based Approach for constructing Enterprise Architecture Management  
Information Models* 145  
**Sabine Buckl, Alexander M. Ernst, Josef Lankes, Kathrin Schneider,  
Christian M. Schweda**

*Ein hierarchischer, architekturbasierter Ansatz zur Unterstützung des  
IT-Business-Alignment* 163  
**Ronny Fischer, Robert Winter**

*Fostering the Evaluation of Reference Models: Application and Extension of the  
Concept of IS Design Theories* 181  
**Michael Schermann, Tilo Böhmann, Helmut Krcmar**

*Modellbasierter Entwurf strukturanaloger Architekturen auf Basis der  
Partitionierung von Graphen* 199  
**Stephan Aier, Marten Schönherr**

*„Open Model“ – ein Vorschlag für ein Forschungsprogramm der  
Wirtschaftsinformatik* 217  
**Ulrich Frank, Stefan Strecker, Stefan Koch**

## **Softwareprozessverbesserung**

---

**Track-Chairs: Georg Herzwurm, Ralf Kneuper, Marcus A. Rothenberger**

*From Communication to Implementation - A framework for understanding and  
reducing unintentional complexity in software development processes* 237  
**Matthias Biggeleben**

*Interaktive Entscheidungsunterstützung für die Auswahl von Software-Komponenten  
bei mehrfachen Zielsetzungen* 255  
**Thomas Neubauer, Christian Stummer**

*Ein Kennzahlensystem zur Optimierung von SAP-Systemen - Eine Fallstudie am  
Beispiel der deutschen Automobilindustrie* 271  
**Eva Peggy Sekatzek, Helmut Krcmar**

<i>Systematische Auswahl einer Methode zur Aufwandschätzung in der Softwareentwicklung</i>	289
<b>Ulrike Dowie, Georg Herzwurm</b>	
<i>Practical Application of SPICE in the Finance Sector</i>	307
<b>Christian Völcker, Johann Leibig, Josef Maier, Holger Kühnl</b>	
<i>Towards a Model-driven Development of Monitored Processes</i>	319
<b>Christof Momm, Robert Malec, Sebastian Abeck</b>	
<i>Management of Portal Evolution</i>	337
<b>Hong Tuan Kiet Vo, Helmuth Elsner</b>	

## **Supply Chain Management**

---

**Track-Chairs: Jens Gottlieb, Peter Mertens, Stefan Voß**

<i>Regelbasierte Koordinierung von agentengestützten Transportprozessen</i>	355
<b>Mathias Petsch, Dirk Pawlaszczyk, Hagen Schorcht</b>	
<i>Distribution network design with postponement</i>	373
<b>Frank Schwartz, Stefan Voß</b>	
<i>Order-driven planning in build-to-order scenarios</i>	391
<b>Thomas Volling, Thomas Spengler</b>	

## **Techniken des Operation Research in der Wirtschaftsinformatik**

---

**Track-Chairs: Peter Korevaar, Dirk Mattfeld, Leena Suhl**

<i>A Fast Look-ahead Heuristic for the Multi-depot Vehicle Routing Problem</i>	411
<b>Juergen Branke, Christian Schmidt, Markus Withopf</b>	
<i>Progress in solving large scale multi-depot multi-vehicle-type bus scheduling problems with integer programming</i>	429
<b>Uwe H. Suhl, Swantje Friedrich, Veronika Waue</b>	
<i>Optimierungssysteme für die Dienstplanung im ÖPNV</i>	447
<b>Leena Suhl, Natalia Kliewer, Ingmar Steinzen</b>	

<i>Barwertorientierte Projektplanung mit mehreren Akteuren mittels eines verhandlungsbasierten Koordinationsmechanismus</i>	465
<b>Andreas Fink</b>	
<i>Konzeption und Implementierung eines Planungssystems für Schnittstellentests</i>	483
<b>Franz Rothlauf</b>	
<i>Water Contamination Detection</i>	501
<b>Armin Fügenschuh, Simone Göttlich, Michael Herty</b>	

## **Wissensmanagement**

---

### **Track-Chairs: Norbert Gronau, Marcus Spieß, Steffen Staab, Walter Waterfeld**

<i>Third Generation Knowledge Management Systems - Towards an Augmented Technology Acceptance Model</i>	521
<b>Kai Dingel, Sarah Spiekermann</b>	
<i>Unterstützung wissensintensiver Prozesse im Produktlebenszyklus durch Suche in Produkt- und Prozessdaten</i>	539
<b>Thomas Barth, Christian Lütke Entrup, Walter Schäfer</b>	
<i>Mobile Knowledge Management Support in Fire Service Organisations</i>	557
<b>Andrea Freßmann, Ralph Bergmann, Brian Taylor, Ben Diamond, Gary Carr-Smith</b>	
<i>Kontextbasiertes Information Retrieval zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen</i>	575
<b>Andreas Henrich, Karlheinz Morgenroth</b>	
<i>Towards Understanding the Dynamics of Communication Networks</i>	593
<b>Matthias Trier, Annette Bobrik, Tilmann Bartels</b>	
<i>Multiperspektivische Wissensvisualisierung für Wissensaustausch in heterogenen Community-Netzwerken</i>	611
<b>Jasminko Novak</b>	

## Market-Engineering

### Agenten- und Multiagenten-Technologien für betriebliche Anwendungen

**Track-Chairs: Jörg P. Müller, Bernhard Bauer**

*Multi-agent Simulation for the transshipment problem with a non-negligible transfer lead time and a limited transportation mean capacity* 631  
**Mohamed Hmiden, Lamjed Ben Said, Khaled Ghédira**

### eFinance

**Track-Chairs: Hans Ulrich Buhl, Wolfgang Gaertner, Peter Gomber, Wolfgang König**

*Außerbörslicher Emittentenhandel: Handelsplatzwahl von Online-Investoren* 651  
**Dennis Kundisch, Tobias Stuber**

*Travo-Projekt – Der Handel mit Aktionärsstimmen* 669  
**Christoph Lattemann, Hartmut Klemens, Michael Durica**

*OR-basierte Persönliche Finanzplanung* 687  
**Oliver Braun**

*An Order-Channel Management Framework for Institutional Investors* 705  
**Bartholomäus Ende, Peter Gomber, Adrian Wranik**

*IT-Architekturmanagement in Banken - Ergebnisse einer leitfadengestützten Expertenbefragung* 723  
**Christian Schmidt, Peter Buxmann, Zbynek Sokolovsky**

*MiFID-Readiness - Die Umsetzung der MiFID „Markets in Financial Instruments Directive“ in der deutschen Finanzindustrie* 741  
**Peter Gomber, Markus Gsell, Claudia Reininger**

## **eLearning Geschäftsmodelle**

---

**Track-Chairs: Andrea Back, Michael H. Breitner, Uwe Hoppe,  
Wolfgang Kraemer**

*E-Learning-Geschäftsmodelle für Hochschulen. Entscheidungsunterstützung bei der strategischen Positionierung* 761

**Jan vom Brocke, Christian Buddendick**

*Ein Ansatz zur prozessorientierten Evaluation von Learning Management Systemen* 779

**Michael Luther, Matthias Trier**

*Modellbasiertes Curriculum-Design für Learning Management Systeme: Ein Integrationsansatz auf Basis von ARIS und IMS Learning Design* 795

**Guido Grohmann, Wolfgang Kraemer, Frank Milius, Volker Zimmermann**

*Einflussfaktoren für den Einsatz von Customer Focused E-Learning* 813

**Kai-Uwe Götzelt, Susanne Robra-Bissantz**

## **Elektronische Märkte und elektronische Verhandlungen**

---

**Track-Chairs: Michael Rebstock, Mareike Schoop, Rudolf Vetschera**

*Strategisches Gebotsverhalten in Name-Your-Own-Price-Auktionen* 833

**Oliver Hinz**

*Design von Reputationssystemen in Online-Auktionen - Eine vergleichende Marktanalyse* 851

**Kai Riemer, Dorothee Korn**

## **eMedia**

---

**Track-Chairs: Thomas Hess, Konrad Hilbers, Matthias Schumann**

*Intermediation in der TV-Branche: TV-Sender als Auslaufmodell?* 871

**Thomas Wilde, Konrad Hilbers, Thomas Hess**



## **eServices: Anwendungen, Technologien und Management**

---

**Track-Chairs: Martin Bichler, Peter Buxmann, Lutz Heuser**

*Optimized Dynamic Allocation Management for ERP Systems and Enterprise Services* 891

**Valentin Nicolescu, Martin Wimmer, Raphael Geissler, Daniel Gmach, Matthias Mohr, Alfons Kemper, Helmut Krcmar**

*Analyse des Beitrages von Axiomatic Design zum Entwurf Serviceorientierter Architekturen* 909

**René Fiege, Dirk Stelzer**

*Services and resource profiles as metrics for the allocation of IT infrastructure costs* 927

**Reinhard Brandl**

## **Informationsmanagement in der Energie- und Umweltinformatik**

---

**Track-Chairs: Wolf Fichtner, Wolfram Münch, Axel Tuma**

*TOP-Energy - Ein Framework für Softwarelösungen in der Energietechnik* 947

**Gregor Wrobel, Stefan Herbergs, Eckardt Augenstein**

*MDA-basierte Kopplung heterogener Informationssysteme im EVU-Sektor – ein Framework* 955

**Mathias Uslar, Niels Streekmann, Sven Abels**

## **Rechtsfragen der Informationsgesellschaft**

---

**Track-Chairs: Thomas Dreier, Rupert Vogel, Andreas Wiebe**

*IT-Systeme in der Rechnungslegung und entsprechende Prüfungsanforderungen - Rechtliche Rahmenbedingungen: Aktueller Stand und Perspektiven* 985

**Elizaveta Kozlova, Ulrich Hasenkamp**

**Autorenverzeichnis** 1003



## **Einführung in den Track**

### **eLearning: Anforderungen an das Content Management**

**Prof. Dr. Eric Schoop**

Technische Universität Dresden

**Dr. Martin Wessner**

Fraunhofer IPSI, Darmstadt

**Prof. Dr. Udo Winand**

Universität Kassel

Für das World Wide Web aufbereitete eLearning-Inhalte basieren heutzutage auf vielfältigen Technologien. Für die Erstellung, Pflege und Verwaltung von eLearning-Inhalten werden unterschiedlichste Methoden und IT-Systeme (Learning Content Management Systeme, Learning Management Systeme, WBT-Systeme, Autorensysteme, Wiki-Systeme) eingesetzt. Funktionalitäten von Content Management Systemen, die mittlerweile in unterschiedlichste für das eLearning einsetzbare IT-Systeme integriert sind, tragen erheblich zum wirtschaftlichen Umgang mit eLearning-Inhalten bei. Die Wirtschaftlichkeit des eLearnings sowie der Schutz von in eLearning-Content getätigten Investitionen wird von verschiedensten Faktoren beeinflusst, hierzu gehören u. a. Content-Engineering-Methoden, eLearning-Standards, der zweckgemäße Einsatz von IT-Systemen, die IT-Systeme selbst sowie Abhängigkeiten zwischen eLearning-Inhalten und IT-Systemen. Die Einhaltung internationaler eLearning-Standards kann die Interoperabilität von eLearning-Systemen bis zu einem bestimmten Grad ermöglichen, so dass eLearning-Inhalte in unterschiedlichen Systemumgebungen mehrfach genutzt werden können. Hinsichtlich der Produktion, Pflege und Weiterentwicklung von eLearning-Inhalten existieren hingegen in der Regel starke Abhängigkeiten zu IT-Systemen, so dass Migrationen hin zu anderen Produktionssystemen extrem aufwendig sein können. Für die Sicherstellung einer permanent hohen Qualität von eLearning-Produkten sind zudem IT-gestützte und organisatorische Qualitätsmanagement- und Qualitätssicherungsmaßnahmen bedeutsam.

## **Programmkomitee**

Beate Bruns, time4you

Dr. Svenja Hagenhoff, Universität Göttingen

Prof. Dr. Thorsten Hampel, Universität Paderborn

Dr. Tilman Kuchler, IMC

Dr. Jan Pawlowski, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Eric Schoop, Technische Universität Dresden

Dr. Martin Wessner, Fraunhofer IPSI

Prof. Dr. Udo Winand, Universität Kassel

# **Mass Customization und Serviceplattformstrategien im Blended Learning Engineering**

**- konzeptionelle Grundlagen und evaluationsgestützte Erfahrungen**

Roland Gabriel

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
Ruhr-Universität Bochum  
44780 Bochum  
rgabriel@winf.rub.de

Martin Gersch

Competence Center E-Commerce  
Ruhr-Universität Bochum  
44780 Bochum  
martin.gersch@rub.de

Peter Weber

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
Ruhr-Universität Bochum  
44780 Bochum  
peter.weber@rub.de

## **Abstract**

Wie können Universitäten Lern-Services anbieten, die bei einer konsequenten Zielgruppenorientierung (bis hin zur Lernindividualisierung) auch unter Kostengesichtspunkten wettbewerbsfähig realisierbar bleiben und damit didaktische und ökonomische Zielsetzungen erfolgreich zu integrieren vermögen? Der vorliegende Artikel zeigt mit dem Konzept der Mass Customization auf der Grundlage einer Serviceplattformstrategie eine auf hybride Lernarrangements ausgerichtete Möglichkeit hierzu auf und entwickelt entsprechende Standardisierungs- und Individualisierungsoptionen für das Blended Learning Engineering. Erste Evaluationsergebnisse entsprechend realisierter Lernarrangements bestätigen die konzeptionellen Überlegungen.

## **1 Eine sich transformierende Branche als Bezugsrahmen**

Das Bildungswesen ist aktuell massiven Einflüssen ausgesetzt, die schon jetzt zu nachhaltigen Änderungen der Wertschöpfungs- und Wettbewerbsstrukturen führen. Zahlreiche neue (z.T. konsekutive) MBA-Studiengänge, die Einführung von Studiengebühren, die Vereinheitlichung von universitären Abschlüssen im Rahmen des Bologna-Prozesses, die Entwicklungen hin zu einem „lebenslangen Lernen“ sowie die Ausstattung der Universitäten mit Globalhaushalten veranschaulichen diesen Transformationsprozess für den Hochschulbereich eindringlich.<sup>1</sup> Unter anderem wird vor diesem Hintergrund, aus der Hoffnung heraus, eine größere Orts- und Zeitunabhängigkeit der Lehre sowie höhere Lernerfolge und mehr Lernzufriedenheit gewährleisten zu können, der Einsatz von E-Learning von zahlreichen Akteuren aktiv vorangetrieben, da sich diese hiervon einen Wettbewerbsvorteil versprechen bzw. hierin einen unverzichtbaren Schritt im Rahmen ihres Flexibilitätsmanagements sehen. Dem E-Learning fällt auch deshalb eine besondere Rolle zu, weil in Bezug auf die Leistungsdimensionen des Absatzobjektes Bildung<sup>2</sup> zum einen ein verbessertes Leistungsergebnis erreichbar erscheint (höherer Lernerfolg und größere Lernzufriedenheit), gleichzeitig aber auch ein unter Kostengesichtspunkten optimierter Leistungserstellungsprozess bzw. eine effizientere Bereitstellungsleistung diskutiert wird.

## **2 Mass Customization im Rahmen eines Blended Learning Engineering**

Die in zahlreichen Veröffentlichungen und Konferenzdiskussionen angeführten Erfahrungen mit E-Learning und Blended Learning lassen vermuten, dass die für andere Branchen diskutierten generischen Wettbewerbsstrategien – entweder über einen nutzenbezogenen Differenzierungsvorteil oder über einen effizienzbezüglichen Kostenvorteil zu verfügen – auch im Bereich

---

<sup>1</sup> Branchentransformation bezeichnet den ergebnisoffenen Wandel einer Branche in einen veränderten Zustand und ist zu verstehen als eine Stufe im Rahmen einer branchenspezifischen E-Business-Entwicklung, die sich insbesondere durch tief greifende Änderungen der Markt-, Wettbewerbs- und Wertschöpfungsstrukturen auszeichnet [GeGo04, 1529ff.]; [Deis00, XVII].

<sup>2</sup> Die Unterscheidung der bei allen Leistungen identifizierbaren Leistungsdimensionen Bereitstellungsleistung, Leistungserstellungsprozess und Leistungsergebnis geht zurück auf Werner H. Engelhardt [Enge66] und hat insb. im Rahmen des Dienstleistungsmanagements eine starke Verbreitung gefunden. Die einzelnen Dimensionen sollen nach Engelhardt, Reckenfelderbäumer & Kleinaltenkamp [EnKR93] dabei wie folgt verstanden werden: Die Bereitstellungsleistung ist die Kombination der internen Potenzial- und Verbrauchsfaktoren, die eine Leistungserstellung ermöglicht. Der (finale) Leistungserstellungsprozess stellt die durch die Aktivierung dieser Bereitstellungsleistung ausgelöste Tätigkeit dar, bei der interne und gegebenenfalls externe Faktoren in einen Produktionsprozess integriert werden. Das Leistungsergebnis schließlich ist das Ergebnis des Leistungserstellungsprozesses, das geeignet ist, einen Nutzen für den Nachfrager zu stiften.

der Bildung relevant sind. Hieraus leitet sich vermeintlich das Erfordernis ab, als Bildungsanbieter entweder die eine oder die andere Strategierichtung für sich in Anspruch zu nehmen und die eigenen Lern-Services konsequent auf Kostenvorteile oder auf nutzenbezogene Differenzierungsvorteile auszurichten. Wie Frank Piller und Kathrin Möslin für den Bereich der Management Education zeigen, wird in der Praxis jedoch vielfach weder die eine noch die andere strategische Ausrichtung verfolgt, sondern statt dessen einem „Paradoxon“ Vorschub geleistet, welches sich durch auf formale Marktstandards ausgerichtete Leistungsergebnisse (z.B. in Form international vereinheitlichter Abschlüsse) in Verbindung mit zwar vermeintlich hoch flexiblen, aber auch kostenintensiven Leistungserstellungsprozessen auszeichnet [PiMö02]. Augenscheinlich werden die beiden Ausrichtungen in diesen Fällen in einer geradezu nachteiligen Weise kombiniert. Weder durch Standardisierung ermöglichte Kostenvorteile werden erzielt, noch werden Differenzierungsvorteile, die die aktuell aufwendig anmutenden Leistungserstellungsprozesse eigentlich vermuten lassen, nachhaltig realisiert und/oder kommuniziert. Statt jedoch der Fokussierung einer der generischen Strategiealternativen das Wort zu reden, wird nachfolgend eine komplementäre Kombination beider Strategierichtungen vorgestellt, die das aktuelle (Miss-)Verhältnis von Leistungserstellung und Leistungsergebnis konsequent neu interpretiert. Hierbei werden Lernangebote als Services interpretiert, Erkenntnisse der „integrativen Leistungslehre“ adaptiert sowie Erfahrungen aus anderen Servicebranchen genutzt. Eine aus Anbietersicht (teilweise) standardisierte Bereitstellungsleistung und Leistungserstellung wird mit einer zielgruppendifferenzierten Leistungsangebots(re)konfiguration auf der Grundlage so genannter „Serviceplattformen“<sup>3</sup> und einem, soweit möglich und sinnvoll, individualisierten Leistungserstellungserlebnis durch den Nachfrager verbunden. Auch die in Abschnitt 3 dargestellten Evaluationsergebnisse entsprechend realisierter Lernarrangements stützen die bereits in anderen Serviceindustrien berichteten Erfahrungen, dass Standardisierung und Differenzierung/Individualisierung keineswegs unvereinbare Gegensätze darstellen. Weiterhin kann Standardisierung regelmäßig sogar mit einer – auch durch den Nachfrager empfundenen – Qualitäts-

---

<sup>3</sup> Die Diskussion von „Plattformstrategien“ hat ihren Schwerpunkt im industriellen Bereich. Erste Übertragungen auf Services lassen aber ein großes Anwendungspotenzial auch im Servicebereich vermuten. Stauss charakterisiert in Anlehnung an Meyer und Lehnerd Serviceplattformen als entwickelte Sets von optionalen Teilelementen/-systemen und Schnittstellen, die eine mehrfach verwendbare Struktur bilden auf deren Grundlage immer wieder differenzierte Leistungsangebote effizient und effektiv entwickelt und realisiert werden können [Stau06, 322ff.]; [MeLe97]. In Abschnitt 2.2 wird die Plattformstrategie am Beispiel entwickelter Lehrveranstaltungstypen konkretisiert.

steigerung des Leistungsangebotes einhergehen.<sup>4</sup> Eine zielgerichtete Standardisierung von Teilleistungen und Teilprozessen im Rahmen einer speziell auch didaktisch fundierten Modularisierungsstrategie offenbart derartige Möglichkeiten, zielgruppenspezifische oder gar individualisierte Lern-Services auch unter Kostengesichtspunkten wettbewerbsfähig zu realisieren und die generischen wettbewerbsstrategischen Ansätze auch im Bildungsbereich zu verbinden.

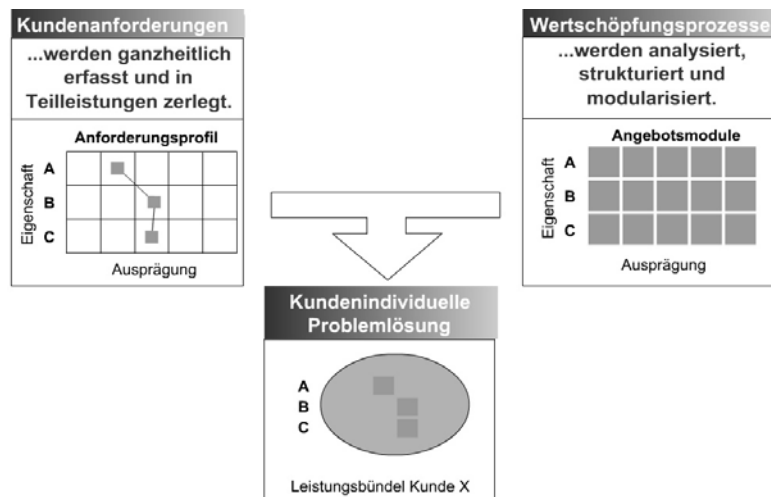


Abb. 1: Kundenindividualisierte Leistungen auf Basis modularisierter Wertschöpfungsprozesse [WeWe00, 480]

Der im Folgenden dargestellte Lösungsansatz baut auf einer standardisierten Vorgehensweise bei der Lernmodulproduktion auf, mit deren Hilfe aufeinander abgestimmte, strukturell ebenfalls standardisierte Lernobjekte erstellt werden, die im Prozess des didaktischen Designs<sup>5</sup> mit weiteren Komponenten und insbesondere auch externen Faktoren<sup>6</sup> zu zielgruppenspezifischen Leistungsbündeln verknüpft werden. Hierdurch wird mit Hilfe einer Modularisierung der Anteil vielfach verwendbarer Komponenten erhöht und zugleich über das didaktische Potenzial des Blended Learning eine negativ empfundene Standardisierung auf Seiten der Nachfrager ver-

<sup>4</sup> Vgl. die in der Literatur dokumentierten Ergebnisse zum Beispiel im Bereich von Hotels, Restaurants sowie weiteren klassischen Dienstleistungen, z.B. bei: [BePa91]; [Hill88]; [Shos84]; [FiHH01]; [MeDo98]. Aktuell scheinen ähnliche Erfahrungen auch auf Seiten von deutschen Krankenhäusern gemacht zu werden, die nach einer Privatisierung mit anschließender Geschäftsprozessstandardisierung eine bis zu 30% Kostensenkung mit gleichzeitig deutlich verbesserten Kennziffern in Bezug auf Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheit aufweisen können [Rhön05].

<sup>5</sup> Didaktisches Design als didaktisch ausgerichteter Gestaltungsprozess berührt „den Lernprozess, die Lernzeit und den Lernort, die Lehrenden und Lernenden sowie die eingesetzten Medien. Diese Gesamtheit wird in der Regel als Lernarrangement bezeichnet.“ Didaktisches Design betrifft also in erster Linie Planung, Durchführung und Nachbereitung eines Lernangebotes“ [Trie05].

<sup>6</sup> Externe Faktoren sind Faktoren, „... die zeitlich begrenzt in den Verfügungsbereich eines Dienstleistungsanbieters gelangen und mit den internen Produktionsfaktoren in einen Verarbeitungsprozess integriert werden. Mögliche externe Faktoren sind z.B. Personen (Nachfrager oder seine Mitarbeiter), Objekte, Tiere, Rechte, Nominalgüter und/oder Informationen. [EnKR93, 401].



mieden. Nachfolgend werden nun jeweils exemplarische Standardisierungs- und Individualisierungsansätze aufgezeigt. Abbildung 1 zeigt das Grundprinzip der Erstellung kundenindividueller Leistungen auf der Basis modularisierter Wertschöpfungsprozesse.

## **2.1 Standardisierung von Leistungserstellungsprozessen und Elementen der Bereitstellungsleistung**

Eine Umsetzungsmöglichkeit soll am Beispiel einer konkreten universitären Veranstaltung aufgezeigt werden. Es handelt sich hierbei um eine Hauptstudiumsveranstaltung einer deutschen Universität in den Schwerpunktbereichen Marketing/Wirtschaftsinformatik, die sich inhaltlich den ökonomischen Konsequenzen von Digitalisierung und Vernetzung widmet und in Bezug auf das didaktische Konzept ein hybrides Setting aufweist, welches über eine Lernplattform koordiniert wird. Es werden unter anderem verschiedene Web-Based-Trainings (WBTs) verwendet, die in Abhängigkeit des Verwendungszeitpunktes und des thematischen Ankers unterschiedliche Einsatzzwecke verfolgen und daher in unterschiedliche Lernkontexte eingebettet sind.<sup>7</sup> Die Veranstaltung ist dabei in einem größeren Gesamtzusammenhang zu sehen, da die verwendeten Lernmodule und Fallstudien als wichtige Teile der (E-Learning-) Bereitstellungsleistung im Rahmen eines durch das BMBF geförderten Projektes vorproduziert wurden.<sup>8</sup>

Die Erläuterung folgt der bereits angesprochenen Unterscheidung der Leistungsdimensionen Bereitstellungsleistung, Leistungserstellungsprozess und Leistungsergebnis, die sich bei jeder Art von Leistungserstellung identifizieren lassen und insbesondere im Bereich Services einen gut geeigneten Strukturierungsansatz repräsentieren. Es werden zudem explizit sowohl die vornehmlich auf Qualitätsdimensionen und somit indirekt auf mögliche Differenzierungsvorteile abzielende Nachfragerperspektive,<sup>9</sup> als auch die Anbieterperspektive als eher kostenorientiertes

---

<sup>7</sup> Dieser Aspekt wird im weiteren Verlauf des Beitrags noch näher erläutert.

<sup>8</sup> In diesem Verbundprojekt mehrerer deutscher Universitäten wurde ein umfassender Pool an WBTs und Fallstudien erstellt, der nun von jedem Partner für eigene Lehrveranstaltungen genutzt werden kann. Die Spannbreite der Inhalte ist dabei so groß, dass ein äußerst flexibles Repertoire zur Anreicherung und Unterstützung von Lehrveranstaltungen besteht.

<sup>9</sup> Als Ausgangspunkt der Qualitätsforschung wird häufig das Confirmation / Disconfirmation-Paradigma (CD-Paradigma) genannt, welches Qualität auf einen Vergleich der tatsächlichen Erfahrung eines Kunden bei Inanspruchnahme einer Leistung (Ist-Leistung) mit seinem Erwartungsniveau (Soll-Leistung) zurückführt. Somit ist der Abgleich von Standardisierungserwartung und erlebter Standardisierung durch den Bildungsnachfrager im vorliegenden Anwendungsfall als ein wichtiges qualitätsbildendes Element zu betrachten. Vgl. hierzu u.a. [Flie06, 136ff.]; [Gers95]; [HoSt05]; [StHe92]; [ZeBP88].

Pendant berücksichtigt. Durch diese integrierte Betrachtung der Anbieter- und Nachfragerperspektive sind die beiden Hauptansatzpunkte der Porterschen Strategiealternativen – Qualität und Kosten – interdependente Teile des Konzepts und Rückgrat der Mass Customization-Strategie.<sup>10</sup> Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Ebenen, an denen die nachfolgend exemplarisch dargestellten Standardisierungen und Individualisierungen ansetzen.

Standardisierung	Ebene	Individualisierung
Konzipierung von Veranstaltungsgrundtypen als Serviceplattformen	<b>Veranstaltungen</b>	Kombination der Veranstaltungsphasen; Individualisierung des Ablaufs, auch durch Einfluss der externen Faktoren
Standardisierte Abläufe und Vermittlungskomponenten innerhalb von Teilarrangements mit spezifischen Lernzielen	<b>Veranstaltungsphasen</b>	Zielgruppenorientierte Kombination der Komponenten; Ergänzung durch individuelle Leistungskomponenten; konstruktivistische Lernprozesse bei Fallstudienbearbeitung
Vereinheitlichung von Aufbau, Bedienung, Design und technischen Schnittstellen; Vorgabe eines didaktischen Modells	<b>Komponenten</b> (hier WBTs)	Eigenindividualisierung der Lernpfade; Eigenindividualisierung durch Wahl der Vermittlungsalternative bzw. der in Anspruch genommenen WBTs

Tab. 1: Ebenen der Standardisierung und Individualisierung

Ein wichtiger Ansatzpunkt der Standardisierung im Rahmen der Bereitstellungsleistung auf Komponentenebene bezieht sich auf die WBTs, somit auf einen wesentlichen Träger der Wissensvermittlung in den späteren Leistungsangeboten (Lernarrangements). Sowohl der Produktionsprozess als auch die Struktur sowie die enthaltenen Elemente der WBTs selbst wurden standardisiert, so dass konzeptionell sowohl eine Prozessstandardisierung des Erstellungsvorganges als auch eine Ergebnis(teil-)standardisierung vorgenommen wurde. Indirekt werden darüber hinaus zum Beispiel durch die Interfacegestaltung sowie die ermöglichten Lernpfade durch die WBTs auch spätere Nutzungsprozesse sowie die Eingriffs- und Gestaltungsmöglichkeiten des externen Faktors mehr oder minder stark standardisiert. In Bezug auf die Prozessstandardisierung ist hier die Unterscheidung von Bereitstellungsleistung und finaler Leistungserstellung von hoher Bedeutung, da sich die Leistungserstellung aufgrund der Beteiligung der Studierenden als

<sup>10</sup> Das aus den Begriffen Mass Production und Customization zusammengesetzte Oxymoron Mass Customization [Pine93] bezeichnet ein – zumeist technologisch gestütztes – Konzept zur Auflösung der u.a. von Michael Porter postulierten und für viele Branchen über lange Zeit nicht angezweifelte Gegensätzlichkeit der generischen Wettbewerbsstrategien Kostenführerschaft oder Differenzierung [Port99]; [PiSc99, 1114f.]. Kunden(gruppen) differenzierte Leistungsangebote werden durch Mass Customization zu einem der Massenproduktion vergleichbarem Kostenniveau realisiert und angeboten. Für eine ausführliche Darstellung sei insbesondere verwiesen auf [Pill06].

hoch integrativer Prozess darstellt, so dass die Standardisierungspotenziale speziell auch von der Gleichförmigkeit der externen Faktoren abhängen.<sup>11</sup> So fällt auch im vorliegenden Fall die Prozessstandardisierung im Rahmen der autonomen Bereitstellungsleistung deutlich intensiver aus als die der späteren Durchführung des Lernarrangements beziehungsweise der ermöglichten Lern-/Nutzungspfade durch den Nutzer, die aber dennoch ebenfalls eine Determinierung erfahren. Der Lernmodulproduktionsprozess besteht im Wesentlichen aus den folgenden drei Schritten:

- Zunächst wird auf der Basis der verfügbaren Rohmaterialien eine *Inhaltsskizze* erstellt, die den Inhalt eines WBT kurz zusammenfasst, das WBT in den Gesamtkontext der verfügbaren Selbstlerneinheiten einordnet und grundlegende didaktische Optionen und Entscheidungen, wie z.B. Lernziele, die verwendeten Darstellungsformen, vorgesehene Abbildungen, Animationen oder Videos aufzeigt.
- Die *Feingliederung* als zweiter Schritt dient der Strukturierung der Inhalte entsprechend der Vorgaben des didaktischen Modells, welches im konkreten Anwendungsfall für alle WBT-Autoren verbindlich festgelegt wurde. Die Inhalte werden disaggregiert und jeweils einem bestimmten Komponententyp zugeordnet. Die Feingliederung dient gleichzeitig als Statuskontrolle im Rahmen kooperativer Produktionsprozesse, da z.B. die Produktion von Animationen, Abbildungen und Videos Spezialisten übertragen worden ist, die durch Drehbücher gesteuert werden.
- Auf der Basis der Feingliederung werden anschließend die *Komponenten* produziert, d.h. die Inhalte geschrieben, Multimediaelemente erstellt und die einzelnen Elemente zu Kernaussagen, Vertiefungen, Beispielen, Übungen oder Lernkontrollen zusammengefügt. Jede Komponente verfügt über eine spezifische, im didaktischen Modell festgelegte Position und Funktion, so dass grundsätzlich eine (Re-)Kombination der einzelnen Komponenten zu neuen WBTs möglich ist.<sup>12</sup> Um eine Einhaltung der Vorgaben zu erreichen, wird jede Stufe des Produktionsprozesses

---

<sup>11</sup> Diesbezüglich wird in der Literatur kontrovers diskutiert, ob autonome Prozesse einfacher zu standardisieren seien als integrative Prozesse. Für eine kritische Diskussion vgl. u.a. [Flie06, 170ff.]; [Gers95, 29ff.].

<sup>12</sup> Es sei jedoch betont, dass dieses Potenzial nur in Grenzen und nur bei einer ausreichenden didaktischen Kontrolle und ggf. Anpassung der Komponenten nutzbar ist, um nicht die Konsistenz der Selbstlerneinheiten zu gefährden.

durch einen zweiten Modulautor begleitet („Vier-Augen-Prinzip mit Coaching-Effekt“).

Im Prozess des didaktischen Designs werden die WBTs mit anderen Komponenten und Elementen der traditionellen Lehre zu Lernarrangements kombiniert. Die Standardisierung der WBTs bezieht sich vornehmlich auf die enthaltenen Komponenten, die Bedienung, das Design, die technischen Schnittstellen sowie das didaktische Modell (u.a. ermöglichte Lernpfade, Navigationsmöglichkeiten sowie zum Teil alternative Formen der Wissensaneignung) und betrifft sowohl die Anbieter- als auch die Nachfragerperspektive. Wie bereits dargelegt wurde, gilt es bei einer nachfrageorientierten Betrachtung die Standardisierungserwartungen sowie die tatsächlich erlebte Standardisierung der Nachfrager zu berücksichtigen, um die integrativen Leistungserstellungs- und Nutzungsprozesse sowie die angebotenen Leistungs(teil)ergebnisse hierauf abstellen zu können. Wie noch anhand der Evaluationsergebnisse gezeigt wird, empfinden die Studierenden beispielsweise die Standardisierung der WBT-Struktur als äußerst positiv. Ein wichtiger Grund hierfür dürfte in der kognitiven Belastung der Lernenden durch die neue Form des Lernens liegen. Die Nutzung der WBTs muss daher schnell zur Selbstverständlichkeit werden können, was durch Standardisierung gefördert wird.

Die Standardisierung auf Ebene der Veranstaltungsphasen bezieht sich auf eine idealtypische Vorkombination von Leistungskomponenten, die als Teilarrangements bestimmte Zielsetzungen und Abläufe repräsentieren. So ist beispielsweise bei Beginn insbesondere interdisziplinärer Veranstaltungen häufig eine Phase erforderlich, die es den Studierenden der verschiedenen Vertiefungsrichtungen erlaubt, das Basiswissen der einzelnen Teildisziplinen auszubauen. Hierzu bietet sich ein Teilarrangement mit schwerpunktmäßigem Selbststudium an, bei dem z.B. WBTs die Grundlageninhalte zeit- und ortsunabhängig bereitstellen und Diskussionsforen zur Klärung von Fragen verfügbar sind, die tutoriell aktiv betreut werden. Im weiteren Verlauf der Veranstaltung bzw. in Veranstaltungen mit anderen Zielsetzungen, bei denen eine problemorientierte Auseinandersetzung mit praxisnahen Fragestellungen in Gruppenarbeit im Vordergrund stehen soll, bietet sich die Verwendung einer speziell kollaborativen Veranstaltungsphase an, die mit Hilfe multimedialer Fallstudien eine aktive Wissenskonstruktion, losgelöst von objektiven Wissensbeständen fördert [Löbl06]. Im weiteren Verlauf des Beitrags wird ein Beispiel für ein dreigeteiltes Lernarrangement dargestellt – hierbei werden beispielhaft drei aufeinander aufbauenden Veranstaltungsphasen skizziert.

Auf Veranstaltungsebene schließlich stellen die Veranstaltungsgrundtypen als Serviceplattformen die Grundlage für verschiedene Leistungsangebote dar. Sie setzen sich aus idealtypischen Veranstaltungsphasen, Leistungspotenzialen (WBTs, Fallstudien, Vortragsaufzeichnungen, Betreuung, usw.), Prozessen und Schnittstellen zusammen, die gemeinsam die Grundlage zur Entwicklung und Realisierung immer wieder differenzierter Leistungsangebote darstellen.

## **2.2 Didaktisches Design und Individualisierung im Blended Learning Engineering auf der Grundlage von Serviceplattformstrategien**

Blended Learning wird hier verstanden als ein Konzept, das die Möglichkeiten der Digitalisierung und Vernetzung u.a. über Internet oder Intranet mit klassischen Lernformen und -medien in einem zielgerichteten Lernarrangement verbindet [SaSB04, 68].<sup>13</sup> Das anerkannte didaktische Potenzial von Blended Learning kennzeichnet im vorliegenden Kontext aber nicht nur die zielgerichtete Kombination von E-Learning und Präsenzlehre oder die Integration methodischer Ansätze wie etwa Selbststudium und gruppenbasiertes Lernen, sondern auch die Zusammenführung von standardisierten Teilleistungen mit – zum Teil auch persönlichen – Interaktionsprozessen im Rahmen der integrativen Leistungserstellung, die in Summe das Leistungsbündel des Lernarrangements ausmachen. Der hier verwendete Begriff des Blended Learning Engineering adaptiert ein Verständnis von Software Engineering, das von Helmut Balzert als „zielorientierte Bereitstellung und systematische Verwendung von Prinzipien, Methoden und Werkzeugen für die arbeitsteilige, ingenieurmäßige Entwicklung und Anwendung von umfangreichen Software-Systemen“ definiert wird [Balz00, 36].<sup>14</sup> Der Begriff Blended Learning Engineering kann somit wie folgt konkretisiert werden:

- Im Mittelpunkt steht die zielorientierte Bereitstellung<sup>15</sup> und systematische Verwendung von Prinzipien (hier u.a. Mass Customization und Serviceplattformstrate-

---

<sup>13</sup> Der Begriff „hybrides Lernarrangement“ wird vorliegend als Synonym für den Begriff „Blended Learning-Arrangement“ verwendet. Der Begriffsbestandteil ‚hybrid‘ bringt dabei den Kerngedanken des Blended Learning zum Ausdruck.

<sup>14</sup> Anzumerken ist, dass Balzert mit dem Zitat den deutschen Begriff des Software Engineering („Software Technik“) definiert.

<sup>15</sup> Die Zielorientierung erfolgt im Hinblick auf die Dimensionen Kosten, Zeit, Qualität und/oder Flexibilität.

gien), Methoden und Werkzeugen, für die Entwicklung und Realisierung hybrider Lehr- und Lernangebote.

- Die Entwicklung und Durchführung von hybriden Lernarrangements können als systematische, arbeitsteilige Prozesse betrachtet werden, die eine streckenweise gleichförmige Realisierung zulassen.

Die Zusammenführung der Komponenten spielt eine zentrale Rolle, da hier Sorge dafür zu tragen ist, dass das zu konzipierende Lernarrangement – auf wettbewerbsfähigem Kostenniveau – den Qualitätsansprüchen der Studierenden gerecht wird und sich möglichst positiv von konkurrierenden Angeboten abhebt. Dieser Prozess kann aufgrund seiner Vielseitigkeit und Komplexität im Detail nicht Gegenstand dieses Beitrags sein. Es geht zunächst vielmehr um die Verdeutlichung von Optionen und um den Nachweis, dass bei dem gewählten didaktischen Design das dargestellte Standardisierungskonzept mit seinen skizzierten Möglichkeiten tatsächlich keine negativen Auswirkungen auf die Qualitätseinschätzung der Studierenden hat. Die Zusammenführung der modularisierten Teilleistungen stellt zudem nur ein Individualisierungsinstrument neben weiteren dar, die im Folgenden aufgezeigt werden. Abbildung 2 illustriert exemplarisch das Ergebnis eines Designprozesses in Form der Konzeptdarstellung einer hybriden Veranstaltung, um die vielfältigen Möglichkeiten zur Kombination der einzelnen Komponenten und Elemente sowie die daraus resultierenden Individualisierungspotenziale anzudeuten. Auch die bereits dargestellten Ansatzpunkte der Standardisierung können auf diese Weise noch einmal in einem konkreten Kontext nachvollzogen werden. Das realisierte Lernarrangement besteht aus insgesamt drei Phasen, die sich hinsichtlich der angestrebten Lernprozesse als „Individuelles Lernen“, „Tutoriell unterstütztes Lernen“ und „Kooperatives Lernen“ charakterisieren lassen. Jede der drei Phasen beinhaltet entsprechend des vorgesehenen Verwendungszwecks unterschiedliche Komponenten, die zudem eine zielgerichtete Gewichtung aufweisen. In der Phase des individuellen Lernens, die auf eine Angleichung der Wissensstände der aus verschiedenen Schwerpunktbereichen stammenden Studierenden abzielt, stehen beispielsweise, im Gegensatz zur Phase des tutoriell unterstützten Lernens, die WBTs im Vordergrund, während anschließend schwerpunktmäßig die Vorlesungen, ergänzt durch eine über eine Lernplattform (LP) tutoriell unterstützte Lernmodulbearbeitung, der Erarbeitung neuer Inhalte dienen. In der dritten Phase können die behandelten Inhalte der Veranstaltung durch die Studierenden anhand zusätzlicher WBTs zur Prüfungsvorbereitung vertieft werden und es werden mit Hilfe einer multimedialen Fallstudie kooperative Lernprozesse angestoßen, die im Sinne des konstruktivistischen Lernpa-

radigmas eine aktive Wissenskonstruktion fördern und damit für einen Teil des Lernarrangements die Lernprozesse und den Lerngegenstand individualisieren.<sup>16</sup>

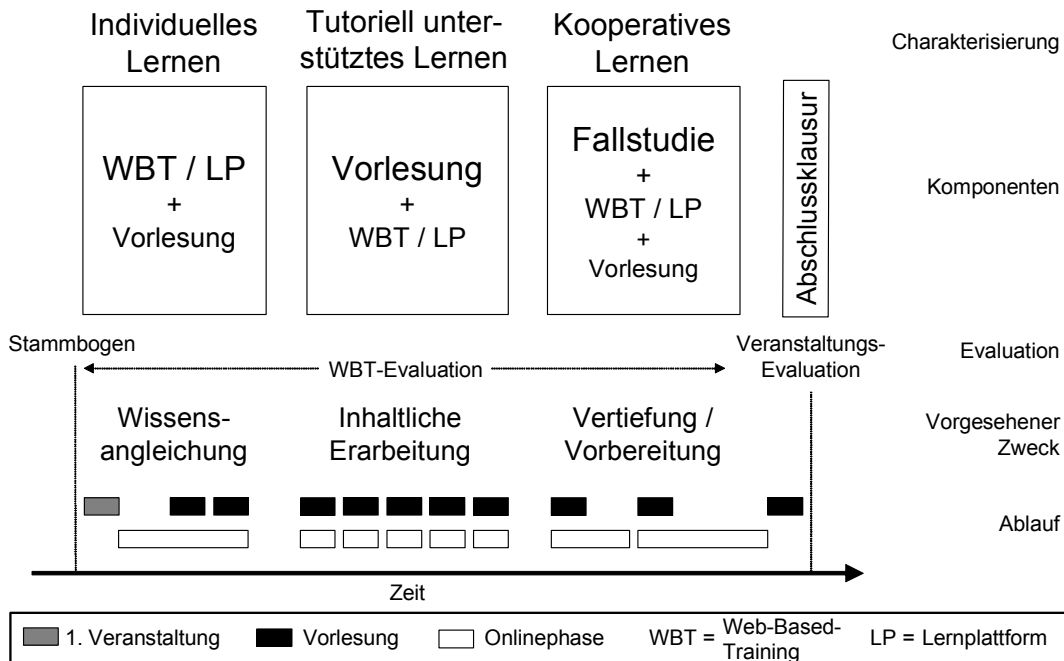


Abb. 2: Konzeptdarstellung Lernarrangement „Blended Learning/Lernaktive Vorlesung“

Die vornehmlich ökonomisch begründete Standardisierung kann bei dem vorgestellten Konzept der Mass Customization insbesondere mit didaktisch geprägten Individualisierungsmöglichkeiten kombiniert werden, die sowohl nachfragerseitig (Eigenindividualisierung) als auch anbieterseitig ansetzen:

#### Nachfragerseitige Eigenindividualisierung (Beispiele)

- Die Lernenden können die Lernpfade in Bezug auf die Auswahl und Reihenfolge der in Anspruch genommenen Informationsquellen weitgehend frei bestimmen. Vorgaben von Seiten der Lehrenden werden lediglich in Form von vorgegebenen Veranstaltungsphasen gegeben, die jeweils bestimmte inhaltliche Schwerpunkte

<sup>16</sup> Im Gegensatz zum Objektivismus, der von einer objektiven, erfahrbaren Wirklichkeit als Lerngegenstand ausgeht wird beim Konstruktivismus eine entsprechend der gesonderten Wahrnehmung eines jeden Individuums individuell konstruierte und interpretierte Realität unterstellt. Damit steht bei konstruktivistischen Lernumgebungen die Initiierung von Lernprozessen und nicht die Vermittlung konkreten Wissens im Vordergrund. Nach [Bolz02, 27] lässt sich ein starker Bezug zwischen den Forderungen des Konstruktivismus und den Stärken der Fallstudienmethode feststellen.

setzen und in Bezug auf den Veranstaltungsablauf spezifische Funktionen übernehmen (s. o.).<sup>17</sup>

- Ebenfalls obliegt es an verschiedenen Stellen den Lernenden selbst, die subjektiv hilfreichste Form der Inhaltsdarstellung aus einem Kanon alternativer Aufbereitungsvarianten zu wählen. Bei der vorliegenden Veranstaltung stehen im Wesentlichen WBTs, Aufsätze, Vorlesungen und Fachvorträge von externen Referenten zur Verfügung.
- Auch innerhalb der WBTs, die nach einem speziellen didaktischen Modell aufgebaut sind, können individuelle Lernpfade gewählt werden.<sup>18</sup>
- Darüber hinaus individualisieren die Lernenden bei der Bearbeitung der konstruktivistisch ausgestaltete Fallstudien Teile der Lernprozesse und des Lerngegenstands.<sup>19</sup>

#### *Anbieterseitige Individualisierung (Beispiele)*

- Die teilstandardisierten idealtypischen Lernarrangementphasen können entsprechend der Zielsetzungen der Lehrveranstaltung und auf der Grundlage entwickelter Veranstaltungsgrundtypen (Serviceplattformen) kombiniert werden.<sup>20</sup> Sie bestimmen so die Rahmenstruktur der Veranstaltung.

---

<sup>17</sup> So kann beispielsweise jeder Veranstaltungsteilnehmer in der Phase des individuellen Lernens eigenständig darüber entscheiden, welche Grundlagen er mit Hilfe der online zur Verfügung gestellten WBTs und Texte bearbeitet bzw. wiederholt. Die Präsenzveranstaltungen in dieser Veranstaltungsphase, in denen die Inhalte diskutiert und vertieft werden, helfen den Teilnehmern dabei, ihren eigenen Leistungsstand einzuschätzen und etwaige Lücken auszumachen. Bei ähnlichem Inhalt in verschiedener Aufbereitungsform (z.B. Text und WBT) ist dies kenntlich gemacht. Die Lernenden wählen die ihnen jeweils individuell geeignet erscheinende Lernform.

<sup>18</sup> Es handelt sich bei dem didaktischen Modell um den so genannten Kernaussagenansatz, der auf einem Set möglicher Modul-Komponenten basiert (Kernaussagen, Vertiefungen, Übungen, Beispiele, ...). Die jeweils in den Kernaussagen enthaltenen Inhalte können vom Lerner entsprechend seiner individuellen Neigungen durch Bearbeitung der optionalen Zusatzkomponenten hinterfragt bzw. vertieft werden. Die Komponenten repräsentieren dabei auch unterschiedliche Aufbereitungsformen. Zum Kernaussagenansatz siehe [GeMa03].

<sup>19</sup> Zu den Möglichkeiten konstruktivistischer Lernprozesse im Bereich der Managementlehre siehe [Löbl06].

<sup>20</sup> Vgl. zur Übertragbarkeit der „Plattformstrategien“ auf den Dienstleistungsbereich die Überlegungen in Abschnitt 2 sowie insb. [Stau06]. Bisher wurden von den Autoren drei Veranstaltungsgrundtypen im Detail entwickelt und eingesetzt [(1) „Lernaktive Vorlesung“; (2) „Fallstudienbasierte Übung“ und (3) „Medialisierte Vortrag“], die – gemeinsam mit einer Service-/Leistungsphilosophie – den Charakter von Serviceplattformen als systemische Grundlagen des Leistungsangebotes haben. Durch Modifikation der explizit vorgesehenen Gestaltungsdimensionen (z.B. einzel-/gruppenorientierte Aufgabenstellung; lokale, nationale oder internationale Zusammenarbeit; kollektiver oder kompetitiver Aufgabencharakter) lassen sich diese Serviceplattformen vielfach variieren. Das Konzept Mass Customization nutzt somit die Möglichkeiten der hiermit verbundenen Baukasten- / Modularisie-



- Innerhalb der Phasen eines Lernarrangements können wiederum die modularisierten Komponenten zielgruppenspezifisch kombiniert werden. Dabei kann nicht nur der Umfang und die inhaltliche Ausrichtung sondern auch die Auswahl der entsprechend der Zielgruppenanalyse adäquat erscheinenden Lernformen bestimmt werden.
- Auch auf der Ebene Leistungskomponenten wird durch eine Auswahl geeigneter Aufbereitungsformen eine Ausrichtung auf die Zielgruppe vorgenommen. So stehen die Fallstudien beispielsweise als reine Online-, aber auch als Hybridversionen zur Verfügung, wobei letztere vor allem auch Präsenzelemente in das Setting integrieren. Auf dieser Ebene findet somit auf Grundlage einer Zielgruppenanalyse eine Spezifizierung des Komponentenangebotes statt, wobei die Komponenten aber weiterhin – als wichtigen Konzeptbestandteil – zielgerichtet gestaltete Möglichkeiten für eine Eigenindividualisierung durch die Lernenden bieten.

### 3 Exemplarische Evaluationsergebnisse und Schlussfolgerungen

Für Veranstaltungen sowie einzelne Komponenten wurde ein dreischrittiges Evaluationsverfahren konzeptionell entwickelt und angewendet. Einer Erhebung der Stammdaten, Einstellungen und Erwartungen der Teilnehmer mit Hilfe eines Stammbogens zu Beginn des ersten Präsenztermins schließen sich Evaluationen der einzelnen verwendeten WBTs an. Abschließend wird nach Ablauf der Veranstaltung eine multiattributive merkmalsorientierte Qualitätsmessung des gesamten Lernarrangements und einzelner Leistungskomponenten durchgeführt. Die Ergebnisse aus dem Sommersemester 2005 zeigen deutlich das Potenzial der gewählten Vorgehensweise und sollen hier als erster Hinweis dafür dienen, dass das auf den ersten Blick effizienzorientierte Standardisierungskonzept zugleich auch einer nutzenbezogenen Wettbewerbsfähigkeit zuarbeitet bzw. dieser zumindest nicht im Wege steht.

Statement	Durchschnittswert*	Standardabw.
Ein Bezug zwischen Theorie und Praxis wurde hergestellt.	1,65	0,55
Ich lernte etwas Wichtiges.	1,53	0,73
Die Zusammenstellung der Themen war interessant.	1,61	0,72
Die Tatsache, dass Gastreferenten eingeladen wurden, finde ich gut.	1,35	0,55

rungslogik bei der (Re)Konfiguration und Realisierung konkreter Leistungsangebote auf der Grundlage derartiger „Serviceplattformen“.

Die Unterstützung der Veranstaltung durch Blackboard erleichtert das Lernen.	1,58	0,76
Ich würde Blackboard jederzeit wieder benutzen, wenn ich die Möglichkeit dazu hätte.	1,59	0,98
Die Vermittlung von Inhalten durch die bereitgestellten Lernmodule auf Blackboard fand ich gut.	1,52	0,63
Die Lernmodule konnten die Inhalte insgesamt nicht effektiv vermitteln.	3,19	0,70
Das eigenständige Erarbeiten von Inhalten mit Hilfe der Lernmodule hat mit gut gefallen und den Lernerfolg gefördert.	2,10	0,88
Den Anteil und die Bedeutung von Lernmodulen an der Veranstaltung war zu hoch.	2,90	0,84
Für jede Veranstaltung sollten zumindest ergänzend Lernmodule bereitgestellt werden.	1,87	0,86
Gesamtnote** für die Veranstaltung:	1,84	0,64
Gesamtnote** für den (die) Dozenten:	1,39	0,56
Die Veranstaltung hat mich inhaltlich interessiert.	1,48	0,57
Meine Einstellung zu E-Learning hat sich im Verlaufe der Veranstaltung positiv entwickelt.	1,87	0,85
Alter	25,71	2,30
Fachsemester	7,89	3,58
Lernmoduleevaluation (über alle bisherigen Veranstaltungen, Stand: Juli 2006)		
Gesamtnote**	2,35	(1243 Antw.)
Struktur des Lernmoduls**	2,15	(1227 Antw.)
Nachvollziehbarkeit der Inhalte**	2,20	(1242 Antw.)
* Zustimmung zum vorgegebenen Statement auf einer Skala von 1 bis 4 (1 = trifft voll zu ... 4 = trifft nicht zu), keine Antwort = Enthaltung		
** Gesamtnoten nach Schulnotensystem: 1 = sehr gut ... 6 = ungenügend		

Tab. 2: Evaluationsergebnisse des Lernarrangements aus dem SS 2005 (31 Teilnehmer)

Die Evaluationsergebnisse stützen die Ausgangsthese, Lern-Services durch einen zielgerichteten Standardisierungsansatz unter Nutzungsgesichtspunkten wettbewerbsfähig zu realisieren und zugleich durch die einhergehende Modularisierung ein Potenzial für eine nachhaltige Kostendegression aufzubauen. Moderne IT- und mediengestützte Lehre auf Seiten der Universitäten muss von Anfang an in ein Strategiekonzept eingekleidet werden, das den einzelnen Akteuren die notwendige Flexibilität erhält und zugleich auf die sich bereits deutlich abzeichnenden Konsequenzen des Transformationsprozesses der Branche Bildung abstellt. Mass Customization bietet, gerade in Kombination mit den Potenzialen von Blended Learning, große Möglichkeiten, ökonomische Vorteile unter didaktisch sinnvollen Prämissen zu erreichen. Der Forderung nach einem qualitätsorientierten Wettbewerb der Universitäten ist unbedingt zuzustimmen und es wurde mit dem Vorschlag einer Mass Customization bei Lern-Services auf der Basis von Serviceplattformen ein auf Standardisierungspotenziale ausgerichtetes Konzept hierfür vorgestellt. In einem nächsten Schritt beteiligen sich die Autoren auf der Basis der positiven Erfahrungen auf der Ebene der Einzelveranstaltungen an einem universitätsübergreifenden Projekt, welches die Grundidee des hier vorgestellten Ansatzes auf einen Studiengang überträgt und sich wiederum an konkreten Evaluationsergebnissen messen lassen wird.

## Literaturverzeichnis

- [Balz00] Balzert, Helmut: Lehrbuch der Software-Technik: Software-Entwicklung. 2. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg; Berlin 2000.
- [BePa91] Berry, Leonard L.; Parasuraman, A.: Marketing Services: Competing through Quality. Free Pr., New York 1991.
- [Bolz02] Bolz, Andre: Multimedia-Fallstudien in der betriebswirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung. Eul, Lohmar; Köln 2002.
- [BüLu97] Büttgen, Marion; Ludwig, Marc: Mass Customization von Dienstleistungen. In: Die Betriebswirtschaft, 57 (1997) 6, S. 857-858.
- [Deis00] Deise, Martin V. et al.: Executive's Guide to E-Business. Wiley, New York et al. 2000.
- [Enge66] Engelhardt, Werner H.: Grundprobleme der Leistungslehre, dargestellt am Beispiel der Warenhandelsbetriebe. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 18 (1966), S. 158-178.
- [EnKR93] Engelhardt, Werner H.; Kleinaltenkamp, Michael; Reckenfelderbäumer, Martin: Leistungsbündel als Absatzobjekte. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 45 (1993) 5, S. 395-426.
- [FiHH01] Fischer, Marc; Herrmann, Andreas; Huber, Frank: Return on Customer Satisfaction. Wie rentabel sind Maßnahmen zur Steigerung der Zufriedenheit? In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB), 71 (2001) 10, S. 1161-1190.
- [Flie06] Fließ, Sabine: Prozessorganisation in Dienstleistungsunternehmen, Kohlhammer, Stuttgart 2006.
- [Gers95] Gersch, Martin: Die Standardisierung integrativ erstellter Leistungen. Arbeitsbericht Nr. 57 des Instituts für Unternehmensführung und Unternehmensforschung, Bochum 1995.

- [GeGo04] Gersch, Martin; Goeke, Christian: Entwicklungsstufen des E-Business. In: Das Wirtschaftsstudium (wisu), 33 (2004) 12, S. 1529-1534.
- [GeMa03] Gersch, Martin; Malinowski, Tanja: Didaktische Aufbereitung zur Gestaltung von Lernsoftware – Dargestellt an einem konkreten WBT-Entwicklungsbeispiel, Arbeitsbericht Nr. 03-46 des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, Bochum 2003.
- [Hill88] Hill, Charles W.: Differentiation vs. low cost or differentiation and low cost. Academy of Management Review, 13 (1988) 3, S. 401-412.
- [HoSt05] Homburg, Christian; Stock, Ruth: Kundenzufriedenheit und Kundenbindung bei Dienstleistungen – eine theoretische und empirische Analyse. In: Corsten, Hans; Gössinger, Ralf (Hrsg.): Dienstleistungsökonomie. Duncker & Humblot, Berlin 2005, S. 301-327.
- [Löbl06] Löbler, Helge: Learning Entrepreneurship from a Constructivist Perspective. In: Technology Analysis & Strategic Management, 18 (2006) 1, S. 1-20.
- [MeDo98] Meyer, Anton; Dornach, Frank: Jahrbuch der Kundenzufriedenheit. FGM-Verlag, München 1998.
- [MeLe97] Meyer, Marc; Lehnerd, Alvin: The Power of Product Platforms. Free Press, New York 1997.
- [Pill06] Piller, Frank: Mass Customization – Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. 4. Aufl., DUV, Wiesbaden 2006.
- [PiMö02] Piller, Frank; Möslein, Kathrin: Are we practicing what we preach? - Strategic perspectives for the management education industry, Proceedings of the EURAM Conference 2002, Stockholm, 9-11 May, 2002.
- [PiSc99] Piller, Frank, Schoder, Detlef: Mass Customization und Electronic Commerce. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB), 69 (1999) 10, S. 1111-1136.
- [Pine93] Pine, B. Joseph: Mass Customization. Harvard Business School Press, Boston 1993.

- [Port99] Porter, Michael: Wettbewerbsstrategien. 10. Aufl., Campus Fachbuch, Frankfurt a.M. 1999.
- [Rhön05] Rhön Klinikum: Geschäftsbericht der Rhön Klinikum AG 2004. Bad Neustadt, Saale. <http://www.rhoen-klinikum-ag.com/internal/download/04GBd.pdf>, Abruf am 03.01.2006.
- [SaSB04] Sauter, Annette M.; Sauter, Werner; Bender, Harald: Blended Learning: Effiziente Integration von E-Learning und Präsenztraining. 2. Aufl., Luchterhand, Unterschleißheim; München 2004.
- [Shos84] Shostack, Lynn G.: Planung effizienter Dienstleistungen. In: Harvard Manager, 6 (1984) 3, S. 93-99.
- [Stau06] Stauss, Bernd: Plattformstrategien im Service Engineering, in: Bullinger, Hans-Jörg; Scheer, August-Wilhelm: Service Engineering, 2. Aufl., Springer, Berlin et al. 2006, S. 321-340.
- [StHe92] Stauss, Bernd; Hentschel, Bert: Messung von Kundenzufriedenheit. Merkmals- oder ereignisorientierte Beurteilung von Dienstleistungsqualität. In: Marktforschung und Management, 36 (1992), S. 115-122.
- [Trieb05] Triebelhorn, Thomas: Didaktisches Design. [http://www.crashkurs-elearning.ch/?adr=http://www.crashkurselearning.ch/html/didaktisches\\_design.htm](http://www.crashkurs-elearning.ch/?adr=http://www.crashkurselearning.ch/html/didaktisches_design.htm), 2005, Abruf am 29.12.2005.
- [WeWe00] Weiber, Rolf; Weber, Markus: Customer Lifetime Value als Entscheidungsgröße im Customer Relationship Marketing. In: Weiber, Rolf (Hrsg.): Handbuch Electronic Business. Informationstechnologien – Electronic Commerce – Geschäftsprozesse. Gabler, Wiesbaden 2000, S. 333 – 357.
- [ZeBP88] Zeithaml, Valarie A.; Berry, Leonard L.; Parasuraman, A.: Communication and Control Processes in the Delivery of Service Quality. In: Journal of Marketing, 52 (1988), S. 35-48.



# Generische Transformation von Learning-Content

## Das MOCCA-Projekt

Michael A. Herzog

Forschungsgruppe INKA  
Fachhochschule für Technik und Wirtschaft  
10313 Berlin  
herzog@fhtw-berlin.de

Matthias Trier

Institut für Wirtschaftsinformatik  
Technische Universität Berlin  
10587 Berlin  
trier@syesdv.tu-berlin.de

### Abstract

Die Produktion, Datenhaltung und Integration von Multimedia Content ist von zeitaufwändigen, kosten- und ressourcenintensiven Prozessen geprägt. Die Vielfalt der Datenrepräsentation in den Autorensystemen und die fehlende formatübergreifende Transparenz setzen dem Trend des Cross Media Authoring derzeit noch enge Grenzen. Mit dem hier diskutierten Konzept der Generischen Content Transformation und einem darauf basierenden Softwareprojekt werden für den Bereich der E- und M-Learning Content Produktion dramatische Reduktionen der Herstellungszeiten erreicht. In einer Fallstudie zur Podcast-Produktion wird die Transformation von Lerninhalten aus verschiedenen Autorenumgebungen in multivariante, multimodale Ausgaben mit dem MOCCA-Framework vorgestellt.

## 1 Ausgangssituation und Problemumfeld

Die Speicherung, Auszeichnung und Archivierung von multimedialem Content auf der Basis von Datenbanken und Repositories zielt heute mit Anwendungen aus den Bereichen Enterprise Content Management, Information Lifecycle Management und Data Mining auf die immer

stärkere Konzentration von Unternehmensdaten in einheitlichen Formaten. Für zahlen- und textbasierte Informationen einschließlich der Metadaten ist die Software-Evolution dank des Einsatzes von XML und weiterer Standards in den letzten Jahren deutlich fortgeschritten und wird mit der Entwicklung semantischer Technologien zunehmend attraktiver. Auch im Bereich von Bildern und zeitbasierten Medien schreitet der Konsolidierungsprozess voran. Mit dem Ausbau der Metadaten-Speicherung (MPEG7, MPEG21), der automatisierten Metadatenerkennung und deren Einbindung in semantische Systeme, mit der Verbesserung der Multimedia-Information-Retrieval Methoden [Schm05, LSDJ06], steigt auch die Verfügbarkeit der Medien, verkürzen und verbessern sich die Suchoperationen.

An diese technischen Entwicklungen ist die Erwartung geknüpft, die jährlich zwischen 60% und 200% wachsenden Contentmengen [Jupi05] über mehr Strukturierung, Zentralisierung und vollautomatisierte Verknüpfung effizienter erschließbar und beherrschbarer zu gestalten. Dieser Welle von Content-Konsolidierung und Zentralisierung stehen die zahlreichen Entwicklungen einzelner Softwarewerkzeuge zur Lösung sehr individueller Aufgaben und Probleme entgegen, die im Bereich von Multimedia-Autorensystemen häufig mit der Entwicklung von neuen Datenformaten und Codecs einher gehen. Allein die Menge der heute verbreiteten, von verschiedenen Anwendungen genutzten Bilddatenformate übersteigt die Zahl von 150 deutlich. Die Zahl der proprietären Projektdatenformate in Autorensystemen dürfte diese Summe nochmals deutlich übersteigen, insbesondere wenn auch die Versionshistorie der Formate einbezogen wird.

Die divergierenden Produktentwicklungen im Markt der Autorenwerkzeuge sorgen überdies für die beinahe grenzenlose Vielfalt an Projektdaten- und Distributionsformaten. Der digitale Medienbruch erschwert den Austausch der Ergebnisse gestalterischer Tätigkeiten und das Änderungsmanagement über die Grenzen einer Authoring-Anwendung hinweg. Die in den Einzellösungen angebotenen Schnittstellen zum Datenaustausch betreffen spezielle, meist herstellerbezogene Paketformate und eine Hand voll dedizierter Asset-Datenformate, die für den jeweiligen Zweck abgestimmte Zulieferungen von speziellen Dateitypen mit einer eingeschränkten Vielfalt von Codecs erfordern. Das bedingt in den Produktionsprozessen die zeitaufwändige, personalintensive Konvertierung von Medien und Extraktion von Inhalten in kompatible Formate. In den hochkomplexen Werkzeugen zur Bearbeitung zeitbasierter Medien wird dieser Problematik durch den Einsatz von Medienarchitekturen wie Windows Media, Quicktime u.a. entgegengewirkt. Meist sind die Schnittstellen überwiegend auf einzelne Assets beschränkt, selten jedoch für den Import von Projektdateien aus anderen Autorenumgebungen entwickelt.



In der Printindustrie wurden seit Mitte der 90er Jahre workflow-orientierte Lösungen mit teil- und vollautomatisierten Prozessanteilen auf der Basis des Adobe PDF Formats etabliert, die unter Berücksichtigung einer Formatvielfalt der Assets auf der Eingabeseite und mittels Pipelines standardisierte Prozessanteile realisieren. Diese PDF-Workflows verarbeiten Ergebnisse verschiedener Authoring-Lösungen für nicht-zeitbasierte Medien in integrativer Weise, sind jedoch fast ausschließlich am Printprodukt ausgerichtet und bieten kaum Cross Media Authoring mit multipler Ausgabefunktionalität.

Die produktionsunterstützenden Lösungen in der Medienindustrie, wie z.B. Medienlogistiksysteme [KrDr05], stellen überwiegend Funktionen zur strukturierten Datenhaltung in Repositories, zur Archivierung und zur Logistik im Rahmen von Workflows bereit, sind jedoch aufgrund der begrenzten Schnittstellen daran gehindert, Aggregationen von Content aus unterschiedlichen Autorenumgebungen durchzuführen.

Für den weitgehend proprietär geregelten Content-Austausch werden von den Desktop-Autorenwerkzeugen Schnittstellen für eine begrenzte Menge von Assetformaten bereitgestellt.

In einigen Werkzeugen werden auch dedizierte Ex- und Importfunktionen für die 1:1 Konvertierung von zusammengesetzten Inhalten eines spezifischen anderen Projektdatenformats angeboten, was jedoch eher die Ausnahme darstellt. Neben der Komplexität der Konvertierung und dem hohen Aufwand der Implementierung von integriertem Content bestand bei kommerziellen Anbietern von spezifischen Autorensystemen eher ein geringes wirtschaftliches Interesse an der formatunabhängigen Repräsentation der Daten wie z.B. in SMIL [BuRu04].

Die beschriebene Situation betrifft in ganz spezifischer Weise auch den sich schnell entwickelnden Markt des Multimedia Authoring für die E-Learning Produktion. Hier haben viele Firmen festgestellt, dass die Zeiten und Kosten der Erstellung von E-Learning Inhalten die Vorteile schnell wettmachen können [Vri04]. Daher motivierte sich die Etablierung eines kosten- und zeitsparenden Rapid E-Learning. Dieses ist definiert durch kurze Inhaltserstellungszeiten, durch die Elimination technischer Transformationsschritte, durch die dadurch ermöglichte Fokussierung auf den Inhaltsersteller als Hauptressource und die damit einhergehende Konzentration auf marktübliche Werkzeuge zur Inhaltserstellung (z.B. Powerpoint). Dabei kommen nur solche Medien zum Einsatz, die das Lernen unterstützen aber keine ‚Technologiebarriere‘ hervorrufen.

## 2 Forschungsziel

Vor dem Hintergrund der oben genannten Umfeldentwicklung wurde als Forschungsziel die Entwicklung eines allgemeinen Ansatzes sowie eines Produktmodells zur Datentransformation, Datenhaltung und Aggregation von Mediencontent aus verschiedenen Autorenumgebungen definiert. Damit soll sowohl eine drastische Verkürzung von Produktionsprozessen bei der Herstellung von singulären Medieninhalten vor allem aber Synergien in der Cross Media Produktion ermöglicht werden. Forschungstheoretisch kommt bei der Entwicklung die Methodologie der Designwissenschaften (Design Research) zum Einsatz, vgl. [VaKu04], da ein neues ‚IT-Artefakt‘ zu entwickeln ist. Dazu wird in den nächsten Abschnitten zunächst das unterliegende Konzept der generischen Content Transformation vorgestellt, um daraus den technischen Prototypen abzuleiten. Mit einer Nutzerstudie für die ausgewählte Einsatzdomäne E-Learning wird der Einsatz des entwickelten Prototypen evaluiert.

## 3 Entwicklung eines Konzepts zur generischen Content Transformation für containerbasierte Medieninhalte (GCT)

Mit der schrittweisen Zuwendung vieler Hersteller zu einer Repräsentation der Mediendaten in transparenten XML-Containern eröffnen sich im Umfeld der Mediensoftwaresysteme derzeit neue Möglichkeiten, die Konvertibilität von Inhalten um Dimensionen zu verbessern.

Dazu wurde ein Konzept entwickelt, das es erlaubt, Transcodierungen für Inhalte aus vollständigen Mediencontainern in alternative Repräsentationsformen vorzunehmen. Ein weiterer Schritt ist die Generalisierung dieser medienintegrierenden Containerformate mit dem Ziel, eine möglichst von speziellen Autorensystemen unabhängige Datenhaltung und Transformation zu gewährleisten. Als Vision wird der Ansatz eines generischen Transformationswerkzeuges im Sinne eines Content-HUB verfolgt, das Mediendaten aus verschiedensten Authoring Anwendungen (im weitesten Sinne) in einheitlichen, standardisierten Datenrepräsentationen zusammenführt und für verschiedene Distributionszwecke transformiert.

Es wird dabei davon ausgegangen, dass zahlreiche von Autorensystemen erzeugten Projektdateien gleichartigen Prinzipien unterliegen, indem sie beispielsweise

- Gleichartige Strukturen auf der Basis vektorbasierter Darstellungen aufweisen (vgl. Abbildung 1)

- Eine begrenzte Anzahl von Funktionen zur Navigation und Interaktion nutzen und
- Darüber hinaus gehende Softwarefunktionalität in codierter Textform beschreiben.

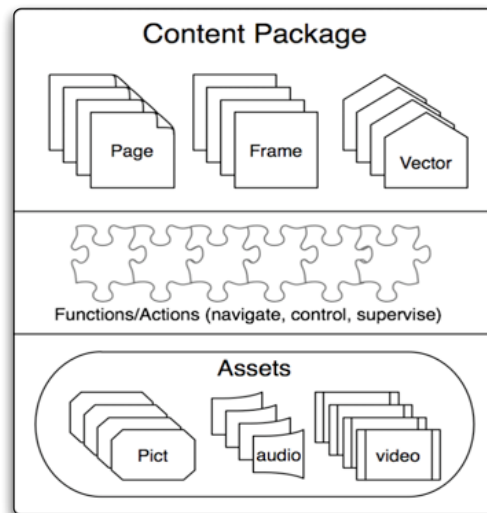


Abbildung 1: Struktur von Multimedia Content Packages

In einer technischen Voruntersuchung zu 22 ausgewählten Projektdatenformaten in Autorensystemen wurde ermittelt, dass sich in allen Fällen mehr als 80% aller Informationen im Format der für das Projekt entwickelten XML-Datenstruktur unaufwändig erhalten und weiterverarbeiten lassen. Weitere Bestandteile, die insbesondere Anwendungslogik und Steuerung proprietärer Mediencontainer betreffen, sind mit erheblich höherem Aufwand durchaus erfass- und konvertierfähig, wobei hier jeweils in spezifische Lösungsansätze investiert werden muss. Bei der Betrachtung des Aufwand-Nutzen-Verhältnis hilft insbesondere die Prozessperspektive bei der Abschätzung von erwarteten Einsparungen bei der Medienproduktion.

Im Detail konnte für die bisher untersuchten 2D-Einsatzgebiete auf dem Gebiet Interaktive Fernsehinhalte (MHP/SWF Transformation) und E-Learning (SCORM und Podcast Produktion) bei der vollautomatischen Transformation in das native XML-Format eine durchschnittliche Datenerhaltung von 97 % beim Layout, 100% bei Texten und Assets, sowie über 80 % bei der Funktionalität erreicht werden. Bei der vollautomatischen Ausgabe-Transformation sind durch die Beschränkungen der Distributionsformate sehr unterschiedlich hohe Raten der Datenerhaltung erreicht worden, da beispielsweise im Bereich der Ausgabe für mobile Geräte Anpassungen der Assets notwendig sind, wie Skalierung, Reduktion der Bildauflösung, Kürzung von

Texten, Wandlung von Vektor- in Bitmap-Informationen usw.. Besonders effektive Transformationsprozesse mit optimaler Qualität bis in die Distributionsformate konnten in den Bereichen erzielt werden, wo in den Ausgangsdaten eine hohe Transparenz und Assetqualität bestand oder wo die Ausgangsprojekte bereits an die Bedürfnisse der Zielformate angepasst wurden. Der GCT-Ansatz wird insbesondere deshalb als Erfolg versprechend angesehen, weil er berücksichtigt, dass nicht alle Funktionen und Assetformate zwingend in alle Distributionsformate transformierbar sein müssen. Ziel ist weitestgehende Erhaltung aller Komponenten in einem generischen Speicherformat mit einem vertretbaren Aufwand (80/20 Paradigma).

Die Transformation der über den Container verbundenen und arrangierten Medien in ein einziges offenes Datenformat ermöglicht verschiedene Synergien:

*Datenhaltung und Information Retrieval:* Die transparente Suche über verschiedene Content-Arten und Versionen in einheitlichen Repositories unter Berücksichtigung von Meta- und Strukturinformation bildet eine grundlegend breitere Basis für das Cross-Authoring und liefert im Zusammenhang mit semantischen Technologien eine wesentlich höhere Transparenz der Inhalte. Eine Suche wie beispielsweise »Zeige alle Bilder, die in Containern zum Thema ‚Fahrrad‘ vorkommen« wäre bereits mit schnellen und einfachen Algorithmen realisierbar und enthielte als Ergebnis Verweise auf alle Assets, die auf Seiten mit dem Textinhalt ‚Fahrrad‘ vorkommen. Durch die semantische Verknüpfung von Text und Bildinformation über das Layout im Container lassen sich so auch metadatenlose Assets in inhaltliche Zusammenhänge bringen und auffinden, wo sie bisher für Filesysteme oder Repositories verborgen geblieben sind. Die Ergänzung mit modernen Verfahren der Ähnlichkeitssuche in Bild- und Audioassets fördert die Erschließung dieser bislang nur über spezifische Werkzeuge zugänglichen Datenbestände im Unternehmen.

*Persistenz:* Konzepte für die langfristige Archivierung von Daten aus Containerformaten können auf der Meta-Ebene ansetzen und müssen nicht mehr jedes einzelne Projektdatenformat berücksichtigen. Damit kann die Content-Transformation integrativer Bestandteil des globalen Enterprise-Sicherungskonzeptes werden und bedient unmittelbar auch Compliance-Anforderungen.

*Verteilte Produktion:* Verteilt erstellte Inhalte, gerade wenn sie in verschiedenen Autorenumgebungen erstellt wurden, lassen sich auf der Basis des beschriebenen Konzepts erstmals zusammenführen und zentral verwalten. Dies dürfte eine erhebliche Verkürzung von Produktionszyklen durch Parallelisierung ermöglichen.

*Paralldistribution:* Mit der Bereitstellung mehrerer Distributionswege und -formate werden Autoren in die Lage versetzt, Content für dedizierte Ausgaben, gegebenenfalls als neu kombinierte Inhalte, zielgruppen- oder gerätespezifisch bereitzustellen (vgl. [ScWi04]). Technologien zur multivarianten Speicherung, Erzeugung und Distribution von XML-basierten Inhalten, wie sie in Frameworks wie Cocoon, OpenLaszlo oder Zope eingesetzt werden, bieten ein hohes Potential, wenn sie für die Verarbeitung von kombinierten Containerinhalten herangezogen werden.

*Änderungsmanagement:* Die Überführung von Inhalten aus proprietären Containerformaten in XML-basierte Strukturen und deren Verwaltung in Repositories führt zu einer neuen Qualität der Transparenz von Inhalten. Bei entsprechender Erweiterung und Anpassung der Versionierungssysteme wird eine hierarchische Dokumentaufteilung mit Zugriff bis in einzelne Assets bzw. Asset-Bestandteile oder -Spezifika möglich. Mittels der in Mediendatenbank- bzw. Medienlogistiksystemen bereits verfügbaren Techniken zur vollautomatischen Assetumwandlung, wie OPI, Farbraumwandlung oder Farbanpassung, werden neue Nutzungskonzepte vorstellbar, die sich erheblich auf die Produktivität von Cross-Publishing-Lösungen auswirken werden.

*Neue Einsatzfelder:* Das Konzept der generischen Content Transformation führt zu einem integrativen Cross-Authoring-Prozess, der es in einem Arbeitsgang ermöglicht, die Erstellung mehrerer Medien und das Bedienen verschiedener Distributionskanäle mit deutlich geringerem Zusatzaufwand als bisher zu verwirklichen. Durch die niedrige Eintrittsschwelle werden Autoren praktisch in die Lage versetzt, Content aus verschiedenen Quellen zu verschmelzen und zusätzliche Angebote zu kreieren.

*Prozessoptimierung:* Das skizzierte Konzept zur Content-Transformation aus Containern zielt im Kern auf die wesentliche Verbesserung von Prozesskennzahlen in der Medienproduktion. In Betracht kommen dafür Prozessvereinfachungen und die unmittelbare Verkürzung der Durchlaufzeiten in den Transformationsprozessen. Eine Vielzahl von mittelbaren Faktoren, wie etwa die Verkürzung von Suchoperationen unterstützen die Effektivierung der Medienproduktion. Als speziell entwickelte Komponente steht das Pipeline-Konzept zur vollautomatischen Abwicklung von definierten und parametrisierbaren Transformationsprozessen á la Workflows zur Verfügung, das insbesondere bei häufig vorkommenden Produktionsabläufen die Durchlaufzeiten nochmals drastisch verkürzt. Die vollautomatische Transformation führt hier insbesondere dann zu keinerlei manuellen Arbeiten, wenn das Ausgangsmaterial entsprechend vorbereitet ist.

Diese Anpassung wird von den Autoren in der gewohnten Autorenumgebung i.d.R. schnell und mit sehr geringer Einarbeitungszeit durchgeführt.

Das Konzept der generischen Content Transformation adressiert alle Projektdatenformate aus klassischen Media-Authoring-Anwendungen. Das zur Evaluierung des GCT-Konzeptes eingerichtete Softwareprojekt wird nachfolgend vorgestellt.

#### **4 Technische Umsetzung des Prototypen - das MOCCA Projekt**

Orientiert an der Vision des Content-HUB und am Konzept der Generischen Content Transformation für containerbasierte Medieninhalte wurde im Software-Entwicklungsprojekt MOCCA [Mocca] in Zusammenarbeit zweier Arbeitsgruppen an der FHTW Berlin und der TU Berlin ein kombiniertes Transformations- und Authoring Werkzeug entwickelt, das sich mit den Produktionsprozessen im Umfeld von interaktiven Fernsehinhalten und E-Learning befasst. Es wird um ein einheitliches Media-Repository ergänzt, das die Vorteile der im Format implizierten textbasierten Suchmöglichkeiten mit einigen aktuellen Methoden der inhaltsbasierten Ähnlichkeitssuche in Multimediadaten verbindet. Der für die Domäne E-Learning ausgebaute Prototyp ist dabei an den folgenden wesentlichen Merkmalen orientiert:

- Generische Speicherung von multimedialem Content aus verschiedenen Autorenumgebungen (z.B. PowerPoint, OpenOffice, Keynote) mittels einer speziellen XML-Repräsentation (Multimedia-Repository)
- Zusammenführung von Präsentationsfolien, Audio- und Videomaterial, Animationen etc., die für Präsenzvorlesungen oder für die Herstellung von E-Learning-Material entwickelt wurden (Import PlugIns)
- Automatisierte und manuelle Anreicherung mit allgemeinen Zusatzinformationen (Metadaten, Verarbeitungsmarker) und distributionsbezogenen Ergänzungen
- Begrenzte manuelle Bearbeitungsfunktionalität, wie Textänderung, Rahmenbearbeitung, Veränderung von Bildausschnitten und -Formaten, Setzen von Zeit-, Schnitt- und Sprungmarken, Einfügen und Ändern von Buttons und Links, manuelle Transformation von Medienelementen in andere Präsentationslayouts usw. (Authoring)

- Vollautomatisierte Verarbeitung von entsprechend mit Verarbeitungsmarken vorbereiteten Projektdaten (Pipeline)
- Gleichzeitige Bereitstellung von diversen Formaten, wie PDF, SCORM-Modulen und mobilen Lerninhalten (Distributoren)
- Semantische Suchmechanismen innerhalb des Repository (Spot)
- Unternehmensweite Erschließung von proprietären Projektdatenformaten durch automatisierte Überführung in das Multimedia-Repository (Crawler)

Das Authoring Framework und die PlugIn Architektur sind in der Programmiersprache Java5 realisiert. Dabei kommen im Wesentlichen die Eclipse Rich Client Platform (RCP) und das auf der Draw2D Bibliothek basierende Graphical Editing Framework (GEF) zum Einsatz. Für die Integration der Medienbearbeitung wurden die QuickTime for Java APIs verwendet.

Zur unabhängigen Beschreibung der Container für die generische Datenhaltung wurden im Vorfeld Untersuchungen und Experimente mit verschiedenen Standardformaten, wie z.B. ISO/IEC DIS 26300 durchgeführt. Resultierend wurde entschieden, die SVG-Spezifikation 1.2 basierend auf RelaxNG zu modifizieren, um ein schlankes, auf die Anforderungen der Transformation angepasstes Format zu definieren.

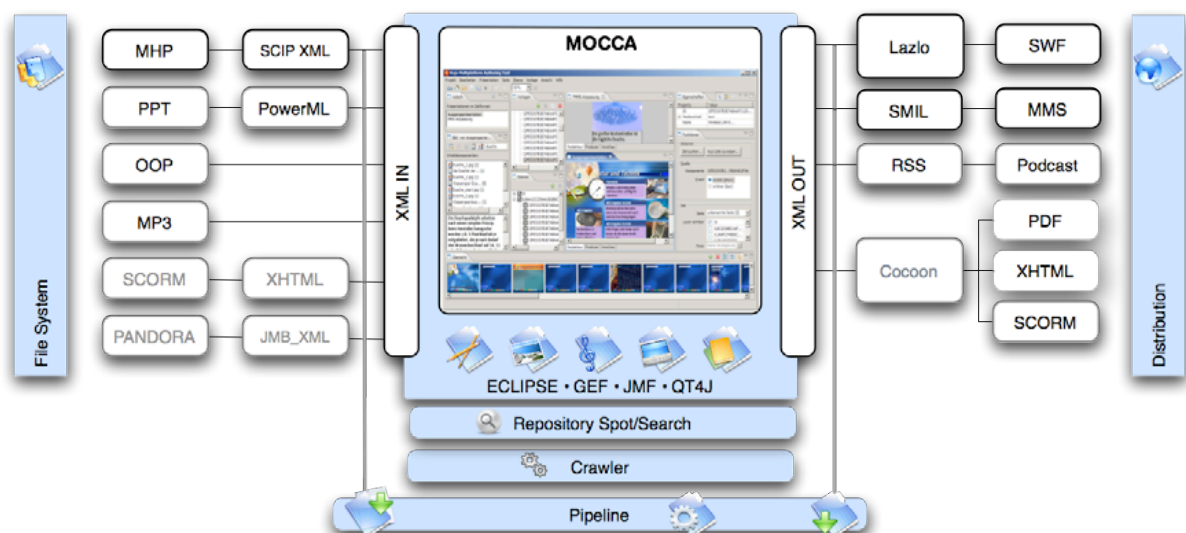


Abbildung 2: Architektur des MOCCA Prototypen für die E- und M-Learning-Produktion

Die Import- und Export-Komponenten bedienen sich neben XSL-Transformationsmechanismen wie SAX verschiedener Konstrukte und Bibliotheken zur Konvertierung proprietärer Dateiformate

mate. Zur Distribution von Macromedia Flash Containern wurden hier beispielsweise Basis-  
komponenten des OpenLaszlo Pakets integriert. Besondere Sorgfalt wurde auch auf die Kon-  
zeption der Nutzer-Schnittstellen für die kontextsensitive Repository-Anbindung gelegt, worin  
auch einige Anregungen aus den Projekten xSMART [ScBo05] und SampLe [FNOR04] einge-  
flossen sind.

## 5 Fallstudie: Mobile-Learning Podcast-Produktion

Als ein Beispiel, wie der beschriebene Ansatz und die adäquate Werkzeugunterstützung den  
Produktionsprozess für E-Learning-Materialien rationalisieren kann, wird hier die Herstellung  
von Lehrmedien für mobile Geräte vorgestellt. Ausgangspunkt der Arbeiten waren die Erfah-  
rungen aus einem bereits durchgeführten Projekt zur Prozessautomatisierung der SCORM-  
Produktion für die Virtual Global University [MTH05]. Zur Ermittlung des Bedarfs wurde zu-  
nächst in einer Feldstudie untersucht, ob und in welcher Weise ein lehrbegleitendes innovatives  
Medium im mobilen Kontext sinnvolle didaktische oder organisatorische Effekte erzeugt, wel-  
che Parameter für die Distribution von den Rezipienten akzeptiert werden und welche Möglich-  
keiten technisch realisierbar sind. Als Rahmenbedingung wurde festgelegt, dass die Produktion  
für die Lehrenden möglichst wenig technischen Aufwand verursachen sollte und das Medium  
ergänzend zur Präsenzlehre eingesetzt werden kann. Als Präsentationskanal wurden RSS-  
Podcasts ausgewählt, die sich unaufwändig abonnieren und auch im mobilen Kontext nutzen  
lassen.



Abbildung 3: M-Learning Vodcast Vorlesung auf einem iPod



Die Studie wurde in der Lehrveranstaltung »Einführung in Multimedia« im Studiengang Angewandte Informatik an der FHTW Berlin im Wintersemester 2005/2006 durchgeführt.

Ausgangspunkt waren Audioaufnahmen, die überwiegend als Vorlesungsmitschnitte produziert wurden. Die Aufzeichnung erfolgte mit einem MP3-Recorder. Zusätzlich wurden die Präsentationsfolien des Dozenten (in der Regel PowerPoint-, auch OpenOffice- oder Keynote-Präsentationen) und Digitalfotos vom Whiteboard, von beteiligten Personen bzw. von Demonstrationobjekten verarbeitet. Aus diesen Medien wurde eine MPEG4-Audio Datei produziert, die neben der Tonspur die Folien der Vorlesung sowie Sprungmarken zu Beginn jeder neuen visuellen Information enthält. Der Herstellungsprozess für diese Medien – beginnend nach der Aufzeichnung – nahm zunächst das zwei bis vierfache der Länge der Vorlesung in Anspruch (vgl. Abbildung 9). Die Bildwechsel mussten nachträglich erkannt und markiert werden. Folien wurden parallel als Rasterbilder aus Powerpoint exportiert. Teilweise wurde vorher die Lesbarkeit der Folieninhalte für die mobile Präsentation angepasst. Und schliesslich wurden das Zielmedium als M4A-Datei sowie die entsprechende RSS-Datei zusammengesetzt.

Um eine größere Gerätevielfalt unterstützen zu können, wurden im nächsten Schritt zusätzlich mehrere Varianten der Podcasts hergestellt (vgl. Abbildung 4). Die Vorlesungsinhalte in Bild und Ton kombiniert mit ergänzenden Videoinhalten konnten in einem weiteren Schritt zu Vodcasts zusammengestellt und als MPEG4 Videodatei angeboten werden (vgl. Abbildung 3).

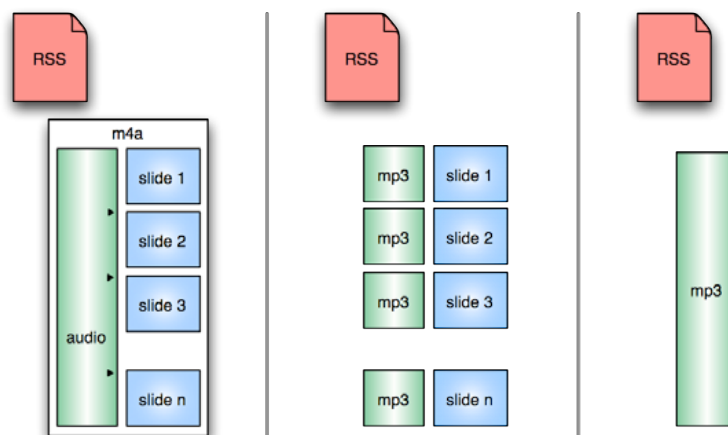


Abbildung 4: Podcast Varianten m4a, mp3 patches und mp3 plain

Die verwendeten Videoinhalte wurden nach einem in [HTS06] beschriebenen Konzept im vbc.studiolab ausserhalb des hier skizzierten Prozesses realisiert. Hier werden beispielsweise kurze Einführungen in den Kontext (Teaser) oder ergänzende Hinweise vom Lehrenden gege-

ben. Diese kurzen Videobeiträge unterstützen eine direkte und persönliche Ansprache des Rezipienten.

In einer Erhebung unter 39 Studierenden am Ende des Semesters wurde nach dem Nutzungskontext, der Bedeutung der Features, der Laufzeitumgebung und dem Zweck der Nutzung gefragt. Außerdem wurden die Struktur, Qualität, Dateigrößen, Formate und die Attraktivität des Angebots evaluiert.

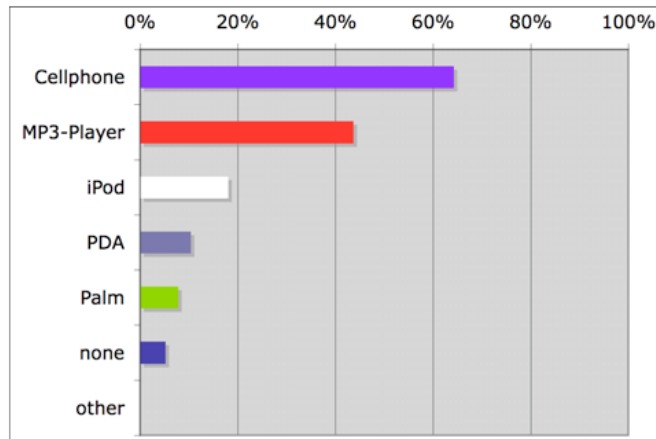


Abbildung 5: Verbreitung mobiler Geräte unter den Teilnehmern

Wie schon verschiedene Studien gezeigt haben, ist die Audioinformation ein wichtiger, wenn nicht der wichtigste Kanal für das Lernen. In dieser Erhebung haben 69% der befragten Teilnehmer Audiomitschnitte von Vorlesungen als wichtig bzw. sehr wichtig beurteilt. Ebenfalls 69% der Teilnehmer haben das Podcast-Angebot genutzt.

Bei der Erhebung zu den mobilen Endgeräten hat die hohe Verbreitung der mp3 Player unter den Teilnehmern überrascht, die zusammen mit den iPods 62% ausmachen, was in der Gruppe knapp der Verbreitung von Mobiltelefonen entsprach.

Sehr verschieden sehen die Nutzungsprofile der Teilnehmer aus, die sich – auch aufgrund der geringen Anzahl – nicht in Gruppen zusammenfassen lassen (z.B. Viel- oder Wenig-Nutzer, Stationär- oder Mobil-Nutzer etc.).

Im Durchschnitt wurde eine Vorlesung von den Podcast-Hörern bis zu 3 Mal gehört. Dabei wurden durchschnittlich 6 Stunden von insgesamt 16 Stunden des Materials genutzt. In der Regel wurden die Vorlesungen 1 Stunde hintereinander ohne nennenswerte Unterbrechungen gehört. 68% der Podcast-Nutzer gaben an, dass sie das Angebot auch mobil genutzt haben, wobei der größere Teil der Podcast-Nutzer (86%) die Vorlesungen am heimischen Computer verwendet hat.

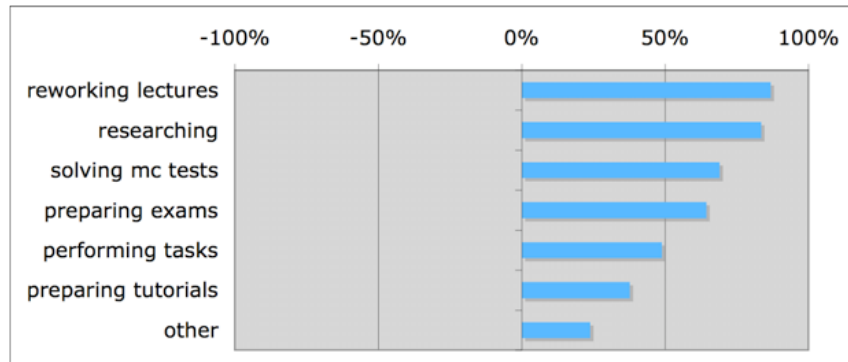


Abbildung 6: Nutzwert des Podcast-Angebots nach Zweck

Besonders interessant für die Lehrenden war die Befragung zum Zweck der Nutzung. Zur Klausurvorbereitung (86%) und zur Nachbereitung der Präsenzvorlesungen (54%) war das Medium besonders beliebt. Für alle nachgefragten Zwecke wurden die Podcasts als hilfreich bzw. sehr hilfreich bewertet (vgl. Abbildung 6), wobei der Nutzen zur Nachbereitung und für die allgemeine Recherche am größten beurteilt wurde. Damit ist nach unserer Einschätzung eine neue Qualität verbunden: Es ist zu vermuten, dass das Medium in vielen Fällen etwa einem Buch oder einer Online-Recherche vorgezogen wird. Die Studierenden hören lieber nochmals den sie interessierenden Teil der Vorlesung, als ein Text/Bildmedium zu nutzen. Auf spätere gezielte Nachfragen gaben mehrere Teilnehmer an, dass sie auch im weiteren Verlauf des Studiums das Medium für Recherchen wiederholt genutzt haben, weil der Bezug zum Kontext der Lehrveranstaltung und die mündliche Erklärung das Verständnis im Gegensatz zum Buch vereinfacht habe. Da sich ein Podcast nach dem hier beschriebenen Modell einfacher und schneller produzieren lässt als eine Niederschrift, dürfte das Aufwand-Nutzen-Verhältnis einer Buch- oder Skriptproduktion im Vergleich mit der Podcast-Produktion kaum vorteilhafter sein.

Bezüglich der Distribution konnte keine allgemeine Präferenz für ein bestimmtes Dateiformat ermittelt werden. Alle im Feldtest angebotenen Podcast-Varianten wurden von den Rezipienten genutzt. Die höchste Präferenz wurde für die MP3 plain Variante ermittelt, die keine Sprungmarken und keine visuellen Informationen enthält (vgl. Abbildung 7 links). Das steht im Widerspruch zu den Wünschen nach Sprungmarken (61%) und nach Bild-Informationen wie Folien oder Tafelbildern im Audiostream (71%).

Die Differenz lässt sich erklären, wenn man die verfügbaren mobilen Geräte betrachtet. Da für viele Player technisch nur die Verwendung der mp3 plain Variante infrage kam, weil bspw. kein ausreichendes Display vorhanden war, ist *das* optimale Distributionsformat derzeit nicht in

Sicht. Für die Produktionsunterstützung wurde hieraus gefolgert, dass es für die Erreichbarkeit der Rezipienten mit diesem Medium wesentlich ist, Formatvielfalt anzubieten.

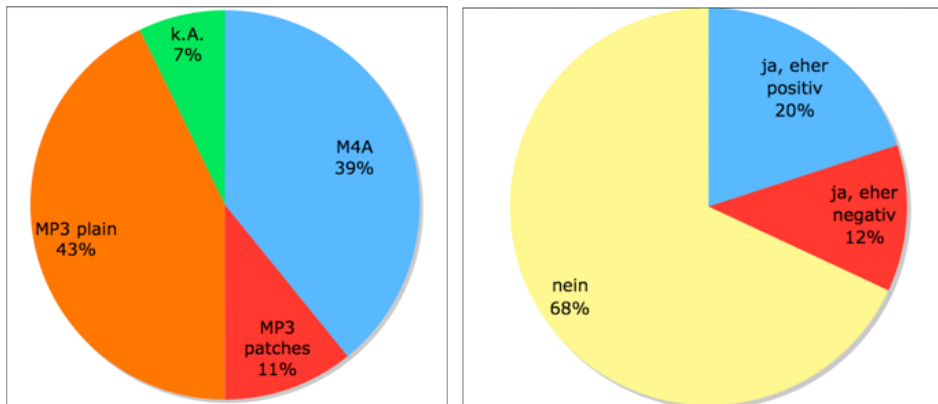


Abbildung 7: Genutzte Datenformate (links);  
Hatte das Medienangebot Einfluss auf die Anwesenheit zu den Vorlesungen? (rechts)

Aus der fast ausnahmslos positiven Qualitätsbewertung der angebotenen Podcast Varianten wurde gefolgert, dass lediglich geringe technische Optimierungen zugunsten von Dateigröße und Qualität der Bildinformation in Abhängigkeit von den Distributionscodecs vorteilhaft wären. Eine wichtige organisatorische Frage war der Einfluss des Podcast-Angebots auf die Anwesenheit der Teilnehmer in der Präsenzveranstaltung (Abbildung 7 rechts). Die positive Tendenz bestätigt viele schon oft in der Literatur formulierten Thesen, dass Medien- und Materialvielfalt eher eine höhere Bindung an die Lehrveranstaltung erzeugt und keinesfalls die Präsenzlehre ersetzen wird.

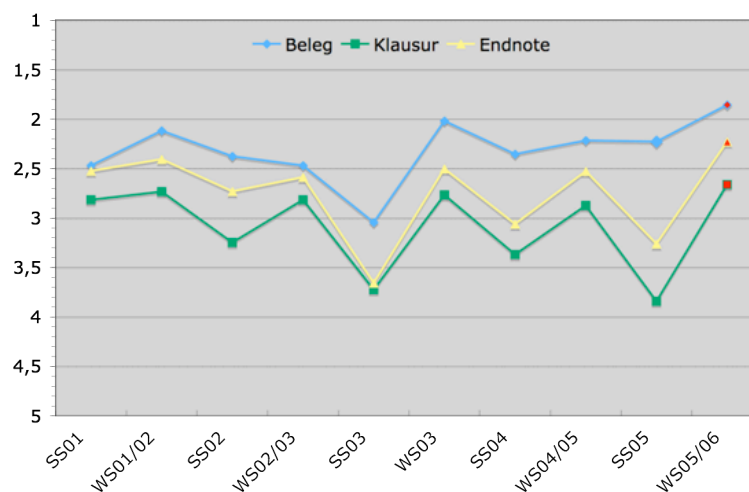


Abbildung 8: Benotung in der Lehrveranstaltung EMM

Als weiteres Indiz wurde die Leistungsbewertung der Teilnehmer über 10 Semester herangezogen (Abbildung 8). Die Veranstaltung wurde in dieser Zeit von zwei Lehrenden jeweils über mehrere Semester hintereinander betreut. In der einzig verfügbaren Stichprobe von einem Semester mit Podcast-Begleitung lässt sich feststellen, dass im theoretischen wie im praktischen Teil der Bewertung ein positiver Effekt vermutet werden darf.

Insgesamt lieferte der Feldtest ausreichende Belege, die den Aufwand der Prozessoptimierung mit Unterstützung durch neue Softwarekomponenten rechtfertigen. Im Mittelpunkt würde dabei eine Transformationslösung stehen, die es erlaubt, die produzierten Präsentationscontainer sowie weitere entstehende Assets, wie Audio, Video und Bilder zusammenzuführen und in einem automatisierten Prozess für mehrere Distributionswege aufzubereiten. Im Hinblick auf das dem MOCCA-Projekt zugrunde liegende Konzept von möglichst allgemeinen Transformationsmöglichkeiten lag es nah, den Bereich der Podcast-Produktion für das Mobile Learning in das Framework einzubeziehen. Ziel ist die wesentliche Vereinfachung und Verkürzung des in Abbildung 9 links beschriebenen Produktionsprozesses.

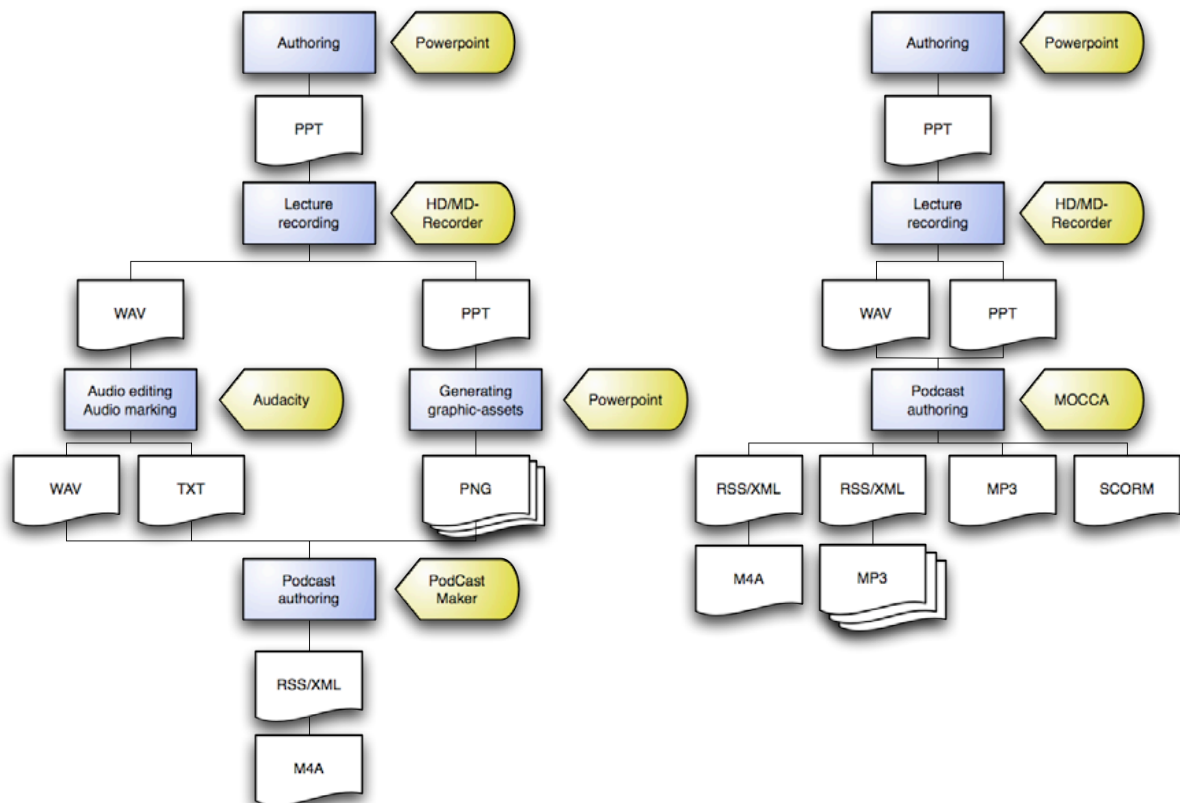


Abbildung 9: Podcast-Produktionsprozesse ohne (12/2005) und mit MOCCA (11/2006)

Dazu wurden beispielsweise die Medienarchitektur für die Herstellung von MPEG4 Audio erweitert und entsprechende Im- und Export-Plugins eingerichtet, die eine gleichzeitige Distribution der verschiedenen Distributionsformate ermöglicht. Daneben werden Präsentationsdetails wie Folienwechsel bereits während der Vorlesung in einer XML-Datei aufgezeichnet, um die Erstellung der Sprungmarken zu automatisieren [vgl. Gutb05]. Der Zielprozess ist in Abbildung 9 rechts modelliert.

Mit dem Release-Zeitpunkt Ende 2006 wird die Verkürzung der Durchlaufzeiten um 30 bis 50% erwartet. In einem weiteren Schritt ist die Erweiterung der Medienformate geplant: Auf der Eingabeseite für verschiedene weitere Autorensysteme und auf der Ausgabeseite für andere mobile Geräte, wie Mobiltelefone oder spezifische MP3 Player.

Die Nutzung des MOCCA-Frameworks bietet neben der Ausgabe von Podcast-Varianten auch andere Distributionsmöglichkeiten für E-Learning-Inhalte, beispielsweise die Erstellung von HTML-Präsentationen oder SCORM Paketen, was Gegenstand einer parallelen Entwicklung ist.

## **6 Fazit**

In der Domäne E- und M-Learning Produktion wurde gezeigt, wie das Konzept der generischen Content Transformation zur erheblichen Aufwandsreduktion bei der Inhaltserstellung führen kann. Es können verschiedene proprietäre Projektdatenformate im Sinne des Cross Authoring in ein einheitliches Format integriert werden, was wiederum neue Qualitäten für den Content Lebenszyklus von Multimedia-Daten aus Authoring Systemen ermöglicht. Mit der Ausweitung des Modells auf weitere Domänen, wie bereits für das interaktive Fernsehen gezeigt, wird in Zusammenhang mit der konsequenten Prozessbetrachtung die Erschließung weiterer Rationalisierungsfelder und die Potenzierung der Synergieeffekte erwartet. Mit dem vorgestellten GCT-Konzept und dem MOCCA-Produktmodell wird damit ein signifikanter Beitrag zur effektiveren Datentransformation, Datenhaltung und Aggregation von Mediencontent aus verschiedenen Autorenumgebungen geleistet. Die damit verbunden Fortschritte bei der konsequenten Beseitigung digitaler Medienbrüche dürften auch zu universelleren Betrachtungen im Zusammenhang mit dem Enterprise Content Management führen und verschiedene Trends auf dem Gebiet der Komplexitätsreduktion von Pervasive Computing verstärken.

## 7 Danksagung

Die vorgestellten Arbeiten wurden von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des BMBF-Projekts IKAROS gefördert. Wir danken unseren Kollegen in Berlin, Dortmund und Görlitz für die bereichernden Diskussionen. Ein spezieller Dank gilt unseren Diplomanden Daniel Möller und Andreas Hohendorf, sowie Johannes Stein, Roman Frohn und Claudia Müller.

## Literaturverzeichnis

- [BuHa05] Bulterman, Dick C. A., Hardman Lynda: Structured multimedia authoring, ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMCCAP), v.1 n.1, p.89-109, February 2005, revised Version of an article from 1993
- [BuRu04] Bulterman, Dick C.A.; Rutledge, Lloyd. SMIL 2.0 - Interactive Multimedia for Web and Mobile Devices. Springer, 2004
- [FNOR04] Falkovych, K., Nack, F., van Ossenbruggen, J., Rutledge, L.: SampLe: Towards a Framework for System-supported Multimedia Authoring. In Proceedings of the 10th International Multimedia Modelling Conference, p.362, January 5-7, 2004.
- [Gutbr05] Gutbrod, Martin et al.: Tutorntity-Projekt der Universität Braunschweig. <http://www.ibr.cs.tu-bs.de/users/gutbrod/tutorntity/>, Abruf am 12.6.2006
- [HTS06] Herzog, Michael A.; Trier, Matthias; Sieck, Jürgen: Production engineering for video based e- and m-learning content. In: UNESCO International Centre for Engineering Education. Proceedings of 10th Baltic Region Seminar, Szczecin, Poland, 4.-6. September, 2006. Accepted for publication.
- [Jupi05] Jupiter Research: Creating a valuable Enterprise Portal. <http://www.jupiterresearch.com> 11/2004, Abruf am 20.11.2005

- [KrDr05] Kretzschmar, O., Dreyer, R.: Medien-Datenbank- und Medien-Logistik-Systeme. Anforderungen und praktischer Einsatz. R. Oldenbourg Verlag 2004
- [LSDJ06] Lew, Michael S.; Sebe, Nicu; Djeraba, Chabane; Jain Ramesh: Content-Based Multimedia Information Retrieval: State of the Art and Challenges. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications, Vol. 2, No. 1, February 2006, Pages 1–19.
- [Mocca] Softwareprojekt Mocca der TU Berlin (Institut für Wirtschaftsinformatik, Forschungsgruppe IKM) und der FHTW Berlin (Forschungsgruppe INKA). <http://www.moccaonline.de>
- [MTH05] Müller, Claudia; Trier, Matthias; Herzog, Michael A.: Process-oriented production of learning units for sustainable e-learning offerings. In: Breitner, M., Hoppe, G. (Hrsg.), E-Learning. Einsatzkonzepte und Geschäftsmodelle, Physica/Springer 2005.
- [ScBo05] Scherp Ansgar, Boll, Susanne: Context-driven smart authoring of multimedia content with xSMART. In: Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia. ACM Press 2005.
- [Schm05] Schmitt, Ingo: Ähnlichkeitssuche in Multimedia-Datenbanken. Retrieval, Suchalgorithmen und Anfragebehandlung. R. Oldenbourg Verlag 2005
- [ScWi04] Schmidt, A., Winterhalter, C.: User Context Aware Delivery of E-Learning Material: Approach and Architecture, Journal of Universal Computer Science (JUCS) vol.10, no.1, January 2004
- [Vri04] De Vries, Jennifer: Rapid E-Learning: Groundbreaking New Research. <http://www.elearningmag.com/ltimagazine/article/articleDetail.jsp?id=102399>. Abruf am 01.05.2006. (2004)
- [VaKu04] Vaishnavi, Vijay; Kuechler, William: Design Research in Information Systems. 20. Januar 2004, Update am 18. Januar 2006. <http://www.isworld.org/Researchdesign/drISworld.htm>. Abruf am 01.06.2005



# **Reengineering der Content-Erstellungsprozesse in Industrieunternehmen durch Content-Modellierung**

## **Fallbeispiel**

Pavlina Chikova, Katrina Leyking, Peter Loos

Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi) im  
Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)  
66123 Saarbrücken  
{pavlina.chikova,katrina.leyking,peter.loos}@iwi.dfki.de

Eva-Maria Bruch

Festo Lernzentrum Saar GmbH  
66386 St. Ingbert  
ena@de.festo.com

Lasse Lehmann

Technische Universität Darmstadt  
Fachgebiet Multimedia Kommunikation (KOM)  
64283 Darmstadt  
llehmann@KOM.tu-darmstadt.de

### **Abstract**

Der Prozess der Erstellung von eLearning-Content in Industrieunternehmen erweist sich derzeit als sehr komplex und ressourcenintensiv. Vor diesem Hintergrund verfolgt das Forschungsprojekt EXPLAIN den Ansatz, Unternehmen durch eine integrierte Authoring Management Plattform in die Lage zu versetzen, ihre Lerninhalte selbständig zu produzieren und so auf konkreten Lernbedarf zeitnah und kostengünstig reagieren zu können. Als zentraler Ansatz der EXPLAIN-Plattform wird eine Content-Modellierungsmethodik vorgestellt, mit deren Hilfe der gesamte Prozess zu vereinfachen und beschleunigen ist. Dass sich somit eLearning-Content in Industrieunternehmen effizienter und effektiver entwickeln lässt, wird anhand eines Fallbeispiels aus der Automatisierungsindustrie illustriert und aufgezeigt.

## 1 Einleitung und Motivation

Die effiziente Erstellung und der Einsatz von elektronischen Lerninhalten (Content) zur Schulung von Vertriebs- und Servicepersonal sowie Endnutzern entwickelt sich zunehmend zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor für produzierende Unternehmen [BaBS01]. Die konsequente Integration von eLearning in die Unternehmensprozesse ist kein neues Thema, jedoch entsteht die Frage, warum Training im Allgemeinen und Produkttraining im Speziellen heute in Deutschland und überwiegend in Europa zumeist noch in Form von klassischen Präsenzveranstaltungen durchgeführt wird [Attw03]. Aktuelle Studien sprechen von einem eLearning-Anteil in Unternehmen von circa 3 bis 5% im Verhältnis zum Präsenzanteil, obgleich steigende Tendenzen erkennbar sind. Die technologische Verfügbarkeit von Distributionswegen für Trainingsmedien ist signifikant gestiegen (DVD, CD-ROM, Internet, Mobile Geräte usw.) und auch der Reifegrad von Autorentools zur Unterstützung der Content-Erstellung ist weiter fortgeschritten. Insofern scheinen aus technischer und konzeptioneller Perspektive die Voraussetzungen für eine breite Anwendung gegeben. Die bisherigen Erkenntnisse in der Industrie zeigen aber, dass Unternehmen den Aufwand scheuen, eLearning-Content selbst zu produzieren und die personellen Ressourcen dafür zu intensivieren, da ihnen der Prozess zu kompliziert erscheint. Auch sind existierende Werkzeuge nicht intelligent und komfortabel genug, um das fehlende didaktische Wissen sowie Prozess-Know-how auszugleichen und optimal mit dem Expertenwissen in den Unternehmen zu verknüpfen [NHHA04]. Darüber hinaus wird der Anwendungsnutzen im Verhältnis zum wirtschaftlichen Aufwand insbesondere aus Managementsicht bislang nicht als adäquat angesehen.

Auch Unternehmen, die ihre Prozesse auf das Thema systematisch ausgerichtet haben und die Produktion multimedialer Inhalte für Produktschulungen etabliert haben, befassen sich ständig mit den oben stehenden Fragestellungen und passen ihre Strategie an Produktionsprozesse an, mit dem Ziel, Zeitaufwand und Produktionskosten für Trainingsmedien zu reduzieren.

Das konzeptionelle Design und die Produktion von eLearning-Content erweist sich derzeit als zu langwierig und kostenaufwändig angesichts schnelllebigere Produktportfolios. In der Regel sind in diesen Prozess mehrere Beteiligte wie Fachexperten, Autoren, Mediendesigner und Projektmanager involviert, da viele interdisziplinäre Detailkenntnisse (Technik, Tools, Projektmanagement, Medienproduktion, didaktische Expertise) benötigt werden. Für die Fachexperten beispielsweise, ist der Zeitaufwand vergleichsweise hoch, da ihr inhaltliches Know-how benötigt wird, die Explizierung ihres Wissens aber keinesfalls eine Routineaktivität

darstellt. Die Einbindung vieler Mitarbeiter aus verschiedenen Abteilungen erhöht den erforderlichen Aufwand zur Koordination und Kommunikation, besonders hinsichtlich des Dokumenten- und Datenaustauschs. Zudem unterstützen die bereits existierenden Werkzeuge nur singuläre Aspekte der Content-Produktion, bieten aber keine holistische Prozessintegration von Konzeption, Produktion und Management von Content. Auf der anderen Seite existieren aber auch Lösungen für das Management und den Austausch von Content, wie z.B. Content-Management-Systeme (CMS) und Repositories.

Diese Werkzeuge müssen, zusammen mit Editoren zur Konzept- und Drehbucheerstellung und anderen spezialisierten Tools zum Projektmanagement, manuell kombiniert werden. Was fehlt, ist ein übergreifendes, integratives System zur Kooperation und Ausführung dieser Tasks, das von allen Mitarbeitern verwendet wird.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des vom BMWi-geförderten Forschungsprojekts EXPLAIN (Expertengestütztes Toolset zur entwicklungsbegleitenden Erstellung von Trainingsmedien im Product Life Cycle in Industrieunternehmen; <http://www.explain-project.de>) [ZBCH05] eine web-basierte Authoring Management Plattform zur Unterstützung des Erstellungsprozesses von eLearning-Content und des Managements unternehmensinterner Content-Projekte entworfen, die eine Integration bereits existierender Autorentools erlaubt (siehe Abb. 1). Nach einer Ist-Analyse der bestehenden Content-Erstellungsprozesse dreier Industrieunternehmen, wurde ein Reengineering der Prozesse durchgeführt [HaCh94], in dessen Rahmen ein idealer Soll-Prozess der Content-Produktion konzipiert und entworfen wurde [ChLM06]. Dieser Prozess soll in integrativer Art und Weise die Teilprozesse Content-Entwicklung und Content-Management durch Nutzung bestehender Schnittstellen miteinander verbinden und zusammen mit einfachen und günstigen Umsetzungstools die Akzeptanz und Nutzung in Unternehmen verbessern. Das Content-Modell gilt dabei als zentrales Element des gesamten Content-Erstellungsprozesses. Es ist das Ergebnis eines anfänglichen Projektplans, der die Lernziele und den Content beschreibt, wird in der Konzeptionsphase erstellt, und dient darüber hinaus als Basis für die Produktionsphase. Es ist vergleichbar mit einer Stückliste, die in Produktdesign und -entwicklung bzw. in der Produktionsplanung und -steuerung in Industrieunternehmen zum Einsatz kommt [Sche90].

Im Folgenden werden zunächst die Schwachstellen der Content-Erstellungsprozesse in produzierenden Unternehmen analysiert. Darauf bezugnehmend folgt eine Beschreibung der Methodik, die in der EXPLAIN Authoring Management Plattform zur Anwendung kommen

wird. Schließlich wird als Anwendungsfall aus der Industrie der Automatisierungstechnik das Unternehmen Festo vorgestellt, an dessen Beispiel die unternehmensspezifischen Ist-Prozesse der Content-Erstellung sowie die Erfahrungen mit der Methodik des Plattformszenarios bzgl. der reengineerten Prozesse und der Content-Modellierung erläutert und bewertet werden.

## **2 Schwachstellenanalyse der Content-Erstellung in Industrieunternehmen**

Als praktische Grundlage der Betrachtung und Analyse der Schwachstellen bei der Content-Erstellung dient die gegenwärtige Praxis dreier Unternehmen in den Branchen Pharmazie, Elektrotechnik und Automatisierungstechnik. Ihre bestehende Affinität zum Thema eLearning, dessen unternehmensweite Umsetzung und dementsprechend etablierte Prozesse der Content-Erstellung zeichnen sie als geeignete Untersuchungsobjekte aus [ChLM06]. Im Rahmen der Analyse der Ist-Prozesse der Produktion von multimedialen Trainingsinhalten bei den drei EXPLAIN-Anwendungspartnern wurden nachfolgende Schwachstellen identifiziert:

- **Hoher Zeitbedarf bei „teuren“ Mitarbeitern:** Der Zeitbedarf von Fachexperten aus den Fachabteilungen bei der Produktion von Rich Media Content ist sehr hoch. Aufgrund ihrer inhaltlichen Kompetenz ist ihre Beteiligung aber essentiell. Um den Projekterfolg sicherzustellen, sind sie an der inhaltlichen Konzeption meist intensiv beteiligt. Sie erfüllen Aufgaben wie Bereitstellung von Basismaterial, Erklärung der Produkte (Briefing), Mitarbeit und Abstimmung bei der Entwicklung von Konzepten und Drehbüchern, Abnahme und Feedback von Entwicklungs- und Produktionsergebnissen sowie laufende Unterstützung bei der Produktion.
- **Fehlende Werkzeugintegration:** Über den gesamten Konzeptions- und Produktionsprozess kommt i.d.R. eine Vielzahl von Werkzeugen und Medientypen zum Einsatz und ein vermehrtes Auftreten von Medienbrüchen ist unvermeidlich. Die Gründe liegen zum Einen darin, dass das Ausgangsmaterial in verschieden gearteten Quellen vorliegt und zum Anderen in der heterogenen Infrastruktur in den Unternehmen existierender und eingesetzter Werkzeuge, die von Office-Applikationen über Drehbucharstellungswerkzeuge bis hin zu Autorentools reichen. Hinzu kommen Spezialwerkzeuge für Grafik-, Video-, Audibearbeitung,

Animationen, Softwaresimulationen, CAD-Tools usw. Durch die fehlende Werkzeugintegration entstehen viele Aufwände an verschiedenen Stellen mehrfach.

- **Hoher persönlicher Abstimmungs-, Kommunikations- und Projektmanagementaufwand:** Meist sind in Projekten zur Content-Erstellung eine Vielzahl von Personen beteiligt (interne Stakeholder, externe Partner, Spezialisten, Didaktiker, Drehbuchautoren etc.), deren Abstimmung sehr aufwändig und kommunikationsintensiv ist. Oftmals wird die Abstimmung nicht durch elektronische Kommunikation unterstützt sondern erfolgt in Form von persönlichen Treffen, an denen auch die Fachexperten beteiligt sind, was die Laufzeit der Projekte allein aufgrund von Terminierungsschwierigkeiten verlängern kann. Dies betrifft sowohl die Abstimmung über generelle Vorgehensweisen, Projektstandards und Werkzeuge als auch die Abstimmung inhaltlicher Aspekte und Details.
- **Große Datenmenge und -redundanz:** Die im Prozess zu verarbeitende Datenmenge ist extrem hoch. Es fehlen integrierte Konzepte zur Verwaltung aller Teil- und Zwischenergebnisse, inhaltlichen Materialien und medialen Elemente. Dies führt in der Folge zu einem hohen Managementaufwand für Versionen, Releasestände, Produktvarianten, Fremdsprachensysteme usw. Aufgrund dessen, dass meist mehrere Personen im Prozess beteiligt sind, steigt der Datenhaltungsaufwand exponentiell. Eine hochgradige Redundanz der Datenhaltung für alle im Prozess entstehenden Ergebnisse ist zwangsläufig.
- **Zielgruppenspezifische Produktvarianten und aufwändige Lokalisierungsprozesse:** Meist sind die Trainingsmedien für Produkte in mehreren Sprachen zu erstellen. Trotz teilautomatisierter Prozesse für das Einspielen von Fremdsprachen (Texte, Audios) und die automatische Synchronisierung von Medien ist der Lokalisierungsaufwand sehr hoch.
- **Hohe Folgekosten durch Aktualisierungsaufwendungen:** Die Aktualisierung von Trainingsmedien bei Änderungen an den Produkten ist sehr aufwändig. Dies gilt zum Einen für die Analyse der Punkte, die geändert werden müssen und zum Anderen für die Durchführung der Änderungen in meist mehrfach existierenden Versionen, z.B. bedingt durch lokalisierte Inhalte in mehreren Sprachen.

- **Divergenz zwischen erwarteten Kosten und tatsächlich realisierten Gesamtkosten:** Die Komplexität der Content-Erstellung, die in der „Natur“ der Sache liegt und mit kreativen Prozessen einhergeht, wird meist unterschätzt. Selbst wenn umfangreiche Erfahrungen und Kompetenzen vorliegen, Projektteams eingespielt sind, Autorentools umfangreich eingesetzt und Prozesse standardisiert sind, werden die Kosten kontinuierlich unterschätzt.

Den identifizierten Schwachstellen liegen folgende Rahmenbedingungen zugrunde:

- Alle industriellen Partner verfügen bereits über Erfahrung in der Content-Erstellung und haben bereits mehrere Trainingsmedien produziert.
- Produktionsprozesse sind systematisch entwickelt und implementiert.
- Autorentools, definiert als Werkzeuge zur templategestützten Medienproduktion, wurden eingesetzt und sind in der Prozessanalyse berücksichtigt.
- Die Ist-Prozesse betrachten sowohl in-house-Produktionen als auch outgesourcte Content-Erstellungsprozesse durch unterschiedliche Produktionspartner.

Es kann somit weitestgehend ausgeschlossen werden, dass die obigen Problemstellungen aufgrund von individueller Kompetenz, Partnerstruktur, aktuellen Werkzeugen oder sonstigen Rahmenbedingungen als Einzelfälle zu betrachten sind. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass die Schwachstellen grundsätzlich existieren und nur durch ein grundlegendes Überdenken des Content-Erstellungsprozesses, der Art der Produktion sowie der Integration der Werkzeuge entlang des Prozesses zu lösen sind. Hierin sieht EXPLAIN seine wesentlichen Forschungs- und Entwicklungsfragen.

### **3 EXPLAIN Authoring Management Plattform**

Das Forschungsprojekt EXPLAIN verfolgt den Ansatz, Unternehmen durch eine integrierte Authoring Management Plattform in die Lage zu versetzen, ihre Lerninhalte selbständig zu produzieren und so auf konkreten Lernbedarf zeitnah und kostengünstig reagieren zu können. Dabei wäre es unrealistisch und ökonomisch wenig sinnvoll, wenn die Unternehmen alle bei der Produktion der eLearning Materialien benötigten Teilkomponenten völlig autark und eigenhändig erstellen. Stattdessen soll die EXPLAIN Authoring Management Plattform als

web-basierte Lösung eine breite Palette von Content-Erstellungsprozessen, Services und Tools auf „on-demand“-Basis anbieten (siehe Abb. 1) und auch externe Anbieter je nach Wunsch einbeziehen. Die hierbei verfolgte Idee ist, dass ein Unternehmen im Rahmen eines Content-Projektes auf genau die Werkzeuge zugreifen, genau die Unterstützung erhalten und genau die Dienstleistungen in Anspruch nehmen kann, die es gerade benötigt.

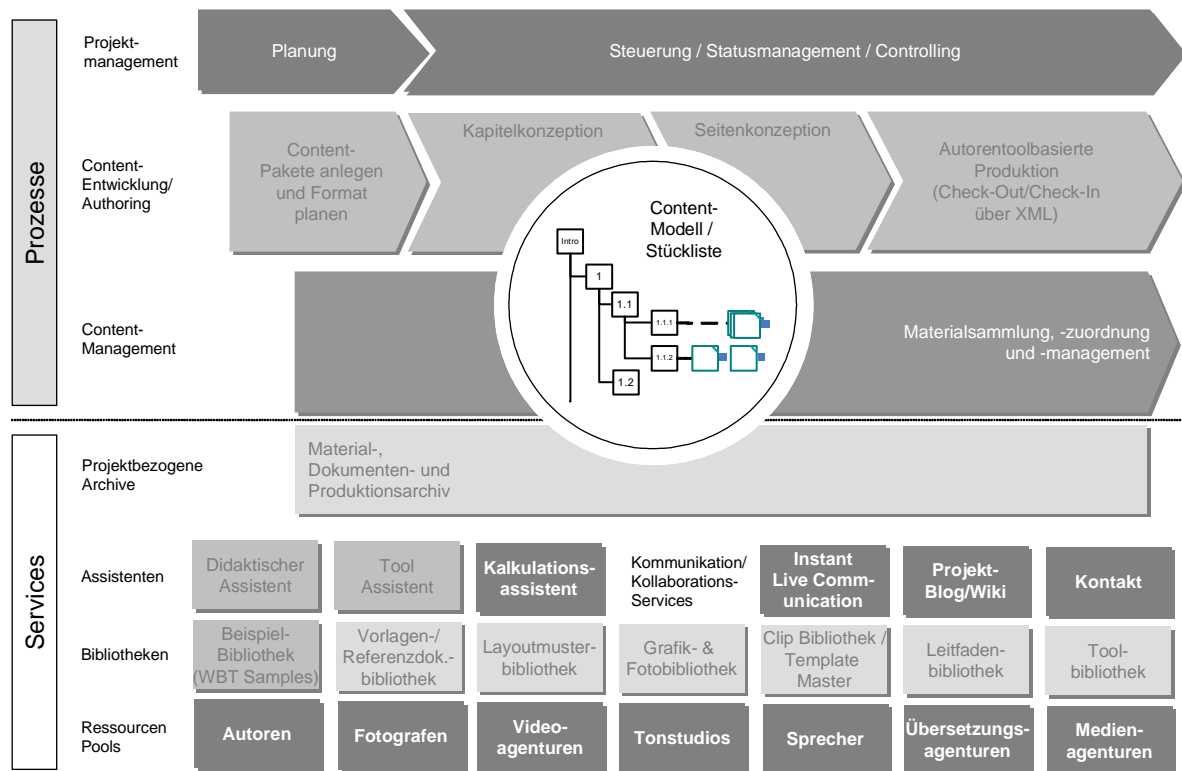


Abb. 1: Prozess- und Service-Landkarte der EXPLAIN Authoring Management Plattform

Zentraler Bearbeitungsgegenstand ist dabei das Content-Modell, welches alle anfallenden Aktivitäten entlang der Struktur des zu entwickelnden eLearning-Moduls abbildet. Es stellt somit die Schnittstelle zwischen den Prozessen des Content-Managements, der Content-Entwicklung und des Projektmanagements dar. Darüber hinaus bietet die Plattform Mehrwertdienste (Services) an, die Hilfestellung bei didaktischen Fragestellungen, bei der Werkzeugauswahl, bei der projektinternen und -übergreifenden Kommunikation und Kollaboration, bei der Suche nach Medienexperten sowie Bibliotheken vorgefertigter Templates und Medien-Assets bieten, und durch die sich die Plattform von CMS unterscheidet [ChLe06]. Für die weitere Betrachtung ist der Prozess der Content-Erstellung von besonderer Bedeutung, in dessen Rahmen viele Aspekte berücksichtigt werden müssen. Zusätzlich zur Medienproduktion und deren Zusammenstellung zu einem Lernobjekt, besteht dieser aus konzeptionellem Design, Material- und Ressourcenmanagement sowie Projektmanagement.

Das Ziel ist es, diesen komplexen kollaborativen Prozess zu beschleunigen und zu vereinfachen. Des Weiteren soll es Wissensträgern bzw. Fachexperten ermöglicht werden, die Zuständigkeit für viele Prozessschritte zu übernehmen, wobei dies durch automatisierte Führung entlang der einzelnen Schritte und durch kontextsensitive Tipps zur didaktischen Gestaltung vereinfacht werden soll [LARC06]. Die integrierte Betrachtung von Produkt- und Content-Entwicklung ermöglicht es, dass Content bereits während des Produktentwicklungsprozesses durch die Fachexperten erarbeitet werden kann, was insbesondere bei dieser am Content-Produktionsprozess beteiligten Personengruppe zu einer signifikanten Zeitersparnis, und damit verbunden auch zu einer Kostenreduktion für das jeweilige Unternehmen führt.

## 4 Die Content-Modellierungsmethodik

Da sich die EXPLAIN Authoring Management Plattform noch in der Entwicklung befindet, war diese für die Anwendungspartner im EXPLAIN Projekt für den Showcase noch nicht anwendbar. Nichtsdestotrotz sollten aber die Konzepte und Methoden, die einen großen Teil der Funktionalität der Plattform ausmachen zur Anwendung kommen. Hierzu zählt vor allem der Content-Modellierungsansatz der Plattform, der in diesem Kapitel beschrieben werden soll.

### 4.1 Content-Modell statt Drehbuch

Momentan herrscht bei der Content-Erstellung ein Prozess, wie er in Abb. 2 gezeigt ist vor.

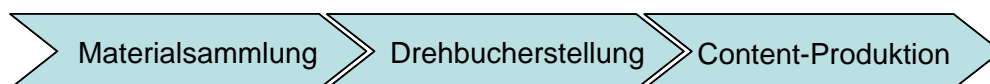


Abb. 2: Prozessschritte bei der Content-Erstellung

Der EXPLAIN-Plattform liegt die Annahme zu Grunde, dass die Content-Modellierung direkt an die Content-Produktion im Autorenwerkzeug anschließen kann, so dass die Prozesse der Materialsammlung und Drehbucheerstellung redundant werden. Diese Prozesse werden dabei durch die Content-Modellierung ersetzt, wodurch eine redundante Pflege von Materialien und anderen Dokumenten, die neben dem Drehbuch existieren, vermieden werden soll. Eine Grundvoraussetzung ist, dass das Content-Modell genügend Informationen enthält um als aussagekräftiges Modell des späteren Contents und so als Kommunikations- und Prozessgrundlage zu dienen. Dies wird noch durch die Modellierungsfähigkeiten vieler moderner Autorentools begünstigt. Somit ergibt sich eine Prozessabfolge gemäß Abb. 3.





Abb. 3: Content-Erstellungsprozess in EXPLAIN

Da die Prozessschritte „Materialsammlung“ und „Drehbucheerstellung“ aus Abb. 2 durch die „Content-Modell-Erstellung“ in Kombination mit den eingesetzten Autorenwerkzeugen ersetzt werden können, erfolgt eine Reduktion der Teilprozesse, wodurch z.B. Medienbrüche und redundante, nebenläufige Arbeitsschritte, aber auch weitere Prozessverluste der alten Teilprozesse vermieden werden. Zudem wird die Erstellung des Content-Modells als weniger komplex und zeitaufwendig angesehen als eine Drehbucheerstellung.

#### 4.2 Das EXPLAIN Content-Modell

Das Content-Modell in der EXPLAIN-Plattform setzt sich aus drei Komponenten zusammen. Die *logische Struktur* wird mit Hilfe von Kapiteln und Unterkapiteln abgebildet, während die *physikalische Struktur* durch Seiten, bzw. falls die exakte Seitenzahl zum Modellierungszeitpunkt nicht bekannt ist, Seitengruppen abgebildet wird. Den Seiten können darüber hinaus *Materialien* zugeordnet werden, die später auf der Seite enthalten sein sollen. Zu Materialien zählen alle Medienobjekte, die in dem fertigen eLearning-Content auftreten können. Sollte ein Material zum Modellierungszeitpunkt noch nicht verfügbar sein, weil z.B. ein Bild erst noch produziert werden muss, kann es mit Hilfe einer so genannten Materialnotiz umschrieben werden. Diese wird dann zu einem späteren Zeitpunkt durch das echte Material ersetzt. Abb. 4 zeigt eine Instanz des beschriebenen Content-Modells.

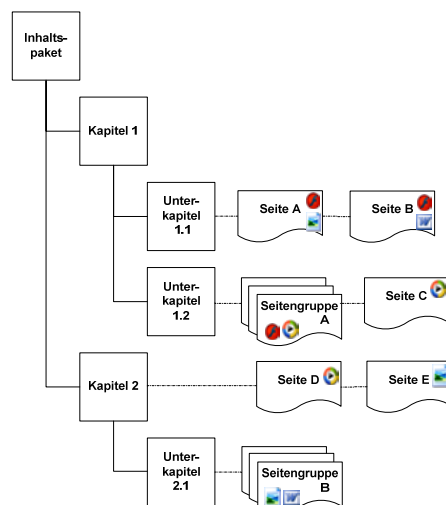


Abb. 4: Instanz des EXPLAIN Content-Modells

Neben der Anreicherung der Seiten durch Materialien können zu jedem Kapitel, jeder Seite und jedem Material zusätzliche Informationen festgehalten werden. Die folgende Tabelle zeigt einen Auszug der Informationen, durch die das Content-Modell angereichert wird. Die Anreicherung kann in der EXPLAIN-Plattform entweder manuell durch den Nutzer, in vielen Fällen jedoch auch voll- oder halbautomatisch durch die Plattform erfolgen. Dies ist z.B. beim Attribut „Status“, aber auch bei Kostenattributen und Vererbungen von Zuständigkeiten für untergeordnete Objekte möglich. Über diese inhaltlichen Informationen hinaus ist das Content-Modell im Kontext der EXPLAIN-Plattform noch in anderer Hinsicht angereichert. Es dient als Grundlage für die drei es umgebenden Prozesse (vgl. Abb. 1) und muss daher die notwendigen Informationen bezüglich des Projektmanagements und des Content-Managements enthalten. Diese werden, ebenso wie der für das Content-Modell der EXPLAIN-Plattform entwickelte Modellierungsansatz in [LARC06] beschrieben.

<b>Attribut</b>	<b>Beschreibung</b>
Inhaltsbeschreibung	Textuelle Kurzbeschreibung des Inhalts der Seite (oder des Kapitels)
Bemerkungen	Bemerkungen der Person, die die Modellierung durchführt
Screenertext	Text der auf der Seite erscheinen soll
Sprechertexte	Sprechertexte für evtl. auf der Seite vorhandene Video- oder Audioobjekte
Didaktischer Seitentyp	Beschreibt den Seitentyp unter Verwendung der Ergebnisse der didaktischen Hilfefunktion der Plattform
Offene Punkte	Konzeptionell noch offene Fragen
Navigationsanweisungen	Anweisungen, wie auf der Seite navigiert werden soll
Frage- und Antworttext	Text für evtl. auftretende Testfragen
...	...

Tab. 1: Anreichernde Informationen

### 4.3 Die Modellierung

Das beschriebene Content-Modell muss noch eine weitere Voraussetzung erfüllen. Es sollte leicht und schnell erstellbar, bearbeitbar und begreifbar sein; und dies insbesondere von den erwähnten Fachexperten. Aus diesem Grund wurde dem Content-Modell das bekannte Buchparadigma zugrunde gelegt (vgl. Abb. 4). Es ist auch von Fachexperten intuitiv und schnell erfassbar und kann deshalb ohne Probleme modelliert werden. In der EXPLAIN-Plattform wird die Modellierung mit einem leichtgewichtigen, einfach zu bedienenden Editor

umgesetzt, mit dessen Hilfe es möglich ist, innerhalb weniger Minuten die logische Struktur eines eLearning-Kurses zu erstellen und mit Seiten zu befüllen. Mit Hilfe des in die Plattform integrierten Repositories für Materialien können diese mit wenigen Klicks den Seiten zugeordnet werden. Einige der anreichernden Informationen können dabei von der Plattform erfasst und eingetragen werden.

## **5 Fallbeispiel aus der Automatisierungsindustrie**

### **5.1 Der Festo-Anwendungsfall**

Festo AG und Co. KG ist ein international agierender Anbieter von Automatisierungstechnik. Das global ausgerichtete, unabhängige Familienunternehmen mit Hauptsitz in Esslingen am Neckar hat sich in mehr als 40 Jahren in seiner Branche etabliert – durch Innovation und Problemlösungskompetenz im Bereich Pneumatik sowie mit einem großen Angebot an industriellen Aus- und Weiterbildungsprogrammen. Das Festo Lernzentrum als ein Unternehmen der Festo Gruppe ist anerkannter Weiterbildungsträger. Hier werden sowohl Führungskonzepte und betriebswirtschaftliches Know-how als auch globales Wissen und Erfahrungen weitergegeben. Für Unternehmen, öffentliche Institutionen und Privatpersonen bieten sich hier aussichtsreiche Rahmenbedingungen zur Weiterbildung. Das Leistungsspektrum des Festo Lernzentrums erstreckt sich von Coaching und Prozessbegleitung über Erst- und Verbundausbildung, Umschulung und Qualifizierung bis hin zu Weiterbildungsmaßnahmen für unterschiedliche Bereiche (Technik, EDV, Führung und Zusammenarbeit, Wirtschaft, Produktion, Logistik). Des Weiteren werden auch Forum-Veranstaltungen und Fördermittelberatung angeboten sowie eLearning-Aktivitäten durchgeführt.

Festo besitzt bereits langjährige Erfahrungen im Einsatz von CBT- und WBT-Lösungen. Seit der Einführung einer eLearning Plattform im Jahr 2000 werden die Trainingsinhalte den Mitarbeitern im Festo Konzern weltweit online angeboten. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Mehrsprachigkeit der angebotenen Inhalte. Das Angebot reicht von individuellen Produktschulungen für den Vertrieb bis hin zu standardisierten Lernprogrammen im Bereich der EDV-Schulungen. Weitere Themenschwerpunkte sind Fremdsprachentraining und Soft Skill Trainings. Der Einsatz der WBTs erfolgt in verschiedenen didaktischen

Szenarien von Selbstlernprozessen bis hin zu Blended Learning. Zur Flexibilisierung der Content-Prozesse für individuelle WBTs (z.B. Produktschulungen) und zur Kostensenkung beim Einsatz von eLearning werden diese WBTs seit 2003 weitgehend in-house produziert.

Im Rahmen des EXPLAIN-Projekts hat das Festo Lernzentrum im Showcase I erste Erfahrungen mit einem optimierten Content-Erstellungsprozess gemacht, der sich bereits in dieser frühen Phase von der bisherigen Praxis unterscheidet [Bruc05]. Als Thema des ersten Showcase wurde das Führungskräfte-Training „Auswahl von MitarbeiterInnen“ gewählt.

## **5.2 Bisherige Prozesse der Content-Erstellung bei Festo**

Wie bereits erwähnt, wird Content bei Festo seit 2003 weitgehend in-house produziert. Zur Ausarbeitung der Inhalte werden Fachexperten herangezogen, die Produktion wird jedoch von speziell fortgebildeten Programmierern und Drehbuchautoren im Unternehmen durchgeführt. Dabei liefert der Fachexperte die Inhalte in von ihm bearbeitbaren Formaten (Word oder PowerPoint), welche dann durch den Drehbuchautor und Programmierer in die entsprechenden Autorentools eingefügt werden.

Der bisherige Prozess der Content-Erstellung verlief generell in folgenden Schritten:

- 1. Content-Planung: Fachexperte und Drehbuchautor definieren gemeinsam Zielgruppe und Lernziele des Inhaltes. Eine Grobstruktur des Lernprogramms wird in PowerPoint oder Word erstellt.
- 2. Drehbucherstellung: Anhand der Grobstruktur und auf Basis der durch den Fachexperten gelieferten Medien und Daten in Form von Word-Dokumenten oder PowerPoint-Präsentationen wird durch den Drehbuchautor ein Drehbuch in zwei Schritten erstellt: Screendesign des Lernprogramms in PowerPoint sowie das ausgearbeitete Drehbuch in Word. Das Drehbuch enthält die detaillierten Texte, Programmieranweisungen, Hinweise auf Medienquellen, Beschreibungen von noch zu erstellenden Medien, Beschreibungen zur Vertonung etc.
- 3. Abnahme des Drehbuchs: Der Fachexperte überprüft/korrigiert das Drehbuch.
- 4. Medienproduktion: Nach der Freigabe des Drehbuchs durch den Fachexperten beginnt die Medienproduktion: Bildersuche/Bildbearbeitung, Erstellung von Animationen, Sprachaufnahme, Musikauswahl, Videoauswahl/-produktion. Hierbei wird auf interne sowie externe Bilder- und Mediendatenbanken zurückgegriffen.

- 5. Content-Produktion: In diesem Schritt erfolgt die eigentliche Erstellung des Lernprogramms. Anhand der Vorlagen des Drehbuchs und des Screendesigns wird das Lernprogramm erstellt und die Medien zusammengeführt.
- 6. Abnahme des Lernprogramms / Korrekturen / Freigabe: Im letzten Schritt des Content-Erstellungsprozesses erfolgt die Kontrolle und Abnahme des Contents durch den Fachexperten. Im Rahmen dieses letzten Schrittes kann es zu einer oder mehreren Korrekturphasen kommen.

Im hier beschriebenen Prozess ergeben sich verschiedene Schnittstellen zwischen Drehbuchautor, Programmierer, Fachexperte und externen Dienstleistern (z.B. Tonstudio). Insbesondere die Schnittstelle zwischen Fachexperte und Drehbuchautor/Programmierer erweist sich häufig als problematisch. Die Schwierigkeit besteht darin, den Nicht-Spezialisten der Content-Erstellung (Fachexperte auf einem Gebiet) den Ablauf der Prozesse zu verdeutlichen und aufzuzeigen, in welchen Phasen die Unterstützung der Fachexperten unerlässlich ist. Aus den praktischen Erfahrungen hat sich gezeigt, dass der Fachexperte z.B. ein Drehbuch freigibt, ohne es gründlich geprüft zu haben, da die rein textbasierte Darstellung nicht geeignet ist, den späteren Content richtig zu repräsentieren. Diese Problematik hat bspw. Auswirkungen auf die Phase 6 der Content-Erstellung, da zusätzliche und zudem aufwändigere Korrekturphasen benötigt werden, was wiederum Auswirkungen auf Kosten und Zeitrahmen des Content-Projektes hat. Ein weiteres Problem der Content-Erstellung nach dem bisherigen Prozess ist die Beschaffung und Archivierung von Daten und Medienmaterial. Da mehrere Personen im Content-Erstellungsprozess arbeiten, werden z.B. Bilder oder Animationen häufig mehrfach archiviert. Derzeit gibt es keine zentrale Mediendatenbank, die einen gemeinsamen Zugriff ermöglichen würde. Dies hat eine redundante Speicherung von Daten und Medien zur Folge. Aufgrund der komplexen Prozesse und der für Nicht-Spezialisten ungeeigneten Technologien sind die Aktivitäten der Content-Erstellungsprozesse noch nicht systematisch mit den Geschäftsbereichen verbunden.

### **5.3 Reengineerte Content-Erstellung bei Festo**

Im ersten Showcase von Festo wurde anhand der in EXPLAIN auf Basis der identifizierten Schwachstellen entwickelten neuen Prozesse und Methoden ein reengineerter Content-Erstellungsprozess angewandt, der nun folgendermaßen verläuft:

- 1. Content-Planung: In dieser Phase werden Lernziele, Zielgruppe und Grobstruktur festgelegt. Die Erstellung der Grobstruktur erfolgt auf der Basis der vom Fachexperten gelieferten Inhalte. Des Weiteren wird zur Grobkonzeption auf speziell entwickelte didaktische Muster [Nieg06] zurückgegriffen, um die geeignete Formatentscheidung für das Thema zu treffen. Die jetzt zur Verfügung stehenden didaktischen Muster und Anleitungen zur Formatentscheidung in Bezug auf Strukturierung, Gestaltung, Motivationsdesign und Instruktionsdesign sind in dieser Phase sehr hilfreich, da dieser Schritt im bisherigen Prozess nicht strukturiert war.
- 2. Erstellung des Content-Modells: In dieser Phase erfolgt nun die Erstellung des Content-Modells durch Darstellung der Kapitel- und Seitenstruktur des Contents. Zu den einzelnen Seiten werden zudem Hinweise zu Medien, Daten, Texten, bereits verfügbaren und zu erstellenden Materialien hinzugefügt. Das Content-Modell ersetzt nun das frühere Drehbuch.
- 3. Abnahme des Content-Modells durch den Fachexperten: Die Abstimmung und Abnahme mit dem Fachexperten erfolgt anhand des Content-Modells. Durch die visuelle Darstellung der Struktur des Lernprogramms und Kapitel- und Seitennamen, sowie Hinweise zu Materialien kann der Content wesentlich besser für den Fachexperten präsentiert werden.
- 4. Medienproduktion: In diesem Schritt ergaben sich keine Veränderungen.
- 5. Content-Produktion: Programmierung des Lernprogramms auf Basis des Content-Modells und Zusammenführung der Medien.
- 6. Abnahme des Lernprogramms / Korrekturen / Freigabe: Aufgrund der einfachen Zugänglichkeit des Content-Modells und dessen Verständlichkeit erfolgt der Abnahmeprozess durch den Fachexperten jetzt wesentlich schneller, Korrekturphasen können reduziert werden.

Abb. 5 zeigt einen kleinen Ausschnitt aus dem Festo-Content-Modell zum WBT „Auswahl von Mitarbeitern“. Die in grau markierten Seiten enthalten Festo-spezifischen Content.

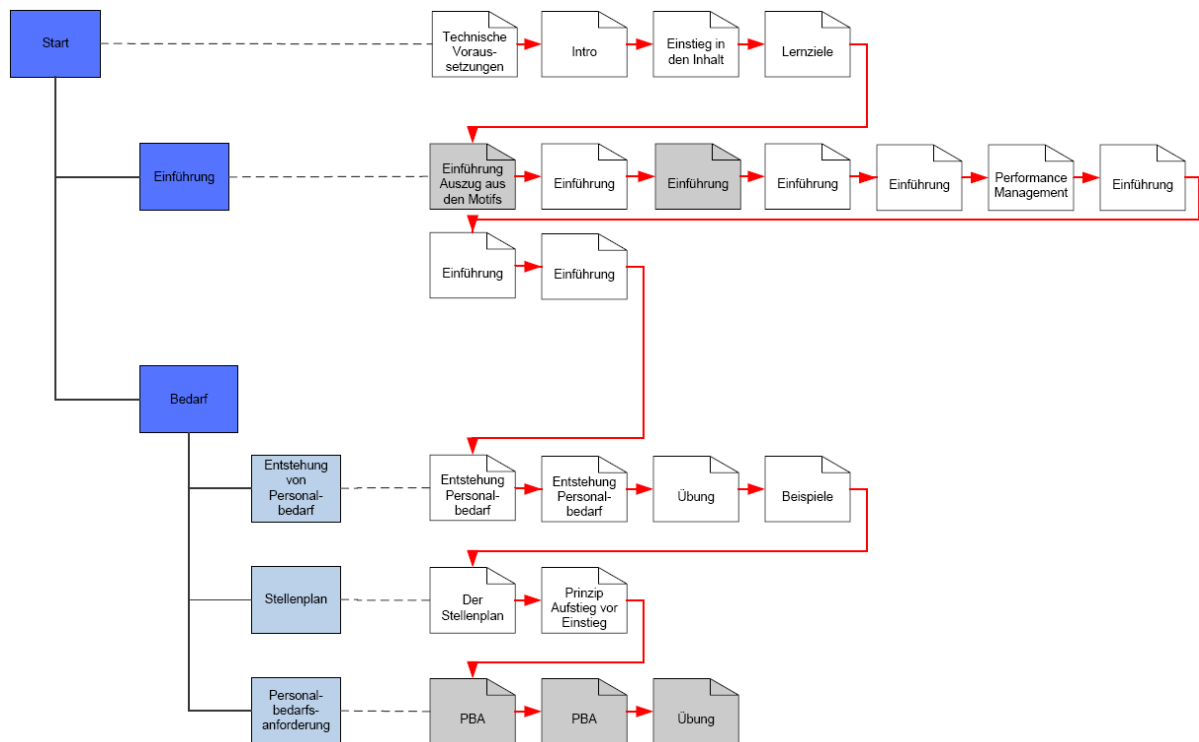


Abb. 5: Ausschnitt aus Festo-Content-Modell zum WBT „Auswahl von Mitarbeitern“

Insgesamt konnte der Content-Erstellungsprozess durch den Einsatz vom in EXPLAIN entwickelten Content-Modellierungsansatz vereinfacht und beschleunigt werden. Durch den Wegfall der Drehbucheerstellung konnte signifikant Zeit in der Content-Erstellung eingespart werden. Drehbücher sind aufgrund ihrer Textlastigkeit in der Handhabung oft komplex, werden von vielen Mitarbeitern zugleich gepflegt und enthalten dementsprechend viele Redundanzen bzw. sind daher schwer oder nur unter hohem Arbeitsaufwand anpassbar. Insgesamt stellt sich die Abnahme solcher unhandlichen Drehbücher daher in der Praxis als selten ernst genommenen Prozess dar. Durch den Einsatz des Content-Modellierungsansatzes wurde die Schnittstelle zum Fachexperten vereinfacht und somit deutlich verbessert. Das Content-Modell, welches das Lernprogramm visualisiert darstellt, erwies sich als eine wesentliche Verbesserung des gesamten Prozesses. Die Abnahme des Content-Modells, welches nun als Ersatz für das Drehbuch eingesetzt wird, war für den Fachexperten leichter und nachvollziehbarer, wodurch der Abnahmeprozess für die entsprechenden Verantwortlichen verbindlicher als bisher wurde. In Folge dessen hat sich der Bedarf an Korrekturphasen im letzten Schritt verringert, und damit auch der endgültige Abnahmeprozess verkürzt.

Die Content-Produktion insgesamt wurde beschleunigt und ist nun weniger aufwändig. Der sonst komplexe Prozess der Drehbucherstellung mit z.B. der Ausformulierung von Texten entfiel bzw. wurde direkt in die Programmierung/Produktion übertragen.

Hierbei ist auch zu erwähnen, dass weniger Werkzeuge (nur Visio und Autorentool anstatt Word, PowerPoint, Autorentool) verwendet wurden und somit die Anzahl von Medienbrüchen während des Content-Erstellungsprozesses reduziert werden konnte. Dies bedeutete eine einfachere Handhabung des gesamten Prozesses.

Im Rahmen des Projektmanagements hat sich der Abstimmungs- und Kommunikationsaufwand deutlich reduziert. Da die Abstimmungsprozesse im Vergleich zur vorherigen Praxis nun schneller und übersichtlicher laufen, hat sich die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Akteuren verbessert. Aufgrund der visualisierten Darstellung der Content-Erstellung verfügen die einzelnen Prozessschritte über hohe Transparenz und Nachvollziehbarkeit für alle am Content-Projekt Beteiligten entlang des gesamten Prozesses. Das sehr gute Feedback der internen Kunden, die den Modellierungsansatz angewandt und evaluiert haben, spricht für dessen zukünftigen Einsatz im Unternehmen.

Der reengineerte Prozess bei Festo hat auch andere Vorteile für das Content-Management mit sich gebracht, wobei sich die Menge der im Prozess zu verarbeitenden Daten und Materialien niedriger gehalten werden konnte und eine formatübergreifende Referenzierung und Zuordnung von Materialien ermöglicht wurde. Zudem konnten Datenredundanzen vermieden werden, da die Verwaltung der Inhalte in einer transparenten und übersichtlichen Struktur erfolgte.

Insgesamt ist festzuhalten, dass allein durch den methodischen Veränderungsansatz der Content-Modellierung, Festo den Prozess der Content-Erstellung sichtbar optimieren konnte. Von einer Einbindung dieses Konzeptes in die EXPLAIN-Plattform verspricht man sich zusätzliche Verbesserungen hinsichtlich des reibungslosen Zusammenspiels unterschiedlicher Content-Bestandteile (Reduktion von Medienbrüchen), der in Einsatz befindlichen Systeme (Integration) und der an der Content-Modellierung Beteiligten (Kollaboration).

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

Im Rahmen dieses Beitrages wurden die Herausforderungen der Content-Erstellung in Industrieunternehmen dargelegt. Der Ansatz durch Content-Modellierung den Prozess zu vereinfachen und in bestehende organisatorische und technologische Strukturen zu integrieren



ist ein zentrales Forschungsergebnis des EXPLAIN-Projektes auf dessen Basis die EXPLAIN Authoring Management Plattform entworfen und entwickelt wird. Die vorgestellte Modellierungsmethodik unterstützt den gesamten Prozess der Content-Erstellung, inklusive Projektmanagement, Medienproduktion und -sammlung, Materialmanagement sowie die Gestaltung und Produktion der Lerninhalte. Dass sich somit eLearning-Content in Industrieunternehmen effizienter und effektiver entwickeln lässt, wurde anhand der Fallstudie Festo illustriert. Dabei hat sich gezeigt, dass semi-formale Modellierung die bisher fehlende Brücke zwischen betriebswirtschaftlichen, pädagogischen und technischen Fachexperten schlägt. Wie schon in anderen Anwendungsszenarien bekannt, sind semi-formale Modelle wie das vorgestellte Content-Modell einerseits leicht zu verstehen und für jeden zugänglich. Andererseits bieten sie aber eine ausreichende Präzision, um als Anforderungsbasis für die weitere informationstechnische Verarbeitung, in unserem Fall der Content-Erstellung zu dienen. Der Fokus der nächsten Entwicklungsschritte liegt auf der Implementierung der Plattform und der Integration der Content-Modellierung. Angesichts eines prototypischen Systems können in folgenden Showcases mit den Anwendungspartnern detaillierte Urteilsschlüsse über die Qualität und Validität des Ansatzes gezogen und auf die Weiterentwicklung der Modellierungssprache – insbesondere hinsichtlich einer didaktischen Erweiterung – angewandt werden.

## Literaturverzeichnis

- [Attw03] *Attwell, Graham*: The challenge of e-learning in small enterprises. Issues for policy and practice in Europe. In: Cedefop Panorama series 82 (2003), Luxembourg 2003.
- [BaBS01] *Back, Andrea; Bendel, Oliver; Stoller-Schai, Daniel*: E-Learning im Unternehmen. Orell Füssli, Zürich 2001.
- [Bruc05] *Bruch, Eva-Maria*: e-learning: Wie bringt man e-learning in den Mittelstand? In: Bruch, E.-M. (Hrsg): Newsletter Festo Lernzentrum GmbH (2005) 9, St. Ingbert 2005, S. 1-2.
- [ChLe06] *Chikova, Pavlina; Leyking, Katrina*: EXPLAIN – eine web-basierte Authoring Management Plattform. In: LERNET-Report 19 (2006), S. 8-10.

- [ChLM06] *Chikova, Pavlina; Leyking, Katrina; Martin, Gunnar*: Data and Process Integration of eLearning Content Development and Product Engineering in SMEs. In: *Remenyi, Dan (Hrsg.)*: Proceedings of the International Conference on eLearning ICEL 2006, Montreal, Canada, 22.-23. Juni 2006. ACL, Reading, England 2006, S. 57-68.
- [HaCh94] *Hammer, Michael; Champy, James*: Business Reengineering: die Radikalkur für das Unternehmen. 3. Aufl., Campus, Frankfurt am Main et al. 1994.
- [LARC06] *Lehmann, Lasse; Abdelhak, Aqqal; Rensing, Christoph; Chikova, Pavlina; Leyking, Katrina; Steinmetz, Ralf*: A Content Modeling Language as Basis for the Support of the Overall Content Creation Process. Accepted for the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006), 5.-7. Juli 2006, Kerkrade, Niederlande 2006.
- [NHHA04] *Niegemann, Helmut M.; Hessel, Silvia; Hochscheid-Mauel, Dirk; Aslanski, Kristina; Deimann, Markus; Kreuzberger, Gunther*: Kompendium E-Learning, Springer, Berlin et al. 2004.
- [Nieg06] *Niegemann, Helmut M.*: Integrating and Conveying Knowledge on How to Design Multimedia Learning Environments - The Development of an eLearning Design Assistant. In: *Uskov, Victor (Hrsg.)*: Proceedings of the 9<sup>th</sup> IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education, Lima, Peru, 4.-6. Oktober 2006. Acta Press, Anaheim, CA 2006, S. 394-398.
- [Sche90] *Scheer, August-Wilhelm*: CIM – Der computergesteuerte Industriebetrieb. 4. Aufl., Springer, Berlin et al. 1990.
- [ZBCH05] *Zimmermann, Volker; Bergenthal, Kathrin; Chikova, Pavlina; Hinz, Didier; Lehmann, Lasse; Leyking, Katrina; Martin, Gunnar; Rensing, Christoph*: Authoring Management Platform EXPLAIN. A new learning technology approach for efficient content production integrating authoring tools through a web-based process and service platform, ARIADNE PROLEARN Workshop, 1. Dezember, TU Berlin 2005.

# **Modularisierungskonzepte als Basis zur Gestaltung von nachhaltigen internetgestützten Bildungsangeboten am Beispiel der Aus-, Fort und Weiterbildung von Ökonomielehrkräften**

Dr. Oliver Kamin, M.A. Karl Knispel

Institut für Ökonomische Bildung  
An-Institut der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
26122 Oldenburg  
{kamin, knispel}@ioeb.de

## **Abstract**

Am Beispiel des Vorhabens Ökonomische Bildung online wird gezeigt, in wiefern modularisierte Lehr-/Lernmaterialien Voraussetzung sind, um einen erfolgreichen Beitrag zur bildungsmaßnahmenübergreifenden Realisierung eines Fort- und Weiterbildungsprogrammes im Zuge eines lebenslangen Lehr-/Lernprozesses (am Beispiel von Lehrkräften an allgemein bildenden Schulen) mit E-Learning-Arrangements zu leisten. Zunächst werden theoretische Grundlagen und wesentliche Anforderungen aus insbesondere didaktischer Sicht an einem Produkt-Baukasten formuliert, um einen durchlässigen bzw. maßnahmenübergreifenden Einsatz einzelner Lehrveranstaltungen verschiedener Anbieter ermöglichen zu können, um diese anschließend sinnvoll zu Qualifizierungspaketen auf veranstaltungsübergreifender Sicht bündeln zu können.

## **1 Einleitung**

Die Steigerung der Leistungsfähigkeit von E-Learning-Materialien geht zweifelsohne mit der allgemeinen IT-Entwicklung einher. Insbesondere haben sich die Technologien zur multimediale Gestaltung in ihrem Leistungs- und Funktionsumfang weiterentwickelt. Zumindest theoretisch können E-Learning-Materialien aufgrund der gestiegenen Adaptionfähigkeit und der hieraus resultierenden Individualisierbarkeit für eine breitere Zielgruppe und einer größeren Vielfalt von Anwendungsszenarien ausgelegt werden. Die praktische Umsetzung bleibt aber oft hinter den Erwartungen zurück. Auch vernetzte Wissensstrukturen können im Vergleich zu

sequenziell angeordneten Inhaltsatomen aufgrund ihrer komplexen Strukturen selten ökonomisch vertretbar realisiert werden. Zusätzlich sind die mediendidaktischen Entscheidungen der Entwickler und Betreiber von E-Learning-Materialien oder virtuellen Lernumgebungen kritisch zu betrachten. Häufig entsteht der Eindruck, dass aufgrund des reinen Vorhandenseins einer Technologie hervorgerufene Leitideen blind verfolgt werden. Im schlimmsten Fall stören solche Angebote den individuellen und kollektiven Lernprozess mit der Konsequenz, dass es zu höheren Abbrecherquoten als im Vergleich zu thematisch gleichen Präsenzveranstaltungen kommt. Zunächst wird auf Produktebene aufgezeigt, dass es für eine zielführende und effiziente Einbindung von E-Learning-Arrangements in Lernprozessen erforderlich ist, sowohl Materialien als auch Bildungsmaßnahmen mit Hilfe von Modularisierungskonzepten mehrfachverwendbar zu gestalten. Erst hierdurch kann eine ökonomische Rechtfertigung des hohen Entwicklungsaufwands erfolgen. Auch ist eine individuelle Konfigurationsmöglichkeit von E-Learning-Materialien (Bildungsprodukte) und von Aus-, Weiter- und Fortbildungsmaßnahmen (Bildungsangebote) aus inhaltlich-didaktischer Sicht zwingend erforderlich, um individuelle Qualifizierungsbedarfe im Rahmen von lebenslangen Lernprozessen befriedigen zu können. Erst wenn dieses Fundament steht, kann über ein durchlässiges Qualifizierungskonzept und Geschäftsmodell nachgedacht werden, um eine sehr heterogen vorgebildete oder regional verstreute Zielgruppe zu erreichen. Der Aufbau einer solchen Lern-Community auf Basis des oben beschriebenen Fundaments wird am Beispiel Ökonomische Bildung Online vorgestellt.

## **2 Grundlagen**

### **2.1 Module und Bausteine**

Die steigende Komplexität von Software-Anwendungen erfordert neue Techniken zur Entwicklung flexibler Bausteine, die sich leicht an sich ändernde Anforderungen anpassen lassen [ABNe03, 19]. Somit stellt die Wiederverwendung einen wichtigen Aspekt in der Software-Entwicklung dar. Modulare Systeme können im Vergleich zu nicht modularen Systemen wesentlich einfacher konfiguriert und ausgebaut werden [Kilb+93, 126] und demnach wieder verwendet werden. Unter Modularisierung wird hier die Bildung einzelner Teilsegmente aus einer Gesamtheit verstanden, die durch ihre Austauschbarkeit gekennzeichnet sind [BaBr96, 51]. Module lassen sich also als geschlossene Programmteile beschreiben, die unabhängig vonein-

ander implementiert werden und über definierte Schnittstellen mit ihrer Umwelt kommunizieren. So erwächst die Möglichkeit, komplexe Programme arbeitsteilig bzw. parallel voneinander zu entwickeln [Müll00, 23] und auftretende Fehler leichter zu identifizieren.

Ein verwandter Begriff zum Modul ist der Baustein. Dieser findet häufig in der industriellen Produktentwicklung Anwendung. Bei Bausteinen werden in systematischer Weise standardisierte Objekte entwickelt. Sie zeichnen sich durch Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten aus und besitzen normierte Eigenschaften, die innerhalb des Baukastenumfelds aufeinander abgestimmt sind. Bausteine sind in sich geschlossen, das heißt, sie werden bei der Konfiguration gemäß ihrer vorbestimmten Zwecke angeordnet, ohne ihre Gestalt zu verändern [Kohl97, 8]. Bausteine können nach vielfältigen Kriterien klassifiziert werden. Mussbausteine stellen Bausteine dar, deren Vorhandensein im Baukastenprodukt obligatorisch sind. Ein Kannbaustein verleiht dem Baukastenprodukt hingegen additive Eigenschaften [Kohl97, 25]. Des Weiteren lassen sich Bausteine nach ihrer Funktionsübernahme im Endprodukt unterscheiden. Grundbausteine entsprechen den vorgenannten Mussbausteinen und bilden die Basis des Baukastenprodukts. Anpassbausteine dienen dazu, Produkte zu adaptieren. Sie erfüllen Funktionen, die in jeder Produktvariante vorhanden sein müssen, aber unterschiedlich auftreten können.

Das Zusammenspiel von Grund- und Anpassbausteinen bei der Konfiguration eines Erzeugnisses zeigt die Abb. 1 [Ehr195, 629]. Die Metallkonstruktionen im inneren der Lehne und der Sitz-

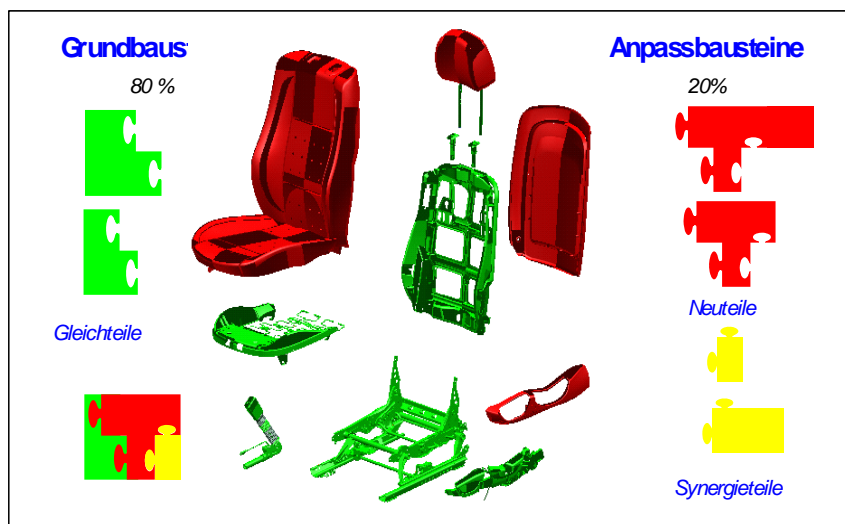


Abb. 1: Sitzbaukasten

fläche sowie die nach außen ragenden Befestigungseinrichtungen sind Grundbausteine Autositzes. Die Sitzbezüge der Lehnen können je nach Ausstattungsvariante aus Leder oder Stoff bestehen und verschiedene Formen aufweisen. Dies sind zum einen Eigen-

schaften von Anpassbausteinen, da sie in verschiedenen Form- und Funktionalitätsvarianten vorliegen können. Zum anderen können sie auch als Mussbausteine angesehen werden, da die Lehne ein obligatorisches Funktionsmodul innerhalb eines Autositzes darstellt.

## 2.2 Lebenslanges Lernen und individuelle Lernbiographien

Modularisierung wird auch in der Aus- und Weiterbildung aus vielerlei Hinsicht vorangetrieben. Neben Individualisierungsaspekten (Berücksichtigung von unterschiedlichen Bildungsvoraussetzungen des Lernenden) findet auch der Gedanke der Mehrfachverwendung einmal konzipierter Lernmodule (Kapselung von thematisch oder funktional zusammengehörigen Lerninhalten) eine hohe Beachtung, um beispielsweise die in Abb. 2 aufgeführten Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen im Rahmen eines lebenslangen Lernprozesses miteinander zu verbinden. So können Module eines Ausbildungsberufs in anderen Berufsfeldern als Zusatzmodul in der Weiterbildung verwendet werden. Der Graph symbolisiert den Lernpfad einer Person, wobei in diesem Beispiel sechs Stationen durchlaufen werden [Kami04, 91f.]. Erfolgt nun eine Standardisie-

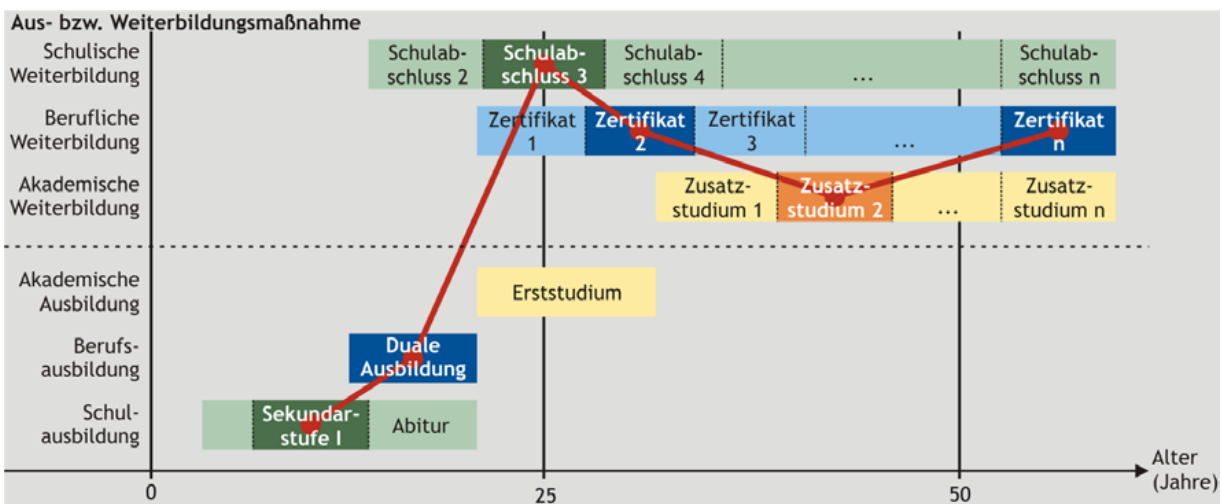


Abb. 2: Verlauf eines lebenslangen Lernprozesses

rung oder die Etablierung von Mindestnormen, können mehrfachverwendbare Lernmodule dezentral entwickelt und an verschiedenen Orten eingesetzt werden. Durch die Kapselung von Lerninhalten wird darüber hinaus ermöglicht, in Teilabschnitten erworbene Berufserfahrungen oder Wissensbestände separat zu zertifizieren [Kloa98, 203]. Eine solche Teilzertifizierung kann beispielsweise im Rahmen einer Leistungsanrechnung erfolgen. Dies ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Durchlässigkeit und Flexibilität der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Nur wenn entsprechende Lerninhalte ohne rechtliche und organisatorische Restriktionen auf andere Lehr-/Lernsituationen übertragen werden können, kann ein lebenslanger Lernprozess durchlaufen werden [Dubs03, 33].

Alle genannten Vorstellungen dienen als Grundlage, um eine schnellere und flexiblere Reaktion auf veränderte Anforderungen des Beschäftigungssystems zu ermöglichen. Bei modularen Systemen muss beispielsweise nicht das gesamte Berufsbild an neue Gegebenheiten angepasst

werden, sondern nur Teile. Ein weiterer Vorteil liegt in der risikoloserer Integration von neuen, noch nicht erprobten Teilqualifikationen, die bei einem Scheitern auf dem Arbeitsmarkt problemlos durch andere ersetzt werden können, ohne weitreichende Umstrukturierungen des Ausbildungsgangs vorzunehmen [Kloa98, 203]. Um dies einfacher zu ermöglichen, sollte auf zwei Ebenen modularisiert werden. Zunächst sind komplexe Bildungsmaßnahmen in Module zu strukturieren. Diese sind dann inhaltlich zu kapseln (zusammenhängende Themenstellungen als Lernmodule). Der Einsatz modularer Konzepte und die Auswahl der zu verwendenden Lerntechnologien haben konkrete Auswirkungen auf die Gestaltung von Lernprozessen. Dieser Umstand wirkt sich direkt auf den Aufbau von Lernmodulen, Unterrichtseinheiten und Curricula von Aus- und Weiterbildungsgängen aus [Dubs03, 32].

### 3 Entwicklung eines modularen Konzepts

#### 3.1 Unterscheidung von Betrachtungsebenen

Durch die Modularität eines Bildungsproduktes können die wesentlichen Perspektiven von Autoren, Software-Entwickler, Bildungsprodukt-Anbieter, Aus- und Weiterbildungseinrichtungen als Bildungsprodukt-Abnehmer sowie den Lernenden berücksichtigt werden, die sich durch den gesamten Produktlebenszyklus ziehen in effizienter Weise unterstützt werden [KaHa03, 232f.]. Demnach können gleichartige Gestaltungskategorien sowohl bei der Planung von komplexen Bildungsangeboten als auch von einzelnen Bildungsprodukten herangezogen werden.

##### 3.1.1 Mikroebene

Auf der Ebene der Unterrichtsführung (Mikroebene) geht es in der Unterrichtsplanung um die konkrete Ausgestaltung von Unterrichts- und Lernsituationen [Sloa00, S. 338]. Die Mikroebene repräsentiert also die Konfiguration von Bildungsprodukten und umfasst die Gestaltung der zu verwendenden Elemente, Komponenten und Lernmodule bis zum gesamten Bildungsprodukt. Die didaktische Beschreibung eines Bildungsprodukts bzw. einer Unterrichtsstunde kann durch

Ebene	Lerntheoretische Didaktik	Rahmenlehrplan	Lernziele	Modulkonzept
<b>Makro</b>	Didaktisches Konzept	Lehrplan/ Curriculum	Richtziele	Kombination von Bildungsprodukten zu Bildungsangeboten
<b>Mikro</b>	Strukturplanung Unterrichtsreihe	Lernfeld	Grobziele	Kursstruktur aus Lernmodulen (einzelnes Bildungsprodukt)
	Struktur- und Ablaufplanung Unterrichtsstunde	Themeneinheit	Feinziele	Lernmodul (Einheit aus Komponenten und Elementen)

Tab. 1: Analoge Strukturen bei der Planung und Beschreibung von Bildungsmaßnahmen

Feinziele erfolgen. Beispielsweise stellen einzelne Schwerpunktthemen eines Lernfelds und die dazugehörigen Zielformulierungen den Umfang eines Lernmoduls dar (vgl. Tab. 1). Module können zu einem Bildungsprodukt, welches den inhaltlichen Umfang eines Lernfelds abdeckt, gebündelt werden. Tab. 1 zeigt im mittleren Bereich, dass hier u.a. die betroffenen Feinziele zu einem Grobziel aggregiert werden [Kami04, 196].

### 3.1.2 Makroebene

Die Makroebene beinhaltet die Curriculumentwicklung, die sich in den spezifischen Lehrplänen für bspw. Ausbildungsberufe bzw. Bildungsangebote wiederfindet [Sloa00, 338]. Die Kombination verschiedener Bildungsprodukte zu Bildungsangeboten (bspw. Studien- und Ausbildungsgänge) spiegelt die Makroebene für den Einsatz von Bildungsprodukten wieder. Die wesentlichen Zielsetzungen eines Bildungsangebots lassen sich u.a. durch die Aggregation von Grobzielen zu Richtzielen formulieren (vgl. Tab. 2). Es kann auch eine Verknüpfung von Curricula und Lehr-/Lernprozessen ermöglicht werden, da durch die modulare Konzeption der Inhalte in den Bildungsprodukten die Möglichkeit besteht, die entwickelten und durch Lernziele, Inhaltsangaben und Vorwissensstrukturen dokumentierten Module ohne nennenswerte Schwierigkeiten mehrfach zu verwenden. Hier findet im Gegensatz zum klassischen Content-Management neben der inhaltlichen Zusammenstellung auch eine didaktische Modellierung statt. Die Dokumentation der Module und Komponenten ermöglicht ein einfaches Umkonfigurieren bestehender Bildungsprodukte für bspw. andere kaufmännische Ausbildungsberufe, sofern diese bspw. den Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz folgen.

## 3.2 Bildungsproduktentwicklung auf Mikroebene

### 3.2.1 Modulkonzept

Das hier zu entwickelnde Produktkonzept kann als Baukasten aufgefasst werden, wobei eine thematische Einheit bzw. Lektion stellt zunächst ein Modul darstellt. Abb. 3 [Kami04, 200] zeigt, dass jedes Modul aus mehreren Komponenten besteht. Die Komponenten beinhalten wiederum verschiedene Elemente. Elemente sind bspw. Textpassagen, Grafiken oder Animationen und stellen die kleinste bzw. atomare Einheit dar. Module ermöglichen einerseits systembezogene Verbindungen [KlSt02, 62], wie bspw. die Nutzung gemeinsamer Elementbibliotheken, die über ein Rahmenmodul zur Verfügung gestellt werden. Andererseits sind Schnittstellen vorzuhalten, um inhaltsbezogene Verknüpfungsstrukturen [KlSt02, 62] für die Navigation über das



Bildungsprodukt abbilden zu können [KaHa04]. Hiermit können verschiedene Gestaltungsformen von Bildungsprodukten mit einer entsprechenden Lernlogik abgebildet werden. Je nach Präferenz lassen sich Module entfernen und hinzufügen, wobei die Kernfunktionalitäten der bestehenden Module nicht, oder nur bedingt beeinflusst werden. Durch die Bündelung von zusammenhängenden Inhalten sowie die Trennung von technischen und inhaltlichen Bildungsprodukt-

Bestandteilen in den Modulen wird einerseits erreicht, dass insbesondere aus didaktischer Sicht sinnvolle Zusammenhänge nicht weiter zerlegt werden können. Darüber hinaus kann durch die Modellierung inhaltlicher Wirkungs-

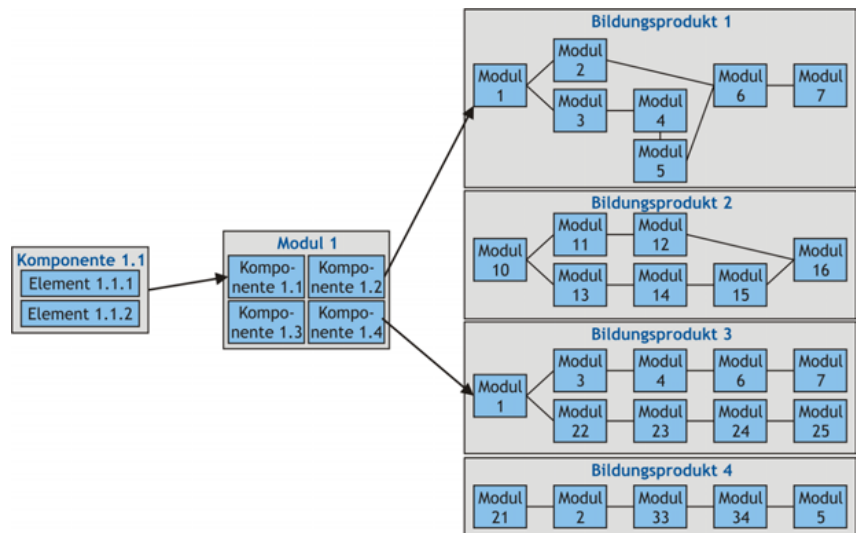


Abb. 3: Architektur eines Bildungsprodukts

beziehungen zwischen den Modulen in überschaubarer Weise eine Rekonfiguration des Produktes unter Einhaltung didaktischer Obliegenheiten vorgenommen werden. Die weitere Hierarchisierung der Bestandteile innerhalb der Module bis auf feingranularer Ebene ermöglicht, die Vorzüge des klassischen Content Managements auf die Produktarchitektur und zukünftigen Bildungsprodukten zu übertragen. Durch die auch hier vorgenommene Teilung zwischen inhaltsbezogenen bzw. systembezogenen Komponenten und Elementen kann mit geringem Aufwand die Anpassung an eine andere Designlinie vorgenommen werden [Kami04, 198ff.].

### 3.2.2 Bausteinkonzept

In Anlehnung an die Architekturen modularer Industrie- und Software-Produkte werden nun die zuvor definierten Module als Bausteine klassifiziert. Dies ist notwendig, da die besonderen Baukastenarchitekturen von Lernsoftware notwendige und nicht notwendige Teile vorsehen. Obligatorische Module werden als Mussbausteine bezeichnet. Diese Bausteine können im Gegensatz zu anderen Bausteinen nicht ausgeblendet werden. Mussbausteine lassen sich in inhalts- und systembezogene Bausteine einteilen und gewährleisten den Rudimentärbetrieb des Bildungsprodukts. Inhaltsbezogene Module tragen den fachlichen und didaktischen Anforderungen aus Sicht der Lehrenden und Lernenden Rechnung. So sind für die kognitivistische Ausrichtung

von Lerninhalten spezielle Kursmodule vorgesehen, die insbesondere den Lerntypen des Serialisten, der die aufeinander folgende Abarbeitung von Lerneinheiten bevorzugt, entgegenkommt [Brem02, 19]. Jedes dieser Module bildet eine abgeschlossene Lerneinheit mit Angabe des behandelten Themas, der Feinziele und des nötigen Vorwissens. Die Lernwegstruktur wird

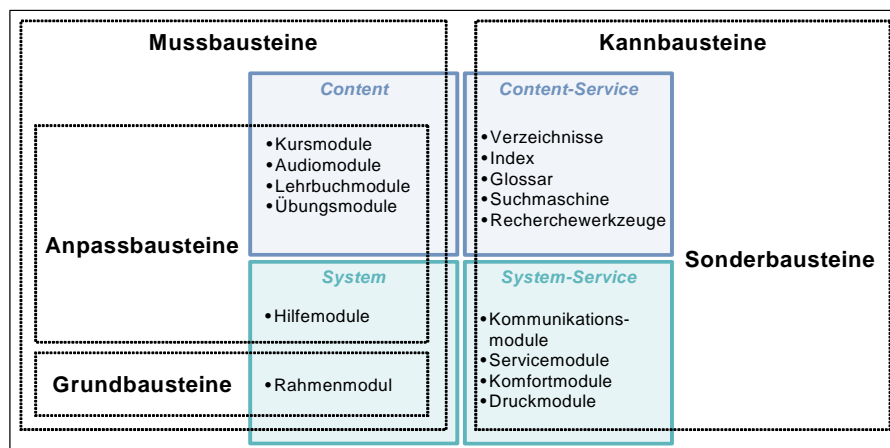


Abb. 4: Modulklassen eines Bildungsprodukts

mit Hilfe der bereits genannten Lernziel- und Vorwissensstrukturangaben, die die Funktion einer inhaltsbezogenen Schnittstelle wahrnehmen, realisiert. Diese Module lassen sich ähnlich wie das

Rahmenmodul als Mussbausteine charakterisieren (vgl. Abb. 4). Jedoch stellen sie trotz ihres Charakters keine obligatorischen Bausteine dar. Zwar müssen Inhaltsmodule im Bildungsprodukt vorhanden sein, jedoch ist im Gegensatz zu den obligatorischen Modulen nicht festgelegt, welche konkreten es sein sollen. Im weiteren Verlauf werden diese Mussbausteine als Anpassbausteine klassifiziert [Kami04, 211ff].

Auch das Hinzuschalten weiterführender Lernangebote zu den Kursmodulen kann mit Hilfe der inhaltlichen Schnittstellenbeschreibung erfolgen. Ein hierdurch entstandener Kurs lässt sich als gesamte Einheit oder modulweise ansteuern. Insbesondere konstruktivistisch geprägte Lernumgebungen können durch die Zuschaltung von Simulations- und Recherchemodulen bereichert werden, was dem sensorischen Lerntyp zu Gute kommt [Brem02, 19]. Auch in diesem Fall kann modulübergreifend oder -spezifisch verknüpft werden. Neben der Stoffpräsentation stehen weitere Bausteine zur Verfügung, die mittels Übersichten oder Verzeichnissen eine komprimierte Darstellung über die zu vermittelnden Lerninhalte geben. Dynamische Ausgaben werden durch Such- und Recherchebausteinen durch den Lernenden generiert. Durch die Verknüpfungsfähigkeit aller Module untereinander können verschiedene Lernstrategien miteinander kombiniert werden [Brem02, 19]. Im Zuge dieser Produktarchitektur werden diese Kann- bzw. Sonderbausteine als inhaltliche Servicemodule bezeichnet.

Voraussetzung für einen optimalen Lernprozess ist, dass der Lernende die Bedienung des Bildungsprodukts beherrscht. Deswegen sind Hilfsangebote unentbehrlicher Bestandteil bei der

Unterstützung des Lernenden. [Balz+04, 131]. Im hier vorgestellten Bausteinkonzept ist ein entsprechendes Hilfemodul vorgesehen, welches aufgrund seiner vorgenannten Eigenschaften insbesondere aus didaktischer Sicht zu den inhaltlichen Mussbausteinen zählt [KaHa04].

### 3.3 Bildungsangebotentwicklung auf Makroebene

#### 3.3.1 Analoges Architekturkonzept

Viele Gestaltungsparadigmen zur Konfiguration von Bildungsprodukten können auch bei der Konzeption von Bildungsangeboten verwendet werden. Abb. 5 zeigt, dass Bildungsangebote aus einem Pool (die Schnittmenge der Mikro- und Makroebene in der Abbildung) verschiedener Bildungsprodukte und Dienstleistungen zusammengestellt werden. In diesem vereinfachten Beispiel nehmen die Bildungsprodukte eine ähnlich gelagerte Rolle ein, wie die inhaltsbezogenen Bausteine bei der Konfiguration innerhalb eines einzelnen Bildungsprodukts. Die

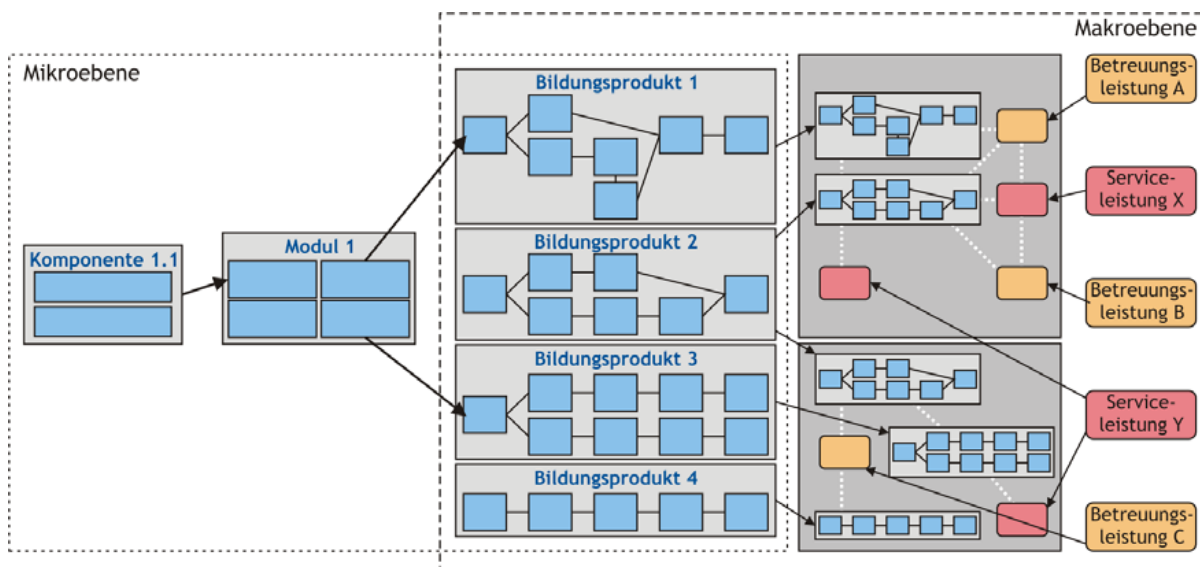


Abb. 5: Konfiguration von Bildungsangeboten

Betreuungs- und Serviceleistungen der Makroebene können nach den gleichen Prinzipien definiert und in das Angebot eingebunden werden, wie die inhalts- und systembezogenen Service-Module eines Bildungsprodukts. Die Bereitstellung von Mussbausteinen zur Sicherung des Rudimentärbetriebs des Bildungsangebots ist hierbei nicht zwingend erforderlich. Jedoch kann je nach Einsatzzweck oder Menge der zu integrierenden Bildungsprodukte bzw. Services eine Differenzierung nach obligatorischen und freiwillig zu absolvierenden Bestandteilen vorgenommen werden. Dienstleistungen und Bildungsprodukte können sich ebenfalls aufeinander beziehen bzw. einander ausschließen. Dies wird auf der Mikroebene durch entsprechende Schnittstellen realisiert, auf der Makroebene sind im organisatorisch/institutionellen Bereich

ähnliche Strukturen zu schaffen. Sofern es sich um komplexere Bildungsangebote handelt, kann eine weitere Zwischenhierarchie in der Bildungsangebotsarchitektur eingeschoben werden. Beispielsweise könnten die Bildungsangebote I und II als Teilangebote eines übergeordneten Bildungsangebots fungieren. In diesem Fall nehmen die Bildungsprodukte die Aufgabe von inhaltsbezogenen Komponenten wahr [Kami04, 260ff.].

### 3.3.2 *Adaption der Instrumente*

Die in der Mikroebene verwendeten Beschreibungsfelder und -elemente und deren Inhalte auf die Bedürfnisse der Makroebene müssen entsprechend angepasst werden. Im Folgenden wird beispielhaft mittels Beschreibung des Ausbildungsberufs Industriekaufmann/-kauffrau dieses Vorgehen verdeutlicht. In dem zugrunde liegenden Rahmenlehrplan wird mit Hilfe von Lernzielen der Umfang des Bildungsangebots beschrieben [KMK02]. Es handelt es sich um Richtziele, die dem Lehrenden viele Realisierungsalternativen bieten. Inhaltlich zusammenhängende Themenschwerpunkte des Lehrplans werden in entsprechenden Lernfeldern zusammengefasst

Ebene	Konzeption von Bildungsangeboten und Bildungsprodukten		Klassische Curriculumentwicklung und Unterrichtsplanung		Abstraktion Lernziele
	Makro	Bildungsangebot		Rahmenlehrplan	
BA-Modul			Lernfeld		Summe Grobziele
BA-Komponente		Bildungsprodukt	Themenschwerpunkt	Unterrichtssequenz	Grobziel(e)
Mikro		BP-Modul		Unterrichtsstunde	Summe Feinziele
		BP-Komponente			Feinziel(e)
		BP-Element			

Tab. 3: Betrachtungsebenen, Planungshorizonte und Lernzielabstraktion

(Ableitung Grobziele). Sie geben charakterisierende Inhalts- und Verhaltenskomponenten an und schaffen die Grundlage für die Entwicklung von Unterrichtssequenzen. Die konkrete Ausgestaltung einer einzelnen Unterrichtsstunde erfolgt mit Hilfe von konkreten Feinzielen. Dieses Vorgehen der klassischen Unterrichtsplanung lässt sich mit wenigen Modifikationen in die inhaltliche/didaktische Beschreibung modularer Bildungsprodukte und Bildungsangebote überführen (vgl. Tab. 3). Auf der Mikroebene werden für einzelne Lernmodule Feinziele beschrieben. Die Aggregation zu Grobzielen bzw. Lernfeldern beschreibt die wesentlichen Zielsetzungen eines Bildungsprodukts und stellt somit die höchste Abstraktionsstufe in der Mikroperspektive dar. Ein Bildungsprodukt kann als kompletter Kurs oder Kursbestandteil fungieren. Diese Einordnung repräsentiert die niedrigste Abstraktionsstufe der Makroperspektive. Die Aggregation sämtlicher Grobziele bzw. Kurse zu einem Ausbildungsgang bzw. Bildungsangebot bildet die Grundlage zum Formulieren von Richtzielen auf höchster Ebene.

### **3.4 Integrierte Betrachtung**

Für ausgewählte Beschreibungsfelder (inhaltliche und didaktische) ist die Perspektivenerweiterung von der Bildungsproduktebene auf die Bildungsangebotsebene sehr sinnvoll. Es können die Wechselwirkungen zwischen der Planung von einzelnen Lehrveranstaltungen und komplexen Bildungsmaßnahmen erkannt und entsprechend berücksichtigt werden. Auch ist es möglich, dass im Rahmen des laufenden Lehrbetrieb bei der konkreten Bestückung von Aus- und Weiterbildungsangebotsmodulen mit Lehrveranstaltungen bzw. Bildungsprodukten externer Anbieter aufgrund der einheitlichen Beschreibungsweise schnell und effizient die einzufügenden curricularen Bausteine bewertet und eingeordnet werden können. Hierzu ist neben der einheitlichen Auszeichnungspraxis jedoch auch eine kompatible Bildungsangebotsstruktur erforderlich. Die Praxis hat jedoch gezeigt, dass eine kompatible Angebotsstruktur (durch Rahmenlehrpläne o.ä.) häufig schwierig in die Tat umzusetzen ist. Wird dieses Problem im Rahmen von Weiterbildungsvorhaben jedoch gelöst, können die entsprechenden Anrechnungs- und Integrationsproblematiken, die sich insbesondere bei der durchlässigen und offenen Bildungsangeboten ergeben entschärft werden, so dass die hier eintretenden Entlastungs-, Einspar- und Transparenzeffekte den oben genannten Mehraufwand rechtfertigen.

## **4 Ökonomische Bildung online als Realisierungsbeispiel**

### **4.1 Gegenstandsbeschreibung**

Bisher wurde aus theoretischer Sicht ein Konzept zur modularen Gestaltung von E-Learning-Materialien auf Bildungsproduktebene und E-Learning-Maßnahmen auf Bildungsangebotsebene beschrieben, wobei Bezüge auf die berufliche Aus- und Weiterbildung genommen wurde. Die Auswahl des Vorhabens Ökonomische Bildung online (ÖBO) aus dem Bereich Aus-, Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften an allgemein bildenden Schulen soll zeigen, dass die Ideen aus dem zuvor beschriebenen Modulkonzept zum einen über die Grenzen einer Hochschule, Projekt oder Disziplin hinaus erfolgreich zum Einsatz kommen.

Das Vorhaben Ökonomische Bildung online wurde initiiert, da allgemein anerkannt ist, dass eine Implementierung ökonomischer Bildung in das Curriculum des allgemein bildenden Schulsystems stattfinden muss. Die Umsetzung ist allerdings als ein schwieriger Prozess, in dem zahlreiche Faktoren eine Rolle spielen. Unter anderem ist unverzichtbar, dass eine ausreichende

Qualifizierung von Lehrkräften stattfindet. Vor diesem Hintergrund hat sich eine heterogene Trägerschaft zusammengefunden, um mittels des ÖBO gemeinschaftlich ein bundesweit einsetzbares Qualifizierungsinstrument für das neue Feld ökonomische Bildung und der noch fehlenden Community auf der Basis neuer Technologien zu entwickeln, das im Hinblick auf unterschiedliche Zielgruppen wie auch auf die situationsspezifischen Bedürfnisse der teilnehmenden Bundesländer (in Abb. 6 dunkel gekennzeichnet) hin konzipiert ist. Es ist oberstes Ziel, eine seriöse und nachhaltige fachwissenschaftliche und fachdidaktische Verbesserung der Lehrerqualifikation für ein Fach Wirtschaft oder affine Fächer mit Anteilen ökonomischer Bildung zu etablieren. Der Bezug zur individuellen Lehrplansituation des jeweiligen Bundeslandes und die Unterstützung der Schulpraxis werden berücksichtigt.

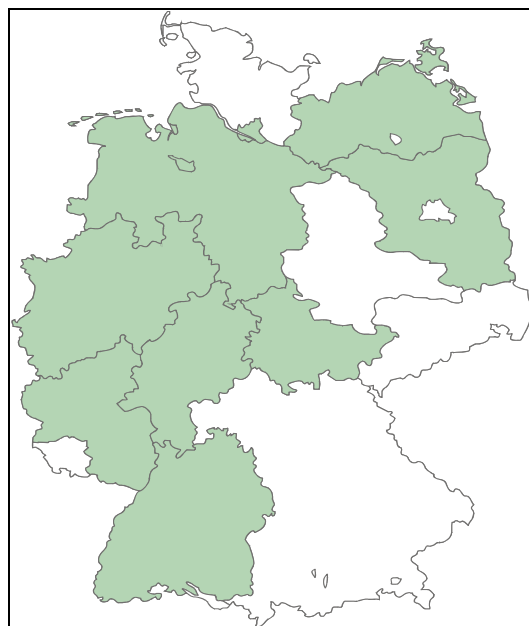


Abb. 6: Teilnehmende Bundesländer

ÖBO umfasst neben 75 elektronischen Qualifizierungs-Bausteinen zur ökonomischen Bildung (erstellt von namhaften Wissenschaftlern der deutschsprachigen Hochschullandschaft) die komplette technische Infrastruktur (Kurs-, Benutzer-, Contentverwaltung sowie Tutorenunterstützung). Diese werden zum einen im Rahmen der Ausbildung für Lehrkräfte an allgemein bildenden Schulen in zertifizierten, internetbasierten und gestuften Studiengängen (Bachelor/Master Ökonomische Bildung) eingesetzt. Zum anderen kommen sie auch in außeruniversitären zertifizierten, modularisierten Qualifizierungsangeboten für die Dauer von drei Monaten bis zwei Jahren für Fort- und Weiterbildung von Lehrern zum Einsatz, um den Bedarf an Ökonomielehrkräften sowie den Nachqualifizierungsbedarf an allgemein bildenden Schulen zu decken. Die Betreuung der Lernenden wird in allen Bildungsmaßnahmen durch fachlich, methodisch und technisch ausgebildete Tutoren durchgeführt. Neben dem Online-Lernen finden regelmäßig Präsenzphasen statt, in denen landesspezifische Themen sowie fachdidaktische und methodische Inhalte im Vordergrund stehen. Ergänzt wird dieses Angebot durch eine internetbasierte Datenbank mit Unterrichtsmaterialien, fachdidaktischen Hilfen, Praktikumsbörsen, Praxiskonktpartnern, Medientipps usw., die auf die Aus-, Fort- und Weiterbildungsmodulen und mit den Qualifizierungsinhalten der Lehrpläne in den Bundesländern abgestimmt sind.

## 4.2 Inhaltlich-didaktische und technische Konzeption

In ÖBO sind Forschungsergebnisse sowohl aus mediendidaktischer wie auch aus technischer Sicht umgesetzt worden. Als Ausgangslage ist die aktuelle Problemstellung einer Neudefinition der Elemente Lernobjekt und Informationsobjekt innerhalb eines Lern- und Erkenntnisprozesses zu verzeichnen. Die Forderung nach Wiederverwendbarkeit, Modularisierung sowie Kontextfreiheit wirft Widersprüche auf, die als Reusability Object and Instruction Paradox (ROI Paradox) [BaKa05] bezeichnet werden können. Beispielsweise führt in diesem Zusammenhang die Forderung nach möglichst umfassender Wiederverwendbarkeit von Lernobjekten aus didaktischer Sicht in ein Dilemma der Kontextfreiheit eines Lerninhaltes und den ursprünglich intendierten didaktischen Zielstellungen. Aus didaktischer Sicht ist ja gerade eine effektive Lernziel-erreichung nur möglich in optimaler Anpasstheit des Inhalts an den Kontext.

Dieses Paradoxon soll auf Mikroebene durch die Definition des Lernobjekts in Anlehnung an Baumgartner [BaKa05, 97ff] entschärft werden, wobei auf das Autodesk Content Model [EMC02, 25] zurückgegriffen wird. Hier wird auf Ebene zwischen Lernobjekten und Informationsobjekten (Medienobjekten) unterschieden. Nach dem verfeinerten Modell von Baumgartner

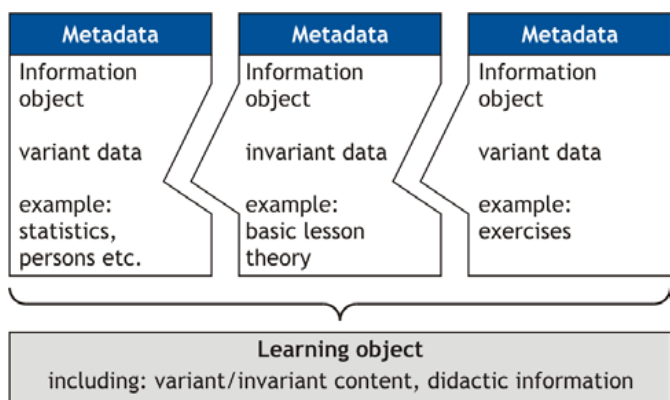


Abb. 7: Lernobjekt aus Informationsobjekten

werden Lerninhalte auf Elemente bzw. Informationsobjekte umgesetzt, die erst in der Laufzeitumgebung zu einer Komponente bzw. einem Lernobjekt zusammengestellt werden, dem wiederum ein dedizierter didaktischer Kontext zugrunde liegt. Ein Informationsobjekt stellt hierbei (vgl.

Abb.7) die Zusammenfassung von (mehreren) Medienobjekten dar, die exakt ein Lernziel unterstützen. Hier kommt zum Ausdruck, dass die Forderung der Wiederverwendbarkeit (der Elemente und Komponenten) auf verschiedenen Ebenen möglich ist und auch in unterschiedlichen Kontexten realisiert werden kann. Neben dem Wissensinput mittels des Objekts (ÖBO-Bausteins) zum Fachwissen ökonomischer Bildung werden parallel dazu Informationsobjekte wie z.B. einsatzfähige Unterrichtsmaterialien, Unterrichtsbeispiele, aktuelle Statistiken für den Unterricht, aufbereitete Handelsblattartikel (Wirtschaft aktuell im Unterricht), Begriffsklärungen (1x1 der Wirtschaft), interaktive Übungen, Lehrfilme (visueller Umsetzung erklärungs-aufwendiger Begrifflichkeiten) oder Spezialbeispiele (Fußball WM, Energiedebatte etc.) einge-

setzt. Sie werden je nach didaktischem Kontext über ein Metadatensystem gesteuert in der Laufzeitumgebung zu einer Komponente zusammen geschaltet werden und in einer so genannten „Marginalien-

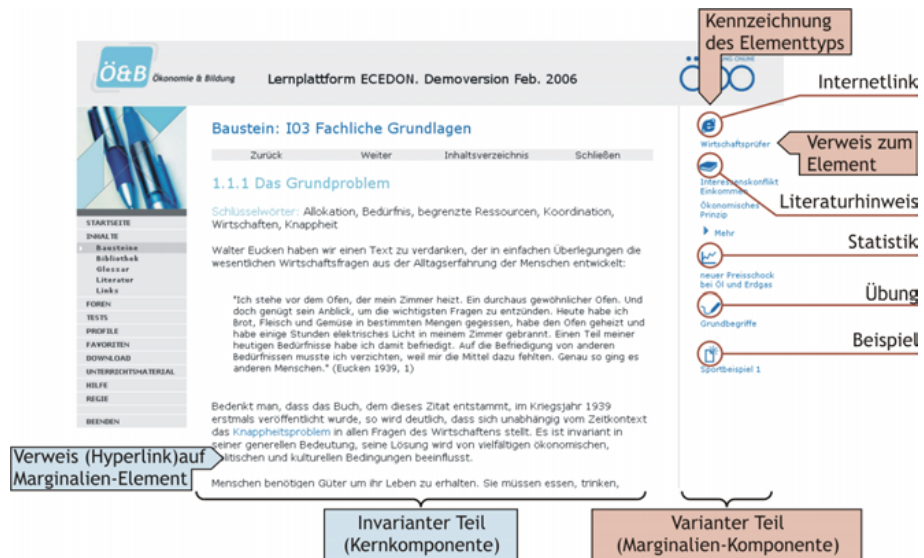


Abb. 8: Screenshot ÖBO-Baustein I03 Fachliche Grundlagen

spalte“ angezeigt. Auf einen Klick werden alle Elemente im jeweils relevanten Kontext des fachlichen Bausteins eingebettet (vgl. Abb. 8).

Auf Makroebene werden dann verschiedene ÖBO-Bausteine zusätzlich mit Betreuungs-, Kommunikations- und weiteren inhaltlichen Unterstützungangeboten versehen zu entsprechenden Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen formiert, die dann nicht nur über das ÖBO-Portal ([www.oebo.de](http://www.oebo.de)), sondern auch über andere Bildungsportale betrieben werden können.

Ziel von ÖBO ist es, die einzelnen Phasen der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Ökonomelehrern zu verzahnen. Wie bereits angesprochen, ist sowohl derzeit keine Community von Ökonomelehrern an allgemein bildenden Schulen als auch keine flächendeckende und integrierte Ausbildung (Phase 1 und 2) sowie Fort- und Weiterbildungsinfrastruktur (Phase 3) zur ökonomischen Bildung vorhanden. Dies ist eine gute Chance, bisherige Konzeptionsfehler bei der Ausgestaltung eines Qualifizierungssystems für Lehrkräfte zum umgehen, indem eine integrierte Bildungsplattform geschaffen wird, die alle drei Phasen abdecken kann. Abb. 9 zeigt mittels der dunklen großen Fläche einen möglichen (auch fachübergreifenden) Einsatzraum für ÖBO. Da ÖBO sowohl auf Mikro- als auch auf Makroebene modular aufgebaut ist und zwischen inhalts- und systembezogenen Modulen unterscheidet, kann es an die individuellen Anforderungen einer Qualifizierungsphase (mittels Vorwissens- und Lernzielstrukturen) oder einer Bildungseinrichtung angepasst werden, da es speziell auf die Anforderungen von Lehrkräften zugeschnitten und auf deren Prozessunterstützung hin optimiert ist.



Mit Hilfe der individuellen lebenslangen Lernbiographie eines Lehrers lassen sich diese Potenziale leicht ableiten. Im Zuge der Erstausbildung an der Universität werden die zukünftigen Lehrkräfte erstmals mit den Inhalten und Funktionen von ÖBO konfrontiert. Gleichzeitig erhalten sie Zugang zum System und systemseitig wird die Stammdatenbasis des Studierenden angelegt. Nach Abschluss des 1. Staatsexamens (bzw. Masterabschluss) treten die Lehrer in die zweite Ausbildungsphase ein, die an die Studienseminaren und den Schulen abläuft. Hier kann der angehende Lehrer sich selbstgesteuert in ÖBO weiterbilden oder für seine Unterrichtsgestaltung Inhalte und Materialien besorgen. Gleichzeitig wird er über interessante Qualifizierungsmöglichkeiten für die Vorbereitung auf das 2. Staatsexamen informiert, wobei die Informationen auf Basis seiner Stammdaten generiert werden. Auch kann er sich mit anderen (gleichge-

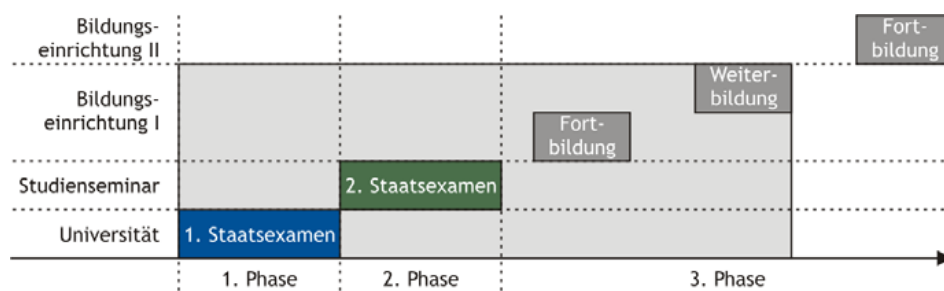


Abb. 9: Einsatzfeld ÖBO

sinnten) Lehrkräften austauschen (internetbasierte Reflexion über Unterricht, Projekte

etc.). Dieser Austausch ist in der dritten Phase der Lehrerqualifizierung (Förderung der wechselseitigen Analyse von Unterrichtsentwicklung) besonders wichtig. Lehrer sind angehalten, ihre Wissensbasis stets auf den aktuellsten Stand zu halten. Auch müssen sie zur Erteilung von Unterrichtsfächern Befähigungen vorweisen, die in ÖBO erworben und zertifiziert werden können. Jedoch ist diese Phase dadurch gekennzeichnet, dass viele Lehrkräfte aufgrund der Verweilzeiten zwischen einzelnen Qualifizierungsgängen den Bezug zur Community verlieren können. ÖBO kann aufgrund der gesammelten Profildaten des Lehrers, seiner offene Schnittstellen zu anderen Systemen, seines Bausteinangebots sowie weiterer Vorgaben für Lehrkräfte individuell zugeschnittene Bildungsangebote schnüren und als Blended Learning Szenario durchführen lassen. Die Lehrkräfte sind mit ÖBO in der Community verwurzelt, die Infrastruktur ist bekannt und die individuellen Qualifizierungswünsche können befriedigt werden. Dies ist ein seit fünf Jahren erfolgreich beschrittener Weg für die Qualifizierung von Lehrern.

### 4.3 Verzahnung von Lehreraus- und -fortbildung

Ziel von ÖBO ist es, die einzelnen Phasen der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Ökonomielehrern zu verzahnen. Wie bereits angesprochen, ist keine flächendeckende und integrierte Ausbildung (Phase 1 und 2) sowie Fort- und Weiterbildungsinfrastruktur (Phase 3) zur ökonomi-

schen Bildung vorhanden. Dies ist eine gute Chance, bisherige Konzeptionsfehler bei der Ausgestaltung eines Qualifizierungssystems für Lehrkräfte zum umgehen, indem eine integrierte Bildungsplattform geschaffen wird, die alle drei Phasen abdecken kann. Abb. 9 zeigt mittels der dunklen großen Fläche einen möglichen (auch fachübergreifenden) Einsatzraum für ÖBO. Da ÖBO sowohl auf Mikro- als auch auf Makroebene modular aufgebaut ist und zwischen inhalts- und systembezogenen Modulen unterscheidet, kann es an die individuellen Anforderungen einer Qualifizierungsphase (mittels Vorwissens- und Lernzielstrukturen) oder einer Bildungseinrichtung angepasst werden, da es speziell auf die Anforderungen von Lehrkräften zugeschnitten und auf deren Prozessunterstützung hin optimiert ist.

Mit Hilfe der individuellen lebenslangen Lernbiographie eines Lehrers lassen sich diese Potenziale leicht ableiten. Im Zuge der Erstausbildung an der Universität werden die zukünftigen Lehrkräfte erstmals mit den Inhalten und Funktionen von ÖBO konfrontiert. Gleichzeitig erhalten sie Zugang zum System und systemseitig wird die Stammdatenbasis des Studierenden angelegt. Nach Abschluss des 1. Staatsexamens (bzw. Masterabschluss) treten die Lehrer in die zweite Ausbildungsphase ein, die an die Studienseminaren und den Schulen abläuft (vgl. Abb. 9). Hier kann der angehende Lehrer sich selbstgesteuert in ÖBO weiterbilden oder für seine Unterrichtsgestaltung Inhalte und Materialien besorgen. Gleichzeitig wird er über interessante Qualifizierungsmöglichkeiten für die Vorbereitung auf das 2. Staatsexamen informiert, wobei die Informationen auf Basis seiner Stammdaten generiert werden. Auch kann er sich mit anderen Lehrkräften austauschen (internetbasierte Reflexion über Unterricht, Projekte etc.). Dieser Austausch ist in der dritten Phase der Lehrerqualifizierung (Förderung der wechselseitigen Analyse von Unterrichtsentwicklung) besonders wichtig. Lehrer sind angehalten, ihre Wissensbasis stets auf den aktuellsten Stand zu halten. Auch müssen sie zur Erteilung von Unterrichtsfächern Befähigungen vorweisen, die in ÖBO erworben und zertifiziert werden können. Jedoch ist diese Phase dadurch gekennzeichnet, dass viele Lehrkräfte aufgrund der Verweilzeiten zwischen einzelnen Qualifizierungsgängen den Bezug zur Community verlieren können. ÖBO kann aufgrund der gesammelten Profildaten des Lehrers, der Schnittstellen zu anderen Systemen sowie seines Bausteinangebots für Lehrkräfte individuell zugeschnittene Bildungsangebote schnüren und als Blended Learning Szenario durchführen lassen. Dies ist ein seit fünf Jahren erfolgreich beschrittener Weg für die Qualifizierung von Lehrern.

## 5 Fazit

Der Artikel zeigt auf, dass bei konsequenter Anwendung von definierten Modularisierungskonzepten bei der Produktentwicklung von E-Learning-Materialien sowie internetgestützten Bildungsangeboten nachhaltig tragfähige Qualifizierungsangebote entstehen. Wurde zunächst auf Produktebene das Konzept von Modul und Baustein im Sinne einer Komponentenentwicklung verdeutlicht, wurde in einem zweiten Schritt der Bogen zur Übertragung dieses Modells auf Bildungsprodukte geschlagen und anhand der konkreten Realisierung in der Aus-, Fort-, und Weiterbildung für Ökonomelehrer dargestellt. Im Sinne der Forderung einer Umsetzung des lebenslangen Lernens beinhaltet dieses Modularisierungsmodell richtungweisendes Potenzial.

## Literaturverzeichnis

- [AßNe03] Aßmann, U., Neumann, R.: Quo vadis Komponentensysteme – Von Modulen zu grauen Komponenten. In: Heilmann, H., Strahinger, S. (Hrsg.): Neue Konzepte in der Software-Entwicklung, HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, Heft Nr. 231, Heidelberg 2003, 19-28
- [BaBr96] Ballin, D., Brater, M.: Handlungsorientiert Lernen mit Multimedia - Lernarrangements planen, entwickeln und einsetzen, Nürnberg 1996
- [Balz+04] Balzert, H., Balzert, H., Zwintzsch, O.: Die E-Learning-Plattform W3L, Anforderungen - Didaktik - Ergonomie - Architektur - Entwicklung - Einsatz. In: Wirtschaftsinformatik, Nr. 2/2004, Wiesbaden 2004, 129-138
- [BaKa05] Baumgartner, P., Kalz, M.: Wiederverwendung von Lernobjekten aus didaktischer Sicht. In: Auf zu neuen Ufern! E-Learning heute und morgen. Hrsg.: D. Tavangarian und K. Nölting. New York - München - Berlin, Waxmann 2005. Medien in der Wissenschaft: Bd. 34: 97-106
- [Brem02] Bremer, C.: Online lehren leicht gemacht, Leitfaden für die Planung und Gestaltung von virtuellen Hochschulveranstaltungen. In: Berendt, B., Voss, H., Wildt, J. (Hrsg.): Neues Handbuch Hochschullehre, Lehren und Lernen effizient gestalten, Berlin 2002, Beitrag D 3.1
- [Dubs03] Dubs, R.: IT-Weiterbildung: Schlüsselfaktor Qualifikation. In: Mattausch, W., Caumanns, J. (Hrsg.): Innovationen der IT-Weiterbildung, Bielefeld 2003, 30-43

- [Ehr195] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung, Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion, München 1995
- [KaHa03] Kamin, O., Hagenhoff, S.: Considerations for the Conceptual Design of Modular Web Based Teaching and Learning Environments - Avoiding Existing Deficits of E-Learning. In: Abramovicz, W., Klein, G. (Hrsg.): Business Information Systems, Proceedings of BIS 2003, Colorado Springs (USA) 2003, 293-299
- [KaHa04] Kamin, O., Hagenhoff, S.: Modular Web Based Teaching and Learning Environments as a Way to improve E-Learning. In: Howard, C., Schenk, K., Discenza, R. (Hrsg.): Distance Learning and University Effectiveness: Changing Educational Paradigms for Online Learning, Hershey (USA), 2004, 190-211
- [Kami04] Kamin, O.: Mehrfachverwendbare elektronische Lehr-/Lernarrangements, Köln/Lohmar 2004
- [Kilb+93] Kilberth, K., Grycznan, G., Züllinghoven, H.: Objektorientierte Anwendungsentwicklung – Konzepte, Strategien, Erfahrungen, Braunschweig 1993
- [Kloa98] Kloas, P.: Modularisierung unter Beibehaltung des Berufskonzepts. In: Davids, S. (Hrsg.): Modul für Modul zum Berufsabschluss, Berufsbegleitende Nachqualifizierung zwischen Flexibilität und Qualitätssicherung, Bielefeld 1998
- [KlSt02] Klein, M., Stucky, W.: Erstellung von hypermedialen Kursen – Ein Vorgehensmodell. In: Eicker, S. (Hrsg.): E-Learning: Modelle, Instrumente und Erfahrungen, Multi-Konferenz Wirtschaftsinformatik 2002, Nürnberg 2002, 53-70
- [KMK02] Kultusministerkonferenz (Hrsg.): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Industriekaufmann/Industriekauffrau, <http://www.kmk.org/beruf/rlpl/rlpindustriekfm.pdf>, 2002, Abruf am 2006-11-13
- [Kohl97] Kohlhase, N.: Strukturieren und Beurteilen von Baukastensystemen, Strategien, Methoden, Instrumente. In: Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Fortschrittsberichte VDI, Reihe 1, Konstruktionstechnik, Maschinenelemente, Nr. 275, Düsseldorf 1997
- [Müll00] Müller, M.: Modularisierung von Produkten, Entwicklungszeiten und -kosten reduzieren, München, 2000
- [Sloa00] Sloane, P.: Das Lernfeldkonzept in der Ausbildung von Bankkaufleuten, Didaktische Grundanliegen und Implementierungsprobleme. In: Riekeberg, M., Stenke, K., Banking 2000, Perspektiven und Projekte, Wiesbaden 2000, 328-346

# **Einführung in den Track**

## **IS-Architekturen**

**Prof. Dr. Frank Leymann**

Universität Stuttgart

**Prof. Dr. Elmar J. Sinz**

Universität Bamberg

**Prof. Dr. Johannes Siedersleben**

T-Systems Enterprise Services GmbH

Moderne betriebliche Informationssysteme (IS) zeichnen sich durch eine feine Granularität ihrer Komponenten und Dienste, einen hohen Verteilungsgrad und durch strukturelle Dynamik aus. Um die damit einhergehende Komplexität bewältigen zu können, wird die Architektur immer mehr zum zentralen Bezugspunkt für die Analyse, die Gestaltung und das Management betrieblicher Informationssysteme. Ziel des Tracks ist es, aktuelle Entwicklungen auf allen Ebenen von IS-Architekturen (Prozess-, Anwendungs- und Infrastrukturebene) sowie einschlägige Praxiserfahrungen vorzustellen und zu diskutieren. Es werden Beiträge aus Wissenschaft und Praxis zu relevanten Themen auf dem Gebiet der IS-Architekturen erbeten.

**Programmkomitee:**

Dr. Uwe Dumsclaff, sd&m AG

Prof. Dr. Stefan Eicker, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Wilhelm Hasselbring, Universität Oldenburg

Prof. Dr. Susanne Leist, Universität Regensburg

Prof. Dr. Heinrich C. Mayr, Universität Klagenfurt

Prof. Dr. Martin Schader, Universität Mannheim

Prof. Dr. Klaus Turowski, Universität Augsburg

Prof. Dr. Robert Winter, Universität St. Gallen

# **Eine Strukturvorlage zur effektiven Dokumentation von Software- und IT Architekturen**

Dr. Gernot Starke

D-50858 Köln  
gs@gernotstarke.de

Dr. Peter Hruschka

Atlantic Systems Guild  
D-52080 Aachen  
hruschka@b-agile.de

## **Abstract**

IT-Entwicklungsprojekte verwenden heute immer noch ungebührlich viel Zeit zur Entwicklung projektspezifischer Strukturen für die Dokumentation von Software- und IT-Architekturen. Durch die Verwendung von *Strukturvorlagen* lässt sich einerseits dieser Aufwand erheblich reduzieren, andererseits die Qualität von Architekturdokumentation deutlich steigern. Der Beitrag stellt die arc42-Schablone zur Architekturdokumentation vor, die sich in vielen kommerziellen, industriellen und Open-Source Projekten bewährt hat.

## **1 IT-Praxis benötigt Strukturvorlagen**

In vielen Projekten, in denen wir als Berater involviert werden, verwenden Mitarbeiter ungebührlich viel Zeit für die Entwicklung von Strukturen und Prozessen für die Dokumentation der jeweiligen Software-Architektur. Dabei besitzen gerade die Strukturen von Architekturdokumentation erhebliches Wiederverwendungspotenzial über die Grenzen einzelner Projekte hinweg: Theorie und Praxis sind sich über viele notwendige Merkmale und Bestandteile von Architekturdokumentation einig (siehe dazu insbesondere [Clements+02] sowie [Starke02]). Unter anderem gehören dazu:

- Verwendung verschiedener Sichten (etwa: Kontextsicht, statische & dynamische Sicht, Verteilungs-/Deploymentsicht), um die unterschiedlichen Strukturebenen von IT-Systemen adäquat repräsentieren zu können.
- Dokumentation wesentlicher Entwurfsentscheidungen, beispielsweise zu Ablaufsteuerung, Persistenz, Benutzungsoberfläche, Fehler-/Ausnahmebehandlung, Protokollierung, Tracing, Monitoring, Systemverteilung/Middleware und anderen.
- Dokumentation wesentlicher Architektur- und Entwurfsziele, um Architekturdokumentation autark von anderen Dokumenten verständlich zu halten (Kruchten hat in [Kru95] hierfür eigens die Use-Case-View propagiert).
- Weitmögliche Verwendung standardisierter Modellierungssprachen: Zur strukturellen Beschreibung von Softwaresystemen hat sich beispielsweise die vielen Unternehmen die UML (Unified Modeling Language) etabliert.

Weiterhin erhöhen bekannte Strukturen *per se* die Verständlichkeit und Wiederverwendbarkeit der darin dokumentierten Inhalte – was sich für Unternehmen als zusätzlicher Effizienzgewinn darstellt.

Aus diesem Grund sollten IT-Entwicklungsprojekte in hohem Maße vorhandene (und erprobte!) Strukturen von Architekturdokumenten (hier genannt Strukturvorlagen) wiederverwenden, anstatt solche Strukturen projektspezifisch neu zu entwerfen.

## **2 Eine Strukturvorlage für Software- und IT-Architekturen**

Ein nach unserer Erfahrung geeignetes Vorbild einer solchen Strukturvorlage für Software- und IT-Architekturen ist das frei verfügbare arc42-Template. Es ist seit 2004 frei verfügbar ([arc42]) und steht unter der sehr flexiblen Creative-Commons Lizenz, die dieses Template für beliebigen Gebrauch freigibt. Seine Struktur resultiert aus der Erfahrung vieler Entwicklungsprojekte in unterschiedlichen Branchen. Das arc42-Template ist wahlweise in MS-Word Format, pdf oder als Mindmap erhältlich. Abbildung 1 zeigt die oberste Gliederungsebene als Mindmap, die für Textdokumente (je nach Umfang) durchaus der Kapitel- oder Dateistruktur entsprechen kann. Eine detaillierte Gliederung finden Sie im Anhang.



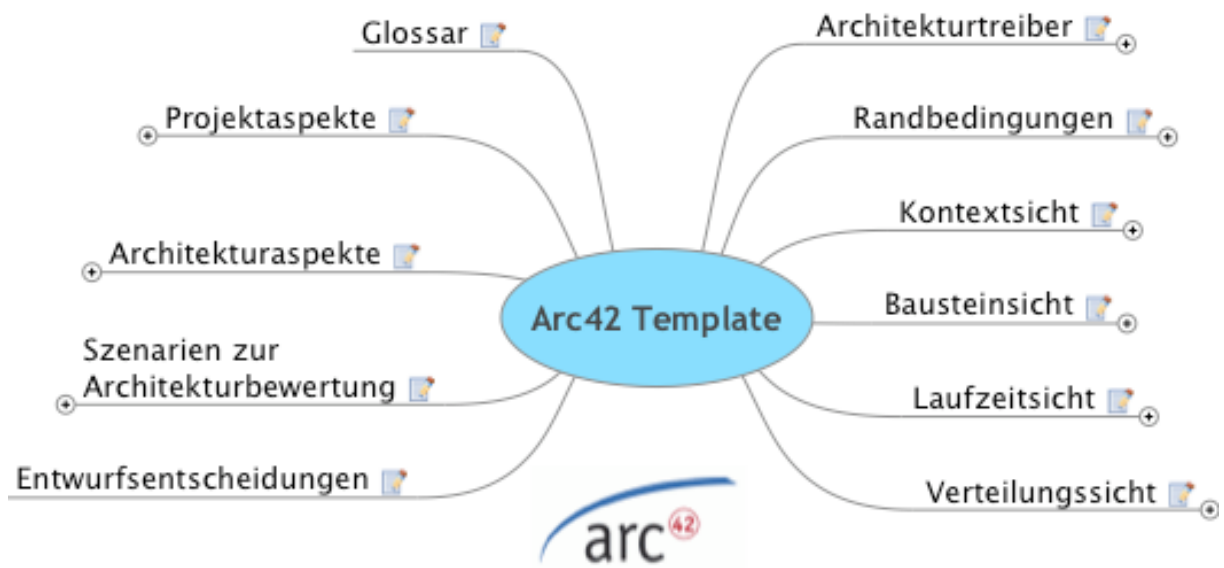


Abb. 1: Oberste Gliederungsebene des arc42 Strukturtemplates (Mindmap-Version)

Architekturdokumentation gemäß dieser Struktur soll als *Informationsrepository* interpretiert werden, nicht als einzelnes Dokument. Aus einem solchen Repository kann stakeholder- oder lesergerechte Information extrahiert werden, ohne die bei rein dokumentenbasierten Ansätzen übliche Redundanz. Als ideale Ergänzung hierfür erweisen sich mehrbenutzerfähige Modellierungswerkzeuge mit zentraler Datenhaltung (wie etwa Rational Rose, Rational Software Architect, MagicDraw oder Enterprise-Architect).

### 3 Der Kern: Architektursichten

Schon in den 70er-Jahren hat David Parnas gefordert, dass man mindestens zwei Strukturen für Software-Architekturen dokumentieren sollte: einerseits die vorhandenen Moduln und deren Zusammensetzung und andererseits eine dynamische Ablaufsicht, d.h. das Verhalten des Softwaresystems zur Laufzeit. Im Lauf der Jahre sind viele Vorschläge für die Anzahl der notwendigen Sichten und deren Wahl entstanden (Mehr dazu siehe unten im Abschnitt: Was sagen die Anderen).

Unsere Erfahrung zeigt, dass drei wesentliche Sichten in der Praxis genügen - unter vereinfachten Randbedingungen sogar noch weniger.

### **3.1 Bausteinsicht**

Unvermeidbar ist die Bausteinsicht. Sie zeigt die (statischen) Bausteine des Systems und deren Zusammenhänge. Wir haben für arc42 das neutrale Wort „Baustein“ als Oberbegriff für die Vielzahl von Namen gewählt, die im Projektalltag dafür verwendet werden, wie z.B. Module, Komponente, Klasse, Subsystem, Interface, Paket, Bibliothek, Framework, Schicht, Partition, Tier, Funktion, Makro, Operation, Tabelle, Datenbank oder Datei. Ein Baustein ist also im Endeffekt jedes kleine oder große Stück Quellcode, unabhängig davon mit welcher Technologie es entwickelt wird. Wir wollen für jeden Baustein in der Architekturdokumentation wissen, wie er heißt, welche Verantwortung er im Rahmen des Gesamtsystems übernimmt, welche Leistung er erbringt, über welche Schnittstellen er verfügt, u.v.a. mehr. Das arc42-Template stellt dafür sowohl Muster für seine Black-Box-Charakterisierung zur Verfügung, als auch ein Muster für die Beschreibung des Innenlebens in Form einer White-Box-Beschreibung. Die abstrakteste Form eines Bausteins ist das Gesamtsystem. Im logischen Kontextdiagramm wird es in Bezug zur Systemumgebung gesetzt.

### **3.2 Verteilungssicht**

Mehr und mehr Systeme sind heute auf mehrere Standorte oder auf mehrere Rechner verteilt. Diese Dimension decken wir in der Verteilungssicht ab. Alles, worauf Software laufen kann, wird als Knoten in den Verteilungsdiagrammen dokumentiert. Neben diesen Knoten brauchen wir auch die "Kanäle", über die Informationen zwischen den Knoten ausgetauscht werden kann. Den Knoten werden dann die Bausteine, die darauf gespeichert werden oder laufen, zugeordnet. Zu den Kanälen hält man die Art und Klassifikation der Informationen fest, die darüber fließen. Sie brauchen eine derartige Sicht nicht zu erstellen, wenn Sie Software für einen einzigen Standardrechner schreiben, also kurz: wenn Verteilung für Sie keine Rolle spielt. Aber Vorsicht: selbst in einfacheren Fällen hat uns die Praxis gezeigt, dass Verteilungsdiagramme nützlich sind, insbesondere das Verteilungskontextdiagramm. In dieser Vogelperspektive dokumentieren Sie neben Ihrem System als einen Knoten wenigstens die Kanäle (oder Medien), über die Ihr System mit Nachsystemen Informationen austauscht. Insbesondere erleichtert die Verteilungssicht die Abstimmung zwischen Entwicklungs- und Betriebsorganisationen (Rechenzentren).

### 3.3 Laufzeitsicht

Als dritte Sicht schlagen wir vor, ausgewählte Laufzeitszenarien zu dokumentieren. Diese Laufzeitsicht veranschaulicht das gewünschte dynamische Verhalten Ihres Softwaresystems. Gehen Sie an diese Herausforderungen ähnlich wie Software-Tester heran: Wählen Sie zunächst Szenarien für den normalen Ablauf aus. Ergänzen Sie diese dann um Grenz- und Stress-Szenarien für wichtige Ausnahme- oder Sonderfälle. Laufzeitsichten sind ein Hilfsmittel, um dynamischen Verhalten zu finden oder zu bewerten. Beispielsweise erachten wir den Systemstart (Bootstrapping) oder wichtige Anwendungsfälle als geeignete Kandidaten für Laufzeitszenarien.

Für alle diese Sichten bietet beispielsweise die UML geeignete grafische Dokumentationsmittel. Eine ausführliche Darstellung, welche Ausdrucksmittel für welchen Zweck finden Sie in [ESA 05] oder unter [arc42].

## 4 Die Kapitel der arc42 Strukturvorlage

Lassen Sie uns einige wichtige Punkte aus der arc42-Strukturvorlage herausgreifen, ohne im Rahmen dieses Artikels vollständig auf die einzelnen Kapitel einzugehen (für weitergehende Erläuterungen und Beispiele siehe [arc42]).

- Formulieren Sie grundsätzlich explizite Architekturtreiber und Architekturziele (im Abschnitt „Architekturtreiber“)! Danach beurteilen Sie am Projektende, ob Ihre Architektur gut genug ist. Sie werden diese Ziele auch als Ausgangsbasis brauchen, wenn Sie Ihre Architekturen systematisch bewerten wollen.
- Legen Sie Randbedingungen, Einschränkungen und Annahmen schriftlich fest (im Abschnitt „Randbedingungen“), damit Sie wissen, wo Sie Freiheitsgrade für Entwurfsentscheidungen haben und wo nicht.
- Grenzen Sie Ihr System gegen die Systemumgebung systematisch ab und dokumentieren es in der „Kontextsicht“. Aus logischer Sicht hat das hoffentlich schon ein Requirements Engineer gemacht. Sie sollen die physischen Schnittstellen und die Kanäle bzw. die Medien von und zu Nachbarsystemen dokumentieren. An diesen Schnittstellen müssen Sie mit anderen Projekten oder Systemen verhandeln.

- An der „Bausteinsicht“ geht kein Weg vorbei. Sie entspricht in etwa dem Grundrissplan eines Hauses. Wenn Sie sonst gar nichts von Ihrer Architektur dokumentieren - diese Sicht muss (bis zum benötigten Niveau) auf jeden Fall dokumentiert sein.
- Entwurfsentscheidungen müssen über die Lebensdauer von Systemen nachvollziehbar bleiben. Deshalb sieht das arc42-Template dieses Kapitel vor, um alle wichtigen Entscheidungen, die Sie als Architekt im Laufe eines Projekts getroffen haben, rasch wieder auffindbar zu machen.
- Durch die szenariobasierte Architekturbewertung (beispielsweise ATAM, siehe [Clements02]) haben wir Mittel und Wege, über gezielt ausgewählte Szenarien bestimmte wünschenswerte Eigenschaften von Softwarearchitekturen, wie Flexibilität, Robustheit, Zuverlässigkeit, ... nachprüfen und bewerten zu können. Wenn Sie solche Bewertungen vornehmen, dann dokumentieren Sie die Grundlagen dafür im Abschnitt „Szenarien zur Architekturbewertung“.
- Das Kapitel der „Architektur Aspekte“ ist in der detaillierten Gliederung (siehe Anhang) sehr ausführlich. Nicht alle Aspekte, die für Software- Architekturen relevant sind, lassen sich direkt in Baustein-, Laufzeit- oder Verteilungssichten darstellen. Zu diesen „Architektur Aspekten“ zählen unter anderem Persistenz, Ablaufsteuerung, Fehler- & Ausnahmebehandlung, Monitoring, Migration und andere.
- Unter der Überschrift „Projektaspekte“ sind viele Punkte gesammelt, die die Schnittstellen zwischen Architekten und anderen Projektbeteiligten betreffen. So z. B. Risikolisten als Grundlage für die Diskussion mit Projektleitern oder Technologieexperten, Change Requests zur Diskussion mit Auftraggebern, Endanwendern und Requirements Engineers oder Auswirkungen zur rechtzeitigen Diskussion mit der Inbetriebnahme, den Organisatoren oder Migrationsspezialisten.

## 5 Praktische Erfahrungen

Wir haben in den letzten Jahren bei zahlreichen Kunden unterschiedlicher Branchen (etwa: Telekommunikation, Medizintechnik, Logistik, öffentliche Verwaltung) die arc42 Schablone in

Projekten verschiedener Größe und Ausrichtung erfolgreich eingesetzt. Auf Basis dieser Erfahrungen haben wir Struktur des Templates iterativ angepasst – jedoch seit 2004 keine signifikanten strukturellen Änderungen mehr vorgenommen. Die meisten Ergänzungen oder Erweiterungen betrafen den Abschnitt „Architektur Aspekte“, zu dem unsere Kunden zahlreiche Ergänzungsvorschläge unterbreitet haben. Einige konkrete Erfahrungen zur Einführung:

- Die Einarbeitung in die Struktur des Templates bedeutet, wie die Einführung jeglicher Methodik oder Technologie, eine Lernkurve für die Beteiligten. Unserer Erfahrung nach lässt sich diese Lernkurve durch geschickte Wahl der betreffenden Pilotprojekte deutlich reduzieren: Projekte mit ohnehin strukturell durchdachter und ausformulierter Dokumentation sind nach unserer Erfahrung innerhalb kürzester Zeit in der Lage, die vorhandenen Dokumente in der arc42-Struktur abzubilden.
- Projekte können das arc42-Template als eine Art „Checkliste“ verwenden, um ihre eigene Architekturdokumentation auf Vollständigkeit hin zu prüfen. Dies kann etwa in Form halb- bis ganztägiger Architekturreviews geschehen.
- Mit der Einführung einer projektübergreifenden Strukturvorlage zur Dokumentation geht oftmals die Überarbeitung oder Optimierung der betroffenen Architekturprozesse einher: Mehrmals wurde durch die thematisch breit angelegte Struktur des arc42-Templates den betroffenen IT-Architekten erst die Breite ihres eigenen Aufgabenspektrums vor Augen geführt. Das wiederum führte für betroffene Unternehmen zu einer klar umrissenen Rollendefinition<sup>1</sup> der Architekten.
- In regelmäßigen Abständen von 3-6 Monaten sollten Architekten aus verschiedenen Projekten eines Unternehmens in kurzen Workshops ihre Erfahrungen mit dem Einsatz der Strukturvorlage gegenseitig abgleichen. Ein einfaches Mittel ist die *Architekturpräsentation* der jeweiligen Systeme, bei der in Form eines Vortrags von maximal 60 Minuten Dauer eine Kurzfassung jedes Kapitels der arc42-Dokumentation präsentiert wird. Insbesondere müssen dabei spezifische Erweiterungen und Ergänzungen an der Strukturvorlage abgestimmt werden.

---

<sup>1</sup> Arc42 postuliert folgende sechs Kernaktivitäten von IT-Architekten: 1.: Einflussfaktoren klären (d.h. Anforderungen und Randbedingungen prüfen), 2.: Systeme strukturieren, 3.: Architektur Aspekte konzipieren, 4.: Umsetzung überwachen, 5.: Architekturen bewerten und 6.: Architekturen kommunizieren.

Insgesamt empfehlen wir Organisationen und Unternehmen, so schnell wie möglich eine einheitliche Struktur zur Dokumentation von IT-Architekturen einzuführen – der Produktivitäts- und Qualitätsgewinn in Projekten und Systemen wiegt die (in der Regel ohnehin nur kurze) Lernkurve schnell wieder auf.

## 6 Alternative Ansätze von Strukturvorlagen für IT-Architekturen

In der Literatur und im Internet gibt es einige weitere Ansätze von Strukturvorlagen zur Dokumentation von Software- und IT-Architekturen. Einige davon möchten wir kurz vorstellen.

Philippe Kruchten hat mit seinem Artikel über „4+1 Views“ [Kruchten95] das Konzept der Architektursichten hoffähig gemacht. Dieses Modell hat für die zentralen Ideen in arc42 Pate gestanden, ebenso für die Ansätze aus [Starke05].

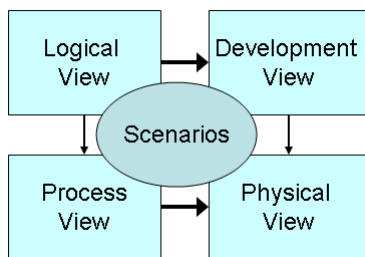


Abb. 3: 4+1 Views von Philippe Kruchten

Als Bestandteil des Rational Unified Process (RUP) wird der 4+1 Ansatz heute in der Praxis eingesetzt, außerhalb den RUP unseres Wissens nach nicht. Die Konsistenz zwischen den einzelnen Sichten ist schwer herstellbar. Positiv an Kruchtens Ansatz ist der Einbezug der fachlichen Sicht, die sowohl in den Scenarios (in Form von Use-Cases) als auch im Logical View Eingang finden.

Zu den Urvätern von Architektursichten gehört der ehemalige IBM-Forscher John A. Zachmann (siehe [zifa]). Er schuf ab 1970 den nach ihm benannten Architekturframework [zifa]. Dieser Framework geht über die reine Beschreibung von IT-Systemen deutlich hinaus, und bezieht sich im Ursprung auf Unternehmen als Ganzes. Der Zachman-Framework postuliert 30 (!) Sichten. Das empfinden wir als deutlich zu viel für den alltäglichen Gebrauch, obwohl Zachmann sich insbesondere im Umfeld US-amerikanischer Großunternehmen verbreiten konnte.

In den USA werden viele (hauptsächlich militärische) Systeme nach dem C4ISR Architecture Framework (siehe [C4ISR]) entwickelt. Er teilt Architekturen in 5 Sichten: Funktionen, Informationen, Organisation, Infrastruktur und Netzwerk. Jede Sicht wird weiter in statische Modelle, so genannte Produkte, zerlegt. Es gibt dazu nur wenig frei zugängliche Dokumentation, jedoch basieren andere Ansätze wie TOGAF (siehe unten) und DODAF auf dem C4ISR-AF.

Deutlich weiter verbreitet ist das ISO Referenzmodell für Open Distributed Processing (RM-ODP, [rmodp]). Es geht nach einem objektorientierten Ansatz vor und enthält neben 5 Sichten (genannt Viewpoints: Enterprise, Information, Computational, Engineering, Technology) noch 8 unterschiedliche Transparencies. Diese beschreiben die übergreifenden Aspekte access, failure, location, migration, replication und transaction. Zu diesem Modell gibt es eine ganze Reihe ergänzender Dokumentation, jedoch kaum veröffentlichte Beispieldokumentation. Unserer Erfahrung nach ist RM-ODP recht schwerfällig und eignet sich eher für langlaufende Großprojekte (jedoch würde einigen von denen auch ein schlankerer Dokumentationsansatz unserer Ansicht nach gut stehen :-).

Das Architekturframework der Open Group, genannt TOGAF (siehe [togaf]), kann man für 90 Tage kostenfrei evaluieren, die kommerzielle Nutzung ist teilweise eingeschränkt. Zur Dokumentation von Architekturen schlägt TOGAF ein *Enterprise Continuum* vor, eine Sammlung sämtlicher architekturelevanten Ergebnisse. Diese sind untergliedert in Geschäfts-, Daten-, Applikations- und Technologiearchitektur. Die Dokumentation von TOGAF enthält kaum konkrete Hinweise, wie Architekturdokumentation praktisch aussehen soll.

Dana Bredemeyer, geistiger Vater des HP-internen Software-Architekturprozesses, schlägt auf [bredemeyer] vor, Architekturbeschreibungen mit den Architekturtreibern zu beginnen, unterteilt in Architekturvision, Architektur Anforderungen, Annahmen, Einflussfaktoren sowie Schlüsselkonzepte und Architekturstil. Anschließend dienen auch bei Bredemeyer eine Reihe von Sichten der Beschreibung der detaillierten Architektur. Er gruppiert Sichten in folgende Matrix:

	Verhaltenssicht	Struktursicht
Konzeptionelle Architektur (abstrakt)	Trace einzelner "Kollaborationen", d.h. Szenarien	Architekturdiagramm, informelle Komponentenspezifikation
Logische Architektur (detailliert)	Kollaborationsdiagramme	Architekturdiagramm mit Schnittstellen, Schnittstellenspezifikationen
Ausführungs-	Kollaborationsdiagramme,	Architekturdiagramme, die

architektur (Prozess- und Verteilungssicht)	die Prozesse ausdrücken	aktive Komponenten zeigen
---	-------------------------	---------------------------

Tab. 1: Sichten nach Dana Bredemeyer [Bredemeyer]

Damit enthält sein Vorschlag einiges von den Dingen, die wir für Architekturbeschreibungen als notwendig erachten, leider fehlt in seinem Modell Platz für die übergreifenden Lösungsaspekte. Positiv an seinem Ansatz erachten wir, dass er die notwendigen Sichten (Bausteine, Laufzeit, Verteilung sowie Kontextsicht) immerhin mit seiner Begrifflichkeit abdecken kann - wenn uns auch die klare terminologische Trennung von Sichten und Architekturebenen fehlt.

## 7 Fazit

Die Verwendung einer Strukturvorlage zur Dokumentation (und letztlich Kommunikation) von IT- und Softwarearchitekturen erweist sich in der Praxis als förderlich für die Effektivität und Effizienz von Entwicklungsprojekten und auch der Qualität der betreffenden IT-Systeme. Die arc42-Vorlage bietet eine erprobte und praxistaugliche Struktur an, die sich in vielen Fällen bewährt hat. Diese Struktur lässt sich bei Bedarf unternehmens- oder auch systemspezifisch anpassen. Sie ist leicht erlern- und vermittelbar und von daher mit geringem Aufwand in Unternehmen und Organisationen einzuführen.

## 8 Danksagung

Die Autoren möchten sich bei den zahlreichen Anwendern und Reviewern des arc42 Templates für die konstruktiven Diskussionen sowie Verbesserungsvorschläge bedanken, die diese Strukturvorlage letztendlich erst praxistauglich gemacht haben.

## 9 Anhang: Detaillierte Gliederung des arc42-Architekturtemplates

Folgende Tabelle zeigt die Verfeinerung der arc42-Struktur auf die in der Praxis relevanten Gliederungsebenen.



<b>Nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>Erläuterung</b>
1	Einleitung	Kurzbeschreibung des Systems, Formalia: Änderungshistorie, Versionsstand, Release-Notes
2 2.1 2.2 2.3	Architekturtreiber Architekturziele Aufgabenstellung Stakeholder	Dieses Kapitel ist ein Extrakt aus den Systemanforderungen, die im Idealfall als eigenständige Dokumentation (Requirements Model, Systemanalyse) vorliegen.
3 3.1 3.2 3.3	Randbedingungen Technische Randbed. Organisatorische Randbed. Konventionen	Dieses Kapitel beschreibt die Einschränkungen, denen Architekten beim Systementwurf unterliegen. Thematisch sind sie mit den Anforderungen verwandt, stammen in der Regel jedoch aus anderen Quellen.
4	Kontextsicht	Hier wird das System im Kontext aller Nachbarsysteme und externen Schnittstellen dokumentiert.
5 5.1 5.2 5.3	Bausteinsicht Gesamtsystem Ebene 2 Ebene 3	Hier wird die Bausteinstruktur des Systems beschrieben, wechselweise in White- und Blackboxbeschreibungen.
6 6.1 6.2 6.3	Laufzeitsicht Laufszenario 1 Laufszenario 2 Laufszenario 3	Hier wird das Zusammenspiel der Systembausteine zur Laufzeit dokumentiert. Dabei können spezifische Szenarien (etwa: Bootstrapping) gesondert herausgehoben werden.
7	Verteilungssicht	Hier wird die Verteilung des Systems auf Hardware dokumentiert – (Deployment-Sicht).
8	Entwurfsentscheidungen	
9	Szenarien zur Architekturbewertung	Grundlagen für die szenariobasierte Architekturbewertung.
10 10.1 10.2 etc.	Architektur Aspekte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Persistenz</li> <li>• Benutzungsoberfläche</li> <li>• Ergonomie</li> <li>• Ablaufsteuerung</li> <li>• Transaktionsbehandlung</li> <li>• Sessionbehandlung</li> <li>• Sicherheitsaspekte</li> <li>• Verteilung</li> <li>• Ausnahmebehandlung</li> <li>• Parallelisierung</li> <li>• Konfiguration</li> <li>• Internationalisierung</li> <li>• Migration</li> <li>• Monitoring</li> <li>• Protokollierung</li> </ul>	Hier dokumentieren Sie sichtenübergreifende (i.d.R. technische) Aspekte. Die Aufzählung ist als Beispiel zu betrachten und i.d.R. system- oder unternehmensspezifisch zu ergänzen.
11	Projektaspekte	Informationen und Risiken von oder für das Management des Projektes.
12	Glossar	Projekt- oder systemspezifische Begriffe.

Tab. 2: Verfeinerte Gliederung des arc42 Architekturtemplates

## Literaturverzeichnis

- [arc42] Peter Hruschka, Gernot Starke: arc42 – Das Internet-Portal für Software-Architekten. Online: [www.arc42.de](http://www.arc42.de)
- [Bredemeyer] Bredemeyer, Dana: Architecture Documentation Action Guide. Online: [http://www.bredemeyer.com/architecture\\_documentation\\_action\\_guides.htm](http://www.bredemeyer.com/architecture_documentation_action_guides.htm) (Stand: Juli 2006).
- [C4ISR] C4ISR Architecture Framework. Online: [www.software.org/pub/afc/c4isr-dodaf.asp](http://www.software.org/pub/afc/c4isr-dodaf.asp), Stand Juli 2006.
- [Clements01] Clements, Paul, Rick Kazman & Mark Klein: Evaluating Software Architectures: Methods and case Studies. Addison Wesley, 2001.
- [Clements03] Clements, Paul et. al: Documenting Software Architectures. Addison Wesley, 2003.
- [Kruchten95] Kruchten, Philippe: The 4+1 View Model of Architecture. IEEE Software Vol. 12, Nr. 6, 1995.
- [rmodp] Online: [www.dstc.edu.au/Research/Projects/ODP/standards.html](http://www.dstc.edu.au/Research/Projects/ODP/standards.html) (Stand: Juli 2006).
- [Starke05] Starke, Gernot: Effektive Software-Architekturen – Ein praktischer Leitfaden. Carl Hanser Verlag, München, 2. Auflage, 2005.
- [togaf] The OpenGroup: Architecture Framework (Version 8.1). Nach kostenfreier Registrierung online erhältlich unter [www.opengroup.org](http://www.opengroup.org). (Stand Juli 2006)
- [zifa] Zachman Institute for Framework Advancement. Online: [www.zifa.com](http://www.zifa.com) (Stand: Juli 2006)

# **Anwendungsarchitektur-Beurteilung unter Berücksichtigung zu erwartender Flexibilität**

Felix R. Müller

Lehrstuhl für Controlling und Logistik  
Universität Regensburg  
93053 Regensburg  
felix.mueller@wiwi.uni-regensburg.de

## **Abstract**

Für die Gestaltung einer Anwendungsarchitektur existieren Richtlinien, die zu einer „guten“ Abgrenzung von Anwendungssystemen führen sollen. Es ist jedoch noch unklar, wie die Güte einer Aufgabenzerlegung und -zuordnung beurteilt werden kann. In diesem Beitrag wird argumentiert, dass die Flexibilität einer Anwendungsarchitektur ein wichtiges Gestaltungsziel darstellt. Dieses Ziel ist im Software Engineering unter dem Namen *Wartbarkeit* bekannt. Ausgehend von der Annahme, dass komplexe Systeme bei sonst gleichem Leistungsumfang und bei gleichem Anpassungsbedarf einen größeren Wartungsaufwand verursachen, wird versucht, die Größen Kohäsion und Kopplung – für die im Software Engineering anerkannte Metriken existieren – für den Bereich der Gestaltung von Informationssystemen auf Anwendungssystemebene zu adaptieren.

## **1 Motivation und Fragestellung**

Für die Bedienung von Informationsverarbeitungsbedarfen in einem Unternehmen stehen im Rahmen der Gestaltung der Anwendungsarchitektur mehrere Alternativen zur Verfügung. Die Auswahl einer architektonischen Alternative aus dem Lösungsraum hat Einfluss auf den Entwicklungs- und Einführungsaufwand, den Aufwand für den Betrieb der Anwendungssysteme und auf den Aufwand, der für Wartungstätigkeiten zu erwarten ist. Es ist deshalb notwendig, architektonisch verschiedene Lösungen für ein Anforderungsprofil beurteilen zu können, um

eine sinnvolle Auswahl zu treffen. In diesem Beitrag soll ein Werkzeug entwickelt werden, das eine solche Beurteilung ermöglicht.

## 2 Begrifflicher Hintergrund

Eine Anwendungsarchitektur ist ein Modell eines Informationssystems, das betriebliche IV-Anforderungen (Aufgaben) sowie (Anwendungs-)Softwaresysteme<sup>1</sup> beinhaltet, die jene realisieren. Ein Softwaresystem ist eine Zusammenfassung von Softwaremodulen, die zusammen mindestens eine Funktion erfüllen. Hier wird der Begriff *(Anwendungs-)Softwaresystem* verwendet, da der Begriff *Anwendungssystem* auch für das Ensemble mehrerer Softwaresysteme, der Aufgabenrealisierung und ggfs. menschlicher Aufgabenträger verwendet wird. Zwischen diesen Softwaresystemen können Integrationsbeziehungen bestehen. Ein Dienst wird durch funktionale und nicht-funktionale Anforderungen spezifiziert. Funktionale Anforderungen legen fest, welche zu automatisierenden Aufgaben ein Dienst beinhaltet, nicht-funktionale Anforderungen stellen eine Einschränkung des Lösungsraums dar, da sie festlegen, unter welchen Bedingungen die Leistung erbracht werden muss. Es lassen sich nun Mengen von Software-Systemen bilden, die diese Anforderungen erfüllen (Sachziel der „Automatisierungs- und Integrationsaufgabe“ [FeSi01,220]). Architekturentscheidungen beziehen sich auf die Größe der Softwaresysteme<sup>2</sup> und die Art der Integrationsbeziehungen zwischen den Softwaresystemen [Mert04,20].

## 3 Anwendungsbereich

Die Beurteilung alternativer gültiger architektonischer Lösungen für ein Anforderungsprofil auf Anwendungssystemebene lässt sich als Teilaufgabe des Integrationsmanagements betrachten, das die „Zusammenfassung aller mit der Integration verbundenen Aufgaben“ [Rose99,5] darstellt. Das Problem lässt sich der Gestaltung eines Informationssystems im Rahmen der Aufgabenzerlegung und der Zuweisung zu automatisierender Aufgabenbestandteile auf Aufgabenträger zuordnen [FeSi01,215-217]. Ist ein „Neuaufwurf“ bestehender Anwendungssysteme und deren Integrationsbeziehungen untereinander zulässig, ist eine derartige Beurteilung jedoch

---

<sup>1</sup> Da nur Anwendungs-Softwaresysteme betrachtet werden, wird im Folgenden vereinfachend das Präfix weggelassen.

<sup>2</sup> Die Größe eines Softwaresystems lässt sich zunächst über die Anzahl der durch dieses automatisierten Aufgabenbestandteile messen; für eine präzisere Betrachtung s. u.

auch sinnvoll, da durch architektonische Entscheidungen auf Anwendungsebene mitunter eine bessere Zielerreichung realisiert werden kann.

## 4 Ziele

Zu Zielen der Gestaltung der Anwendungsarchitektur existiert kein universell anerkannter Katalog. Als wichtiges Teilziel im Rahmen des Integrationsmanagements wird der „optimale Integrationsgrad“ [Rose99,13] behandelt. Ferstl entwickelt – aufbauend auf einer groben Formalziel-Klassifizierung der „Gestaltungsaufgabe Automatisierung von IS“ – Einzelziele der Integration [Fers92,9–14], die jedoch sowohl innerhalb der Klasse als auch klassenübergreifend von Ausprägungen anderer Einzelziele abhängig sein können. Schwinn argumentiert, dass ein optimaler Integrationsgrad schwer zu ermitteln sei und gruppiert fünf Gestaltungsziele, die diesen beeinflussen. Als Oberziel dieser Gestaltungsziele führt er „Agilität“ ein [ScWi05; HaSc06]. Es bleibt jedoch offen, ob die jeweiligen „Gruppen“ vollständig und abgeschlossen sind und wie die Zielerreichung sinnvoll gemessen werden kann. Huber et al. erwähnen „Faktoren“, denen zukünftige Anwendungsarchitekturen genügen müssen; diese sind Flexibilität, Integrationsfähigkeit und Standardisierung [HABÖ00,173–174].

Sowohl Flexibilität als auch Agilität lassen sich unter dem Begriff Anpassungsfähigkeit subsumieren. Flexibilität ist die Fähigkeit eines Systems, auf system- oder umweltinduzierte Veränderungen sinnvoll zu reagieren [Kalu93; Steg04]. Für die Anwendungsebene eines Informationssystems lässt sich Flexibilität als die Fähigkeit beschreiben, geänderte Informationsverarbeitungsbedarfe zu befriedigen (vgl. [Dunc95; GeLe05,44]) oder sich sonstigen Umweltveränderungen (z. B. der Infrastruktur) anzupassen.<sup>3</sup> Für den Bereich der Applikationsintegration ist Agilität „die ‚Leichtigkeit‘(...), mit der sich Änderungen oder Erweiterungen [an der Anwendungslandschaft] durchführen lassen“ [HaSc06,277].

Für den Bereich des Software-Designs ist Wartbarkeit (engl. *maintainability* [IEEE90,46]) ein besonders relevantes Qualitätskriterium, da sich Architektur-Entscheidungen darauf auswirken, in welchem Umfang mögliche Änderungen an einer Komponente Anpassungen anderer Systemelemente bedingen. Synonym wird der Begriff Änderbarkeit (engl. *modifiability* [BCKB98; BBKM78]) verwendet. Beide Begriffe beschreiben, wie einfach sich Änderungen an einem System vollziehen lassen, um Fehler zu beseitigen, die Leistungsfähigkeit zu erweitern oder um

---

<sup>3</sup> Für die Infrastruktur können ähnliche Betrachtungen angestellt werden, s. z. B. [Pfau97,73].

das System an eine veränderte Umwelt anzupassen. Diese Anwendungsbereiche korrespondieren mit einer gängigen Klassifizierung von Wartungstätigkeiten (*corrective, perfective, adaptive* [Scha05,480]).

Es verhält sich also so, dass für die Gestaltung von Software-Systemen und die eines Informationssystems auf Anwendungsebene ein ähnliches Ziel formuliert ist: Durch eine sinnvolle Gestaltung des jeweiligen Systems sollen potentielle Anpassungen möglichst günstig durchgeführt werden können.<sup>4</sup> Maßnahmen, die im Lebenszyklus eines Informationssystems auf Anwendungssystemebene u. U. notwendig sind, lassen sich als Wartungstätigkeiten<sup>5</sup> in eine der oben vorgestellten Kategorien einordnen; also lässt sich dieses Qualitätskriterium für die Gestaltung eines Informationssystems verwenden (s. a. [Ande02,26]).

Es ließe sich argumentieren, dass diese Reduktion auf Wartbarkeit als einziges Qualitätsziel eine unstatthafte Vereinfachung darstelle. Bezugnehmend auf den Katalog in [Fers92,11–14] ist festzustellen:

- Das Formalziel *Korrektheit* ist nicht weiter skaliert: Eine architektonische Variante, die die funktionalen Anforderungen an den Dienst nicht korrekt erfüllt, ist ungültig. Es sollen hier ausschließlich gültige architektonische Lösungen beurteilt werden.
- Das *Echtzeitverhalten* kann – analog zur Softwareentwicklung [Scha05,277f.] – als nicht-funktionale Anforderung verstanden werden, die den Lösungsraum bereits vorab einschränkt.
- *Integration* kann als Formalziel nicht unabhängig von Flexibilität behandelt werden, da die Ausprägungen der Zielerreichung für Einzelziele der Integration maßgeblich die Flexibilitätseigenschaften einer Lösung beeinflussen. So sind beispielsweise anpassende Wartungstätigkeiten bei minimaler Funktionsredundanz c. p. mit minimalem Aufwand durchführbar (s. auch [HaSc06,281]).

Das Wirtschaftlichkeitsziel für Umsetzung und Durchführung<sup>6</sup> ist nicht vernachlässigbar. Systeme, die jeweils eine andere Anwendungsarchitektur aufweisen, können sich in den Kosten für Implementierung und Betrieb – Aktivitäten, die *nicht* Wartungstätigkeiten sind – unterscheiden:

---

<sup>4</sup> Für die Quantifizierung des zu erwartenden Aufwands für Anpassungen stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung. Vereinfachend werden hier z. B. Personen-Stunden angenommen.

<sup>5</sup> Genauer: Wartungs-, Systemverbesserungs- und Systemanpassungsmaßnahmen [Kore72,200].

<sup>6</sup> Fünftes Formalziel im o. g. Katalog, ähnlich [ScWi05]: „Minimale Projektaufwände für die Integration.“

Eine Alternative mag z. B. den Betrieb spezieller Infrastrukturkomponenten erforderlich machen, wohingegen eine andere nur durch den Einsatz versierter Experten realisiert werden kann. Dadurch, dass mögliche durchzuführende Anpassungen nicht vollständig im Voraus bekannt und damit nicht bewertbar sind, können diese den Entwicklungs- und Betriebskosten nicht gegenübergestellt werden. Nichtsdestotrotz existieren Beiträge, die die Eintrittswahrscheinlichkeiten aller denkbaren Änderungen der Informationsverarbeitungsbedarfe als bekannt voraussetzen und diese in einem Entscheidungsmodell verarbeiten (z. B. [GeSc06]) oder abstrakte Turbulenzmaße verwenden und qualitative Betrachtungen dokumentieren (z. B. [HiSH05]).

## **5 Beurteilung anhand zu erwartender Wartbarkeit**

Der Aufwand, der für zukünftige mögliche Wartungstätigkeiten anfällt, lässt sich nur schwer abschätzen, da die Anpassungsbedarfe nicht vollständig antizipierbar sind. Deshalb muss auf Indikatoren zurückgegriffen werden, die für Wartbarkeit signifikant sind.

### **5.1 Indikatoren zur Abschätzung der Wartbarkeitseigenschaften eines Systems**

Im Software Engineering werden Wartbarkeit und Einfachheit als proportionale Größen angesehen [StMC74,115]. Um die steigende Komplexität von Softwareprodukten beherrschbar zu machen, wurden in den 1970er Jahren Prinzipien, Methoden und Werkzeuge entwickelt, mit denen sich eine Strukturierung des zu gestaltenden Systems durchführen lässt, u. a. die Modularisierung, also die Zusammenfassung abgeschlossener funktionaler Einheiten mit definierten Schnittstellen (vgl. [Balz98,571–574]). Komplexe Systeme durch Modularisierung und Abstraktion verständlicher zu machen ist jedoch kein Instrument, das spezifisch für die Softwareentwicklung ist; vielmehr handelt es sich um eine Vorgehensweise, die in vielen Disziplinen thematisiert wird [Alex64; Simo65]. Auf den allgemeinen Fall übertragen handelt es sich hierbei um das Problem der Abgrenzung von Subsystemen [Ulri68,107–109].

Für die Modularisierung der Anwendungslandschaft stehen Methoden zur Verfügung, die aus einer Zuordnung von Funktionen oder Prozessen zu Informationsobjekten Softwaresystemkandidaten und deren Datenaustauschbeziehungen untereinander ableiten und somit automatisch zu einer gültigen Zerlegung und Zuordnung führen (z. B. [Gags71] oder als Teil des Business Systems Planning [IBM 84]). Der Verwendung einer derartigen Vorgehensweise für den Vergleich von architektonischen Lösungen stehen jedoch zwei Probleme entgegen: Erstens ist nicht nach-

gewiesen, dass eine Aufgabenzuordnung, die Resultat der Anwendung der Methode auf ein Anforderungsprofil ist, zwingend eine maximale Wartbarkeit gewährleistet. Zweitens bleibt offen, wie alternative architektonische Lösungen verglichen werden können, da keine Abstandsmaße für verschiedene Zerlegungen und Beziehungen definiert sind.

Einfache – und dadurch günstig wartbare – Systeme zeichnen sich durch lose gekoppelte Subsysteme aus; das System ist „beinahe zerlegbar“ [Simo65,69–76].<sup>7</sup> Änderungen eines Subsystems wirken sich minimal auf andere Subsysteme aus [WaWe90]. Hohe Kohäsion innerhalb der Subsysteme fördert sowohl eine lose Kopplung [StMC74] als auch eine gute Wartbarkeit der Subsysteme selbst. Diese Eigenschaften, Kopplung und Kohäsion, können dazu verwendet werden, die Ergebnisse alternativer Modularisierung zu beurteilen. Im Software Engineering werden zusätzlich zu Metriken, die sich auf Kohäsion und Kopplung beziehen, weitere Maße zur Bestimmung struktureller Komplexität vorgeschlagen<sup>8</sup>, Kohäsion und Kopplung nehmen jedoch eine zentrale Rolle ein.<sup>9</sup>

## 5.2 Messung von Kohäsion und Kopplung

Es ist nun zu untersuchen, wie Kohäsion und Kopplung in einem Informationssystem auf Anwendungsebene gemessen werden können. Dazu soll erfasst werden, welche Mittel im Software Engineering Anwendung finden. Als Grundlage werden typische Einteilungen verwendet, die sich auf Softwareentwicklung nach dem prozeduralen Programmierparadigma beziehen.

### 5.2.1 Kohäsion

Die Eigenschaft *Kohäsion* beschreibt den Bezug der Elemente innerhalb eines Moduls. Die Größe gibt an, wie stark die Aufgaben, die ein Modul realisiert, zusammenhängen.<sup>10</sup> Die Eigenschaft ist ordinal skaliert [StMC74,121], es existieren jedoch Metriken zur Bestimmung verschiedener Kohäsionsgrade für prozedural organisierte Programme (z. B. [BiOt94]). Die folgende Darstellung orientiert sich an einer gängigen Einteilung verschiedener Kohäsionsgrade (vgl. [Myer78;Scha05,170–175]); diese sind nach steigender Intensität geordnet (*informational cohesion* ist also die erstrebenswerteste Form der Kohäsion).

---

<sup>7</sup> „nearly decomposable“, Übersetzung übernommen aus der deutschen Ausgabe [Simo94].

<sup>8</sup> Für eine Übersicht s. [Keme95].

<sup>9</sup> „Any study of past research on structural complexity of software leads to the conclusion that coupling and cohesion are fundamental underlying dimensions“ [DKST05,983].

<sup>10</sup> „The manner and degree to which the tasks performed by a single software module are related to one another.“ [IEEE90,17].



Operationen in Modulen entsprechen betriebliche Aufgabenbestandteile in Softwaresystemen: Beide repräsentieren aus Anforderungssicht bestimmte sinnvolle Funktionen. Zwar ist die Abgrenzung von Operationen bereits Bestandteil des Softwareentwicklungsprozesses, die Ableitung zu automatisierender Aufgabenbestandteile ist jedoch auch zentral für die Gestaltung von Informationssystemen.

Zufällige Kohäsion liegt demnach vor, wenn in einem Softwaresystem Aufgaben zusammengefasst sind, die in keinem fachlichen Zusammenhang stehen (z. B. *Lohnnebenkosten ermitteln* und *Stapler disponieren*). Analog zur Argumentation im Software Engineering ist zufällige Kohäsion als schlechteste Art des Zusammenhalts in einem Softwaresystem zu betrachten: Sind Änderungen an einer Aufgabenrealisierung im Softwaresystem, ist davon eine fachlich unabhängige Funktion betroffen. Ferner ist zufällige Kohäsion ein Indikator für die Kopplung zwischen Softwaresystemen, sofern nicht davon ausgegangen werden muss, dass sämtliche Aufgaben isoliert voneinander, also unabhängige Prozesse sind. Es kann dann geschlossen werden, dass mindestens eine Kopplungsbeziehung zu einem anderen Modul existieren muss.

In einem Softwaresystem liegt logische Kohäsion dann vor, wenn die Aufgabenbestandteile zwar logisch zusammenhängen (z. B. *Belege erstellen* als Modul, das für sämtliche Arten von Belegen Funktionalität bereitstellt), innerhalb des Moduls jedoch starke Abhängigkeiten existieren. Diese Form der Kohäsion ist problematisch, da Funktionen im Softwaresystem starke Abhängigkeiten aufweisen, so dass bspw. bei Änderungen in der Druckausgabe auch Anpassungen der Bildschirmanzeige erforderlich sind. Außerdem lässt sich wie beim Vorliegen zufälliger Kohäsion auf eine ungünstige Kopplung zwischen den Softwaresystemen schließen (unnötige Parameter, Kontrollkopplung).

Werden Aufgaben in einem Softwaresystem zusammengefasst, deren Bearbeitung zeitlich zusammenfällt, liegt zeitliche Kohäsion vor (z. B. *Wareneingang buchen* und *Stapler disponieren*). Diese Zusammenfassung ist als ungünstig zu betrachten, da das zeitliche Zusammentreffen selbst Änderungen unterworfen ist. Werden Geschäftsprozesse umgestaltet, ist der zeitliche Bezug zweier Aufgaben möglicherweise nicht mehr gegeben. Schließt man die Möglichkeit aus, neue Softwaresysteme zu bilden, die dem neuen Ablauf Rechnung tragen, so können Softwaresysteme, die ursprünglich zeitliche kohärent gestaltet sind zu solchen mit zufälliger Kohäsion degenerieren. Eine analoge Argumentation lässt sich für Systeme mit ablauforientierter Kohäsion anführen, in denen Aufgaben zusammengefasst sind, deren sequentielle Durchfüh-

rung in einem Teilprozess festgelegt ist. Deshalb soll diese Unterscheidung im Folgenden vernachlässigt werden.

Im Unterschied zur ablauforientierten Kohäsion gilt für kommunikative Kohäsion (*communicational cohesion*) zusätzlich die Einschränkung, dass alle Operationen auf gemeinsamen Ein- oder Ausgabedaten operieren (z. B. *Sendung erfassen* und *Packstück-Labels erstellen*). Systeme mit kommunikativer Kohäsion sind einfacher als Systeme, in denen ablauforientierte Kohäsion vorherrscht; die Wartungsfreundlichkeit (des Moduls) ist – ohne weitere Beeinflussung der Kopplung – größer, da das System c. p. kleiner ist, jedoch keinen zusätzlichen komplexen Kommunikationsaufwand verursacht. Bei Änderungen am Datenmodell sind – verglichen mit zeitlicher und prozeduraler Kohäsion – weniger Funktionen betroffen. Deshalb kann diese Kohäsionsart auch auf Anwendungsebene nicht mit den beiden vorher genannten zusammengefasst werden.

Realisiert ein Subsystem genau eine Aufgabe, so liegt funktionale Kohäsion vor (z. B. *Stapler disponieren*). Diese zählt für die klassische Softwareentwicklung zu den besten Kohäsionsarten, da neben der Wartbarkeit durch erleichterte Fehlersuche und einfache Austauschbarkeit auch die Wiederverwendung positiv beeinflusst wird. Die positive Bewertung lässt sich auf Anwendungssystemebene jedoch nicht ohne weiteres übernehmen, da noch keine Aussagen über die Ansteuerung der Einzelfunktionen oder über Datenhaltungsaspekte getroffen werden.

Schließlich können Aufgaben, die voneinander unabhängig auf demselben Datum operieren, in Softwaresystemen zusammengefasst werden (*informational cohesion*). Diese Art der Kohäsion liegt beispielsweise abstrakten Datentypen und Objekten im Rahmen des objektorientierten Programmierparadigmas zu Grunde, wenn diese gut gestaltet sind. Bei der Übertragung dieses Konzepts auf die Anwendungsarchitektur entsteht pro „Informationsobjekt“ oder „Resource Business Element“ [MSJL06,85–88] ein Softwaresystemkandidat, in dem sämtliche Aufgaben, die vorrangig auf dieser Information operieren, zusammengefasst sind (z. B. *Lieferscheineintrag erstellen* und *Lieferschein abschließen*). Auch für diese Art der Kohäsion gilt, dass die Einteilung ohne eine Betrachtung der Ablauflogik nicht beurteilt werden kann. Diese kann über alle Subsysteme verteilt oder in einem oder mehreren separaten Modulen implementiert sein; je nach Realisierung ist ein derartiges System mehr oder weniger komplex.

In Tabelle 1 sind die behandelten Kohäsionsarten übersichtsartig dargestellt. In der Spalte *Art (SW)* sind die Arten aus der Software-Entwicklung aufgeführt; in der Spalte *Art (IS)* die zu unterscheidenden Arten für die Beurteilung von Anwendungssystemen.

Art (SW)	Beschreibung	Art (IS)
Coincidental	Modul beinhaltet unzusammenhängende Operationen.	Coincidental
Logical	Modul beinhaltet zusammenhängende Operationen, die vom aufrufenden Modul angesteuert werden.	Logical
Temporal	Modul beinhaltet Operationen, deren Aufruf zeitlich zusammenfällt.	} Temporal
Procedural	Modul beinhaltet Operationen, deren Aufruf in einer bestimmten Reihenfolge zusammenfällt.	
Communicational	Modul beinhaltet Operationen, deren Aufruf in einer bestimmten Abfolge zusammenfällt und die auf den selben Daten operieren.	Communicational
Functional	Modul führt genau eine Operation aus.	Functional
Informational	Modul beinhaltet voneinander unabhängige Operationen, die auf denselben Daten operieren.	Informational

Tabelle 1 Kohäsionsarten

### 5.2.2 Kopplung

Für den Bereich der Softwareentwicklung ist Kopplung definiert als ein Maß der Verknüpfungsstärke, die aus einer Verbindung zweier Module erwächst.<sup>11</sup> Diese Definition bezieht sich auf Entwicklung nach dem prozeduralen Programmierparadigma. Ein Modul im weiteren Sinne ist eine Darstellung einer funktionalen Einheit oder einer semantisch zusammengehörenden Funktionsgruppe, die abgeschlossen ist, definierte Schnittstellen für Externbezüge besitzt und „im qualitativen und quantitativen Umfang handlich, überschaubar und verständlich“ ist [Balz98,572]. Der Kopplungsgrad zwischen Modulen hängt von der Komplexität der Schnittstelle, des Verbindungsbezugs (Modul als solches oder Element innerhalb des Moduls) sowie der Art der Nachricht ab [StMC74,117–121]. Im Folgenden wird eine gängige Einteilung von Kopplungsarten (nach abnehmendem Kopplungsgrad sortiert) aufgegriffen (vgl. [Your79]) – *content coupling* ist also als stärkste Form der Kopplung am wenigsten erstrebenswert.

Es sollen nun Beziehungen *zwischen* Softwaresystemen untersucht werden. Auch hier wird angenommen, dass diese mit den Modulen des Software Engineering korrespondieren: Ein Softwaresystem beinhaltet also die Implementierung mindestens eines Aufgabenbestandteils und kann mit anderen Softwaresystemen in Beziehung stehen. Die Stärke der Beziehung wird durch den Grad der Kopplung angegeben.

Inhaltliche Kopplung liegt vor, wenn ein Softwaresystem direkt ein Datum oder Funktionalität eines anderen Softwaresystems ändert. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein Softwaresystem *Konstruktion* eine interne Variable im Softwaresystem *Behälterplanung* überschreibt. Dieses Design macht selbst bei internen Änderungen im referenzierten Softwaresystem, die also

<sup>11</sup> „The measure of strength of association established by a connection from one module to another“ [StMC74,117].

nicht die externen Schnittstellen der Software betreffen, Anpassungen der referenzierenden Softwaresysteme erforderlich.

Für Anwendungsarchitektur besonders relevant ist die Kopplung über gemeinsame Datenbanken (*common coupling*), wobei mehrere Softwaresysteme die enthaltenen Daten ändern können (z. B. „Datenintegration“ [Fers92,19–21]). Aus Sicht des Software Engineering wird diese Kopplungsart als Indikator für ein schlechtes Design angesehen, da bei Änderung der Deklaration einer globalen Variable alle Funktionen, die diese Variable verwenden, angepasst werden müssen, da Sicherheitsprobleme auftreten können und da sich die Anzahl derartiger Kopplungsbeziehungen eines Moduls ohne Änderungen am Modul selbst ändern kann („clandestine common coupling“ [SJWH03]). Diese Probleme gelten für Anwendungsarchitekturen analog: Änderungen am Datenschema können Wartung gekoppelter Softwaresysteme erforderlich machen und die Anzahl an Softwaresystemen, die an einer solchen Beziehung teilnehmen, kann sich ändern, ohne dass diese Veränderung für ein bestimmtes Softwaresystem offensichtlich ist. Rückverfolgbarkeits- und Sicherheitsprobleme können ebenso auftreten.

Kontrollkopplung (*control coupling*) liegt vor, wenn ein Softwaresystem über einen Parameter beim Aufruf eines anderen Softwaresystems Einfluss auf den Kontrollfluss nimmt. Dies ist z. B. dann der Fall wenn ein Softwaresystem *Produktionssteuerung* das Softwaresystem *Auftragsfreigabe* aufruft und dieses für einen Auftrag eine Meldung zurückgibt, die dem aufrufendem System die Änderung der Auftragsgröße vorschreibt. Dazu muss das aufgerufene System Kenntnis von der Funktionsweise des aufrufenden Moduls haben. Ändert sich die Logik im aufrufenden Subsystem, sind Anpassungen des aufgerufenen Systems erforderlich.

Werden beim Aufruf eines Softwaresystems als Parameter unnötigerweise komplexe Informationsobjekte übergeben, liegt Datenbereichskopplung (*stamp coupling*) vor. In der Softwareentwicklung ist dies zu vermeiden, da die Schnittstellenkomplexität steigt, die Wiederverwendbarkeit sinkt und Sicherheitsprobleme auftreten können. Allerdings ist anzumerken, dass die schlechte Bewertung einer Datenbereichskopplung dadurch verstärkt wird, dass in einigen verbreiteten Programmiersprachen (z. B. Java) komplexe Strukturen normalerweise als Referenz und einfache Datentypen als Wert übergeben werden, so dass zusätzliche Komplexität dadurch entsteht, dass eine Rückverfolgbarkeit der Änderungen an einer Struktur oder einem Objekt durch häufige „Weitergabe“ erschwert wird. Diese Unterscheidung muss also auch auf Anwendungssystemebene getroffen werden, um eine Beurteilung dieses Musters durchführen zu können. Wird beispielsweise einem Softwaresystem *Versand* zur Erstellung der Versandbelege als

Argument ein Informationsobjekt *Kunde* übergeben, so sind Statistiken zum Bestellverhalten des Kunden für die Ausführung der Aufgabe zunächst unerheblich. Dennoch hat das Softwaresystem in diesem Falle Zugriff auf den kompletten Kundenstammdatensatz. Müssen Änderungen der Kennzahlen zum Bestellverhalten am Informationsobjekt nachvollzogen werden, so muss in diesem Fall auch das Softwaresystem *Versand* untersucht werden.

Erhält ein Softwaresystem beim Aufruf einer Funktion genau die Informationsobjekte, die zur Erfüllung der Aufgabe erforderlich sind, unterhält dies mit dem aufrufenden System eine Beziehung vom Typ Datenkopplung (*data coupling*). Hierbei bleibt zunächst unberücksichtigt, ob ein System zur Durchführung der Aufgabe auf andere Datenbestände zurückgreift, die jedoch vom aufrufenden System nicht verändert werden. Datenkopplung wird im Software Engineering als Indikator für ein gutes Design betrachtet.<sup>12</sup> In Tabelle 2 sind die Kopplungsarten zusammengefasst (Darstellung analog zu Tabelle 1).

Art (SW)	Beschreibung	Art (IS)
Content	A referenziert direkt den Inhalt von B.	Content
Common	A und B haben Zugriff auf ein globales Datum.	} External
External	A und B kommunizieren über eine gemeinsame Datei.	
Control	A ruft B mit einer Nachricht auf, um den Kontrollfluss in B zu beeinflussen.	Control
Stamp	A übergibt B unnötigerweise eine komplexe Datenstruktur	Stamp
Data	A übergibt B eine einfache Variable oder sinnvollerweise eine komplexe Datenstruktur	Data

Tabelle 2 Kopplungsarten

## 6 Beispiel

Als Anwendungsbeispiel dient ein Geschäftsprozess, der im Rahmen des Forschungsprojekts „Supra-adaptives Logistiknetzwerk Automobilwirtschaft in Bayern“ erhoben wurde. Aus diesem Prozess wurden zu automatisierende Aufgabenbestandteile abgeleitet, die verschieden realisiert werden können. Im Folgenden werden zwei Alternativen dargestellt und der oben entwickelten Beurteilung unterworfen.

### 6.1 Problem

Einige Logistikdienstleister (LDL), die an der Schnittstelle zwischen 1-st-Tier-Zulieferer und Hersteller (OEM) in der Automobilindustrie agieren, sehen sich mit der Situation konfrontiert, dass Zulieferer Packstücke (PS) mit VDA-Warenanhänger [VDA 94] übergeben, auf denen Barcodes in einem proprietären Format aufgedruckt sind. Für die Abwicklung beim LDL ist es

<sup>12</sup> „Data coupling is a desirable goal.“ [Scha05,180].

notwendig, im Wareneingang jedes PS zusätzlich mit einem eigenen Label zu versehen. Es ist also sinnvoll, das PS-Label bereits initial mit einer vom LDL automatisiert lesbaren PS-ID und mit einer Routing-Angabe zu versehen. Der Prozess ist in Abbildung 1 zusammengefasst.

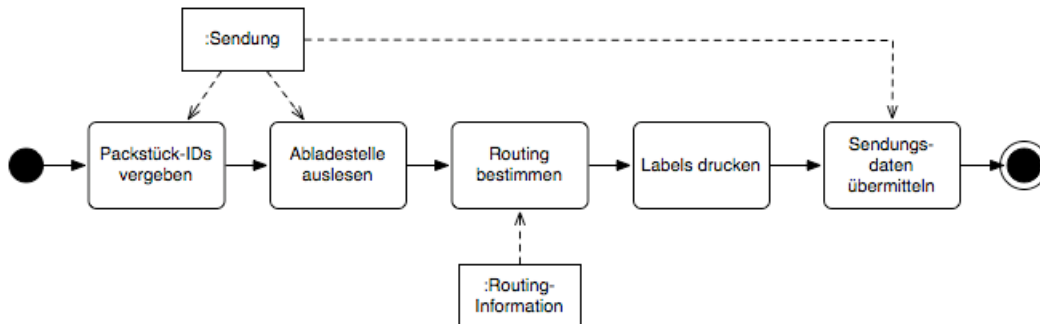


Abbildung 1 Prozess Packstückbelabelung

## 6.2 Alternative 1

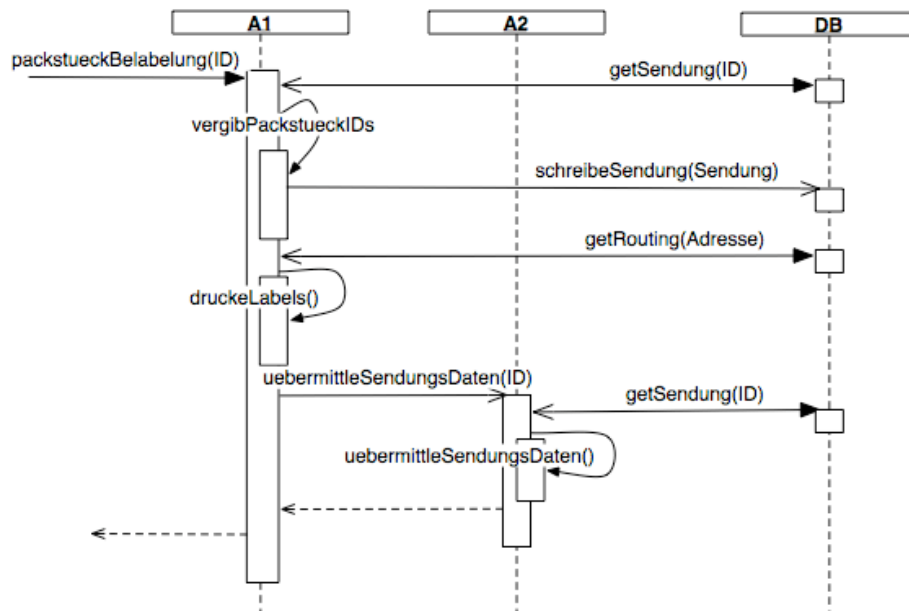


Abbildung 2 Umsetzung Packstückbelabelung – Alternative 1

Der erste Realisierungsvorschlag umfasst zwei Softwaresysteme (vgl. Abbildung 2): In A1 sind sämtliche Funktionen außer der Übermittlung der Sendungsdaten (A2) zusammengefasst. Für A1 liegt zeitliche Kohäsion vor: Die enthaltenen Funktionen sind aus einer Aufrufabfolge heraus betrachtet zusammenhängend, operieren jedoch auf unterschiedlichen Ein- bzw. Ausgabedaten. A2 beinhaltet genau eine Funktion, ist also funktional kohärent. A1 speichert die erstellten PS-IDs im Sendungs-Objekt ab. A2 liest diese Daten aus und übermittelt sie an ein Softwaresystem beim Logistikdienstleister. Es liegt also externe Kopplung über eine Datenbank vor.

### 6.3 Alternative 2

In der zweiten Variante werden drei Softwaresysteme gebildet (vgl. Abbildung 3): A1 für die Vergabe der PS-IDs, A3 für die Bestimmung der Zielniederlassung und A2 für die Durchführung der sonstigen Aufgaben. A1 und A3 sind funktional kohärent (genau eine Aufgabe wird durchgeführt), für A2 liegt maximal zeitliche Kohäsion vor (Aufgaben fallen im Prozessmodell zusammen); da A2 eine Aufgabe im Ablauf übernimmt und somit den zeitlichen Zusammenhang für A3 *unterbricht*, ließe sich auch zufällige Kohäsion unterstellen. Es wird jedoch angenommen, dass A3 keine weiteren Aufgaben realisiert; der Zusammenhang ist somit über die Realisierung von Aufgaben für *einen* Geschäftsprozess – PS-Belabelung nämlich – hergestellt. Dem Softwaresystem A1 wird eine Sendung übergeben, für die PS-IDs generiert werden. Diese werden zurückgegeben. A3 liest das Sendungsobjekt übergibt die Abladestelle an das Softwaresystem A2, das Labels erstellt und die Sendungsdaten übermittelt. A1 erhält als Eingabedatum ein Sendungsobjekt, aus dem es jedoch nur bestimmte Daten ausliest; es liegt also Datenbereichskopplung vor. Als Rückgabewerte werden PS-IDs geliefert (Datenkopplung). A3 wird mit der Abladestelle als Argument aufgerufen; auch dieses Datum ist minimal für die Durchführung der Aufgabe. Liefert A3 lediglich das Kürzel der Empfangsniederlassung, liegt auch für die Rückgabe Datenkopplung vor.

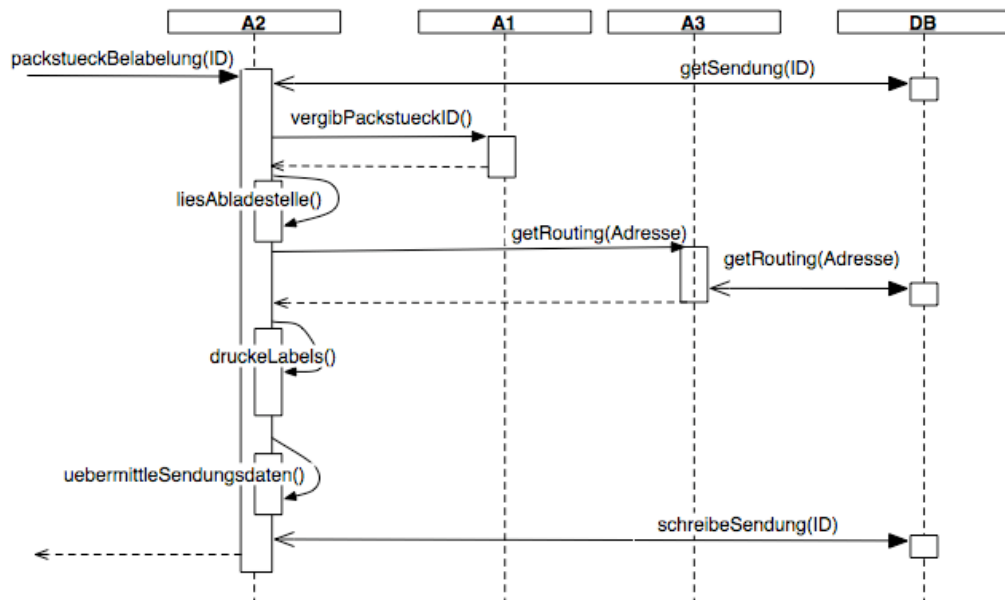


Abbildung 3 Umsetzung Packstückbelabelung – Alternative 2

Diese architektonische Alternative ist gemäß einem realistischen Anwendungsfall konstruiert worden: Ein LDL stellt seinen Kunden zur Abwicklung von Transporten über sein Netzwerk bisweilen ein eigenes Softwaresystem zur Verfügung, das über eine Schnittstelle, die vom Ver-

sandsystem angesprochen werden kann, für eine Adresse die entsprechende Empfangsniederlassung zurückliefert.

Dadurch, dass sich kein Softwaresystem durch eine schlechtere Kohäsion als ein Softwaresystem in der ersten Variante auszeichnet, und einige Instanzen externer Kopplung vermieden werden, ist die zweite Variante aus architektonischer Sicht vorzuziehen.

## **7 Zusammenfassung und weitere Schritte**

Aufbauend auf bestehenden Ansätzen zur Beurteilung architektonischer Alternativen wurde argumentiert, dass Flexibilität mit dem Konzept der Wartbarkeit aus der Domäne der Softwareentwicklung korrespondiert. Es wird dort davon ausgegangen, dass Wartbarkeit mit Strukturkomplexität korreliert ist. Deshalb wurde versucht, Metriken zur Messung von Kohäsion und Kopplung auf die Ebene der Anwendungsarchitektur zu übertragen. Einige Stufen der jeweiligen Eigenschaften konnten dabei zusammengefasst werden, da eine weitere Unterscheidung für die Gestaltung von Anwendungssystemen nicht sinnvoll ist.

Die Beurteilung erfolgt bislang qualitativ und bedarf einer Einschätzung beteiligter Interessenträger. Das vorliegende Anwendungsbeispiel ist sehr einfach gehalten: Es gibt keinerlei Überschneidung, die eine Abwägung erforderlich machen würde. Es ist mit den vorgestellten Metriken also bislang nicht möglich, nicht-triviale Anwendungsfälle zu vergleichen. Um diese Probleme bearbeiten zu können, bietet sich beispielsweise der Einsatz des Analytic Hierarchy Process' (AHP, [Saat80]) als Instrument zur Entscheidungsunterstützung an.

Da die Anwendung von Integrationskonzepten einen Einfluss auf die Aufgabenzuordnung und die Verknüpfung betrachteter Softwaresysteme hat, soll abgeschätzt werden, welche Ausprägungen für die Eigenschaften Kohäsion und Kopplung des Ergebnisses einer Gestaltung gemäß dem jeweiligen Konzept möglich sind. Des Weiteren soll ermittelt werden, welchen Einfluss die Anwendung von Referenzmodellen und Instrumenten der strategischen Informationssystem-Planung auf die oben vorgestellten Eigenschaften eines zu erwartenden „Endprodukts“ hat.



## Literatur

- [Alex64] *Alexander, Christopher*: Notes on the Synthesis of Form, Harvard University Press, Cambridge (USA) 1964.
- [Ande02] *Andersson, Jonas*: Enterprise Information Systems Management: An Engineering Perspective Focusing on the Aspects of Time and Modifiability. Dissertation, Department of Electrical Engineering, KTH, Stockholm (Schweden), 2002.
- [Balz98] *Balzert, Helmut*: Lehrbuch der Software-Technik, Spektrum, Heidelberg 1998.
- [BBKM78] *Boehm, Barry W.; Brown, John R.; Kaspar, Hans; Myron, Lipow; MacLeod, Gordon J.; Merritt, Michael J.*: Characteristics of Software Quality, North-Holland, Amsterdam (NL) 1978.
- [BCKB98] *Bas, Len; Clements, Paul; Kazman, Rick; Bass, Ken*: Software Architecture in Practice, Addison-Wesley, Boston (USA) 1998.
- [BiOt94] *Bieman, James M.; Ott, Linda M.*: Measuring Functional Cohesion. In: IEEE Trans. Softw. Eng. 20 (1994) 8, S. 644–657.
- [DKST05] *Darcy, David P.; Kemerer, Chris F.; Slaughter, Sandra A.; Tomayko, James E.*: The Structural Complexity of Software: Testing the Interaction of Coupling and Cohesion. In: IEEE Trans. Softw. Eng. 31 (2005) 11, S. 982–995.
- [Dunc95] *Duncan, Nancy Bogucki*: Capturing Flexibility of Information Technology Infrastructure: A Study of Resource Characteristics and their Measure. In: JMIS 12 (1995) 2, S. 37–57.
- [Fers92] *Ferstl, Otto K.*: Integrationskonzepte betrieblicher Anwendungssysteme (Fachbericht Informatik 1/1992), Koblenz 1992 .
- [FeSi01] *Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.*: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. 4. Aufl., Oldenbourg, München 2001.

- [Forl06] Bayerischer Forschungsverbund supra-adaptive Logistiksysteme (Forlog): Supra-adaptives Logistiknetzwerk Automobilwirtschaft in Bayern, <http://www.forlog.de>, Abruf 2006-10-24.
- [Gags71] *Gagsch, Siegfried*: Probleme der Partition und Subsystembildung in betrieblichen Informationssystemen. In: *Grochla, Erwin; Szyperski, Norbert (Hrsg.)*: Management-Informationssysteme – Eine Herausforderung an Forschung und Entwicklung. Gabler, Wiesbaden 1971, S. 623–652.
- [GeLe05] *Gebauer, Judith; Lee, Fei*: Towards an Optimal Level of Information System Flexibility – A Conceptual Model. In: *Bartmann, Dieter et al. (Hrsg.)*: Proceedings of the 13th ECIS. Regensburg 2005. CD-ROM Edition.
- [GeSc06] *Gebauer, Judith; Schober, Franz*: Information System Flexibility and the Cost Efficiency of Business Processes. In: JAIS 7 (2006) 3, S. 122–147.
- [HABÖ00] *Huber, Thomas; Alt, Rainer; Barak, Vladimir; Österle, Hubert*: Future Application Architecture for the Pharmaceutical Industry. In: *Österle, Hubert; Fleisch, Elgar; Alt, Rainer (Hrsg.)*: Business Networking. Springer, Berlin 2000, S. 163–183.
- [HaSc06] *Hagen, Claus; Schwinn, Alexander*: Measured Integration – Metriken für die Integrationsarchitektur. In: *Schelp und Winter [ScWi06]*, S. 267–292.
- [HiKL95] *Hirschheim, Rudy; Klein, Heinz K.; Lyytinen, Kalle*: Information Systems Development and Data Modeling – Conceptual and Philosophical Foundations, Cambridge University Press, Cambridge (UK) 1995.
- [HiSH05] *Hilhorst, Cocky; Smits, Martin; van Heck, Eric*: Strategic Flexibility and IT Infrastructure Investments – Empirical Evidence in two Case Studies. In: *Bartmann, Dieter et al. (Hrsg.)*: Proceedings of the 13th ECIS. Regensburg 2005. CD-ROM Edition.
- [IBM 84] IBM (Hrsg.): Business Systems Planning – Information Systems Planning Guide (GE20-0527-4). 4. Aufl., IBM, Armonk (USA) 1984.

- [IEEE90] *IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, IEEE Std 610.12-1990, 02/1991.
- [Kalu93] *Kaluza, Bernd: Flexibilität, betriebliche*. In: *Wittmann, Waldemar; et al. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1993, Bd. 1, S. 1173–1183. 5. Aufl.
- [Keme95] *Kemerer, Chris F.: Software complexity and software maintenance: A survey of empirical research*. In: *Annals of Software Engineering* 1 (1995) 1, S. 1–22.
- [Kore72] *Koreimann, Dieter S.: Systemanalyse*, de Gruyter, Berlin 1972.
- [Mert04] *Mertens, Peter: Integrierte Informationsverarbeitung*, Bd. 1. 14. Aufl., Gabler, Wiesbaden 2004.
- [MSJL06] *McGovern, James; Sims, Oliver; Jain, Ashish; Little, Mark: Enterprise Service Oriented Architectures – Concepts, Challenges, Recommendations*, Springer, Berlin 2006.
- [Myer78] *Myers, Glenford J.: Composite, structured design*, Van Nostrand, New York (USA) 1978.
- [Pfau97] *Pfau, Wolfgang: Betriebliches Informationsmanagement – Flexibilisierung der Informationsinfrastruktur, Markt- und Unternehmensentwicklung*. DUV Gabler, Wiesbaden 1997. zugl. Habil. Universität Freiburg.
- [Rose99] *Rosemann, Michael: Gegenstand und Aufgaben des Integrationsmanagements*. In: *Scheer, August-Wilhelm; Rosemann, Michael; Schütte, Reinhard (Hrsg.): Integrationsmanagement (Arbeitsbericht Nr. 65)*. Institut für Wirtschaftsinformatik, Münster 1999, S. 5–18.
- [Saat80] *Saaty, Thomas L.: The analytic hierarchy process – Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill, New York (USA) 1980.
- [Scha05] *Schach, Stephen R.: Object-oriented and Classical Software Engineering*. 6. Aufl., McGraw-Hill, New York (USA) 2005.

- [ScWi05] Schwinn, Alexander; Winter, Robert: Entwicklung von Zielen und Messgrößen zur Steuerung der Applikationsintegration. In: Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.; Eckert, Sven; Isselhorst, Tilman (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik. Physica-Verlag, Heidelberg 2005, S. 587–606.
- [ScWi06] Schelp, Joachim; Winter, Robert (Hrsg.): Integrationsmanagement, Springer, Berlin 2006.
- [Simo65] Simon, Herbert A.: The Architecture of Complexity. In: van Bertalanffy, Ludwig; Rapoport, Anatol (Hrsg.): General Systems. Society for General Systems Research, Bedford (USA) 1965, Bd. 10, S. 63–76.
- [Simo94] Simon, Herbert A.: Die Wissenschaft vom Künstlichen. 2. Aufl., Springer, Wien 1994.
- [SJWH03] Schach, Stephen R.; Jin, Bo; Wright, David R.; Heller, Gillian Z.; Offutt, Jeff: Quality Impacts of Clandestine Common Coupling. In: Software Quality Journal 11 (2003) 3, S. 211–218.
- [Steg04] Steger, Hans-Diego: Systemflexibilität – Konzeption und Gestaltungsansätze einer systemorientierten Unternehmensflexibilität, Eberhard, München 2004.
- [StMC74] Stevens, Wayne P.; Myers, Glenford J.; Constantine, Larry L.: Structured Design. In: IBM Systems Journal 13 (1974) 2, S. 115–139.
- [Ulri68] Ulrich, Hans: Die Unternehmung als produktives soziales System – Grundlagen der allgemeinen Unternehmungslehre, Paul Haupt, Bern 1968.
- [VDA 94] VDA Verband der Automobilindustrie: Warenanhänger (barcodefähig); VDA-Empfehlung 4902 V.4. <http://www.vda.de/de/service/bestellung/downloads/4902.pdf>, Abruf 2006-07-06.
- [WaWe90] Wand, Yair; Weber, Ron: An Ontological Model of an Information System. In: IEEE Trans. Softw. Eng. 16 (1990) 11, S. 1282–1292.
- [Your79] Yourdon, Edward: Structured Design: Fundamentals of a Discipline of Computer Program and Systems Design, Prentice Hall, Englewood Cliffs (USA) 1979.

# **Sizing Considerations for Enterprise Applications in Dynamic Data Centre Environments**

Heiko Thimm

Institute of Business Information Technology  
University of Applied Sciences Kiel  
24149 Kiel  
heiko.thimm@fh-kiel.de

## **Abstract**

Dynamic data centres are regarded as promising approach to achieve a high degree of resource utilization. In such data centres, applications are dynamically allocated to servers under consideration of the actual resource demand and the actual load states of the servers. However, as a result of this flexible deployment model, it is difficult to size the initial servers and other hardware equipment. We present considerations for this specific problem and a corresponding sizing method that is based on a heuristic algorithm. For a given set of applications, our algorithm determines the number of required servers, the subset of applications to be allocated to each server, and the corresponding runtime characteristics of each server. The maximum load that needs to be considered for each of these servers is optimized from a global data centre perspective. This is achieved through a smart rule based orchestration of the individual applications' load profiles.

## **1 Introduction**

The performance of an enterprise application depends substantially on the performance capacity of the underlying IT infrastructure. Henceforth, application performance requirements of the business, such as the application response time, can only be satisfied if the application is deployed on a well sized IT infrastructure.

As the experience with enterprise computing during the last decade shows, the backend servers of enterprise applications, such as database servers, have to be regarded as single most critical

IT infrastructure component from a hardware sizing point of view. Normally, the corresponding hosts on which these backend servers are being deployed belong to the most expensive data centre components. Therefore, whenever an existing application landscape is modified, e.g. extended by new applications, a corresponding sizing project needs to be completed. Such sizing projects usually follow the general approach to determine the required performance capacity of the hosts mainly based on workload assumptions. It is common business practise for traditional data centre environments to derive the required performance capacity from the expected peak load of the application(s). The resulting performance capacity usually includes a safety charge to compensate the fuzziness of this sizing method.

It is well known that this sizing practise results into poor server utilization, a fact that conflicts with the recent trend of increasingly shrinking corporate IT budgets. In the search for solutions to this problem of underutilized hosts, new technologies such as virtualization and capacity management techniques have been developed. These new technologies enable the implementation of data centres which are not based anymore on a persistent 1:1-allocation of applications to hosts. Under the notion of *dynamic data centres* we broadly subsume this new type of data centre. In dynamic data centres, applications may be dynamically allocated to hosts that belong to a pool of shared servers. This approach enables very flexible deployment options under consideration of the applications' actual resource demand and the actual server performance capacity at runtime. Therefore, available capacity management solutions for dynamic data centres monitor the system load and gather corresponding load data. Through an analysis of this load data, it is possible to obtain insights that are helpful to achieve a high degree of server utilization by dynamic resource allocation actions.

In our opinion, specialized sizing methods for dynamic data centres are required that already in the hardware planning phase take the "built-in" deployment dynamics of dynamic data centres into consideration. We could not find existing work that is geared at such sizing methods. In our research, we focus on this gap of knowledge. We strive on the investigation of effective sizing approaches and, in the long run, on the development of corresponding sizing tools for dynamic data centres. In this paper, we present our initial considerations for this research agenda that are largely based on our experience with sizing traditional data centre servers. In addition to that, we propose a sizing method that makes use of a heuristic algorithm. First, this algorithm obtains a base allocation of applications to hosts by grouping applications with similar characteristics together. An own dedicated host is allocated to each of these groups of applications and also to

those applications that definitely need to be deployed on a dedicated server. Each host's runtime properties are determined from the characteristics of the applications being allocated to the host. Then, in a next step, performed are optimization operations across the host-specific application sets. These operations re-orchestrate the sets of applications to make use of complementary load patterns among the applications. The performance capacity being required for a server may be minimized through such operations. In the near future, we will study the effectiveness of our algorithm through a simulation study.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 presents main aspects of traditional hardware server sizing for enterprise applications. Section 3 contains key characteristics of dynamic data centres from a sizing point of view. In Section 4.1, we first discuss considerations for the problem of server sizing for dynamic data centres. Then, in Section 4.2, we present various methods to predict the required performance capacity that are specialized to the different deployment modes found in dynamic data centres. Section 4.3 contains an informal description of our sizing method. Related work is discussed in Section 5 and our conclusions are given in Section 6.

## **2 Traditional Hardware Server Sizing for Enterprise Applications**

**Observations about traditional sizing practice.** In several years of experience in sizing many different enterprise applications such as SAP R/3, Siebel CRM, and Oracle Applications, we observed that, in principle, sizing methods are usually composed of three steps.

First, the load profile of the targeted production system is determined. Typically, this is done through an assessment of the various activities to be performed by the system such as user activities, background jobs, and the system's own bookkeeping activities. In rare cases only, the load profile is derived through performance tests with a real system because of the large amount of efforts required for such experiments. Given the load profile, the peak load of the production system is determined and further considered in the next step.

In the second step, the performance capacity required by the hardware server on which the application will be deployed is predicted from the peak workload of the system. This predicted performance capacity is expressed either in application specific terms such as the number of SAPS in case of SAP R/3 [LoMa03] or in other terms, that are related to standard performance

benchmarks. In case of OLTP applications, it is often referred to TPC-C which is the OLTP benchmark of the *Transaction Processing Performance Council (TPC)*.

In the third step, the performance relevant server configuration is obtained from the performance capacity resulting from the previous step. Usually system engineers make use of hardware specific performance specification data and corresponding configuration recommendations. For example, such a guideline may describe that for a specific application the RAM size should be 2 GB per CPU of a particular CPU type.

**Sizing risk.** Traditional sizing methods as described above may be regarded as “fuzzy methods” because they mainly work with assumptions. By the concept of *sizing risk* we address this “fuzzy nature” of these methods. We use the notion of sizing risk to express the probability that the server may be overloaded at some point in time in the future during the production usage phase. In overload situations, the actual performance capacity of a server is lower than the performance capacity needed to satisfy the given application specific service levels such as response time for interactive users. It is possible to lower the sizing risk by extensive studies of the future deployment characteristics so that very accurate sizing assumptions are made available. However, such extensive studies are usually limited by cost and time constraints, respectively. In practice, often it is dealt with the sizing risk by the consideration of a safety charge that is added to the required performance capacity. It is assumed that this extra safety charge will compensate load generating activities ignored by the sizing method otherwise. Obviously, also the consideration of a safety charge is limited by given cost constraints.

**Types of traditional sizing projects.** It is possible to classify sizing projects into different types depending on the broader project context.

By *initial sizing project*, we refer to the case where the targeted application is deployed for the *first time at all* within the organization (hence the term *initial*). That is, there does not exist any experience in the deployment of the new application so that the sizing assumptions are relatively vague. As a consequence, a relatively high sizing risk needs to be considered for this type of sizing projects. For risk mitigation, it has been recommended to complete performance experiments with a corresponding test system.

In some cases, it is possible to leverage pre-existing deployment experience in initial sizing projects. For example, consider a hardware platform switch for an existing application landscape. Due to more accurate sizing assumptions, usually, such sizing projects need to deal



with only a minor sizing risk as compared to sizing projects without pre-existing deployment experience.

In so-called *upgrade sizing projects*, it is necessary to determine the additional performance capacity needed by an application system already running in production mode. Typical causes for such projects include an increase of the number of application users, the implementation of functional extensions, and release upgrades. Such projects are typically a subject of capacity management for which dedicated tools are available. For example, such tools allow to monitor, simulate, and analyse the work load based on actual load data and to predict the extra performance capacity needed. Henceforth, usually only a low sizing risk is to be considered in upgrade sizing projects.

**Discussion.** As a result of the above described sizing practice, traditional data centres suffer from a low degree of server utilization. For the decision makers this situation presents a dilemma because they only have a choice between a high sizing risk and a low degree of server utilization. Increasingly more attention to this problem has been paid for the last several years due to the cost pressure that IT departments need to deal with. In the search for solutions to this problem, approaches have been developed that different technology providers call “dynamic IT”, “dynamic infrastructure”, “adaptive infrastructure”, “dynamic data centre”, or “adaptive computing”. These initiatives share all the same idea to enable a flexible dynamic resource management and some self-management capabilities in order to provide a cost-effective and adaptable IT infrastructure. In this work, we broadly subsume these approaches under the notion of *dynamic data centre*. In the next section, we describe the general principles of dynamic data centres from a sizing point of view.

### **3 Key Characteristics of Dynamic Data Centres from a Sizing Perspective**

In traditional data centres, enterprise applications are deployed typically on exclusive hosts. That is, the hardware servers are considered as exclusive computing resources for only a single application. They are not regarded as shared resources that may run multiple enterprise applications at the same time in a shared mode as it has been the case in mainframe computing environments. The consideration of an exclusive host usually leads to an installation procedure where the application software is combined with the server in a relatively radical way. For example, often the IP address of the host is hard-coded in the configuration files of an

application. As a consequence, a separation of the application software from the server at a later point in time is very hard to accomplish. Thus, usually it requires a lot of efforts to move such an application from one server to a different one.

Through the use of virtualization techniques, dynamic data centres are capable to work without such a persistent assignment of application software to underlying hardware servers. The servers are presented to the applications as pooled resources that may be deployed flexibly by the applications according to different deployment models. This enables to allocate applications to a given server only for a certain period of time and to re-allocate the application later to a different server. Furthermore, some applications may even be forced into a planned downtime mode. For example, during a high load phase, the application may be deployed on a server with a high performance capacity. From this server, the application may be moved to a less powerful server for a different time period where the application load is only low.

This flexibility allows for dynamic data centres to allocate applications to available hardware servers dynamically (hence the term *dynamic* data centre) under consideration of the actual resource demands of the applications and the actual load states of the servers. In several initiatives (e.g. [GSWK05]) concepts are investigated for a central management instance that is capable to automatically schedule and manage such dynamic re-allocation actions.

The re-allocation of applications, however, leads to some negative effects such as extra costs, an increasing risk for system failures, and application down time. Therefore, re-allocation actions should not occur with a too high frequency.

From a hardware server sizing view it is necessary to differ between different kinds of resource sharing models that may occur in dynamic data centres. In the following we present three different models.

**Exclusive resource sharing deployment mode.** If applications are deployed according to this mode, only one application may run on a given host at a time. That is, the complete performance capacity of the host is available for exclusive usage by only one application at a given point in time. However, it may occur that the application is moved to another server or put on hold in order to allow another application to be (exclusively) deployed on the same server.

**Non-exclusive resource sharing deployment mode.** In the non-exclusive sharing mode, the data centre servers are shared by multiple applications at a time. Each of these applications consumes a certain share of the servers total performance capacity.

**Mixed resource sharing deployment mode.** This type of deployment mode presents a combination of the previously two mentioned modes. For some periods of time, the server is deployed exclusively by only a single application, while during other periods of time multiple applications are deployed in parallel. Note that this may include the case where an application that has been deployed exclusively on a server from some point in time on will be accompanied (at the same server) by further applications. That is, at this mentioned point in time, it is switched from an exclusive deployment mode into a non-exclusive deployment mode.

## 4 Sizing Considerations for Dynamic Data Centre Environments

It is envisioned that dynamic data centres may be capable to allocate and re-allocate applications to computing resources autonomously without any participation of human system administrators, in the future. However, in today's available solutions, the allocation task is still controlled by the data centre personal. These solutions mainly build on the existence of load data gathered in the production usage phase. This load data is analyzed and the results are used to derive allocation plans.

For the task of sizing initial data centre servers, however, such load data obviously is not available. Among other reasons, this has lead to the fact that today it is still searched for an effective approach for sizing initial servers for dynamic data centre environments. The inherent property of such environments, that the allocation of applications to servers are dynamically changing over the time, presents one of the crucial problems for this effort.

Our research strives on the investigation of such sizing approaches and on the development of corresponding sizing tools in the long run. As starting point for the development of a first approach, we identified the general considerations presented in Section 4.1. Given this basis, we devised a set of methods to predict the required performance capacity and a first heuristic sizing method presented in Section 4.2 and 4.3, respectively.

### 4.1 General Considerations and Requirements

**Optimization towards a high server utilization.** It needs to be addressed that dynamic data centres are designed specifically to allow for a high utilization of the computing resources. Therefore, it is required to reflect the different deployment modes of Section 3. For example,

consider a given number of applications that are to be deployed on a single server in non-exclusive mode. The demanded performance capacity should not be obtained by simply adding together the peak loads of the individual applications' load profiles. In reality, the resulting total peak load will only occur in the very rare worst case situation where all individual applications' peak loads occur at the same point in time in parallel. Usually, relatively simple optimizations, e.g. by orchestrating the individual load profiles on a common time scale in an interlocking mode will lead to better sizing results. In order to achieve this optimization, it is necessary to explore thoroughly the expected load patterns of all applications.

**Frequency of re-allocation operations.** It is no question that the dynamic allocation of applications to servers also provides some drawbacks which has also been described in [GSWK05]. Each time when an application is re-allocated from one server to another one or put on hold, respectively, some performance capacity is bound to these extra operations. The extra load of these operations may lead to distortions and, possibly, even into an instable state of the data centre. Furthermore, each dynamic re-allocation involves the risk of application service failures, even if the same operation was completed successfully many times in the past<sup>1</sup>. In order to prevent these drawbacks, it is necessary to limit the re-allocation frequency. A thorough analysis of the available re-allocation options is necessary which will include a careful prediction of the short term and long term effects of the re-allocation operations. For sizing projects this calls for a starting allocation that does not need to be revised through re-allocation operations in an early stage (i.e. shortly after production start).

**Cross application specific aspects.** As presented in Section 2, for sizing projects, a sizing risk needs to be considered. For traditional data centres, this sizing risk may be viewed separately for each single server. Due to the fact that in dynamic data centres applications are flexibly deployed on different servers, it is recommended to also look at the data centre as a whole from a risk investigation point of view. That is, for dynamic data centres, the sizing risk needs to include the single-server specific risks but also the cross-servers specific risks. For example, consider the fact that if a server is not sized properly, a high re-allocation frequency is likely to occur. For reasons described above, such a high re-allocation frequency will affect the inappropriately sized server, but the other servers, too.

---

<sup>1</sup> Consider in this context one of the system administrators' golden rule "Never change a running system".

## 4.2 Predicting the Required Performance Capacity Based on Load Schedules

The required performance capacity usually presents the key constraint for sizing IT infrastructure components. For dynamic data centres, it is necessary to predict this required performance capacity for multiple interdependent servers. In the following, we present straightforward prediction methods for each of the deployment modes described in Section 3. In our description, by  $A$ , we denote the set of applications that are to be deployed on a single host with  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  and  $A_k$  denoting a single application with  $A_k \in A$  and  $k \leq n$ . By  $S_j(A, t)$ , we refer to the aggregated total load profile resulting from a particular orchestration  $j$  of individual application load profiles. Considered in an individual orchestration are the load profiles of the applications in  $A$  for the time interval  $t$  with  $t = [t_s, t_e]$ . In the following, we refer to such an orchestration by the notion of *schedule*. By  $S_{A,t}$ , we denote the set of  $j=1, \dots, m$  alternative schedules  $S_j(A, t)$  that may be orchestrated with respect to  $A$  for time interval  $t$ . We assume that this orchestration problem may be solved by function  $SCHEd(A, t)$  that takes as input the set of corresponding applications  $A$  and the time interval  $t$ , respectively, and yields the corresponding alternative schedules  $S_{A,t}$ . In addition to that, we define a function  $OPT-SCHEd(S_{A,t})$  that finds within the set of alternative schedules  $S_{A,t}$  that schedule  $optS_{A,t} \in S_{A,t}$  which leads to the lowest total peak load. The further functions considered in our framework are as follows:

- $L_{\max\_app}(A_k, t)$ : function that computes the peak load of application  $A_k$  wrt.  $t$
- $L_{glob\_max\_app}(A, t)$ : function that finds the max. peak load among the set of applications  $A$  and wrt.  $t$
- $L_{\max\_sched}(S_j(A, t))$ : function that computes the max. peak load of schedule  $S_j(A, t)$
- $L_{glob\_max\_sched}(S_{A,t})$ : function that computes the max. total peak load wrt. set of schedules  $S_{A,t}$
- $P(L)$ : function that computes the performance capacity required to satisfy load  $L$

The three prediction methods described below share a common initial step where a time interval  $t=[t_s, t_e]$  is determined. The size of interval  $t$  is defined so that the load profiles of all applications given by  $A$  are included in  $t$ .

**Exclusive sharing deployment mode.** Recall that in this mode, the set of applications given by  $A$  are deployed on the same server but the server is running only one of these applications at a time. It is possible to predict the required performance capacity for the given server in two steps. First, with respect to the  $i=1, \dots, m$  applications, the maximum peak load is obtained by  $L_{glob\_max\_app}(A, t)$ . For this maximum peak load, the corresponding required performance capacity is determined through  $P(L_{glob\_max\_app}(A, t))$ .

**Non-exclusive sharing deployment mode.** In this mode, the server is shared by several applications at a time. The different long term load profiles of the applications may be orchestrated together so that the peak load of the resulting schedule will be minimal. Based on this general idea, we propose a prediction method that consists of the following steps. First, the set of alternative schedules  $S_{A,t}$  is obtained by  $SCHED(A, t)$ . Then, the schedule  $^{opt}S_{A,t}$  is found that leads to the lowest peak load through  $OPT-SCHED(S_{A,t})$ . In turn, the maximum peak load of schedule  $^{opt}S_{A,t}$  is determined by  $L_{glob\_max\_sched}(^{opt}S_{A,t})$  and the corresponding required performance capacity is obtained by  $P(L_{glob\_max\_sched}(^{opt}S_{A,t}))$ .

**Mixed-mode deployment mode.** A server that runs applications in mixed-mode deployment mode, at predefined points in time, will switch from exclusive sharing into non-exclusive sharing and vice versa, respectively. Therefore, for the sizing task both of these deployment modes need to be addressed, for example as follows. First, the set of all applications  $A$  is divided into two subsets  $A_{ex}$  and  $A_{ne}$ , respectively. By  $A_{ex}$ , we denote that subset of applications that are to be deployed *exclusively* during a set of time intervals  $t_{ex}$ . By  $A_{ne}$ , we refer to those applications that are to be deployed *non-exclusively* during a set of time intervals  $t_{ne}$  with  $t_{ne} = t - t_{ex}$ . Then, the prediction method for the exclusive deployment mode is applied to  $A_{ex}$  and the prediction method for the non-exclusive deployment mode is applied to  $A_{ne}$ . From the resulting two numbers that each express required performance capacity, the larger

value is to be considered as the final performance capacity necessary for the deployment of all mixed-mode applications.

### 4.3 Towards an Algorithm for Initial Sizing Projects for Dynamic Data Centres

Based on the above described considerations, we devised a first pragmatic sizing approach for dynamic data centres. To present this approach, the definitions given in Section 4.2 are extended as follows:

- $\alpha$  : set of all applications to be deployed with  $\alpha = \bigcup_{i=1}^l \alpha_{e_i} \cup \alpha_{se} \cup \alpha_{ne} \cup \alpha_m$  and  $\alpha_{e_i}$  the  $i=1, \dots, l$  applications that need to be deployed definitely in *exclusive mode*,  $\alpha_{se}$  the set of applications that may be deployed in a *special exclusive mode*,  $\alpha_{ne}$  the set of applications that may be deployed *non-exclusively*, and  $\alpha_m$  the set of applications that may be deployed in *mixed-mode*
- $B$ : base allocation with  $B = \{ \langle H_{e_i}, \alpha_{e_i} \rangle, \langle H_{se}, \alpha_{se} \rangle, \langle H_{ne}, \alpha_{ne} \rangle, \langle H_m, \alpha_m \rangle \}$  and  $\langle H_{e_i}, \alpha_{e_i} \rangle$  the  $i=1, \dots, l$  hosts  $H_{e_i}$  on which the  $i=1, \dots, l$  applications  $\alpha_{e_i}$  are deployed in *exclusive mode*,  $\langle H_{se}, \alpha_{se} \rangle$  the single host  $H_{se}$  on which the set of applications  $\alpha_{se}$  are deployed in a special “*semi-exclusive mode*”,  $\langle H_{ne}, \alpha_{ne} \rangle$  the single host  $H_{ne}$  on which the set of applications  $\alpha_{ne}$  are deployed in *non-exclusive mode*,  $\langle H_m, \alpha_m \rangle$  the single host  $H_m$  on which the set of applications  $\alpha_m$  are deployed in *mixed-mode*
- $S_{\alpha_{se}, t}, S_{\alpha_{ne}, t}, S_{\alpha_m, t}$  : sets of alternative schedules for each of the application sets  $\alpha_{se}, \alpha_{ne}, \alpha_m$ , respectively, computed by function  $SCHED(A, t)$
- $^{opt} S_{\alpha_{se}, t} \in S_{\alpha_{se}, t}, ^{opt} S_{\alpha_{ne}, t} \in S_{\alpha_{ne}, t}, ^{opt} S_{\alpha_m, t} \in S_{\alpha_m, t}$  : single schedules - computed by function  $OPT-SCHED(S_{A, t})$  - where the peak load is minimal

Our approach, that takes the interdependencies between the applications into account, consists of the following steps:

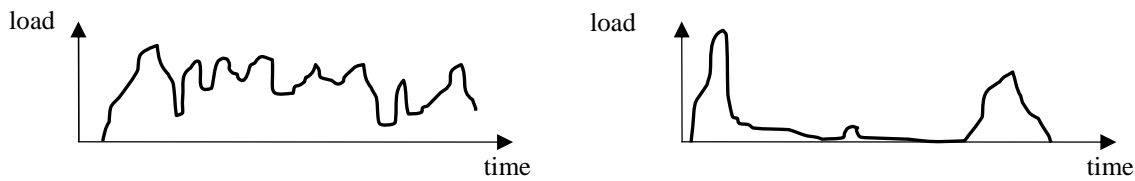
1. The short and long term deployment characteristics of all applications given by  $\alpha$  are explored and described in a sizing information repository which will include per

application the corresponding load profile, deployment constraints, and service level requirements.

2. From the sizing information repository, the base allocation  $B$  is determined under consideration of all relevant constraints.
3. The servers given in  $B$  are sized separately.

For steps 2 and 3, we developed a first version for a heuristic algorithm that looks as follows:

1. Select for each single application in  $\alpha$  a proper deployment mode by an evaluation of the sizing information repository under consideration of the following rules. *R1.1*: Consider the *exclusive deployment mode* as a pre-selection for applications that need to run on an own dedicated server. If for such an application the peak load occurs frequently such as shown in the example of Figure 1 (left diagram) select the (strict) exclusive deployment mode. For the converse case, where the peak load occurs only rarely and where substantial periods of idle time exist such as in the other example of Figure 1, select the special exclusive deployment mode. *R1.2*: Select the *mixed-mode deployment mode* for applications that only at some specific points in time need to run on an own dedicated server. *R1.3*: Select the *non-exclusive deployment mode* for applications which may all the time run on a host together with multiple other applications.



**Figure 1:** Load profile of an application to be considered for strict exclusive deployment (left side) and special exclusive deployment (right side).

2. Obtain base allocation  $B' = \{ \langle H_{e_i}, \alpha_{e_i} \rangle, \langle H_{se}, \alpha_{se} \rangle, \langle H_{ne}, \alpha_{ne} \rangle, \langle H_m, \alpha_m \rangle \}$  being an initial allocation according to the following rules. *R2.1*: Consider a separate dedicated host  $H_{e_i}$  for each of the  $i=1, \dots, l$  applications that are to be deployed in (strict) exclusive mode. *R2.2*: Consider a single common host  $H_{se}$  for all applications together that are



to be deployed in the special exclusive mode. *R2.3*: Choose a single common host  $H_{ne}$  for all those applications together that may be deployed non-exclusively. *R2.4*: Choose a single common sever  $H_m$  for all those applications together that may be deployed in mixed-mode.

3. Select a time interval  $t$ , s.t. the load profiles of all applications given by  $\alpha_{se}, \alpha_{ne}$ , and  $\alpha_m$  in  $B'$  are included in  $t=[t_s, t_e]$ .
4. Compute the sets of alternative schedules  $S_{se,t}, S_{ne,t}, S_{m,t}$  for the application sets  $\alpha_{se}, \alpha_{ne}$ , and  $\alpha_m$  through the use of function  $SCHED(A,t)$ . Next, obtain the schedules  $^{opt}S_{se,t} \in S_{se,t}, ^{opt}S_{ne,t} \in S_{ne,t}, ^{opt}S_{m,t} \in S_{m,t}$  through the optimization function  $OPT-SCHED(S_{A,t})$ .
5. Obtain optimized base allocation  $B$  from  $B'$  by modifying the application sets and schedules. The principles of this optimization approach are shown in Figure 2. It is attempted to close potential gaps in the schedule  $^{opt}S_{ne,t}$  and  $^{opt}S_{se,t}$ , respectively. By “filling such gaps” with fitting load profiles that belong to applications in  $^{opt}S_{m,t}$  the peak load of schedule  $^{opt}S_{m,t}$  may be reduced. To formulate this optimization principle, we introduce the notion of *transfer operation* denoted by  $T_i$  with  $T_i = T_i(A_k, \alpha_m, \alpha_{ne}, \alpha_{se})$ . We define a transfer operation to move an application  $A_k \in \alpha_m$  from its current source host  $H_m$  into either  $\alpha_{ne}$  or  $\alpha_{se}$  of the destination host  $H_{ne}$  or  $H_{se}$  if the above described optimization criterion is met. This criterion may be formulated as two post conditions for transfer operations as follows:

$$(1) L_{glob\_max\_sched}(SCHED((\alpha_m - A_k), t)) < L_{glob\_max\_sched}(SCHED(\alpha_m, t))$$

$$(2) L_{glob\_max\_sched}(SCHED((\alpha_{ne} \cup A_k), t)) \leq L_{glob\_max\_sched}(SCHED(\alpha_{ne}, t))$$

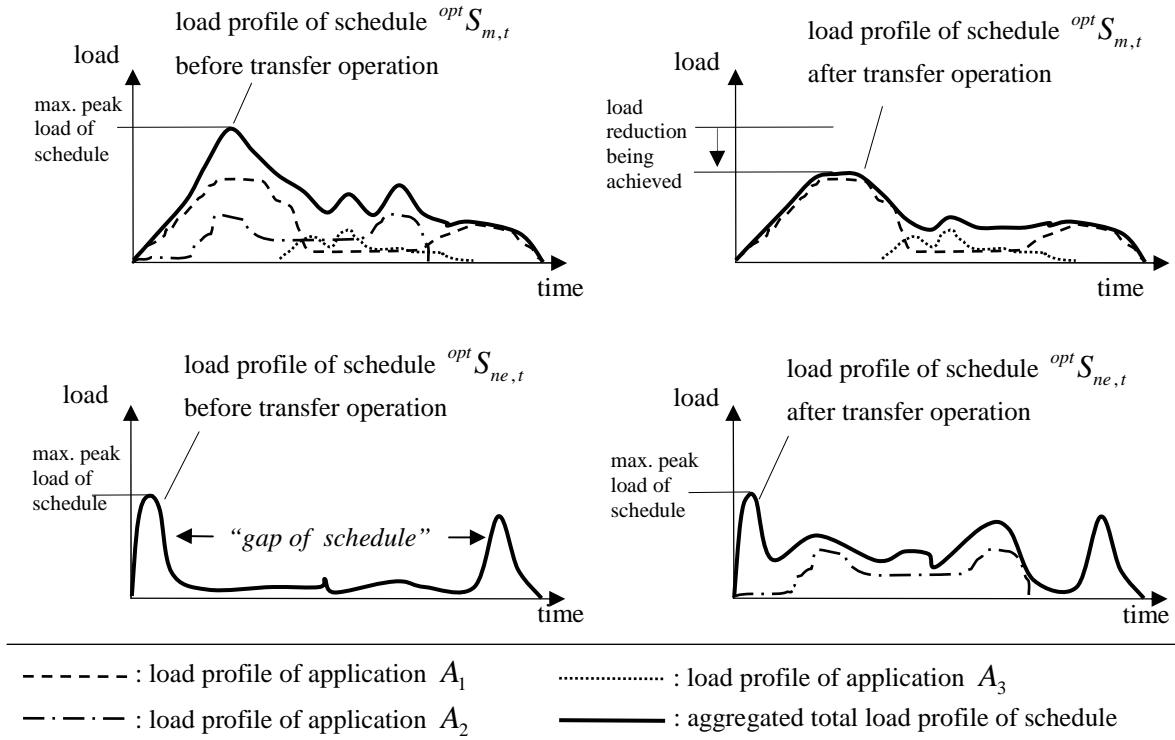
or  $L_{glob\_max\_sched}(SCHED((\alpha_{se} \cup A_k), t)) \leq L_{glob\_max\_sched}(SCHED(\alpha_{se}, t))$ .

It is possible that several alternative transfer operations  $T_i$  exist, i.e.  $i=1, \dots, q$ . For these cases, we propose to select that  $T_i$  among the  $q$  different alternatives where the resulting peak load reduction of schedule  $^{opt}S_{m,t}$  in relation to the peak load of the

application  $A_k$  reaches the maximum value. That is, that  $T_i$  is chosen where  $A_k \in \alpha_m$  yields the maximum value among all the alternatives for:

$$\frac{L_{glob\_max\_sched}(SCHED(\alpha_m, t)) - L_{glob\_max\_sched}(SCHED((\alpha_m - A_k), t))}{L_{max\_app}(A_k, t)}$$

Note that after a transfer operation is completed, update operations are required for the application sets that have been modified. That is, it is necessary to re-compute the sets of alternative schedules and the schedule that leads to the minimal peak load for  $\alpha_m$  and also either  $\alpha_{ne}$  or  $\alpha_{se}$ .



**Figure 2:** Optimization by transfer operations. The left side shows the global load schedule  $S_{m,t}^{opt}$  (upper corner) and  $S_{ne,t}^{opt}$  (lower corner), respectively, prior to a transfer operation. The transfer operation will move application  $A_2$  into the gap of the global schedule  $S_{ne,t}^{opt}$ . As a result, the maximum global load of  $S_{m,t}^{opt}$  will be reduced while the maximum load of  $S_{ne,t}^{opt}$  will remain unchanged.

6. Predict the required performance capacity of all servers given by the base allocation  $B$  through the methods presented in Section 4.2. For the  $i=1, \dots, l$  servers  $H_{e_i}$  use the

prediction method of the exclusive sharing deployment model. For the servers  $H_{se}$  and  $H_m$ , respectively, use the method of the mixed-mode deployment model. For the server  $H_{ne}$  use the method of the non-exclusive sharing deployment model.

7. Configure each server according to the predicted performance capacity.

## 5 Related Work

The problem of how to deal from a resource management point of view with the dynamics of a set of applications has been addressed previously. In the AutoGlobe Project of the Technical University Munich [GSWK05], concepts for the static and dynamic allocation of computing services are studied. This project aims at an adaptive computing infrastructure that includes advanced self-management services. In the AutoGlobe approach, a static allocation optimization is proposed that makes use of aggregated historic load data. Similar to our approach, in this optimization it is attempted to allocate services with complementary resource requirements on a common server. However, most research on the problem of resource allocation that can be found in the literature is focused on dynamic allocation techniques, e.g. to deal with overload situations or system errors. In the AutoGlobe Project, a fuzzy controller is proposed that handles such situations by corrective actions that are deduced through a rule based approach under consideration of the actual load situation. Online load measurements for dynamic resource allocation are also considered in [ChGS02]. The load measurements are combined with different prediction and resource allocation techniques in order to dynamically vary the resource shares in shared data centres to the changing workloads of applications. A so called predictive controller and various prediction algorithms for dynamic resource allocation in enterprise data centres are proposed in [XZSW06].

In [ThiK196] an adaptation mechanism is proposed for distributed Multimedia Database Systems that may dynamically adapt concurrent multimedia presentations to fluctuating network bandwidth. This mechanism makes use of the simplex method to globally optimize the adaptations so that the maximum presentation Quality of Service (QoS) is achieved under consideration of the individual user QoS. The difference of our project to these research projects is that we look at the allocation issue for multiple interdependent servers from a sizing perspective.

Our work is also related to system configuration and performance modelling research. In [AbRW01], a systematic method to find a satisfactory hardware and software configuration of a distributed message converter system is presented. Using layered queuing network models, a solution is described that distributes different jobs to different hosts and also configures the processes on the hosts. In addition to this general task that is related to the initial sizing task in our work, we also need to consider the aspect of dynamic resource allocations which was not necessary in this project. A mathematically based method for configuring distributed workflow management systems is proposed in [GWWK00]. This method is targeted at meeting the application's demands in terms of performance and availability while aiming to minimize the total system costs. Similar to our work, it is considered that it may be necessary to adapt the configuration over time due to changes of the workflows. The mathematical core of the proposed method consists of Markov-chain models that are derived from the application's workflow specifications. From these models the overall system's performance is derived. In contrast, we predict the required system performance mainly from the load profiles of the applications. The proposal for a large-scale network parameter configuration method presented in [YeTK02] shares with our approach that efficient parameter state space search techniques are required in order to optimize the allocation of applications to servers. In this related work and also in [XLRX04], finding an optimal configuration is formulated as a black-box optimization problem. For our long term research goal, which is the development of innovative sizing tools for dynamic data centres, we will also evaluate if techniques may be applied to our sizing problem that have been originally developed for configuring mechanical and electronic products [KrHG02].

## **6 Conclusions**

In this paper, we have presented the current status of our research on effective sizing methods for dynamic data centres. We are investigating such approaches in order to develop effective and reliable sizing tools for such data centres in the long run. For the near future, we expect a growing demand for such sizing tools because dynamic data centres are becoming more and more popular.

We presented the main result of our current work status, which is a method for effective initial server sizing. This method leads to a set of hosts with specific deployment characteristics and a

corresponding set of applications that fit to these characteristics. The maximum load that may occur at each of these servers is optimized from a global data centre perspective. Due to the fact that our method makes use of a heuristic algorithm there is no guarantee that our method will yield the global optimum.

In a next step, we will evaluate our algorithm through a simulation study. Based on the simulation results, we will further develop and refine our sizing method. This will include more concrete definitions for the rule-based selection of proper deployment modes. These definitions will also address the concept of service levels qualities. Through the simulation study, we also expect to get insights about the proper dimension of the time interval considered in our algorithm. Our future work will also include a concrete specification of the scheduling functions applied in our algorithm and the functions for the various search tasks such as the identification of gaps in load schedules. We expect that for these issues standard algorithms are readily available or may be adapted to our specific purpose. Furthermore, in our future research, we will extend our sizing method to allow users to guide and to influence the sizing proposal generation. This will include the concept of costs, e.g. for performance capacity. This will also include lower and upper bounds for the number of servers per application class and the performance capacity of the servers. For example, one may use this option to guide the sizing proposal generation towards specific needs and preferences, respectively, defined for the data centre equipment. Moreover, we want to allow that users may influence the destination server that is considered in transfer operations.

## References

- [AbRW01] Risse, T., Aberer, K., Wombacher, A., Surridge, M., Taylor, S.: *Configuration of Distributed Message Converter Systems*, Performance Evaluation, Vol. 58, Issue 1, Oct. 2004, Elsevier, pp. 43-80
  
- [ChGS02] Chandra, A., Gong, W., Shenoy, P.: *Dynamic Resource Allocation for Shared Data Centres Using Online Measurements*, Proc. Quality of Service - IWQoS 2003, 11th Int. Workshop, Berkeley, CA, USA, in Springer LNCS 2707, pp. 381-400

- [GWWK00] Gillmann, M., Weissenfels, J., Weikum, G., Kraiss, A.: *Performance and Availability Assessment for the Configuration of Distributed Workflow Management Systems*, Proc. of the 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Extending Database Technology 2000, Konstanz, Germany, in Springer LNCS 1777, pp. 183-201
- [GSWK05] Gmach, D., Seltzsa, S., Wimmer, M., Kemper, A.: *AutoGlobe: Automatische Administration von dienstbasierten Datenbankanwendungen*, 17<sup>th</sup> Int. GI Conf. on Database Systems for Business, Technology, and Web, Karlsruhe, Germany, February 2005
- [KrHG02] Krebs, T., Hotz, L., Günter, A.: *Knowledge-based Configuration of Configuring Combined Hardware/Software Systems*, Proc. 16 Workshop Planen, Scheduling und Konfigurieren (PuK 2002), Freiburg
- [LoMa03] Lober, B., Marquard, U.: *Anwendungs- und Datenbank-Benchmarking im Hochleistungsbereich von ERT-Systemen am Beispiel von SAP*, Datenbank-Spektrum 7/2003, dpunkt.verlag Heidelberg, S. 6-12
- [ThiK196] Thimm, H., Klas, W.: *Delta-Sets for Optimized Reactive Adaptive Playout Management in Distributed Multimedia Database Systems*, Proc. 12th Int. IEEE Conf. on Data Engineering, March 1996, New Orleans, LO, USA, IEEE Computer Society Press, pp. 584-592
- [XLRX04] Xi, B., Liu, Z., Raghavachari, M., Xia, C., Zhang, L. : *A Smart Hill-Climbing Algorithm for Application Server Configuration*, Proc. ACM WWW 2004, May 2004, New York, NY, USA, ACM Press, pp. 287-296
- [XZSW06] Xu, W., Zhu, X., Singhal, S., Wang, Z.: *Predictive Control for Dynamic Resource Allocation in Enterprise Data Centres*, Proc. of the 10<sup>th</sup> IEEE/IFIP Network Operations & Management Symp. (NOMS 2006), April, 2006, Vancouver, Canada
- [YeTK02] Ye, T., Kaur, H., Kalyanaramann, S.: *Large-scale network parameter configuration using online simulation*. Tech. Rep., Rensselaer Polytechnic Institute, 2002, currently also under review in IEEE Transactions on Networking

# **Einführung in den Track**

## **Modellierung als Innovationsmotor**

**Prof. Dr. Ulrich Frank**

Universität Duisburg-Essen

**Prof. Dr. Robert Winter**

Universität St. Gallen

Die Gestaltung und Verwaltung komplexer Systeme erfordert geeignete Abstraktionen. In den Ingenieurwissenschaften ist dies seit langem bekannt. Aber auch in der Betriebswirtschaftslehre werden vielfältige Modelle von Unternehmen eingesetzt, um Gestaltungs- bzw. Veränderungsentscheidungen zu unterstützen. In der Wirtschaftsinformatik kommt Modellen insofern eine besondere Bedeutung zu, als sie nicht nur eine Grundlage für den Entwurf betrieblicher Informationssysteme darstellen, sondern darüber hinaus ein Medium schaffen, um eine zielgerichtete Zusammenarbeit zwischen IT-Experten, Domänenexperten und Anwendern zu unterstützen. Modelle der Unternehmensstrategie, der Geschäfts- und Produktionsprozesse sowie des unterstützenden Informationssystems sind damit wesentliche Voraussetzung für ein effektives IT-Management sowie für die Planung und Realisierung innovativer Formen des IT-Einsatzes.

Der Track ist darauf gerichtet, die zentrale Rolle der Modellierung zu verdeutlichen und ihren angemessenen Einsatz in der Praxis zu fördern. Dazu sollen nicht nur Modellierungskonzepte berücksichtigt werden, sondern auch kritische Erfolgsfaktoren für deren wirtschaftliche Anwendung in der Praxis.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Hans-Jürgen Appelrath, Universität Oldenburg  
Prof. Dr. Jörg Becker, Universität Münster  
Prof. Dr. Werner Esswein, Technische Universität Dresden  
Prof. Dr. Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen  
Prof. Dr. Norbert Gronau, Universität Potsdam  
Prof. Dr. Dimitris Karagiannis, Universität Wien  
Prof. Dr. Gerhard Knolmayer, Universität Bern  
Prof. Dr. Susanne Leist, Universität Regensburg  
Prof. Dr. Heinrich C. Mayr, Universität Klagenfurt  
Prof. Dr. Markus Nüttgens, Universität Hamburg  
Prof. Dr. Erich Ortner, Technische Universität Darmstadt  
Prof. Dr. Michael Rebstock, Fachhochschule Darmstadt  
Prof. Dr. Elmar J. Sinz, Universität Bamberg  
Prof. Dr. Klaus Turowski, Universität Augsburg  
Prof. Dr. Robert Winter, Universität St. Gallen



# Konfiguration von Informationsmodellen

## Untersuchungen zu Bedarf und Werkzeugunterstützung

Patrick Delfmann, Ralf Knackstedt

European Research Center for Information Systems  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Leonardo-Campus 3, 48149 Münster  
{delfmann | knackstedt}@ercis.uni-muenster.de

### Abstract

Die Unterstützung der Informationssystemmodellierung durch Modellierungswerkzeuge stellt ein etabliertes Gestaltungsziel der Wirtschaftsinformatik dar. Der vorliegende Beitrag belegt, dass die Anpassung von Informationsmodellen abhängig von ihren Anwendungskontexten eine aufwändige Aufgabe gegenwärtiger Modellierungspraxis darstellt und daher Bedarf zur Anpassungsunterstützung durch Modellierungswerkzeuge besteht. Auf der Basis empirischer Untersuchungen wird eine Klassifikation von Modellvariantenbildungsformen abgeleitet, auf deren Basis eine Evaluation bestehender Modellierungswerkzeuge vorgenommen wird. Die Untersuchung zeigt weit reichende Entwicklungspotenziale bei der Werkzeugunterstützung des Modellvariantenmanagements auf.

## 1 Einleitung

In nahezu jedem Modellierungsprojekt ergibt sich die Notwendigkeit, Informationsmodelle an die Bedürfnisse verschiedener Nutzergruppen anzupassen. Exemplarisch seien hier verschiedene Unternehmensbereiche genannt, die sich durch unterschiedliche betriebswirtschaftliche Merkmale unterscheiden, verschiedene Einsatzzwecke der Modelle wie z. B. Anwendungssystem- oder Organisationsgestaltung sowie Nutzergruppen, die sich hinsichtlich ihrer Präferenz bzgl. der Modelldarstellung unterscheiden. Die Anpassung dieser Modelle und die sich daran anschließende Pflege der nutzergruppenspezifischen Modelle kann Kosten verursachen, zu de-

ren weitgehender Vermeidung eine methodische Unterstützung durch Modellierungstools wünschenswert erscheint.

Ziel dieses Beitrags ist es, Bedarf für entsprechende Anpassungsmechanismen zu identifizieren sowie auf deren Grundlage eine Klassifikation für Anpassungsmechanismen zu formulieren und zu evaluieren. Weiterhin sind auf dieser Basis existente Toolunterstützungen zu evaluieren und ggf. die Notwendigkeit für die Entwicklung entsprechender Tools zu identifizieren.

Im Folgenden wird zunächst die hierfür verwendete Forschungsmethode vorgestellt (Kapitel 2) und auf verwandte Arbeiten verwiesen (Kapitel 3). Im Anschluss wird eine Klassifikation von Anpassungsmechanismen vorgestellt, die aus Praxiserfahrungen der Autoren abgeleitet wurde (Kapitel 4). Zur Evaluierung dieser Klassifikation werden die Ergebnisse einer fragebogenbasierten Umfrage zur Relevanz der innerhalb der Klassifikation formulierten Anpassungsmechanismen präsentiert (Kapitel 5). Mittels einer Toolevaluation wird überprüft, ob die gemäß Praxiserfahrungen und Umfrageergebnissen relevanten Anpassungsmechanismen durch momentan erhältliche Tools umgesetzt werden (Kapitel 6). Abschließend werden aus den Ergebnissen Forschungsperspektiven abgeleitet (Kapitel 7).

## **2 Forschungsmethode**

In Anlehnung an eine wissenschaftstheoretisch interpretivistische Grundposition [BuMo79; KIMy99] wird für das Vorgehen zur Erkenntnisgewinnung im Rahmen dieses Beitrags eine kritische hermeneutische Forschungsmethode verwendet [Wimm95, S. 883f.].

Hermeneutik ist die Lehre des Verstehens von Sachverhalten durch humane Subjekte [AlSk00, S. 52ff.]. Sie geht stets von einem vorhandenen Vorwissen eines Subjekts über einen Sachverhalt aus. Auf Grundlage des Vorwissens ist das Subjekt in der Lage, durch Analyse des Sachverhalts diesen neu zu interpretieren [KIMy99, S. 71]. Interpretationen führen dazu, das Wissen über den Sachverhalt sukzessive den Ergebnissen der Interpretationen anzupassen. Ein geändertes Wissen bzgl. eines Sachverhalts erzeugt neue (Forschungs-)Fragen und führt wiederum zu Diskussionen und weiteren Analysen des Sachverhalts. Es entsteht ein Kreislauf, der als *hermeneutischer Zirkel* bezeichnet wird [AlSk00, S. 50ff.].

Hermeneutische Forschungsmethoden sehen aufbauend auf dem für die Hermeneutik charakteristischen Verstehensprozess im hermeneutischen Zirkel ein „durch theoretische und praktische Argumentationen gesichertes, systematisch-kritisches Verstehen von sprachlichen und nicht-

sprachlichen Handlungen und der ihnen zugrunde liegenden Zwecke, Regeln und Normen sowie deren Endzwecke“ vor [Wimm95, S. 883]. Eine hermeneutische Methode ist kritisch, wenn sie „sowohl die von ihr selbst vorgeschlagenen Argumentations- und Interpretationsnormen und -verfahren für Kritik, vor allem auch von Seiten des zu deutenden Sachverhalts, offen hält, als auch die Meinungen und Meinungssysteme, die theoretischen Aussagen und die Zwecke und Zwecksysteme, die praktischen Orientierungen zu Grunde liegen, einer kritischen Beurteilung unterzieht“ [Wimm95, S. 883f.].

Die Anforderungen, die im Rahmen einer kritischen hermeneutischen Forschungsmethode gestellt werden, werden im Folgenden auf den konkreten Anwendungsfall dieses Beitrags bezogen (vgl. auch Abbildung 1).

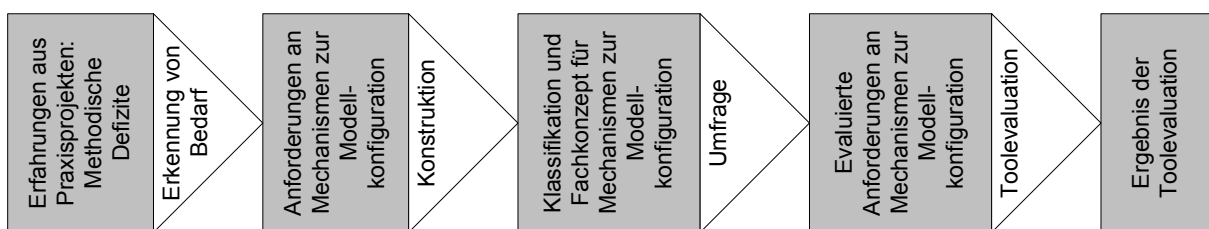


Abbildung 1: Forschungsmethode

- Ausgehend von Beobachtungen des praktischen Umfelds sowie dem Vorwissen der Autoren werden *Defizite* im Rahmen der methodischen Unterstützung der Modellkonfiguration aufgedeckt.
- Der erste Lösungsvorschlag in Form einer *Klassifikation* und eines *Fachkonzepts* ist die Folge der Auswertung der *Anforderungen*, die in Forschung und Praxis gestellt werden, sowie deren Kombination mit Ideen der Autoren, die sich aus dem Vorverständnis der Disziplin der Informationsmodellierung und den Anforderungen ergeben.
- Die anschließende kritische Evaluierung wird durch die Durchführung einer *fragebogenbasierten Umfrage* vollzogen, in der die innerhalb der Klassifikation formulierten Mechanismen zur Modellkonfiguration einem kritischen Publikum aus Forschung und Praxis zur Verfügung gestellt werden und im Hinblick auf ihre Relevanz und ihren Nutzen hinterfragt werden. Als Ergebnis der Umfrage liegt eine *evaluierte Menge von Anforderungen* vor, auf deren Grundlage ggf. eine Rekonstruktion des Fachkonzepts vollzogen werden kann.

- Mit dem Ziel, zu ermitteln, ob eine Unterstützung der Konfigurationsmechanismen bereits innerhalb von Modellierungstools vorliegt, wird eine *Toolevaluation* durchgeführt. Als *Ergebnis* kann erstens beurteilt werden, ob die Konstruktion eines Modellierungstools, das die Modellkonfiguration beherrscht, noch aussteht. Zweitens kann gezeigt werden, ob evtl. vorhandene Toolunterstützungen von den befragten Personen bereits wahrgenommen bzw. als praktikabel beurteilt werden.

### 3 Verwandte Arbeiten

Die methodische Unterstützung der Pflege, Verwaltung und Generierung von Modellvarianten wird mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen in mehreren Arbeiten untersucht. SOFFER, GOLANY und DORI stellen konfigurierbare Referenzmodelle mit dem Ziel vor, ein modellbasiertes Customizing von ERP-Systemen zu ermöglichen. Im Rahmen des Customizing wird dabei der jeweilige Anwendungskontext anhand von Attributausprägungen spezifiziert, worauf die Modelle gemäß den Attributausprägungen zugeordneten Anwendungsszenarien angepasst werden [SoGD03].

Im Gegensatz zu dem Ansatz von SOFFER, GOLANY und DORI sehen ROSEMANN und VAN DER AALST in ihrer Arbeit zur Erweiterung Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK, vgl. [KeNS92]) nicht die Formulierung von Konfigurationsregeln vor, die in Abhängigkeit betriebswirtschaftlicher Kriterienausprägungen festlegen, welche Modellvariante zu wählen ist. Stattdessen unterstützen sie die Modifikation der Prozessmodelle durch die Spezifikation von Regeln, mit welchen sich die Abhängigkeiten zwischen den Prozessmodellelementen explizieren lassen. Trifft ein Modellersteller z. B. die Entscheidung, bestimmte Funktionen aus einem Modell zu entfernen, leitet ihn die Regelbasis dabei an, auch von diesen Funktionen abhängige Modellbereiche korrekt anzupassen [RoAa07]. Gemeinsam ist beiden Beiträgen, dass das Customizing von ERP-Systemen als Einsatzgebiet adressiert wird.

Der Ansatz von BECKER ET AL. zur konfigurativen Referenzmodellierung zeichnet sich im Vergleich zu den anderen genannten Ansätzen dadurch aus, dass er nicht an eine bestimmte Modellierungstechnik gebunden ist. Stattdessen wird ein Framework zur Unterscheidung verschiedener Konfigurationsmechanismen präsentiert, die eine regelbasierte Anpassung von Modellen und deren Modellierungssprachen an durch Konfigurationsparameter spezifizierte Anwendungskontexte erlauben. Die regelbasierte Konfiguration stellt eine Gemeinsamkeit mit dem

Ansatz von SOFFER, GOLANY und DORI dar. Die Konfigurationsparameter werden allerdings sowohl sprachunabhängig spezifiziert als auch exemplarisch auf verschiedene Modellierungstechniken angewendet [BDKK02; Knac06; Delf06].

Alle vorgestellten Konfigurationsansätze haben gemeinsam, dass die unterstützten Modellvarianten in einem Gesamtmodell integriert werden. Bis auf den Beitrag von ROSEMANN und VAN DER AALST verfügen alle Ansätze über eine Regelbasis, mit deren Hilfe für einen gegebenen Anwendungskontext die am besten passende, im Gesamtmodell enthaltene Variante identifiziert werden kann.

Für die Klassifikation von Konfigurationsmechanismen erfolgt in diesem Beitrag eine Anlehnung an den Ansatz von BECKER ET AL., da dieser sich durch eine besonders umfassende und detaillierte Unterscheidung von Konfigurationsmechanismen für unsere Zwecke besonders eignet.

#### **4 Anforderungen aus der Praxis an die Informationsmodellkonfiguration**

In mehreren Praxisprojekten, die u. a. insbesondere bei der *DeTe Immobilien GmbH* [BeKR05], in *Kommunalverwaltungen des Landes Nordrhein-Westfalen* [BADN03], der *Bayer Business Services GmbH* [BJDF06], bei der *Deutschen Bundeswehr* sowie in Zusammenarbeit mit der *itemis GmbH & Co. KG* durchgeführt worden sind, ist im Rahmen von Modellierungsaktivitäten von Modellnutzern die Notwendigkeit geäußert worden, Modelle nutzergruppenspezifisch anzupassen. Die Anpassungen bezogen sich dabei auf die Modellierungssprache, den Modellinhalt sowie die grafische Aufbereitung der Modelle.

Als Ursache der Anpassungsnotwendigkeit wurden einerseits betriebswirtschaftliche Merkmale von Unternehmen(sbereichen), so genannte *Unternehmensmerkmale*, identifiziert. Andererseits führten modellierungszweckbezogene, organisatorisch rollenbezogene sowie persönliche Präferenzen der Nutzergruppen zur Notwendigkeit der Modellanpassung. Letztere drei Aspekte lassen sich unter dem Begriff *Perspektive* zusammenfassen (vgl. hierzu ausführlich [BDKK02, S. 27ff.; Delf06, S. 53ff.; Knac06, S. 213ff.]).

Das folgende Anpassungsbeispiel soll verdeutlichen, welche Anpassungsarten in den Praxisprojekten gefordert waren. Es wird ein exemplarischer stufenweiser Anpassungsprozess dargestellt, der die verschiedenen Aspekte der Modellanpassung vereint (vgl. Abbildungen 2 und 3).

Der als EPK dargestellte Prozess der Rechnungsprüfung ist für ein Handelsunternehmen geeignet, das verschiedene Geschäftsarten (Lager-, Strecken- und Zentralregulierungsgeschäft) durchführt. Soll dieses Prozessmodell Unternehmensbereichen zur Verfügung gestellt werden, in denen ausschließlich Strecken- und Lagergeschäft durchgeführt wird (z. B. in einer Niederlassung), sind Aspekte des Zentralregulierungsgeschäfts aus dem Prozessmodell zu entfernen (Anpassungsschritt 1→2, vgl. grau schattierte Elemente in 1).

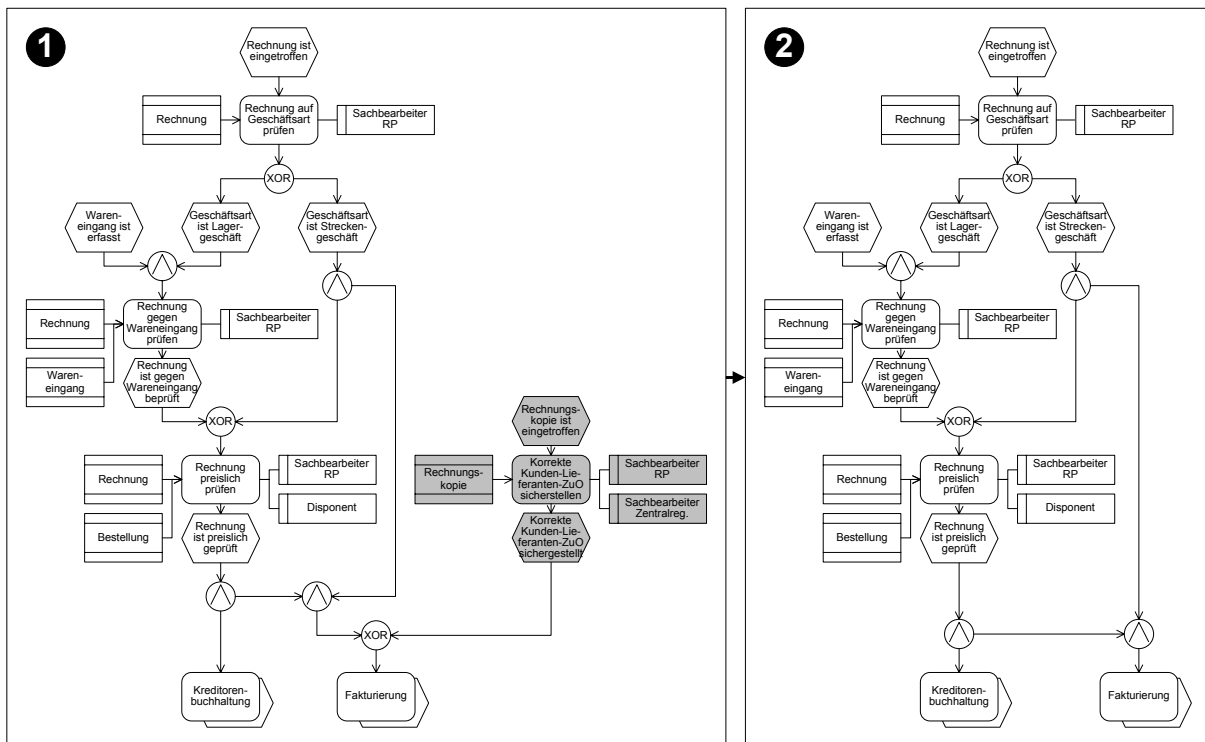


Abbildung 2: Exemplarischer Anpassungsprozess – Teil 1

Neben betriebswirtschaftlich-inhaltlichen Ursachen für die Anpassung von Informationsmodellen wird häufig gefordert, bspw. zu Schulungszwecken, Übersichtsmodelle zur Verfügung zu stellen, womit eine besonders gute Lesbarkeit angestrebt wird. Bspw. kann sich dies im Entfernen von sämtlichen an Funktionen annotierten Ressourcenobjekten äußern (Anpassungsschritt 2→3, vgl. grau schattierte Elemente in 2).

Ein weiteres vielfach gefordertes Instrument zur Übersichtsbildung ist das Entfernen von so genannten *Trivialereignissen* aus EPKs. Als *Trivialereignisse* werden solche Ereignisse bezeichnet, die nicht an Prozessverzweigungen beteiligt bzw. keine Start- oder Endereignisse sind (Anpassungsschritt 3→4, vgl. grau schattierte Elemente in 3).

Nutzergruppenspezifische Änderungen von Begriffen innerhalb von Modellelementbezeichnungen werden dann gefordert, wenn sich z. B. Begriffskonventionen in unterschiedlichen Unternehmensbereichen herausgebildet haben. Bspw. wird ein Sachbearbeiter aus der Rechnungs-

prüfung hinter der Bezeichnung „Rechnung“ stets eine Kreditorenrechnung vermuten. Umgekehrt ist für fachfremde Modellnutzer – bspw. Methodenexperten – zu explizieren, um welchen Typ von Rechnung es sich handelt (Anpassungsschritt 4→5, vgl. grau schattierten Text in 4). Die grafische Aufbereitung von Informationsmodellen kann dazu beitragen, Akzeptanzschwierigkeiten bzgl. formaler Modelle zu überwinden. Piktogramme anstatt Polygone als Modellelemente werden bspw. von Nicht-Methodenexperten als besonders anschaulich empfunden (Anpassungsschritt 5→6).

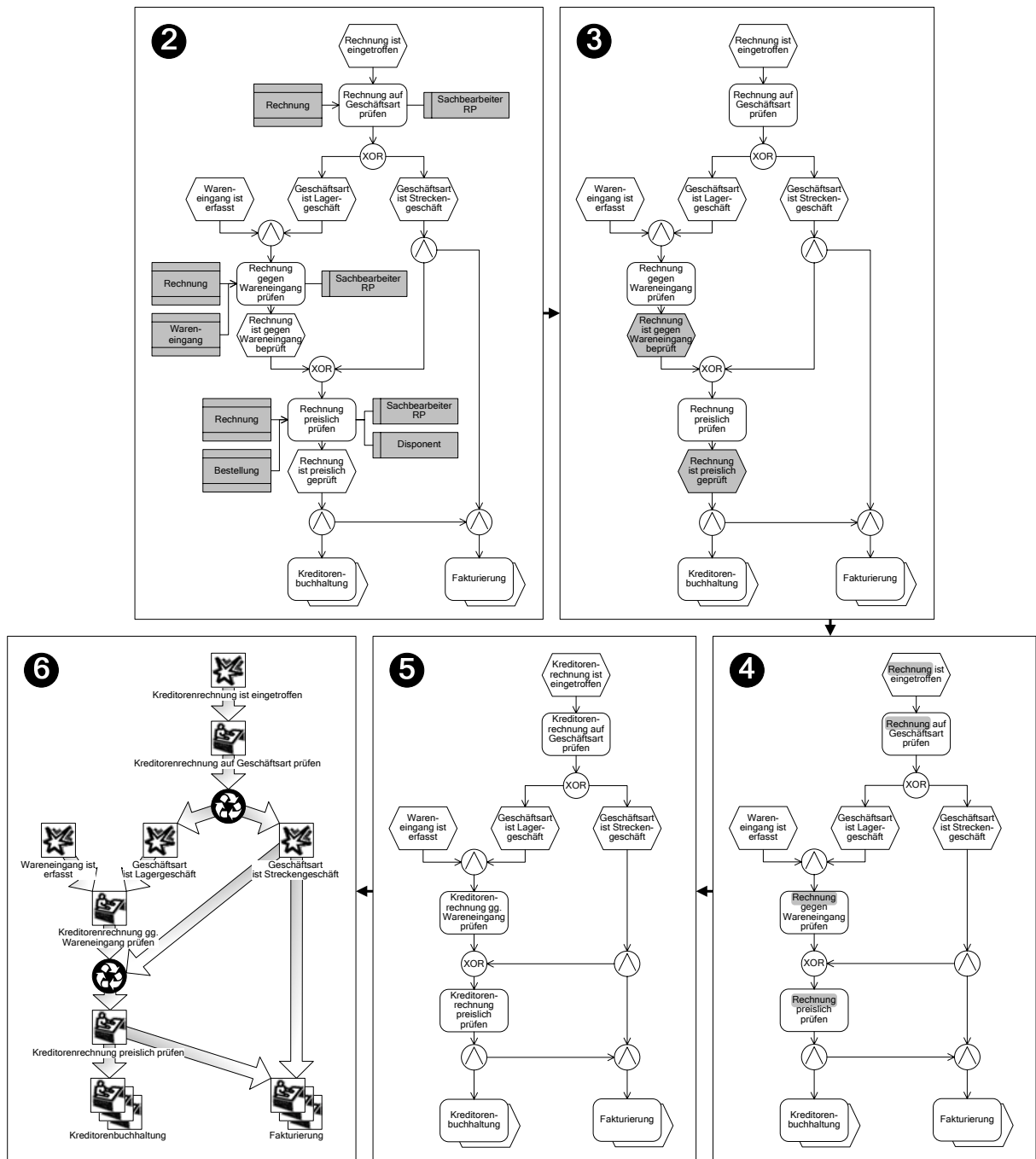


Abbildung 3: Exemplarischer Anpassungsprozess – Teil 2

Eine konventionelle Anpassung von Informationsmodellen an die Anforderungen unterschiedlicher Nutzergruppen – wie im Beispiel gezeigt – erforderte die Erstellung separater Modelle und zöge damit erhöhte Konstruktions- und Wartungskosten nach sich. Um diese Kosten zu verhindern bietet es sich an, die für sämtliche zu unterstützenden Nutzergruppen relevanten Informationen in einem Gesamtmodell zu integrieren und die einzelnen nutzergruppenspezifischen Modelle durch Ausblendung nicht relevanter Sachverhalte bzw. durch standardisierten Austausch von grafischen oder textuellen Aspekten automatisiert zu erzeugen. Ausgehend von den Anforderungen werden fünf Kategorien von Anpassungsmechanismen, so genannte Konfigurationsmechanismen, eingeführt (Die formale Spezifikation dieser Mechanismen findet sich in mehreren diesem Beitrag vorangegangenen Arbeiten. Vgl. exemplarisch [BDKK02; Delf06; Knac06]):

- *Modelltypselektion*: Modelltypen repräsentieren Ergebnistypen spezieller Modellierungssprachen. Die Relevanz der Modelltypen kann von der jeweiligen Nutzergruppe abhängig sein. Bspw. werden im Rahmen der Organisationsgestaltung zur Repräsentation von Daten Fachbegriffsmodelle gegenüber Entity-Relationship-Modellen bevorzugt. Umgekehrte Präferenzen sind bei Anwendungssystemgestaltern zu beobachten. Daher unterstützt der Konfigurationsmechanismus die Zuordnung von Modelltypen zu Nutzergruppen und damit eine grobgranulare, sprachbezogene Konfiguration des Modellsystems.
- *Elementtypselektion*: Elementtypselektionen ermöglichen es, zu Modelltypen Varianten zu bilden, die sich in der Menge der verwendbaren Modellelementtypen unterscheiden. Je nach Nutzergruppe kann es erforderlich sein, Modellelemente, die zu einem bestimmten Elementtyp gehören, auszublenden (vgl. Anpassungsschritt **2→3**). Elementtypselektionen ermöglichen solche Ausblendungen und stellen wie Modelltypselektionen sprachbezogene Konfigurationen des Modellsystems dar.
- *Elementselektion*: Elementselektionen äußern sich in der Selektion von einzelnen Instanzen von Modellelementtypen, bspw. einer einzelnen Prozessmodellfunktion „Korrekte Kunden-Lieferanten-Zuordnung sicherstellen“ (vgl. Anpassungsschritt **1→2**) bzw. von einzelnen Trivialereignissen (vgl. Anpassungsschritt **3→4**). Auf Basis dieser Selektion können einzelne Elemente ausgeblendet werden, die für die entsprechende Nutzergruppe nicht relevant sind. Elementselektionen sind damit im



Gegensatz zu Modelltyp- und Elementtypselektionen nicht sprach- sondern modellbezogene Konfigurationsmechanismen.

- *Bezeichnungsvariation*: Der Mechanismus Bezeichnungsvariation berücksichtigt, dass es erforderlich sein kann, die Bezeichnungen von Modellelementen in Abhängigkeit von Nutzergruppen auszutauschen (vgl. Anpassungsschritt 4→5).
- *Darstellungsvariation*: Die Darstellungsvariation ermöglicht die Zuordnung unterschiedlicher Repräsentationsformen zu Modellaspekten. Zum einen wird hiermit der Austausch von Modellelementsymbolen ermöglicht (vgl. Anpassungsschritt 5→6). Zum anderen werden zudem von unterschiedlichen Nutzergruppen unterschiedliche Modelltopologien bevorzugt. Beispielsweise werden teils Entity-Relationship-Modelle bevorzugt, deren Elemente nach dem Grad der Existenzabhängigkeit angeordnet sind, teils solche, deren Kantenüberschneidungsgrad minimal ist. Die Darstellungsvariation berücksichtigt auch diesen Aspekt.

Die nutzergruppenabhängigen Ursachen, die zur Konfiguration führen und die in *Unternehmensmerkmale* und *Perspektiven* unterschieden werden (s. o.), dienen den Konfigurationsmechanismen als Input und werden unter dem Begriff *Konfigurationsparameter* zusammengefasst.

## 5 Umfrage

### 5.1 Untersuchungsdesign

Die aus Praxiserfahrungen abgeleitete Klassifizierung von Konfigurationsmechanismen wurde zum Gegenstand einer fragebogenbasierten Umfrage gemacht. Untersucht werden sollte,

- ob Vertreter aus Praxis und Forschung das Management von Modellvarianten und die vorgestellten Mechanismen zur Modellkonfiguration als relevant erachten und
- für wie aufwändig die Pflege von Modellvarianten vor dem Hintergrund der derzeitigen Werkzeugunterstützung eingeschätzt wird.

Mit der Umfrage wurde kein Anspruch auf Repräsentativität hinsichtlich einer Grundgesamtheit verfolgt. Zur Teilnahme an der Untersuchung wurden 177 Wissenschaftler eingeladen, die auf den für die Wirtschaftsinformatik führenden Konferenzen zu einschlägigen Themen publiziert

haben. Außerdem wurden 170 Mitglieder des Networking-Portals [www.openbc.de](http://www.openbc.de), die entsprechende Interessensgebiete genannt haben, gefragt, ob sie an der Studie teilnehmen möchten. Nach entsprechender Interessenäußerung wurden Zugangsdaten für die Befragung an insgesamt 28 Portalnutzer versandt. Insgesamt haben letztlich 14 der direkt eingeladenen Wissenschaftler und 14 Mitglieder des Networking-Portals an der Studie teilgenommen (wobei sich einer der Portalnutzer als Wissenschaftler einordnete) und den über das Umfrageportal Zask bereitgestellten und auf geschlossenen Fragen basierenden Fragebogen bearbeitet. Die Teilnehmer verteilen sich entsprechend der gemischten Akquisitionstrategie auf unterschiedliche Berufszweige der Forschung und Praxis (14 x Hochschule, 1 x sonstige Forschungsorganisation, 4 x Industrieunternehmen, 7 x Beratung, 1 x sonstiges Dienstleistungsunternehmen, 1 x Sonstige).

## 5.2 Ausgewählte Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sowohl Unternehmensmerkmale als auch Perspektiven überwiegend als relevante Auslöser für die Erstellung von Modellvarianten angesehen werden. Der Aufwand zur Erstellung entsprechender unternehmensmerkmals- bzw. perspektivenspezifischer Modellvarianten wird überwiegend als hoch angesehen. Die Teilnehmer aus Forschung und Praxis kommen dabei zu annähernd gleichen Einschätzungen (vgl. Abbildung 4).

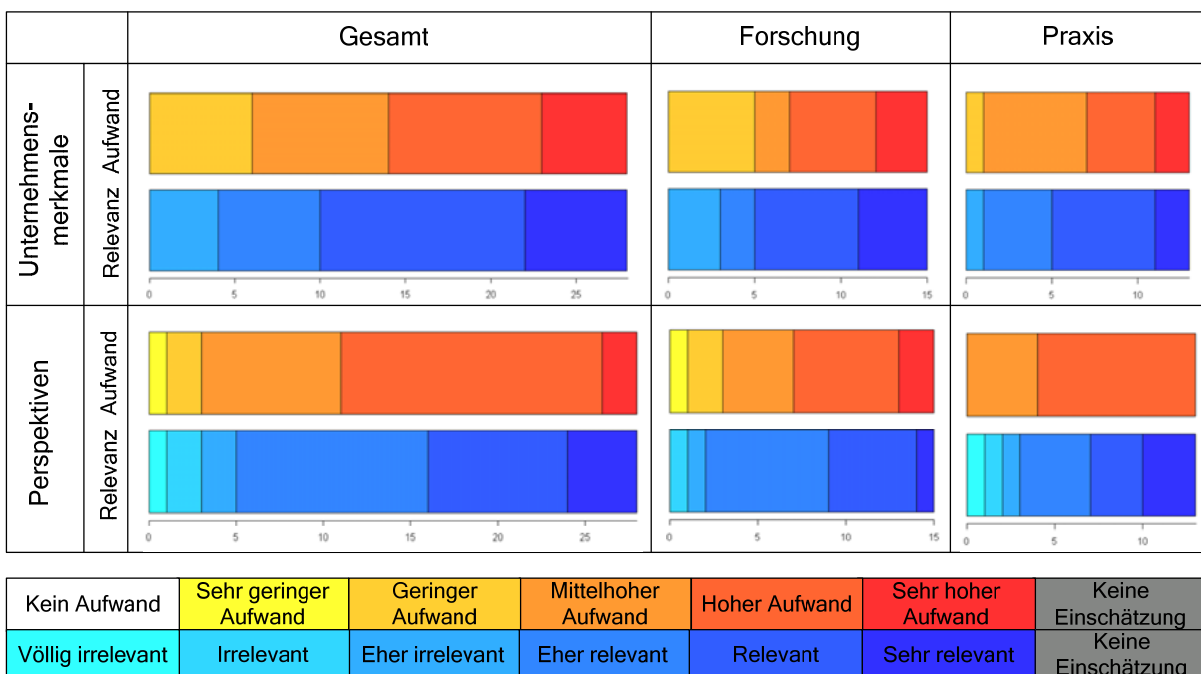


Abbildung 4: Aufwand und Relevanz unternehmensmerkmals- und perspektivenspezifischer Modellvarianten

Die verschiedenen in den Vorarbeiten identifizierten Variantenbildungsformen Modelltypselektion bis Darstellungsvariation werden von den Befragten alle überwiegend als relevant zur Bil-

derung unternehmensmerkmals- und perspektivenspezifischer Modellvarianten angesehen. In dieser Kernaussage stimmen die Einschätzungen der Teilnehmer aus der Praxis und Forschung überein (vgl. Abbildung 5).

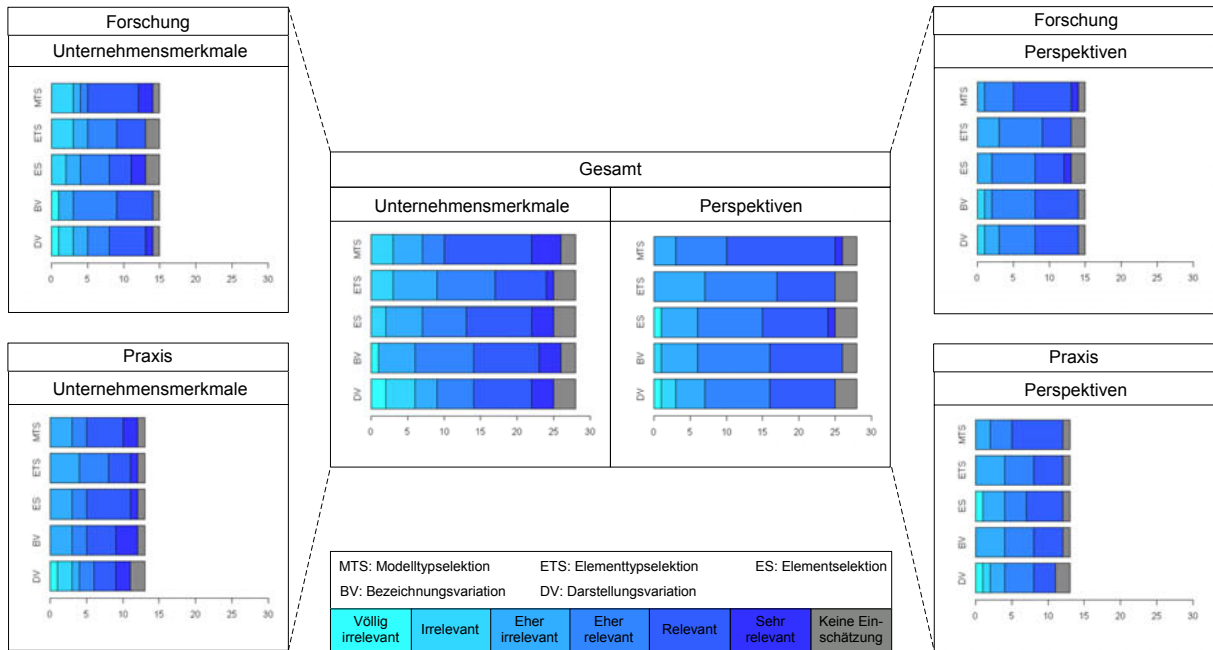


Abbildung 5: Relevanz der Variantenformen

Während die Teilnehmer den Stellenwert der Variantenbildungsformen bestätigen, schätzen sie gleichzeitig den Aufwand, der vor dem Hintergrund der derzeit zur Verfügung stehenden Modellierungswerkzeuge bei der Pflege von Modellvarianten betrieben werden muss, verhältnismäßig hoch ein. Auch hierbei sind die Einschätzungen von Forschung und Praxis nicht sehr unterschiedlich (vgl. Abbildung 6).

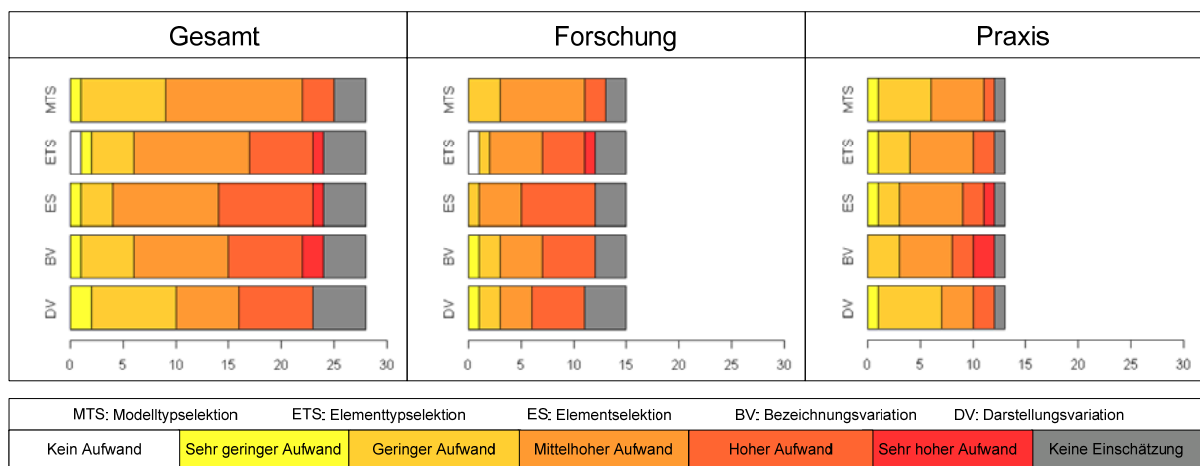


Abbildung 6: Einschätzung des Aufwandes zur Pflege unterschiedlicher Variantenformen

Hinsichtlich der verschiedenen Variationsformen von Modellen wurden die Teilnehmer auch nach ihrer Einschätzung gefragt, mit welchem Modellierungswerkzeug sich die Pflege entspre-

chender Modellvarianten zurzeit am besten realisieren lässt. Das Modellierungswerkzeug ARIS TOOLSET wurde dabei hinsichtlich aller Variantentypen am häufigsten genannt. Auffällig an dem Ergebnis ist allerdings auch, dass den Teilnehmern sehr häufig gar kein geeignetes Modellierungswerkzeug bekannt war (vgl. Abbildung 7).

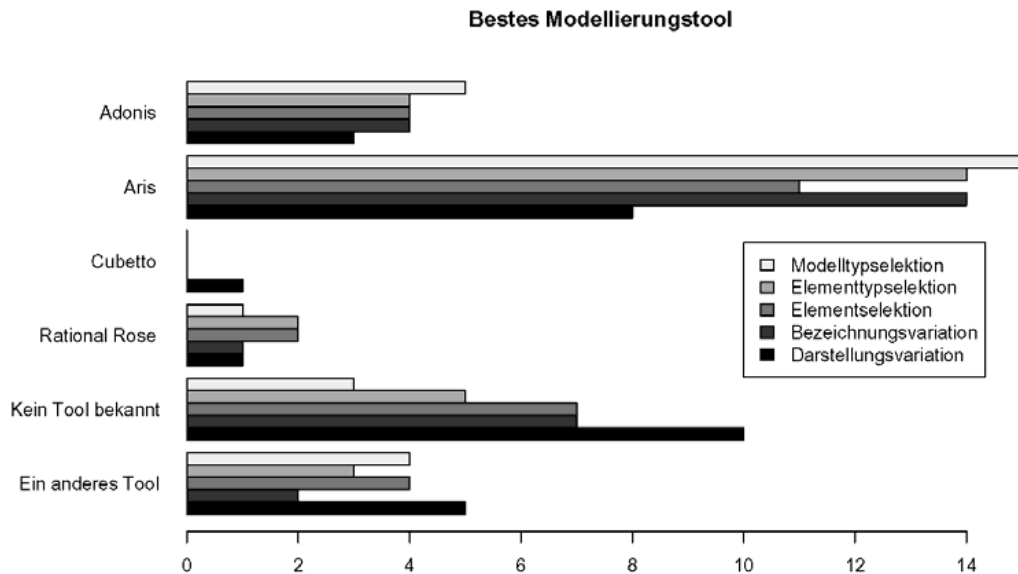


Abbildung 7: Von den Studienteilnehmern als beste Unterstützung der jeweiligen Modellvariantentypen genannte Modellierungswerkzeuge

## 6 Toolevaluation

### 6.1 Untersuchungsdesign

Ausgehend von den Ergebnissen der Befragung, in deren Rahmen sämtliche vorgeschlagene Konfigurationsmechanismen als relevant eingestuft wurden, sind unterschiedliche Modellierungstools (ARIS, CASEWISE, CONCEPTBASE, CUBETTO, GENGRAPH, METIS und SEMTALK) hinsichtlich ihrer Konfigurationsunterstützung untersucht worden. Neben der Unterstützung der vorgeschlagenen Konfigurationsmechanismen wurden Möglichkeiten und Komfort der Spezifikation und Abfrage von Konfigurationsparametern untersucht.

Es wurden insbesondere *Metamodellierungstools* betrachtet, da die in diesen Tools zur Verfügung gestellte Metamodellierungsumgebung eine viel versprechende Spezifikationsmöglichkeit für Konfigurationsmechanismen darstellt. Neben dieser Toolgruppe wurde das Produkt des Marktführers auf dem Gebiet der Modellierungstools, das ARIS TOOLSET, mit in die Untersuchung einbezogen, da dieses Tool laut Befragung als für die Konfigurationsunterstützung am besten geeignet empfunden wird. Generell sind nur solche Tools evaluiert worden, für die eine

kostenlose Testversion zur Verfügung stand bzw. die den Autoren durch bereits vorhandene Universitätslizenzen ohnehin zur Verfügung standen.

## 6.2 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Toolevaluation sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Unter den evaluierten Tools existiert keines, das die Modellkonfiguration laut Anforderungen aus der Praxis sowie der Befragung unterstützt.

Möglichkeiten der Spezifikation von Konfigurationsparametern	Aris	Casewise	ConceptBase	Cubetto	GenGraph	Metis	SemTalk
Spezifikation von Unternehmensmerkmalen	●	○	●	●	○	○	○
Spezifikation von Perspektiven (Modellierungszweck)	●	○	●	●	○	○	○
Spezifikation von Perspektiven (organisatorische Rollen)	●	○	●	●	○	○	○
Spezifikation von Perspektiven (persönliche Präferenzen und sonstige Einflüsse)	●	○	●	●	○	○	○
Definition ausgewählter Kombinationen von Merkmalsausprägungen zur Konfigurationsparameterspezifikation	●	○	●	●	○	○	○
Möglichkeiten der Abfrage gültiger Konfigurationsparameterausprägungen	Aris	Casewise	ConceptBase	Cubetto	GenGraph	Metis	SemTalk
Abfrage der Gültigkeit einer einzelnen Merkmalsausprägung (z. B. <i>Perspektive</i> = „ <i>Methodenexperte</i> “)	○	○	●	●	○	○	○
Abfrage der Gültigkeit mehrerer UND-verknüpfter Merkmalsausprägungen	○	○	●	●	○	○	○
Abfrage der Gültigkeit mehrerer beliebig logisch verknüpfter Merkmalsausprägungen	○	○	●	●	○	○	○
Übersichtsdarstellung über Merkmale und ihre Ausprägungen (z. B. in Form von morphologischen Kästen)	○	○	●	●	○	○	○
Spezifikation von Beziehungen zwischen verschiedenen Merkmalsausprägungen (z. B. gegenseitiger Ausschluss)	○	○	●	●	○	○	○
Unterstützte Konfigurationsmechanismen	Aris	Casewise	ConceptBase	Cubetto	GenGraph	Metis	SemTalk
Modelltypselektion	●	●	●	●	●	○	○
Elementtypselektion	●	○	●	●	●	○	●
Elementselektion	○	○	●	●	○	○	○
Bezeichnungsvariation	○	○	●	●	○	●	○
Darstellungsvariation der Symbole	●	●	●	●	○	●	○
Darstellungsvariation der Modelltopologie	●	○	●	●	○	●	○
<b>Legende:</b>							
● Unterstützung vorhanden							
● Unterstützung durch Erstellung eigener Makros in der Skriptsprache des Tools (teilweise) möglich							
○ Unterstützung nicht möglich							

Tabelle 1: Ergebnisse der Toolevaluation

Im Einzelnen weisen die untersuchten Tools hinsichtlich ihrer Konfigurationsunterstützung folgende Besonderheiten auf:

- *ARIS*: Das ARIS TOOLSET ist grundsätzlich nicht auf die Modifikation von Eigenschaften der bereitgestellten Modellierungstechniken ausgelegt, so auch nicht für die Erweiterung um Konfigurationsmechanismen. Eine Metamodellierungsumgebung zur Unterstützung einer solchen Modifikation ist in ARIS nicht vorgesehen. Die in ARIS mitgelieferte Skriptsprache erlaubt rudimentäre Modifikationen von geöffneten Modellen, so auch die grafische Aufbereitung durch unterschiedliche Zuweisung von Symbolen zu Modellelementen sowie die Zuweisung von beliebig komplexen Konfigurationsparametern. Sie ist jedoch zur Abfrage von Konfigurationsparametern mit dem Ziel der Konfiguration nicht geeignet. Basiskonfigurationen werden in ARIS über den so genannten Methodenfilter zugelassen, der benutzerspezifisch die Bereitstellung von Modell- und Elementtypen verwaltet. Topologievariationen werden in ARIS durch unterschiedliche Modelltypen zugelassen, die durch Transformation ineinander überführt werden können.
- *casewise*: Dieses Metamodellierungstool erlaubt die Spezifikation von Konfigurationsattributen und deren Ausprägung, jedoch reicht die Skriptsprachenfunktionalität zur Automatisierung dieser Aufgaben nicht aus. Gleiches gilt für die Abfrage von Konfigurationsparametern sowie die Spezifikation von Konfigurationsmechanismen. Modelltypselektionen werden ähnlich wie in ARIS durch einen Filter zugelassen. Die Modifikation von Symbolrepräsentationen ist möglich, jedoch nicht im Rahmen eines automatisierten Konfigurationsmechanismus.
- *ConceptBase*: CONCEPTBASE ist ein sehr generisch gehaltenes Metamodellierungstool, das Spezifikationen von Modellierungssprachen mithilfe einer mitgelieferten Programmierumgebung vorsieht. Aufgrund der Ausdrucksstärke der eingesetzten Sprache lässt sich in CONCEPTBASE nahezu jede Modellmodifikation vorsehen. D. h., dass sämtliche Kriterien der Konfigurationsunterstützung grundsätzlich von CONCEPTBASE erfüllt werden können, sofern die Mechanismen zur Spezifikation und Abfrage von Konfigurationsparametern sowie die Konfigurationsmechanismen programmiert werden. Bei der Evaluation ist aufgefallen, dass die geringe Benutzerfreundlichkeit von CONCEPTBASE einen praktischen Einsatz erheblich erschwert.
- *Cubetto*: Ein ähnliches Evaluationsergebnis wie CONCEPTBASE liefert die Untersuchung von CUBETTO. Ebenso wie CONCEPTBASE ist CUBETTO nicht auf die Konfi-

guration von Modellen ausgerichtet. Jedoch ist Erfüllung nahezu sämtlicher Konfigurationsanforderungen durch Eigenprogrammierung möglich, da eine entsprechend mächtige Skriptsprache mitgeliefert wird. Im Vergleich zu CONCEPTBASE bietet CUBETTO eine in geringem Maße erhöhte Nutzerfreundlichkeit.

- *GenGraph*: Das noch relativ junge Metamodellierungstool GENGRAPH befindet sich im prototypischen Entwicklungsstadium und ist aus diesem Grund lediglich mit rudimentären Funktionalitäten ausgestattet – so z. B. mit einer Modelltyp- und Elementtypselektion, die ähnlich wie im ARIS TOOLSET gehandhabt wird.
- *Metis*: In METIS ist durch die Verwendung von Skripten die Realisierung der Darstellungsvariation der Symbole sowie rudimentär die der Topologie möglich. Darüber hinaus lassen sich ebenfalls per Skript Bezeichnungsaustauschtabellen definieren, die eine Bezeichnungsvariation erlauben. Weitere Modellmodifikationen sowie Möglichkeiten zur Spezifikation und Abfrage von Konfigurationsparametern sind in METIS nicht bzw. nur mit erheblichem Aufwand zu realisieren.
- *SemTalk*: SEMTALK ist ein Modellierungsaufsatz für MICROSOFT VISIO. Dieser ist grundsätzlich nicht auf die Konfiguration von Modellen ausgerichtet. Laut Dokumentation ist in SEMTALK die Spezifikation von Makros auf Visual-Basic-Basis möglich. Die nutzbaren Funktionalitäten sind jedoch nicht dokumentiert, so dass nicht beurteilt werden kann, ob sich diese Skriptsprache zur Erstellung von Konfigurationsfunktionalität eignet.

## 7 Fazit und Ausblick

Anforderungen von Praxisvertretern sowie die Ergebnisse der empirischen Studie zeigen, dass Bedarf zur toolunterstützten Verwaltung von Informationsmodellen besteht, da die nutzergruppenspezifische Anpassung von Informationsmodellen in nahezu jedem Modellierungsprojekt notwendig ist. Diese empirische Arbeit ergänzt hiermit bisherige Beiträge, die eine theoretische Begründung der Konfigurationsnotwendigkeit liefern (vgl. zu solchen Beiträgen Abschnitt 3).

Die Konfigurationsunterstützung vorhandener Tools ist zum momentanen Zeitpunkt demgegenüber nur bedingt gegeben. Tools mit umfangreicher Skriptsprachenfunktionalität wie CONCEPTBASE oder CUBETTO stellen viel versprechende Plattformen dar, die für den Zweck der

Konfiguration erweitert werden können. Hierbei ist allerdings die Frage zu stellen, ob sich solche Tools, die sich gegen etablierte, kommerzielle Tools wie bspw. ARIS behaupten müssen, durchsetzen können. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich der Bekanntheits- und damit Verbreitungsgrad solcher Tools in Grenzen hält, was diese Vermutung untermauert. Grundsätzlich viel versprechend erscheint ebenfalls der Ansatz, ein Modellierungstool auf Basis eines weit verbreiteten Zeichenprogramms zu entwickeln, wie er von SEMTALK verfolgt wird. Hier fehlt allerdings die Möglichkeit der Spezifikation von Konfigurationsfunktionalität.

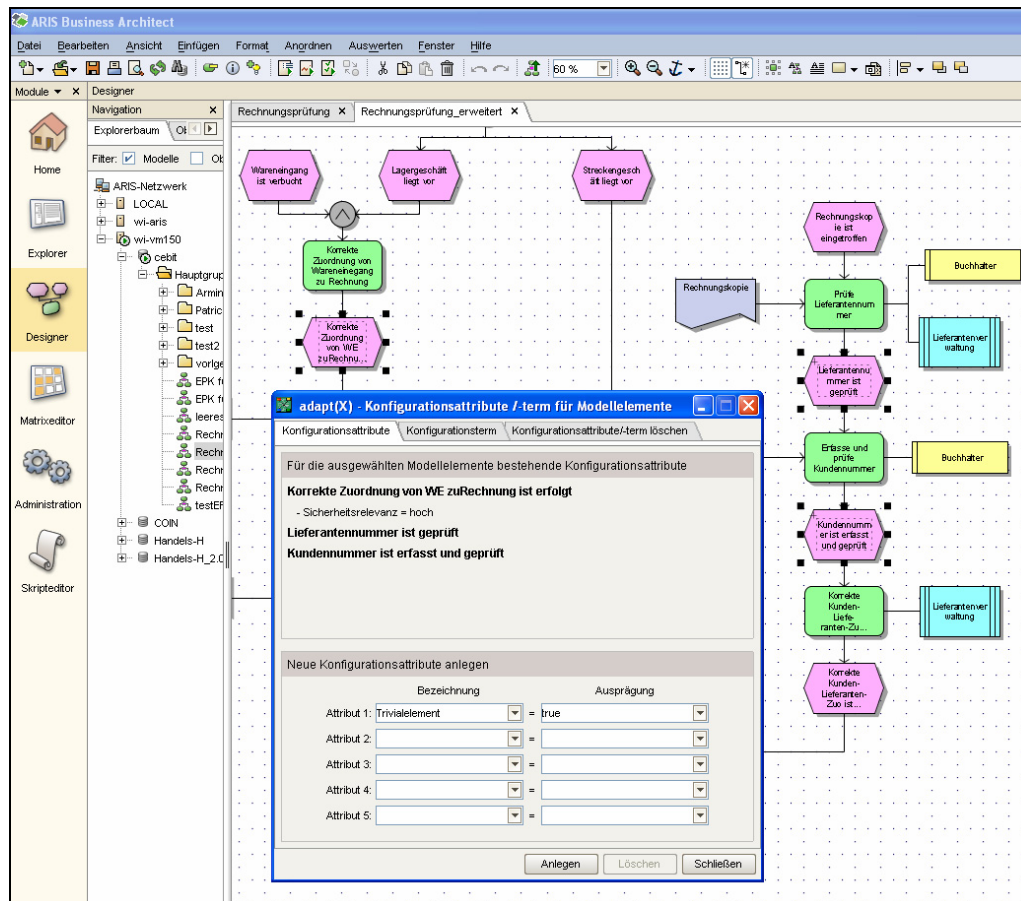


Abbildung 8: ADAPT(X)-unterstützte Zuweisung von Konfigurationsattributen zu Modellelementen in ARIS

Ausgehend von diesen Überlegungen werden auf der Basis des Fachkonzepts zur Konfiguration von Informationsmodellen zwei Modellierungstoolaufsätze für die am weitesten verbreiteten Tools entwickelt. Zum einen wird ein Konfigurationsaufsatz ADAPT(X) für das Modellierungstool ARIS entwickelt (vgl. Abbildung 8), der in der zum momentanen Zeitpunkt vorhandenen Betaversion die vorgestellten Konfigurationsmechanismen unterstützt (vgl. zu einer ausführlichen Beschreibung dieses Tools sowie eines weiteren konfigurativen Tools H2C zur Verwaltung von hierarchischen Modellen, die insbesondere in der OLAP-Berichtsspezifikation Verwendung finden [DJKR06]).



Der zweite entwickelte Modellierungstoolaufsatz trägt dem Umstand Rechnung, dass zahlreiche Unternehmen das Tool VISIO bereits einsetzen und nach Erfahrung der Autoren die hohen Anschaffungskosten von ARIS scheuen. Das Modellierungstool INDAPTA wird deshalb momentan als Aufsatz für VISIO entwickelt und wird neben einer Metamodellierungsumgebung die vorgestellten Konfigurationsmechanismen umsetzen.

## Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts „Komplexitätsmanagement für die Entwicklung und Anwendung adaptiver Referenzmodelle (KompadRe)“ (Geschäftszeichen: BE 1422/9-1), in dessen Rahmen dieser Beitrag entstanden ist, gilt unser Dank der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Weiterhin danken wir Herrn Tobias Kley für die engagierte Unterstützung bei der Durchführung der Online-Befragung und ihrer Auswertung recht herzlich.

## Literaturverzeichnis

- [AlSk00] Alvesson, M.; Sköldbberg, K.: Reflexive Methodology: New Vistas for Qualitative Research. London 2000.
- [BADN03] Becker, J.; Algermissen, L.; Delfmann, P.; Niehaves, B.: Konstruktion konfigurierbarer Referenzmodelle für die öffentliche Verwaltung. In: Dittrich, K.; König, W.; Oberweis, A.; Rannenber, K.; Wahlster, W. (Hrsg.): Informatik 2003. Innovative Informatikanwendungen. Frankfurt. 2003, S. 238-242.
- [BDKK02] Becker, J.; Delfmann, P.; Knackstedt, K.; Kuropka, K.: Konfigurative Referenzmodellierung. In: Becker, J.; Knackstedt, R. (Hrsg.): Wissensmanagement mit Referenzmodellen. Konzepte für die Anwendungssystem- und Organisationsgestaltung. Heidelberg 2002, S. 25-144.
- [BeKR05] Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. 5. Auflage, Berlin et al. 2005.

- [BJDF06] Becker, J.; Janiesch, C.; Delfmann, P.; Fuhr, W.: Perspectives on Process Documentation – A Case Study. In: Chen, C.-S.; Filipe, J.; Cordeiro, J. (Hrsg.): Enterprise Information Systems VII. 2006.
- [BuMo79] Burrell, G.; Morgan, G.: Sociological Paradigms and Organisational Analysis: Elements of the Sociology of Corporate Life. Brookfield 1979.
- [Delf06] Delfmann, P.: Adaptive Referenzmodellierung. Methodische Konzepte zur Konstruktion und Anwendung wiederverwendungsorientierter Informationsmodelle. Berlin 2006.
- [DJKR06] Delfmann, P.; Janiesch, C.; Knackstedt, R.; Rieke, T.; Seidel, S.: Towards Tool Support for Configurative Reference Modeling – Experiences from a Meta Modeling Teaching Case. In: Brockmans, S.; Jung, J.; Sure, Y. (Hrsg.): Meta-Modelling and Ontologies. Bonn 2006.
- [KeNS92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage „Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)“. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Heft 89. Saarbrücken 1992.
- [KIMy99] Klein, H. K.; Myers, M. D.: A Set of Principles for Conducting and Evaluating Interpretive Field Studies in Information Systems. MISQ 23 (1999) 1, S. 67-93.
- [Knac06] Knackstedt, R.: Fachkonzeptionelle Referenzmodellierung einer Managementunterstützung mit quantitativen und qualitativen Daten. Methodische Konzepte zur Konstruktion und Anwendung. Berlin 2006.
- [RoAa07] Rosemann, M.; van der Aalst, W. M. P.: A Configurable Reference Modelling Language. Information Systems 23 (2007) 1, S. 1-23.
- [SoGD03] Soffer, P.; Golany, B.; Dori, D.: ERP modeling: a comprehensive approach. Information Systems 28 (2003) 9, S. 673-690.
- [Wimm95] Wimmer, R.: Methode, hermeneutische. In: Mittelstraß, J. (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie 2. Stuttgart 1999, S. 883-884.

# A Pattern based Approach for constructing Enterprise Architecture Management Information Models

Sabine Buckl, Alexander M. Ernst, Josef Lankes, Kathrin Schneider, Christian M. Schweda

Software Engineering betrieblicher Informationssysteme  
Institut für Informatik  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 3, 85748 Garching  
{buckls, ernst, lankes, schweda}@in.tum.de  
{kathrin.schneider}@bmw.de

## Abstract:

This paper sketches an approach to designing organization-specific information models for Enterprise Architecture (EA) Management based on patterns. Thus we intend to support the construction of *EA Management* information models in research and practice, a field we view in need of approaches to manage the complexity of such models.

Contributing to this complexity are the wide spread domains (e.g. processes, technical architecture, strategic issues) that are involved in *EA Management*. Moreover, this complexity burdens in practice both using existing information models and creating a new information model.

This necessitates approaches to manage this complexity. Our contribution in this respect lies in the introduction of patterns into the field of *EA Management* information models. Thereby, other approaches, as e.g. structuring the information models into layers, are complemented by the possibility to reuse pre-existing solutions to address *EA Management* issues.

## 1 Motivation

The following article identifies problems in approaches currently pursued in designing information models supporting *EA Management* and presents a solution based on composing such information models from patterns. Subsequently, we rely on the following definition of *EA Management*, which is in accordance to [ELSW06]:

”*EA Management* is a continuous and iterative process controlling and improving the existing and planned information technology (IT) support for an organization. The process not only considers the IT of the enterprise, but also business processes, business goals, strategies, etc.

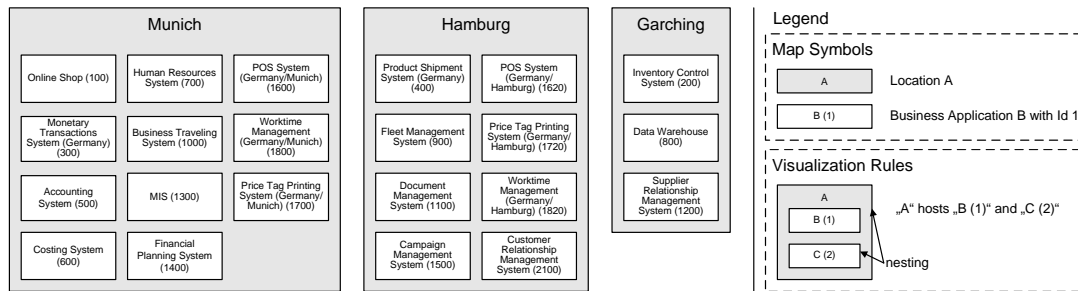


Figure 1: Exemplary software map showing which business application is hosted at which location

are considered in order to build a holistic and integrated view on the enterprise.

The goal is a common vision regarding the status quo of business and IT as well as of opportunities and problems arising from these fields, used as a basis for a continually aligned steering of IT and business.”

In order to effectively manage the EA, which includes planning and designing the EA, a systematic documentation of the elements contained therein is often regarded as an important prerequisite. Such documentations are the focus of our research project software cartography (see e.g. [LaMW05a]), in which we develop, in co-operation with our project partners (among others BMW, HVB Systems, T-Com), methods and models for documenting, planning, and designing application landscapes<sup>1</sup>, which make up an essential part of an EA. During our research, we discovered a large number of different visualizations for application landscapes, which we call software maps. In practice, besides different kinds of software maps, as described in [LaMW05a], also other visualizations, e.g. portfolio matrices used in the context of project portfolio management, or textual descriptions, as e.g. tabular reports, can be used to support *EA Management*. The exemplary software map in Figure 1 shows via nesting rectangles, which business application is hosted at which location. Thus, it shows information conforming to the information model fragment shown in Figure 2.

Hereby, we define an *EA Management* information model as a model which specifies, which information about the enterprise architecture, its elements and their relationships should be documented, and how the respective information should be structured. This is usually achieved via a model expressed in a language suitable for conceptual modeling, as e.g. UML, enriched with descriptions detailing the exact meaning of the concepts.

Considering the different aspects of *EA Management* in an information model in practice leads to information models, that are according to [Sebis05] likely to contain easily over 100 different classes. Due to the complexity and amount of relevant information, the employment of tools for documenting the EA is according to e.g. [Fran02] required. A central part of such tools is the

<sup>1</sup>In our research project we define application landscape as ”the entirety of all business applications and their relationships in an organization”.

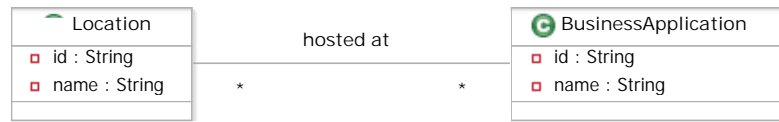


Figure 2: Information model corresponding to the software map shown in Figure 1

information model. The information models provided by tools for supporting *EA Management* were examined as part of the *EA Management* Tool Survey [Sebis05] conducted in the research project software cartography, helping us to identify several problems typically connected to creating and using information models.

Based on our experiences from the *EA Management* Tool Survey and insights gained from existing information models used by our project partners, we propose, as mentioned above, a concept based on information model fragments called *patterns*, which are developed particularly for specific concerns and recurring problems. These patterns can then be used as building blocks to compose an organization-specific information model.

The remaining article is structured as follows: Section 2 gives an overview of literature and approaches in practice concerning *EA Management*. Section 3 outlines problems of common information models and the approaches pursued in their creation. Our pattern based approach for information modeling is described in section 4 and illustrated by an example in section 5. The last section 6 summarizes the paper and provides a short outlook on planned research activities, which further pursue our pattern based approach.

## 2 Related Work

According to [LaWe04], who conducted an extensive literature review about *EA Management*, first publications in this field go back to [Zach87], but only recently the number of articles published about the subject has increased, indicating that the topic is entering mainstream interest. Thus, different organizations have created frameworks providing guidance for *EA Management*, as for example *The Open Group* (TOGAF [TOG05]), *Meta Group* (Enterprise Architecture Desk Reference [META02]), or the *US Department of Defense* (DoDAF [DoD04]). While those frameworks provide high-level guidance and some of them add a process model for *EA Management*, they do not detail how specific tasks should be carried out and do not provide detailed information models suitable for supporting these tasks.

Such details are of course implemented in *EA Management* tools, which may support one or more of the frameworks mentioned above. Vendors taking their *EA Management* approaches to standardization, as e.g. *Adaptive, Ltd.*, which is a major contributor to OMG's *IT Portfolio*

*Management Facility* (ITPMF) [OMG06], add to published approaches created by academia. The *ArchiMate Project*, for example, proposes a notation and viewpoints for *EA Management* in [Lank05]. [BrWi05] offers an EA metamodel with over 50 classes, managing the arising complexity by structuring the model in layers. The metamodel for *EA Management* supplied by [Fran02], which supports *planning, designing, and maintaining corporate information systems*, is structured via a language architecture integrating partial models for special purposes as e.g. *strategic modeling* or *modeling organizational structures*. While these languages might be seen as similar to patterns in the sense of our approach, [Fran02] is more focused on providing an integrated metamodel by putting together these languages. Subsequently, we complement such approaches by describing a way for documenting information model patterns, which can then be integrated to a comprehensive, organization-specific information model.

### 3 Problems of *EA Management* Information Models and their Approaches

As described above, we are trying to complement existing approaches for structuring the complexity of *EA Management* information models by utilizing patterns, as the benefit of existing models seems to be reduced by the following tendencies:

- Research projects seem to prefer developing new models instead of improving existing ones. The same is true for visualization techniques for *EA Management* specific information and methodologies prescribing procedures for working with this information and its visualizations. There are hardly any well-known results in the field that are further developed and verified by research or other practitioners, at least not by a larger community. Each project seems to start developing its own approach.

This tendency does not universally exist in other areas. In software engineering for example, there are publications that build on UML as a visualization of software structures and try to improve the readability of such diagrams, e.g. by finding advantageous layout criteria [PMCC01]. Contrary, the state of the art regarding enterprise modeling is described as *hardly coherent* by [Fran02].

- Projects in practice executing *EA Management* activities seem to neglect *EA Management* information models made available by research, unless a joint project with academia is executed or an information model is incorporated in the *EA Management* tool used. While such tools contain information models, visualizations, and methodologies, practitioners seem to experience problems therewith, as e.g. shown by the fact, that a major share of the project partners we have talked to in our research project *software cartography* uses *Microsoft Visio* or *Microsoft PowerPoint*.

based visualizations [LaMW05a] developed and used after self-defined guidelines<sup>2</sup> in their *EA Management* activities. Another practitioner states his experiences with *EA Management* information models and tools as follows [Riih05]:

”[...] we have tried out several tools in this area, without much success. [...] Their metamodels are rather complex, but not integrated within themselves.”

These tendencies describe a situation in which *reinventing the wheel* seems to be a common practice in the creation of *EA Management* information models, both in practice and in academia. This is surprising, as we experienced, detailed in [Sebis05], that some questions, e.g. ”which business application system supports which process at which organizational unit” are common to *EA Management* and should therefore also be covered by information models supporting *EA Management*. Additionally, the tendencies hamper the development of best practices, standards, and significant research results regarding *EA Management* information models, leaving the state of art in this field unable to satisfy the *need to use proven models*, which is e.g. indicated by [Bern03].

Sections 3.1 to 3.3 discuss issues in common *EA Management* information models and approaches guiding their creation, which possibly contribute to the above tendencies.

### 3.1 Model Size: Giant vs. Midget Models

According to [ELSW06] *EA Management* information models seem to be in danger of falling into one of two traps. On the one hand, small information models with brief documentation hardly deliver benefit to an *EA Management* project. On the other hand, all-embracing information models that cover almost all kinds of information that can be relevant to *EA Management* are also not without their problems. Table 1 gives an overview of the number of classes in the shipped metamodels of the tools covered by [Sebis05].

Number of classes	Number of tools
not known	2
up to 50	2
50 – 350	3
350 or more	2

Table 1: Overview of the information model sizes encountered in [Sebis05]

In most organizations, not all features of an all-embracing information model might be of relevance, due to the focus of a given *EA Management* project on specific issues or the sheer fact that an organization is too small to profit from explicitly managing certain facets of its EA. In

<sup>2</sup>In these cases, the information model can be seen as not being made explicit, giving the visualizations a drawing-like quality, as e.g. described in [ELSW06].

such cases, the disadvantages connected to the size of the information model are likely to outweigh its benefit. Such disadvantages center around understanding and using the model, as well as making organization-specific modifications to it. [Bern03], for example, states this complexity issue of *EA Management* information models. These disadvantages prevail, even if some parts of the information model can be hidden by the *EA Management* tool used (cf. [Sebis05]), as someone has to understand a big model at first in order to determine what has to be hidden and what has to be modified to fit the needs of the organization under consideration.

Additionally, giant and midget models seem to be no popular objects of research, contributing to the tendency of *EA Management*-specific research to build new information models instead of improving existing ones. While midget models often barely contain enough substance, which can be targeted by research and be used as a basis for proposing research questions or hypotheses, the situation also easily gets troublesome with the giant models. Subjecting certain aspects of an *EA Management* information model to research can be difficult in the complex web of an all-embracing information model.

### **3.2 Giving explicit Account for Model Utility: Stockpiling useless Information**

Regarding architectural descriptions, conventions as e.g. the IEEE Std. 1471-2000 (Recommended practice for the architectural description of software intensive system) [IEEE00] state that the creation of architectural views has to be justified by the existence of stakeholders, whose concerns can be addressed by the respective views. This paradigm makes even more sense in the context of EAs, as the collection of the respective information, which often has to be organized in a decentralized fashion, is more difficult in this field than in the documentation of single application systems [LaMW05b]. Introducing certain data structures into an *EA Management* information model, thus creating the demand to collect the respective information, should therefore be justifiable by adequate concerns being addressed using this information.

Thus, failing to provide the information due to which concerns certain data structures are used in an information model, which is not an unrealistic danger in practice according to [Sebis05], leaves difficulties to decide which concepts are really relevant for addressing specific problems in a specific organization. This could contribute to the tendency that the respective information model is only hesitantly used in practice, especially, when this intransparency occurs in giant-like information models.

Failing to provide the concerns also constitutes an obstacle to research regarding *EA Management* information models. When evaluating the suitability of a certain model in order to use this as a basis for reasonable proposals for improvement, it seems beneficial to know what exact problems are to be addressed by this model.



### 3.3 Missing Methodologies

Even if it is known or somehow guessed from insufficiently explicated concerns, which data structures are intended to be taken into consideration when addressing a specific concern, it may not be clear how these structures should be used. While many information models seem to intend the information to serve for the creation of visualizations or reports that are meant to make the EA more transparent, also other use cases are possible, as e.g. metrics calculation or automated checking for violation of certain constraints.

The practical usage of an information model is made more difficult, if the methodologies for addressing concerns based on this information are left out. [Bern03] reinforces the importance and benefit of knowing the usage context of *EA Management* models. In case they are missing, methodologies have to be added by the users in the project introducing the information model, leading to additional effort. Also, descriptions of the intended data usage could often help to clarify what is meant by the abstract concepts<sup>3</sup> forming the classes and relationships in an *EA Management* information model.

The advantage explicit methodologies could give to research regarding EA information models directly connects to the point made in section 3.2, as the evaluation whether an information model is useful for addressing certain concerns also has to take into consideration, how these concerns are meant to be addressed using the respective information model. Hereby, it becomes clear that an *EA Management* information model should not be seen in isolation. It is only complete together with *viewpoint definitions*, offering a problem-adequate way of visualizing data from the information model, and *methodologies*, which describe procedures how information model and viewpoint can be used to address specific concerns.

Especially the importance of methodologies can be substantiated via the methodology definition according to [KrSH93], which states that

”Within an engineering discipline, a method describes a way to conduct a process. In the context of systems engineering, a method is defined as consisting of:

- An underlying model (which refers to the classes of objects represented, manipulated and analysed by the method)
- A language (referring the concrete means of describing the products of the method)
- Defined steps and ordering of these steps (which refers to activities performed by the user of the method)
- Guidance for applying the method”

---

<sup>3</sup>The frequently and incoherently used term ”service” can serve as an example here. While there is hardly a common definition of this term, mutual understanding about it can increase significantly, if it is explicitly stated what is about to be done with services. Knowing that e.g. application development is the subject can add to the understanding regarding the term.

Of course the tendencies discussed above may be impacted by the fact that *EA Management* is a relatively young discipline, with mature standards and best practices therefore yet to come. But we view that the issues outlined in sections 3.1 to 3.3 might well obstruct the development of exactly these standards and best practices.

## 4 Pattern based Approach

Addressing the issues encountered in *EA Management* information models, which we regard to partially be arising from the approaches taken during information modeling, we propose an approach based on *patterns*. This concept is already used in various domains, as e.g. in architecture or in software design [GHJV94], where a pattern is defined as follows:

”A (design) pattern names, abstracts, and identifies the key aspects of a common design structure that make it useful for creating a [...] design. The design pattern identifies the participating classes and instances, their roles and collaborations and the distribution of responsibilities. Each design pattern focuses on a particular [...] design problem or issue. It describes, when it applies [...], and the consequences and trade-offs of its use.”

Defined like this, a pattern describes a basic idea, that has turned out to be useful for addressing specific concerns in a practical context and in a generalized way. Due to this generalization, a pattern can be adapted and reused in related contexts. Besides this, patterns are defined implementation-independent, constituting a blueprint for a solution actually to be implemented. We regard *EA Management* patterns as building blocks for the concept of an organization-specific support for *EA Management*, consisting of a conceptual information model, viewpoints and methodologies for using the respective information. Thereby, the *EA Management* patterns themselves are organization independent, based on best practices developed by academia and practice and hence are possibly of benefit to a wide range of users, offering the possibility to further improve existing patterns in an environment without organization-specific restrictions. *EA Management* patterns can furthermore be combined to one or more catalogues, which can be maintained by a community in order to control and foster the further development, like e.g. improvements of existing or the introduction of new patterns. This community can additionally make sure that the advantages of this approach can better be communicated than in the case of solutions created by single organizations or research groups.

Figure 3 sketches the ideal type of project<sup>4</sup> concerned with *EA Management* support utilizing *EA Management* patterns. Such a project uses one or more catalogues of *EA Management* patterns, supplied by *pattern designers*, as a basis. From these catalogues, the *developers* for *EA Management* support choose patterns, that are perceived as adequate for addressing specific concerns

---

<sup>4</sup>Figure 3 sketches a waterfall-like approach, but of course also iterative approaches can be taken.

of the respective organization, preferably under participation of the prospective *users*. After integrating these *EA Management* patterns, thereby creating a coherent organization-specific conceptual model, the respective concepts can be implemented, e.g. in an *EA Management* tool or a suite of tools, that fit the requirements of the organization under consideration.

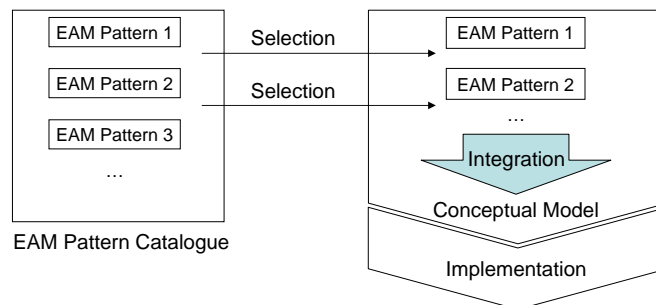


Figure 3: Implementing an *EA Management* approach based on *EA Management* patterns

Thus, the pattern based approach tries to avoid the pitfalls described in sections 3.1 to 3.3, as the *EA Management* patterns form small, reusable units preferably based on established practices that are used, when suitable for addressing specific concerns.

#### 4.1 Basic Structure: A three-tiered Approach

In order to not solely describe the information under consideration in a specific pattern, but also to make the methodologies for using the respective data explicit and therefore avoiding pitfalls as described in section 3.3, we view it important to have descriptions with the information model patterns that delineate, how the data stored should be presented and used to address specific concerns, similar to the concepts of *language* and *steps for applying the method* in the methodology definition according to [KrSH93] in section 3.

Hence, we decided to build an approach on three different kinds of *EA Management* patterns:

**Methodologies** *defining steps* to be taken in order to address given concerns. Furthermore, as a guidance for applying the method, statements about its intended usage context are provided, which include the concerns to which the methodology can be applied. These concerns are addressed by procedures defined by the methodology, which can be very different, ranging from e.g. visualizations and group discussions to more formal techniques as e.g. metrics calculation.

**Viewpoints** providing the *languages* used by methodologies. A viewpoint proposes a way to present data stored according to one or more information model patterns.

**Information model patterns** supplying *underlying models* for the data visualized in one or

more viewpoints. An information model pattern conveys an information model fragment including the definitions and descriptions of the used information objects.

The three kinds of *EA Management* patterns are closely tied to each other, via relationships as shown in Figure 4. Templates, which serve to provide exemplary outlines for documenting and describing the patterns in an in-depth and structured way, can guide the compilation of actual patterns. An detailed description of the template regarding information model patterns can be found in the next section, while this article, focusing on information models, does not further elaborate on methodologies and viewpoints. Each *EA Management* pattern has to be adapted to the organization-specific context and combined with other *EA Management* patterns in order to make contributions to a specific concept for *EA Management* support.



Figure 4: Methodology, viewpoint, and information model pattern

## 4.2 Documentation and Usage of Information Model Patterns

According to the three-tiered structure of our *EA Management* pattern approach, described in the previous section, the *information model pattern*, its structure, and its usage is detailed below. An exemplary outline for documenting information model patterns can be seen in the template in Table 2. It is organized in three main parts, an *overview section*, a *solution section*, and a *consequence section*, similar to the basic elements of a pattern description stated by [GHJV94].

Overview section	
Id	An unique alphanumerical identifier
Name	A short and expressive name for the pattern
Alias	Names this pattern is also known as (optional)
Summary	A short summary of the pattern of about 100 words
Solution Section	
Information Model	An <i>information model fragment</i> in a certain language (see section 4.2.1), together with additional documentation
Consequence Section	
Appliance	Guidance on how to use the information model pattern
Consequence	Consequences resulting from the usage of the pattern

Table 2: Template structure of the Information Model Pattern

#### 4.2.1 *Languages for Information Model Fragments*

Documenting an information model fragment always relies on a certain language, in which the elements of the fragment are expressed. Basically a lot of different languages suitable for that kind of conceptual modeling are known. The following list is intended to show some of the more prominent examples, outlining both advantages and disadvantages of the languages:

**Textual Description in Natural Language:** The model elements and their relationships are described in natural language. This seems to be a good choice as it produces easily understandable and adaptable descriptions. The main disadvantage is that this kind of documentation easily leads to mistakable constructs, insufficient for exactly defining information model fragments.

**Meta Object Facility (MOF) and Unified Modeling Language (UML) Class diagrams:** The model elements and their relationships are described via object-oriented concepts, captured e.g. in the UML or MOF 2.0 metamodel. This description can rely on UML class diagrams, which should be usable by most developers. A disadvantage of these languages is that they lack a formal basis and hence possibly limit the domain in which these kind of information model fragments can be used.

**Ontology Languages:** The model elements and their relationships are described in terms of an ontology language. Such a language might provide more expressiveness than the approach of MOF or UML and is based on a formal foundation including the possibility to use automated reasoning in the model. Disadvantageous is, that ontology languages are not so widespread in the area of conceptual modeling.

**Mathematical Formalization:** The model elements and their relationships are described in mathematical or logical terms, providing a strong formal background. The main disadvantage is, that mathematical or logical models are usually difficult to use.

Of course, the possibility to combine two or more of the variants described above could unleash the advantages of the languages combined, possibly without having to consider the individual disadvantages. Nevertheless, one disadvantage seems inevitably related to such a combined approach, namely the effort for describing an information model fragment in both languages and keeping these descriptions consistent.

#### 4.2.2 *Language Choice and Documentation Guidelines*

With different possible languages for describing information model fragments and considering their individual advantages and disadvantages, some languages may be more or less adequate for a specific pattern. This is especially obvious, if the information model fragment under

consideration is only used for creating a visualization of the application landscape or a tabular report, where an object-oriented description should be sufficient. For other usecases, e.g. the calculation of metrics or the simulation of processes, the situation looks different, as this may only be possible in a reasonable way if the information model has a more formal basis.

Therefore, we propose using a language adequate to the problem addressed, strongly suggesting to use UML as the language of choice<sup>5</sup>, as this language is widely understood and has been found by us as problem-adequate in many situations. For example, this language is commonly used in the information models we found in our research project *software cartography*.

There is also a second reason for suggesting *one* language. Utilizing the pattern based approach for information modeling, a crucial point is the *integration* of information model patterns to form a complete information model. This integration can be regarded more simple, if the different patterns are specified using one language, which cuts the effort of translating the models between languages.

Nevertheless, there might be situations in which it seems advantageous to use a language different from the default one, as e.g. UML would lead to a documentation far too extensive or not expressive enough for the problem at hand and therefore would not be problem adequate. In such cases it can be advisable to support the information model fragment modeled in a problem adequate language with a corresponding information model fragment documented in the default language, as this simplifies the integration of the patterns.

As a last documentation guideline we would like to advise the *pattern designer* to complement each information model fragment with a textual description promoting understandability.

#### 4.2.3 Integrating Information Model Patterns

Aspects of integrating information model patterns during the creation of an organization-specific information model are not detailed in this article. Nevertheless, two integration approaches are subsequently sketched - relying on experience in conceptual modeling.

The steps for achieving an integration of information model patterns are similar to the ones applied in software engineering. If UML is used for documenting the information model pattern, a simple way to integrate two information model patterns is to identify one or more identical classes within both patterns. These classes can then be used as a point of integration. Another approach involves introducing a new relationship between two classes from different patterns. Potentially this could employ inheritance, e.g. the class *business application* from one pattern could inherit life cycle attributes from a class *LifecycledElement* introduced in another pattern.

---

<sup>5</sup>In the following called *default language*.

## 5 Example of the EA Management Pattern Approach

This section exemplifies the pattern-based approach by describing patterns to address concerns related to redundant applications in an application landscape. Thereby, the viewpoint and the methodology are sketched briefly, with the focus lying on the information model pattern, as this constitutes the core subject of the article. Due to readability reasons we introduce the viewpoint first and then complement it with its underlying information model pattern.

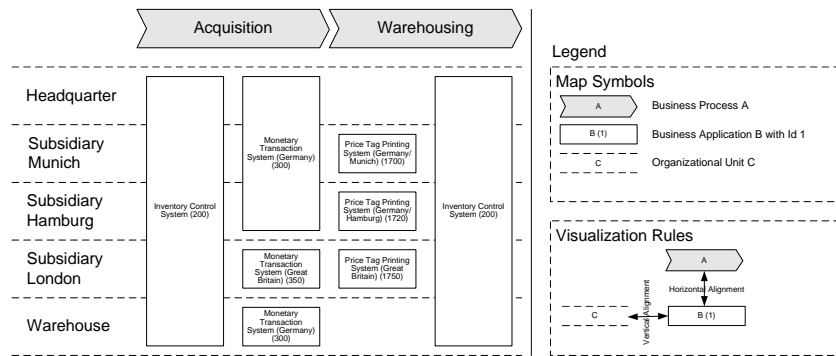


Figure 5: Exemplary process support map

### 5.1 Viewpoint: Process Support Map (Id V-PSM-1)

Figure 5 shows a *process support map*, a kind of software map we discovered as a visualization used for addressing concerns as mentioned above in practice [LaMW05a].

Basically, the process support map is a software map utilizing positioning of symbols to show, which business processes are supported by which business applications in which organizational units. Thereby, chevrons visualizing a process chain, seen as a sequence of processes, make up the x-axis. The y-axis is made up of labels representing organizational units. The rectangles in the main area of the map symbolize business applications, and their positioning expresses which process is supported by which business application in which organizational unit. Information model pattern *I-BPS-1* (section 5.2) supplies the concepts on which the process support map is built. Methodology *M-ARI-1* (section 5.3) works on visualizations conforming to this viewpoint.

### 5.2 Information Model Pattern: Business Process Support (I-BPS-1)

According to section 4.2, the information model pattern is described in three parts.

---

#### Overview section:

Id: I-BPS-1  
Name: Business Process Support

Alias: IT Building Plan  
 Summary: The pattern provides a structure suitable for organizing information about which business applications support which business processes in which organizational units.

### Solution section

As this pattern is mainly constructed to serve methodologies based on visualizations that have no strict background in formal methods, it is described in UML, backed up by textual definitions and explanations. The concepts of figure 6 are defined as follows:

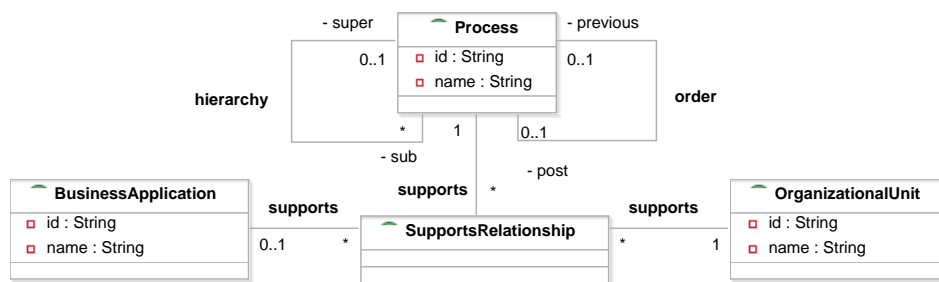


Figure 6: Information model fragment of the business process support pattern

**Process:** A process can, according to [Krcm05], be defined as a sequence of logical individual functions with connections between them. [DiFH03] states input and output factors and a defined process objective as important characteristics of a process. The process class here should not be identified with single process steps or individual functions, but with high-level processes at a level similar to the one used in value chains. The process class owns the following attributes<sup>6</sup>:

- id** unique alphanumeric identifier
- name** a descriptive name of the process

**OrganizationalUnit:** An organizational unit represents a subdivision of the organization according to its internal structure. E.g. the entities showing up in an organigram can be used as organizational units.

**Business Application:** A business application is a software system which is part of an information system of an organization. An information system is according to [Krcm05] understood as a sociotechnical system, which is, besides the software system, made up of the infrastructure the software system is based on, and a social component, namely the employees or stakeholders concerned with it. Thereby, infrastructure

<sup>6</sup>The corresponding attributes of the other classes are subsequently not further detailed.



and social component are not considered as belonging to the business application, while the characterization "business" restricts the term to applications that support at least one process of the respective organization.

**SupportsRelationship:** The class *SupportsRelationship* represents the support of a process by a business application at a specific organizational unit. Basically, it constitutes, together with its three associations, a ternary relationship between *BusinessProcess*, *OrganizationalUnit*, and *BusinessApplication*. This is necessary in order to be able to tell exactly which organizational unit uses which business application to support a given process. The class is utilized here instead of directly relying on the ternary relationship in UML in order to allow adaptations of the fragment like e.g. introducing attributes to the relationship. This might e.g. be useful if the relationship is time-dependent.

The associations of the information model fragment serve the following purposes:

**hierarchy:** A process can be part of a larger, encompassing process (super-process) and can include other processes (sub-processes).

**order:** A process, seen on the level as stated above, can be part of a value chain, which is an (at least partially) ordered sequence of processes. Thus, a process can have a predecessor process and a successor process, expressed by the order relationship.

**supports:** Instances of the class *SupportsRelationship* use links according to the three associations that are called *supports* to indicate that a business application supports a certain process at a specific organizational unit.

---

### **Consequence section:**

A possible *appliance* is viewpoint *V-PSM-1*, with its attached methodologies, which is able to visualize information structured according to this information model pattern<sup>7</sup>.

An important *consequence* of this pattern is the challenge of collecting the necessary data. Existing business applications and the execution of processes at different organizational units might be considered well-known in most organizations. Contrary, the support of an business application for a specific business process is more often only implicit knowledge of certain employees, which might considerably add to the burden of information gathering.

---

<sup>7</sup>Of course other visualizations are possible, but not detailed here.

### 5.3 Methodology: Business Application Redundancy Identification (Id M-ARI-1)

This methodology briefly describes a procedure to address the concern *business application redundancy identification*. Redundancy in this context means, that the same functionality supporting a process, may be realized by different business applications in different organizational units.

In order to contribute to addressing this concern, the user should employ the viewpoint *V-PSM-1* (see section 5.1) to identify processes, where the different organizational units use different application systems to support the same process. An example for this can be seen in Figure 5, where the process *Acquisition* is supported by two different business applications named *Monetary Transaction System (Germany)* and *Monetary Transaction System (Great Britain)* in the different organizational units.

The next step should be an analysis of these potential redundancies. First of all, they can turn out to be no redundancies at all, as it is possible e.g. in Figure 5, that *Monetary Transaction System (Germany)* supports other subprocesses of the process *Acquisition* than *Monetary Transaction System (Great Britain)*. A software map that does not show the processes on the level on which this is visible, but only a more aggregated view, cannot show this fact explicitly. Moreover, if there are redundancies, they might have been deliberately introduced, e.g. in order to achieve a higher flexibility. In such cases, it may be reasonable to retain the redundancy. In case that no such reasons can be found, the results from the analysis regarding redundancies can be used as input for activities defining visions or plans for the evolution of the application landscape. This can include definitions of project proposals that serve the elimination of the redundancies.

## 6 Resume and Outlook

In this article, we tried to address the challenges faced in the creation of an information model for *EA Management* and presented our approach to support the designing process with predefined information model patterns.

While *EA Management* frameworks like Zachmann [Zach87], TOGAF [TOG05], etc. offer guidelines for designing, planning, and implementing *EA Management*, they currently do not detail an *EA Management* information model. Enterprises at an initial state of *EA Management* have to implement these frameworks either using existing information models or creating their own information model beginning from scratch, which is a way not without pitfalls.

The approach presented in this paper tries to support enterprises introducing *EA Management* by providing a structured way for laying the basis for an organization-specific information model. Furthermore, the approach presented does not focus on the information itself, but on the concerns of stakeholders typically found in *EA Management*. These concerns are then addressed via

*EA Management* patterns. Having provided an initial example, how such a pattern could look like, we are currently describing more patterns, as we have encountered them in our project *software cartography* as part of the *state of the art*, e.g. at industry partners or in literature. Once having collected these patterns, we plan to conduct a series of interviews with people concerned with *EA Management* related tasks, in order to gain information about both relevance and usage context of the patterns identified. As a final step of this evaluation, we plan to consolidate these patterns in an *EA Management* pattern catalogue, which is intended to form a knowledge base for the construction of organization-specific information models supporting *EA Management*.

## References

- [Bern03] *Bernus, Peter*: Enterprise models for enterprise architecture and ISO 9000:2000. In: Annual Reviews in Control 27 (2003), pp. 211-220.
- [BrWi05] *Braun, Christian; Winter, Robert*: A Comprehensive Enterprise Architecture Metamodel and Its Implementation Using a Metamodeling Platform. EMISA 2005, pp. 64 - 79.
- [DiFH03] *Disterer, Georg; Fels, Friedrich; Hausotter, Andreas (Eds.)*: Taschenbuch der Wirtschaftsinformatik. Carl Hanser Verlag, München, Wien 2003.
- [DoD04] *Department of Defense*: DoD Architecture Framework Version 1.0, Volume I: Definitions and Guidelines. Department of Defense (DoD), USA 2004. [http://www.defenselink.mil/nii/doc/DoDAF\\_v1\\_Volume\\_I.pdf](http://www.defenselink.mil/nii/doc/DoDAF_v1_Volume_I.pdf).
- [ELSW06] *Ernst, Alexander; Lankes, Josef; Schweda, Christian; Wittenburg, André*: Tool Support for Enterprise Architecture Management - Strengths and Weaknesses. In: The Tenth IEEE International EDOC Conference, Hong Kong 2006, pp. 13-22.
- [Fran02] *Frank, Ulrich*: Multi-Perspective Enterprise Modeling (MEMO) - Conceptual Framework and Modeling Languages. In: Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences 35 (2002), pp. 1258-1267.
- [GHJV94] *Gamma, Erich; Helm, Richard; Johnson, Ralph; Vlissides, John*: Design Patterns - Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley Longman, Reading 1994.
- [IEEE00] *IEEE Computer Society*: IEEE Std 1471-2000: IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems. IEEE Computer Society 2000.

- [Krcm05] *Krcmar, Helmut*: Informationsmanagement. 4th edition, Springer, Berlin, Heidelberg 2005.
- [KrSH93] *Kronlöf, Klaus; Sheehan, Anne; Hallmann, Matthias*: The Concept of Method Integration. In: *Kronlöf, K. (Ed.): Method Integration*. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England, 1993, pp. 1 - 18.
- [LaWe04] *Langenberg, Kerstin; Wegmann, Alain*: Enterprise Architecture: What Aspects is Current Research Targeting? EPFL Technical Report IC/2004/77.
- [LaMW05a] *Lankes, Josef; Matthes, Florian, Wittenburg André*: Softwarekartographie: Systematische Darstellung von Anwendungslandschaften. In: *Wirtschaftsinformatik 2005*, Bamberg 2005, pp. 1443-1462.
- [LaMW05b] *Lankes, Josef; Matthes, Florian; Wittenburg, André*: Architekturbeschreibung von Anwendungslandschaften: Softwarekartographie und IEEE Std 1471-2000. In: *Software-Engineering 2005*, Essen 2005, pp. 43-54.
- [Lank05] *Lankhorst, Marc*: Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2005.
- [META02] *META Group*: Enterprise Architecture Desk Reference. META Group, Inc. 2002.
- [OMG06] *OMG*: IT Portfolio Management Facility (ITPMF) Available Specification, dtc/06-05-01. Object Management Group 2006.
- [PMCC01] *Purchase, Helen; McGill, Matthew; Colpoys, Linda; Carrington, David*: Graph drawing aesthetics and the comprehension of UML class diagrams: an empirical study. In: *Australian symposium on information visualisation - Vol. 9.*, Australian Computer Society, Inc., Sydney 2001, pp. 129 - 137.
- [Riih05] *Riihinen, Jaakko*: Enterprise Architecture Tool Survey TU Munich. Email correspondence between J. Riihinen (Director, Chief Enterprise Architect, Nokia) and R. Schlossar (BOC Information Systems), 2005-03-21.
- [Sebis05] *sebis*: Enterprise Architecture Management Tool Survey 2005. Technische Universität München, Chair for Informatics 19 (sebis), Munich 2005.
- [TOG05] *The Open Group*: TOGAF 'Enterprise Edition' Version 8.1. The Open Group 2005.
- [Zach87] *Zachman, John*: A framework for information systems architecture. In: *IBM Systems Journal* 26 (1987) 3, pp. 276-292.

# **Ein hierarchischer, architekturbasierter Ansatz zur Unterstützung des IT/Business Alignment**

Ronny Fischer, Robert Winter  
Institut für Wirtschaftsinformatik  
Universität St. Gallen  
CH-9000 St. Gallen  
{ronny.fischer, robert.winter}@unisg.ch

## **Abstract**

In diesem Beitrag wird ein hierarchischer, mehrstufiger Ansatz für IT/Business Alignment vorgestellt, der auf der Unternehmensarchitektur als zentralem Koordinationsinstrument basiert.

Den Ausgangspunkt bilden die Diskussion mehrstufiger, hierarchischer Systeme sowie die Beurteilung von Instrumenten für das IT/Business Alignment aus Sicht der Notwendigkeit einer konsistenten Gestaltung komplexer Strukturen und Prozesse.

Es wird ein Ansatz für die Gestaltung und Weiterentwicklung der Unternehmensarchitektur vorgestellt, der IT/Business Alignment unterstützt. In diesem Ansatz werden Business- und IT-Artefakte gleich gewichtet, alle relevanten Artefakte auf einem hohen Abstraktionsniveau repräsentiert sowie die Zusammenhänge zwischen den Artefakten unterschiedlicher Modellierungsebenen explizit abgebildet. Zur Bewirtschaftung dieser Artefakte werden Entwicklungs- und Kommunikationsprozesse skizziert.

## **1 Einleitung**

Aus Sicht von IT-Managern ist IT/Business Alignment ihr wichtigstes Thema überhaupt [Luft05]. Zwar beschränkt sich die empirische Basis von LUFTMAN's Untersuchung auf 182 Unternehmen in den USA und die Jahre 2003-2004. Da aber IT/Business Alignment über alle Managementebenen, Branchen und Erfahrungsklassen hinweg konsistent Priorität 1 hat [Luft05, 274ff.], darf davon ausgegangen werden, dass dies auch für europäische Unternehmen

nicht völlig anders ist. Die Wirtschaftsinformatik sollte deshalb geeignete Konzepte bereitstellen, um IT/Business Alignment zu unterstützen.

„Alignment means that applying IT in an appropriate and timely way, in harmony with business strategies, goals, and needs.“ [Luft05, 271] Die Tatsache, dass es auch nach vielen Jahren Forschung und Entwicklung im Bereich IT/Business Alignment offensichtlich noch Probleme bei der Abstimmung des IT-Einsatzes mit fachlichen Zielen und Anforderungen gibt, wird von Luftman darauf zurückgeführt, dass nicht ein einziges Maßnahmenbündel zum Ziel führt, sondern eine Kombination verschiedenster Maßnahmen [Luft05, 281]. Die Vielzahl von Komponenten, die ein Erfolg versprechender Ansatz für IT/Business Alignment umfassen muss, wird u. a. in LUFTMAN's Reifestufenansatz deutlich: In Analogie zu den fünf Reifegraden anderer Reifestufenmodelle (z.B. CMMI) wird in [Luft00] vorgeschlagen, „Strategic Alignment Maturity“ in Abhängigkeit der Erfüllung bestimmter Bedingungen als (1) spontanen, (2) definierten, (3) etablierten, (4) aktiv gesteuerten oder (5) optimierten Prozess einzuordnen.

IT/Business Alignment wird als wichtiges Instrument zur Erreichung einer effektiven Unternehmensorganisation betrachtet. „Alignment“ stellt sich damit als organisatorische Gestaltungsaufgabe dar, welche die Abstimmung zwischen allen Gestaltungsebenen einer Unternehmung/einer Organisation (siehe Kapitel 4) berücksichtigen muss [PeSo05]. Unternehmungen sind jedoch äußerst komplexe sozioökonomische Gebilde, deren konsistente Gestaltung und Weiterentwicklung über alle relevanten Artefakte hinweg kaum möglich erscheint. Werden derart komplexe Systeme in Teilsysteme zerlegt und mittels eines hierarchischen, mehrstufigen Verfahrens gestaltet bzw. verändert, ist die Erhaltung der Konsistenz jedoch möglich [Wint91]. Neben der Konsistenzerhaltung können Zielpräferenzen in die Gestaltung des mehrstufigen Gestaltungs- bzw. Veränderungsverfahrens eingearbeitet werden.

In hierarchischen, mehrstufigen Systemen wird nach [MeMT70, 37] unterschieden zwischen (1) Abstraktionsebenen (Modellierungsaspekt: *Strata*), (2) Problemlösungsschichten (Problemlösungsaspekt: *Layers*) und (3) Koordinations- / Entscheidungseinheiten (Arbeitsteilungsaspekt: *Echelons*). *Strata* werden gebildet, um Problembeschreibungen zu „vergrößern“ und Lösungen vergrößerter Probleme schrittweise zu verfeinern. *Layers* werden gebildet, um Teil-Problembeschreibungen zu sequenzialisieren und Problemlösungen schrittweise zu ergänzen. *Echelons* werden gebildet, um Problembeschreibungen zu dekomponieren und Problemlösungen verteilt zu erarbeiten.

Für das IT/Business Alignment sind alle diese Abstraktionen notwendig:

- *Strata* werden in Form von Abstraktionshierarchien für Artefakte / Artefaktbeziehungen sowie von (ebenesspezifischen wie auch ebenenübergreifenden) Sichten gebildet. Geeignete Strata sind z.B. Produktgruppen (statt Produktvarianten), Prozesse (statt Aktivitäten), Organisationsziele (statt detaillierter Messgrößen) und Applikationen (statt Softwarekomponenten).
- *Layers* werden gebildet, um zunehmende Implementierungsnähe / abnehmende Realisierungsunabhängigkeit und den Grundsatz „IT follows Business“ umzusetzen. Geeignete Layers sind Strategie, Organisation, Integration, Software und schließlich Technologie (siehe Kapitel 4).
- *Echelons* werden gebildet, um die groben Zusammenhänge (in Form einer Unternehmensarchitektur) ganzheitlich zu gestalten und auf dieser Grundlage Detailarchitekturen (z.B. Produktdatenmanagementsystem, Performancemanagementsystem, Sicherheitsarchitektur, Softwarearchitektur, detaillierte Ablaufplanung) jeweils separat, aber dennoch konsistent gestalten zu können.

Dieser Beitrag beschreibt Unternehmensarchitektur als wichtige Komponente eines mehrstufigen, hierarchischen Gestaltungsansatzes zur Realisierung von IT/Business Alignment. Als konzeptionelle Grundlage wird im folgenden Kapitel 2 IT/Business Alignment definiert, und es werden traditionelle Ansätze zu seiner Umsetzung diskutiert. Kapitel 3 definiert Unternehmensarchitektur und fasst den aktuellen Stand der Forschung zu diesem Thema zusammen. In Kapitel 4 wird ein Ansatz zur Beschreibung, Gestaltung und Bewirtschaftung der Unternehmensarchitektur vorgestellt, der als Grundlage für hierarchisches IT/Business Alignment dienen kann. Das abschließende Kapitel 5 fasst die Ergebnisse zusammen und diskutiert mögliche Weiterentwicklungen des Ansatzes.

## 2 IT/Business Alignment

Im Allgemeinen wird unter dem Begriff IT/Business Alignment der Grad der Übereinstimmung von IT-Strategie und IT-Infrastruktur auf der einen Seite mit den strategischen Geschäftszielen und der Geschäftsarchitektur (siehe Kapitel 3) auf der anderen Seite verstanden. In der Literatur finden sich zahlreiche Definitionen, die dieses unscharfe Begriffsverständnis stützen (z.B. [LuLO93; MRTG00; Nick04; ReBe00, 82]).

Je spezifischer Definitionen für IT/Business Alignment sind, desto deutlicher werden unterschiedliche, oftmals sogar gegensätzliche Auffassungen: Während die Mehrheit der Autoren Alignment als einen anzustrebenden Zustand betrachtet (z.B. [BrWe93; CHBC97]), verstehen andere Autoren darunter den Prozess, der diesen Zustand herbeiführt (z.B. [Burn97, 85; MRTG00, 19]).

Ebenso werden unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich der Reichweite von Alignment vertreten. Während z.B. [MRTG00, 19] und [PeSo05] explizit darauf hinweisen, dass Alignment alle Ebenen der Unternehmensarchitektur (siehe Kapitel 3) betrifft, fokussieren viele andere Autoren ausschließlich auf die Strategieebene (z.B. [CHBC97]). Auch [GoGo00] merken an, dass die strategische Perspektive, d.h. Alignment auf der Ebene von IT- und Geschäftsstrategie, in der Literatur deutlich im Vordergrund steht, die operative Abstimmung zwischen IT- und Geschäftsstruktur hingegen wenig Beachtung erfährt.

Forschungsarbeiten, die sich mit den Auswirkungen des IT/Business Alignment auf Organisationen auseinandersetzen, adressieren vorwiegend drei Themenbereiche [Nick04, 80f.]:

- Identifikation von Symptomen, die auf ein mangelhaftes IT/Business Alignment in Organisationen hinweisen.
- Darlegung des Wertbeitrags, der sich durch eine optimale Abstimmung des IT-Einsatzes mit fachlichen Zielen und Anforderungen ergibt.
- Identifikation organisatorischer Prozesse, die für die Erreichung eines bestimmten Reifegrades der Übereinstimmung zwischen informationstechnologischer Realisierung und fachlichen Anforderungen notwendig sind.

Ad 1: In diversen Untersuchungen wurde eine Vielzahl an Symptomen festgestellt, die auf ein unzureichendes IT/Business Alignment in Organisationen hinweisen. Aus Sicht der IT führt eine mangelnde Abstimmung mit der Geschäftsstrategie typischerweise zu einem eingeschränkten Handlungsspielraum für die IT. Die IT wird in diesem Fall lediglich als Kostenfaktor und nicht als strategischer Wettbewerbsfaktor betrachtet. Wählt man die fachliche Perspektive, resultieren aus einem ungenügenden Alignment von IT- und Geschäftsstrategie zu geringe Wertbeiträge getätigter IT-Investitionen und damit letztlich eine verminderte Wettbewerbsfähigkeit der Organisation als Ganzes [TaKG00].

Ad 2: Viele Forschungsarbeiten widmen sich der Analyse der Nutzenpotenziale des IT-Business-Alignments. XIA und KING stellen heraus, dass sich IT/Business Alignment nicht nur sig-



nifikant positiv auf die Ausnutzung des Leistungsvermögens der IT-Infrastruktur auswirkt, sondern auch einen direkten Einfluss auf die Gesamtperformance der Organisation hat und damit alle Bereiche derselben betrifft [XiKi02]. Laut CHAN führt die Abstimmung von IT- und Geschäftsstrategie zu einem größeren Nutzen für die IT als lediglich der Abgleich formaler Organisationsstrukturen auf IT- und Fachseite [Chan02]. Im Hinblick auf den wahrgenommenen Wertbeitrag der IT resümieren TALLON, KRAEMER und GURBAXANI, dass dieser in Organisationen umso größer ist, wenn es ihnen gelingt, ihre Geschäfts- und IT-Strategie bestmöglich aufeinander abzustimmen [TaKG00].

Ad 3: Organisatorische Prozesse, die zur Erreichung eines bestimmten Alignment-Reifegrades in einer Organisation beitragen, konnten im Rahmen diverser Studien identifiziert werden. REICH und BENBASAT haben z.B. gezeigt, dass die Verbreitung von fachlichem Domänenwissen innerhalb des IT-Bereichs bzw. von IT-Domänenwissen in den Fachbereichen das kurz- als auch das langfristige Alignment beeinflussen [ReBe00]. Eine Untersuchung potenzieller Treiber und Hemmnisse im Hinblick auf die Erreichung von IT/Business Alignment durch LUFTMAN, PAPP und BRIER förderte als entscheidende, bezüglich der Zielerreichung positiv wirkende Faktoren die Unterstützung der IT durch die Unternehmensleitung, eine integrierte Entwicklung von Geschäfts- und IT-Strategie sowie das Verständnis von IT-Aspekten durch die Fachbereiche zu Tage [LuPB99]. Demgegenüber standen als schwerwiegendste Hemmnisse die mangelhafte Zusammenarbeit des IT-Bereichs mit den Fachbereichen, eine schlechte Priorisierung von Vorhaben seitens des IT-Bereichs sowie die Nichteinhaltung bestimmter Festlegungen durch den IT-Bereich.

Hinsichtlich der praktischen Umsetzung von IT/Business Alignment bleiben viele Publikationen nur vage. Oft werden lediglich grobe Gestaltungsrichtlinien vorgeschlagen. Konkrete Beispiele für Alignment-Instrumente, die tatsächlich in der Praxis genutzt werden können, finden sich nur wenige [MRTG00, 8]. Beispielsweise identifiziert [Chan02] im Rahmen einer Fallstudienuntersuchung in acht Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen und von unterschiedlicher Größe u. a. die Verzahnung von Geschäfts- und IT-Planung, eine Beteiligung von IT-Experten an der Geschäftsplanung, die Existenz von Projektsponsoren auf der Fachseite für IT-Vorhaben sowie eine enge persönliche Beziehung zwischen CEO und CIO als erfolgskritische Instrumente für das IT/Business Alignment. Deutlich konkreter sind hingegen die Ausführungen von [GrSa01], die eine IT Balanced Scorecard als Alignment-Instrument vorgeschlagen.

Nur selten wird in der Literatur die Auffassung vertreten, dass Alignment als eine kombinierte Management- und Gestaltungsaufgabe verstanden und umgesetzt werden sollte. Der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz eines methoden- und modellgestützten IT/Business Alignment folgt hingegen dem Verständnis von [MRTG00, 4, 19f.], wonach Alignment einen kontinuierlichen Prozess darstellt, welcher management- und gestaltungsbezogene Subprozesse umfasst, die bewusst und nachvollziehbar zusammengehörige Business- und IT-Artefakte miteinander verknüpfen. Das Ziel dieser Verknüpfung ist dabei, einen signifikanten, dauerhaften Wertbeitrag für die Organisation zu liefern. Dem Design Research-Paradigma folgend, ist das Ziel der Gestaltungsprozesse die Konstruktion und Evaluation neuer, innovativer Artefakte, welche die Grenzen organisationaler Fähigkeiten erweitern und identifizierte Problemstellungen lösen [HMPR04, 75ff.]. Vor dem Hintergrund dieses Begriffsverständnisses ergeben sich mehrere Abweichungen gegenüber „traditionellen“ Auffassungen: IT/Business Alignment

- wird als kontinuierlicher Anpassungsprozess und nicht als statischer Zustand betrachtet,
- umfasst und erfordert den Abgleich auf und zwischen allen Ebenen der Unternehmensarchitektur (vgl. Kapitel 3) und nicht nur eine Abstimmung auf strategischer Ebene,
- schließt neben Managementaktivitäten auch Konstruktionshandlungen ein, d.h. besteht aus Management- und Gestaltungsprozessen,
- wirft als konsistente Gesamtgestaltung des Gebildes „Unternehmung“ im Sinne von Punkt 2 ein Komplexitätsproblem auf: Der Abgleich auf und zwischen allen Ebenen der Unternehmensarchitektur kann aufgrund der Mannigfaltigkeit der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen nicht simultan erfolgen. Dieser Problematik muss durch einen mehrstufigen, hierarchischen Gestaltungsansatz Rechnung getragen werden. Ein solcher Gestaltungsansatz wird in Kapitel 4 beschrieben.

### **3 Unternehmensarchitektur**

Gemäß ANSI/IEEE Std 1471-2000 [IEEE00] ist Architektur definiert als “The fundamental organization of a system, embodied in its components, their relationships to each other and the

environment, and the principles governing its design and evolution". Unter Unternehmensarchitektur (Enterprise Architecture) wird deshalb die fundamentale Strukturierung eines Unternehmens oder einer Behörde verstanden, sei es als Ganzes, zusammen mit Lieferanten und/oder Kunden oder als Teil, aber in jedem Fall ergänzt durch die entsprechenden Gestaltungs- und Weiterentwicklungsregeln [TOG03].

Die Grundlage für die Modellierung einer Unternehmensarchitektur bilden Metamodelle und Konstruktionsregeln. Während Metamodelle die zulässigen Modellelementtypen und deren Beziehungen zueinander spezifizieren, soll die Anwendung der Konstruktionsregeln die systematische Konstruktion sinnvoller Unternehmensarchitekturen unterstützen.

### **3.1 Unternehmensarchitektur als mehrstufiges, hierarchisches System**

Die Unternehmensarchitektur stellt immer ein Gesamtbild des zu beschreibenden Teils des Unternehmens bzw. der Behörde dar [Sche04, 14]. Entsprechend der Ausführungen in Kapitel 1 stellen damit die obersten Beschreibungs-Strata eines Unternehmens den Betrachtungsgegenstand der Unternehmensarchitektur dar.

Da auch bei aggregierter Betrachtung die Vielzahl der in der Unternehmensarchitektur abgebildeten Artefakte eine simultane Gestaltung verhindert, ist ein sukzessives Konstruktionsverfahren erforderlich. Dazu werden mehrere Layers (im Sinne von nacheinander zu durchlaufenden Architekturebenen) gebildet. Unternehmensarchitektur umfasst damit nicht nur einige Aggregationsebenen, sondern muss zusätzlich als System hierarchisch aufeinander aufbauender (Teil-)Architekturen verstanden werden, die durch zunehmende Implementierungsnähe charakterisiert sind [Hafn05, 28]. Zur Gestaltung und Weiterentwicklung der Unternehmensarchitektur wird üblicherweise ein sukzessives Vorgehen beschrieben, das zunächst auf die strategische Positionierung aus betriebswirtschaftlicher Sicht fokussiert, auf dieser Grundlage eine geeignete Ablauf- und Aufbauorganisation spezifiziert, dann das Informationssystem, d.h. das Zusammenspiel menschlicher und maschineller Aufgabenträger zur Unterstützung der fachlichen Anforderungen betrachtet und schließlich die zur Umsetzung benutzten Technologieartefakte beschreibt [Wint05, 2].

Wenn die Unternehmensarchitektur im Sinne einer hierarchischen Gestaltung bzw. Weiterentwicklung des Gesamtsystems „Unternehmen“ zur Ausrichtung anderer, spezifischer bzw. detaillierter Teilmodelle (z.B. Sicherheitsarchitektur, Datenarchitektur, detaillierte Ablaufmodelle, Softwarearchitektur) aufeinander benutzt wird, hat sie daneben auch den Charakter eines (übergeordneten) Echelons. Die Teilmodelle werden zunächst nebenläufig gestaltet und weiterentwi-

ckelt; Aus der Unternehmensarchitektur resultieren aber Anpassungen, die die Konsistenz des Gesamtsystems bewahren.

Da fachliche Aspekte und IT-Aspekte nicht in sinnvollem Detail umfassend und simultan aufeinander ausgerichtet werden können, bedarf es eines hierarchischen, mehrstufigen Gestaltungs- und Weiterentwicklungsprozesses. Wir verstehen Unternehmensarchitektur als den Kern eines solchen Prozesses. Unternehmensarchitektur bildet die obersten Strata, alle wichtigen Gestaltung-Layer und das Koordinations-Echelon des hierarchischen, mehrstufigen Systems „konsistente Gestaltung des Gesamtunternehmens“ [WiFi06] (Abbildung 1).

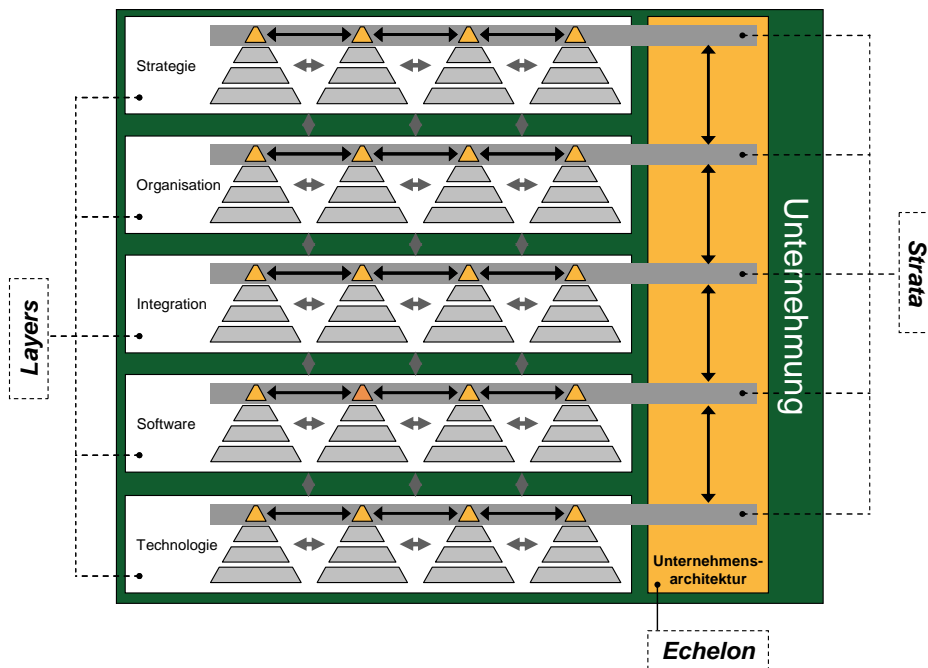


Abbildung 1: Unternehmensarchitektur als mehrstufiges, hierarchisches System

### 3.2 Inhalte, Bedeutung und Ziele der Unternehmensarchitektur

Das weit verbreitete Unternehmensarchitektur-Framework der Open Group (TOGAF – The Open Group Architecture Framework), unterscheidet in der Version 8.1 [TOG03] die Layers (1) Business Architecture, (2) Data/information Architecture, (3) Application Architecture sowie (4) Technology (IT) Architecture. TOGAF ist hinsichtlich dieser Aufteilung nahezu deckungsgleich mit dem Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF, [CIO99]). FEAF wird von einer Vielzahl der Bundesbehörden in den USA genutzt und differenziert die Layers (1) Business Architecture und (2) IS Architecture, wobei diese entsprechend der drei Aspekte Data Architecture, Application Architecture und Technology Architecture strukturiert ist. Auch ZACHMAN stellt im Zusammenhang mit seinem bekannten Framework for Information Systems Ar-

chitecture (Zachman-Framework [SoZa92; Zach87]) als Kernaussage fest, dass es nicht eine einzige Architektur für das Informationssystem des Unternehmens gibt, sondern eine Menge architektonischer Repräsentationen. Einzelne Repräsentationen sind dabei auf verschiedenen Zwecke und Zielgruppen ausgerichtet. ZACHMAN unterscheidet die fünf Layers (1) Scope, (2) Enterprise Model, (3) System Model, (4) Technology Model und schließlich (5) Components, für die jeweils verschiedene Aspekte differenziert werden.

Sämtlichen Ansätzen ist gemeinsam, dass – ganz im Sinne eines hierarchischen, mehrstufigen Gestaltungs- und Weiterentwicklungsansatzes – die Informationssystem-Gestaltung fachlichen Anforderungen folgt und damit die Ergebnisse jeder Architekturgestaltung die Freiheitsgrade der nachfolgenden Gestaltungsebenen reduzieren [Wint03c, 92ff.].

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass als wichtigste Gesamtzusammenhänge in Organisationen von den meisten Autoren

- die Geschäftsarchitektur (Gesamtzusammenhang der strategischen Positionierung in Leistungsnetzwerken),
- die Prozessarchitektur (Gesamtzusammenhang der Leistungsentwicklung, Leistungserstellung und des Leistungsvertriebs in einer Organisation),
- die Integrationsarchitektur (Gesamtzusammenhang der Zuordnung von Informationssystem-Funktionalitäten bzw. -Diensten zu fachlichen Aktivitäten bzw. Informationsbedarfen),
- die Softwarearchitektur (Gesamtzusammenhang der Softwarekomponenten und Datenstrukturen) sowie
- die IT-Architektur (Gesamtzusammenhang der technischen Komponenten des Informationssystems)

betrachtet werden [Wint03c, 93ff.] (Abbildung 1). Zusätzlich können innerhalb der einzelnen Layers verschiedene Architektursichten eingeführt werden, wenn die Komplexität der abzubildenden Sachverhalte dies erfordert [Krcm90; Sinz99, 1036]. Während z. B. das ISA-Modell die fachlichen Layers noch ganzheitlich abbildet und erst auf Informationssystem-Ebene verschiedene Sichten unterscheidet [Krcm90], differenziert das Zachman-Framework auf allen Layers sechs Sichten [Zach87]. Innerhalb der Layers und Sichten wird häufig die Bildung zusätzlicher Strata im Sinne von Abstraktionshierarchien vorgeschlagen, z. B. für die mehrstufige Abbil-

dung von Produkt- und Prozessmodellen sowie von Kennzahlenmodellen oder Softwarekomponentenmodellen.

Die Bedeutung der Unternehmensarchitektur resultiert aus der strategischen Relevanz der Informationsverarbeitung, der Langfristigkeit der Aktivitäten bei der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien, der Notwendigkeit der Gesamtschau des Unternehmens und der Erfordernis der unternehmerischen Führung der Ressource Information und Kommunikation. Treffend konstatiert daher SINZ, dass sich „das Management umfassender Unternehmensarchitekturen [...] mittlerweile zu einem wichtigen Aufgabenbereich auf strategischer und operativer Ebene entwickelt [hat]“ [Sinz04].

Kapitel 4 beschreibt im Folgenden einen hierarchischen Gestaltungsansatz für das IT/Business Alignment, bei dem die Unternehmensarchitektur als wichtigste Komponente im Vordergrund steht.

## **4 Hierarchischer Gestaltungsansatz für das IT/Business Alignment**

In Kapitel 1 wurde ein mehrstufiger, hierarchischer Gestaltungsansatz als geeignete Herangehensweise identifiziert, um das organisatorische Gestaltungsproblem des IT/Business Alignment effizient lösen zu können. In Kapitel 2 wurde gefordert, dass IT/Business Alignment als kontinuierlicher Prozess gestaltet und etabliert werden sollte, der Management- und Gestaltungsprozesse umfasst, um bewusst und nachvollziehbar zusammengehörige Business- und IT-Artefakte auf allen Betrachtungsebenen miteinander zu verknüpfen. In Kapitel 3 wurden als relevante Betrachtungsebenen (Layers) die Strategiebene (Geschäftsarchitektur), die Organisationsebene (Prozessarchitektur), die Integrationsebene (Integrations- bzw. Applikationsarchitektur) sowie die Systemebenen (Softwarearchitektur, IT-Architektur) identifiziert.

Im Folgenden werden zunächst die wesentlichen Artefakttypen innerhalb der einzelnen Betrachtungsebenen vorgestellt, die den o. g. Anforderungen entsprechen. Im zweiten Abschnitt werden Prozesse skizziert, welche diese Artefakte bewirtschaften und damit IT/Business Alignment im hier geforderten Verständnis unterstützen.

### **4.1 Zentrale Artefakte der Unternehmensarchitektur**

Die hier vorgestellten Unternehmensarchitektur-Artefakttypen resultieren aus einer Untersuchung in [WiFi06], deren Ergebnisse auf dem Vergleich weit verbreiteter Unternehmensarchi-

tektur-Frameworks und der darin enthaltenen Artefakttypen basieren. In [BrWi05] wurde ein Metamodell vorgestellt, das eine Vielzahl der vorgeschlagenen Artefakttypen und deren Beziehungen umfasst.

Im Gegensatz zu vielen anderen Unternehmensarchitektur-Ansätzen fordern [WiFi06] und [BrWi05] explizit, dass keines der behandelten Artefakte in vollem Detaillierungsgrad repräsentiert werden sollte. Vielmehr ist es nach diesem Unternehmensarchitektur-Verständnis das Ziel, alle relevanten Artefakte auf hohem Aggregationsgrad zu repräsentieren, um sich dadurch auf die konsistente Gestaltung und korrekte Repräsentation der Zusammenhänge zwischen diesen Artefakten konzentrieren zu können. Für jeden inhaltlichen Cluster von Artefakten sind dann Schnittstellen zu den jeweiligen operativen Bestandsführungssystemen bereitzustellen.

In den folgenden Abschnitten werden die zentralen Artefakttypen der drei obersten Gestaltungsbzw. Beschreibungs-Layer Strategieebene, Organisationsebene und Integrationsebene vorgestellt. Die Darstellung basiert auf der Detaildarstellung in [WiFi06] und dem Metamodell in [BrWi05]. Auf die Aufzählung der jeweiligen Beziehungen zwischen den Artefakttypen eines Beschreibungs-Layers wird hier aus Platzgründen verzichtet.

#### *4.1.1 Strategieebene*

Auf Strategieebene steht die Spezifikation der strategischen Ausrichtung der Unternehmung im Vordergrund. Im Einzelnen sind die folgenden Artefakttypen Gegenstand der Betrachtung:

- Zielsystem der Unternehmung als Hierarchie von Organisationszielen, Erfolgsfaktoren, Kennzahlen und strategischen Maßnahmen/Projekten
- Produkt-/Servicemodell der Unternehmung einschließlich des Leistungsaustausches mit anderen Geschäftseinheiten, Kunden und Lieferanten innerhalb von Geschäftsnetzwerken
- Kernkompetenzen, Marktsegmente, Vertriebs- bzw. Distributionskanälen
- Geschäftsgrundsätze

#### *4.1.2 Organisationsebene*

Auf Organisationsebene werden – ausgehend vom zuvor spezifizierten Leistungs- und Zielsystem – Abläufe, Verantwortlichkeiten und aufbauorganisatorische Strukturen festgelegt. Das generelle Gestaltungsziel der Organisationsebene sind Effektivität und Effizienz von Leistungs-

entwicklung, Leistungserbringung und Leistungsvertrieb. Wichtige Ergebnisse der Organisationsgestaltung sind:

- Spezifikation der Aufbauorganisation: Organigramme, Rollenbeschreibungen inklusive Qualifikationsprofilen sowie hierarchische Übersichtsdarstellungen der Unternehmensstandorte
- Spezifikation der Ablauforganisation: Funktionsmodelle, Prozessmodelle einschließlich Eingangs- und Ausgangsgrößen sowie Service-Level-Vereinbarungen, Workflowspezifikationen, Performanceindikatoren
- Spezifikation der Informationslogistik: Informationslandkarten und Informationsflüsse auf aggregiertem Niveau

#### *4.1.3 Integrationsebene*

Auf Integrationsebene werden – ausgehend von den zuvor spezifizierten Organisationsstrukturen, Informationsbedarfen und Prozessabläufen – Integrationsbereiche innerhalb des Informationssystems bestimmt. Im Normalfall wird ein eng gekoppelter Integrationsbereich durch eine Applikation realisiert, während lose Kopplungen zwischen Integrationsbereichen durch Schnittstellen zwischen Applikationen realisiert werden. Das generelle Gestaltungsziel der Applikationsebene ist die optimale Integration (bzw. Entkopplung) von Applikationen aus fachlicher Sicht. Wichtige Ergebnisse der Architekturgestaltung auf Integrationsebene sind:

- Spezifikation von Applikationen (inkl. Informations-, Leistungs-, Daten- und Kontrollflüssen), Applikationskomponenten und Applikationsdomänen
- Spezifikation fachlicher Services (Enterprise Services) einschließlich Servicehierarchisierung.

#### *4.1.4 Abhängigkeiten zwischen den Architekturebenen*

Ein hierarchischer Ansatz zur Unterstützung von IT/Business Alignment basiert auf der konsistenten Verknüpfung fachlicher Artefakte auf der einen Seite mit IT-bezogenen Artefakten auf der anderen Seite. Im Hinblick auf die in den vorhergehenden Abschnitten vorgestellten Unternehmensarchitektur-Artefakttypen finden sich fachliche Artefakte hauptsächlich auf Strategie- und Organisationsebene, während sich IT-bezogene Artefakte hauptsächlich auf der Integrati-



onsebene sowie den – hier aus Platzgründen nicht ausgeführten – Systemebenen Softwareebene und IT-Ebene. Der größte Nutzen eines ganzheitlichen wie in [BrWi05] vorgestellten Unternehmensarchitektur-Metamodells für das IT/Business Alignment entfaltet sich somit durch ebenenübergreifende Verknüpfungen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Verknüpfungen zwischen den Artefakttypen der verschiedenen in diesem Beitrag behandelten Architekturebenen in Anlehnung an das Metamodell in [BrWi05, 74] beschrieben:

(a) Abhängigkeiten zwischen Strategie- und Organisationsebene:

- Eine Geschäftseinheit nimmt eine oder mehrere Rollen in einem oder mehreren Wertschöpfungsnetzwerken wahr. Die auf Organisationsebene definierten Prozesse müssen sich jeweils auf eine oder mehrere dieser Rollen beziehen.
- Prozessleistungen (als Ergebnis von Teilprozessen bzw. Aktivitäten) in Prozessablaufmodellen beziehen sich direkt oder indirekt auf entsprechende Spezifikationen in den Leistungsmodellen der jeweiligen Geschäftseinheiten.
- Führungsgrößen in Prozessführungsmodellen beziehen sich direkt oder indirekt auf Kennzahlen in den Zielsystemmodellen der jeweiligen Geschäftseinheiten.
- Serviceaktivitäten (als Teilprozesse bzw. Aktivitäten) in Prozessablaufmodellen beziehen sich direkt oder indirekt auf (selbsterstellte) Leistungen in Kundenprozessmodellen.

(b) Abhängigkeiten zwischen Organisations- und Integrationsebene:

- Geschäftsfunktionen bzw. Informationsobjekte aus den entsprechenden Teilmodellen der Fachkonzeptspezifikation beziehen sich direkt oder indirekt auf Funktionen bzw. Informationsobjekte in Prozessablaufmodellen.
- Applikationen in Applikationslandschaftsmodellen referenzieren direkt oder indirekt auf Applikationen in Prozessablaufmodellen.
- Auf die unter (a) charakterisierten Geschäfts- bzw. Organisationseinheiten beziehen sich wiederum die Spezifikationen von Ownership und Informationsnutzung auf Applikationsebene.

Direkte Beziehungen liegen vor, wenn referenzierendes und referenziertes Artefakt auf der gleichen Aggregationsebene spezifiziert sind. Indirekte Beziehungen liegen dagegen dann vor,

wenn das referenzierende Artefakt auf einer anderen Aggregationsstufe spezifiziert ist als das referenzierte Artefakt.

## **4.2 Bewirtschaftungs- und Kommunikationsprozesse**

Die Prozesse zur Bewirtschaftung und Kommunikation der Architekturartefakte sind mit der Zielstellung verbunden, die auf Basis der Artefakttypen aus Kapitel 4.1 entwickelten Teilmodelle der Strategie- und Organisationsebene auf der einen Seite sowie die Teilmodelle der Integrationsebene und den Systemebenen auf der anderen Seite dauerhaft effizient und effektiv miteinander zu koordinieren, um auf diese Weise IT/Business Alignment im hier geforderten Verständnis zu unterstützen.

Für die Bewirtschaftung von Unternehmensarchitekturen existieren verschiedene Ansätze, die aber in den meisten Fällen nicht die notwendige Reife und den erforderlichen Detaillierungsgrad aufweisen [Hafn05]. Die folgenden Ausführungen basieren auf der Architectural Development Method (ADM, Bestandteil von TOGAF [TOG03] - siehe Kapitel 3) sowie den von HAFNER und WINTER [HaWi05] vorgeschlagenen Bewirtschaftungs- und Kommunikationsprozessen. Diese beiden Ansätze wurden ausgewählt, weil sie methodisch ausreichend detailliert dokumentiert sind, gegenüber vorhandenen Architektur-Frameworks neutral sind. Damit ist ihre (potenzielle) Anwendbarkeit im Kontext unterschiedlichster Rahmenbedingungen nicht eingeschränkt.

ADM rückt den Top-Down-Entwurf von Unternehmensarchitekturen in den Mittelpunkt. Es wird ein zyklischer, in acht Phasen gegliederter Prozess für die Entwicklung und Pflege der Unternehmensarchitektur einer Organisation vorgeschlagen. Hingegen strukturieren [HaWi05] das Architekturmanagement in die vier miteinander verbunden Hauptprozesse Architektur-Führung, Architektur-Entwicklung, Architektur-Kommunikation und Architektur-Vertretung.

Die ersten sieben Phasen der ADM setzen sich ausführlich mit der Umsetzung einer zu Beginn des Architekturzyklus aufgestellten Zielarchitektur auseinander. Das Vorgehen hierbei kann als Sukzessivgestaltung im Sinne des hierarchischen Ansatzes charakterisiert werden. Bei [HaWi05] korrespondieren die Hauptprozesse Architektur-Führung und Architektur-Entwicklung mit den zuvor genannten Phasen der ADM. Innerhalb des Prozesses Architektur-Führung werden strategische Anforderungen identifiziert und zusätzlich dazu innerhalb des Prozesses der Architektur-Entwicklung kontinuierlich operative Anforderungen in die Betrachtung

tung einbezogen. Die Anforderungen werden konsolidiert und priorisiert, so dass den Bedürfnissen entsprechende, neue Architekturartefakte entwickelt werden können.

Durch den Prozess Architektur-Kommunikation bei [HaWi05] werden die Anspruchsgruppen für Schulungen, Informationsmaterial, usw. identifiziert und diesen bedarfsgerecht Informationen über die Architektur zur Verfügung gestellt. Informationen aus der Kommunikation der Architektur und ihrer konkreten Durchsetzung bilden die Grundlage für die Bewertung der Verbreitung und Wirksamkeit der Architektur. Letztlich können daraus neue Anforderungen an das Architekturmanagement resultieren und einen erneuten Durchlauf der Prozesse Architekturführung bzw. -Entwicklung anstoßen. ADM adressiert den Kommunikationsaspekt nicht explizit durch eine eigene Phase. Jedoch widmet sich die ADM-Phase acht der Pflege und dem Unterhalt der Unternehmensarchitektur. In dieser Phase zeichnet das Architekturmanagement für die kontinuierliche Überwachung neuer Entwicklungen verantwortlich, die zu geringfügigen Anpassungen der Architektur oder gar einem Zyklusneustart führen können.

Gemeinsam ist beiden Ansätzen die Berücksichtigung der Architektursteuerung. Bei ADM übt das Architekturmanagement im Rahmen der Implementierung der technischen Lösung eine Governance-Funktion aus, um die Architekturkonformität des realisierten Systems zu wahren. Nach [HaWi05] bietet der Hauptprozess Architektur-Vertretung Unterstützung in Form von reinen Beratungsleistungen bis hin zu direkter Projektmitarbeit für Projektvorhaben, welche architekturbezogene Fragestellungen berühren.

Kritisch muss in Bezug auf ADM angemerkt werden, dass der eindeutige Schwerpunkt der Methode auf der Ausgestaltung der Technologie-/IT-Architektur liegt, was sich anhand des Detaillierungsgrades der Dokumentation dieser Phase offenbart.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Im vorliegenden Beitrag wurde Unternehmensarchitektur als wichtige Komponente eines mehrstufigen, hierarchischen Gestaltungsansatzes zur konsequenten Umsetzung von IT/Business Alignment vorgestellt. Den Ausgangspunkt bildete die Auseinandersetzung mit der Theorie hierarchischer, mehrstufiger Systeme nach [MeMT70] als konzeptionelle Grundlage. Im Rahmen dieser Betrachtung wurden die Vorteilhaftigkeit einer hierarchischen Organisationsform für das IT/Business Alignment gezeigt und ein zentrales Unternehmensmodell als Kernkomponente eines entsprechenden Ansatzes vorgeschlagen.

Als Weiterentwicklung bestehender Ansätze der Unternehmensmodellierung sollte ein solches Unternehmensmodell geschäftsbezogene und IT-Artefakte gleich gewichten, alle relevanten Artefakte auf einem hohen Abstraktionsniveau repräsentieren und die Zusammenhänge zwischen den Artefakten unterschiedlicher Modellierungsebenen explizit abbilden.

Zur Bewirtschaftung dieser Artefakte wurden Bewirtschaftungs- und Kommunikationsprozesse skizziert, die das in diesem Beitrag geforderte Verständnis von IT/Business Alignment unterstützen.

Die Validität sowohl der vorgestellten Unternehmensarchitektur-Artefakte wie auch der entsprechenden Bewirtschaftungs- und Kommunikationsprozesse wird zurzeit in mehreren Pilotprojekten untersucht. In einem dieser Pilotprojekte werden auch die IT-Governance-Prozesse (einschl. IT/Business Alignment als wichtige Komponente) neu gestaltet, wobei die bestehenden Reifegradmodelle eine große Rolle spielen. Erfahrungen aus diesen Umsetzungen werden in die Verfeinerung des hier vorgestellten Konzepts einfließen. Insbesondere ist geplant, den Referenzcharakter von Bewirtschaftungs- und Kommunikationsprozessen der Unternehmensarchitektur zu analysieren und damit eine Grundlage zu schaffen, um die Hypothese einer besseren Eignung des hierarchischen Ansatzes für IT/Business Alignment auch auf breiterer empirischer Basis zu untersuchen.

## Literatur

- [BrWi05] *Braun, Christian; Winter, Robert: A Comprehensive Enterprise Architecture Metamodel and Its Implementation Using a Metamodeling Platform.* In: Proceedings, GI Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures, Klagenfurt 2005.
- [BrWe93] *Broadbent, Marianne; Weill, Peter: Improving Business and Information Strategy Alignment: Learning from the Banking Industry.* In: IBM Systems Journal 32 (1993) 1, S. 162-179.
- [Burn97] *Burn, Janice M.: A Professional Balancing Act: Walking the Tightrope of Strategic Alignment.* In: *Sauer, Christopher; Yetton, Philip W. (Hrsg.): Steps to the Future: Fresh Thinking on the Management of IT-Based Organizational Transformation.* Jossey-Bass, San Francisco, California 1997, S. 55-88.
- [Chan02] *Chan, Yolande E.: Why haven't we mastered alignment? The importance of the informal organization structure.* In: MIS Quarterly Executive 1 (2002) 2, S. 97-112.

- [CHBC97] *Chan, Yolande E.; Huff, Sid L.; Barclay, Donald W.; Copeland, Duncan G.*: Business Strategic Orientation, Information Systems Strategic Orientation, and Strategic Alignment. In: *Information Systems Research* 8 (1997) 2, S. 125-150.
- [CIOC99] *CIO-Council*: Federal Enterprise Architecture Framework Version 1.1. September 1999.
- [GoGo00] *Gordon, Judith R.; Gordon, Steven R.*: Structuring the Interaction between IT and Business Units: Prototypes for Service Delivery. In: *Information Systems Management* 17 (2000) 1, S. 7-16.
- [GrSa01] *Grembergen, Wim van; Saull, Ronald*: Aligning Business and Information Technology through the Balanced Scorecard at a Major Canadian Financial Group: its Status Measured with an IT BSC Maturity Model. In: *Proceedings, 34th Hawaii International Conference on Systems Sciences, Maui, Hawaii 2001*.
- [Hafn05] *Hafner, Martin*: Entwicklung einer Methode für das Management der Informationssystemarchitektur im Unternehmen. Dissertation, Universität St. Gallen, St. Gallen 2005.
- [HaWi05] *Hafner, Martin; Winter, Robert*: Vorgehensmodell für das Management der unternehmensweiten Applikationsarchitektur. In: *Proceedings, 7. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2005, Bamberg 2005*, S. 627-646.
- [HMPR04] *Hevner, Alan R.; March, Salvatore T.; Park, Jinsoo; Ram, Sudha*: Design Science in Information Systems Research. In: *MIS Quarterly* 28 (2004) 1, S. 75-105.
- [IEEE00] *IEEE*: IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software Intensive Systems (IEEE Std 1471-2000). IEEE Computer Society, New York, NY 2000.
- [Krcm90] *Krcmar, Helmut*: Bedeutung und Ziele von Informationssystemarchitekturen. In: *Wirtschaftsinformatik* 32 (1990) 5, S. 395-402.
- [Luft00] *Luftman, Jerry N.*: Assessing Business-IT Alignment Maturity. In: *Communications of the Association for Information Systems* 4 (2000) December 2000.
- [Luft05] *Luftman, Jerry N.*: Key Issues for IT Executives 2004. In: *MIS Quarterly Executive* 4 (2005) 2, S. 269-285.
- [LuLO93] *Luftman, Jerry N.; Lewis, Paul R.; Oldach, Scott H.*: Transforming the enterprise: The alignment of business and information technology strategies. In: *IBM Systems Journal* 32 (1993) 1, S. 198-221.
- [LuPB99] *Luftman, Jerry N.; Papp, Raymond; Brier, Tom*: Enablers and inhibitors of business-IT alignment. In: *Communications of the AIS* 1 (1999) 3, S. 2-32.
- [MRTG00] *Maes, Rik; Rijsenbrij, Daan; Truijens, Onno; Goedvolk, Hans*: Redefining business - IT alignment through a unified framework. PrimaVera Working Paper 2000-19, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam 2000, S. 25.
- [MeMT70] *Mesarovic, M.D.; Macko, D.; Takahara, Y.*: Theory of Hierarchical, Multilevel, Systems. Academic Press, New York, London 1970.
- [Nick04] *Nickels, David W.*: IT-Business Alignment: What We Know That We Still Don't Know. In: *Proceedings, The 7th Annual Conference of the Southern Association for Information Systems, Savannah Marriott Riverfront 2004*, S. 79-84.

- [PeSo05] *Pereira, Carla Marques; Sousa, Pedro*: Enterprise Architecture: Business and IT Alignment. In: Proceedings, 2005 ACM symposium on Applied computing (SAC 2005), Santa Fe, New Mexico 2005, S. 1344-1345.
- [ReBe00] *Reich, Blaize Horner; Benbasat, Izak*: Factors That Influence the Social Dimension of Alignment Between Business and Information Technology Objectives. In: MIS Quarterly 24 (2000) 1, S. 81-113.
- [Sche04] *Schekkerman, Jaap*: How to Survive in the Jungle of Enterprise Architecture Frameworks: Creating or Choosing an Enterprise Architecture Framework. 2. Aufl., Trafford Publishing, Victoria, British Columbia 2004.
- [Sin99] *Sinz, Elmar J.*: Architektur von Informationssystemen. In: *Rechenberg, Peter; Pomberger, Gustav (Hrsg.)*: Informatik-Handbuch. Hanser, München 1999, S. 1035-1046.
- [Sin04] *Sinz, Elmar J.*: Unternehmensarchitekturen in der Praxis - Architekturdesign am Reissbrett vs. situationsbedingte Realisierung von Informationssystemen. In: Wirtschaftsinformatik 46 (2004) 4, S. 315-316.
- [SoZa92] *Sowa, John F.; Zachman, John A.*: Extending and formalizing the framework for information systems architecture. In: IBM Systems Journal 31 (1992) 3, S. 590-616.
- [TaKG00] *Tallon, Paul P.; Kraemer, Kenneth L.; Gurbaxani, Vijay*: Executives' Perceptions of the Business Value of Information Technology: A Process-Oriented Approach. In: Journal of Management Information Systems 16 (2000) 4, S. 145-173.
- [TOG03] *The Open Group*: TOGAF (The Open Group Architecture Framework) Version 8.1 "Enterprise Edition". <http://www.opengroup.org/architecture/togaf8/>, Abruf am 2006-03-13.
- [Wint91] *Winter, Robert*: Mehrstufige Produktionsplanung in Abstraktionshierarchien auf der Basis relationaler Informationsstrukturen. Dissertation, Springer, Berlin et al. 1991.
- [Wint03] *Winter, Robert*: Modelle, Techniken und Werkzeuge im Business Engineering. In: *Österle, Hubert; Winter, Robert (Hrsg.)*: Business Engineering. Springer, Berlin et al. 2003, S. 87-118.
- [Wint05] *Winter, Robert*: Unternehmensarchitektur und Integrationsmanagement. In: *Sokolovsky, Zbynek; Löschenkohl, Sven (Hrsg.)*: Handbuch Industrialisierung der Finanzwirtschaft. Gabler, Wiesbaden 2005, S. 575-599.
- [WiFi06] *Winter, Robert; Fischer, Ronny*: Essential Layers, Artifacts, and Dependencies of Enterprise Architecture. In: Proceedings, EDOC Workshop on Trends in Enterprise Architecture Research (TEAR 2006) within The Tenth IEEE International EDOC Conference (EDOC 2006), Hong Kong 2006.
- [XiKi02] *Xia, Weidong; King, William R.*: Determinants of Organizational IT Infrastructure Capabilities: An Empirical Study. [http://misrc.umn.edu/workingpapers/fullpapers/2002/0210\\_030102.pdf](http://misrc.umn.edu/workingpapers/fullpapers/2002/0210_030102.pdf), Abruf am 2005-12-16.
- [Zach87] *Zachman, John A.*: A Framework for Information Systems Architecture. In: IBM Systems Journal 26 (1987) 3, S. 276-292.

# Fostering the Evaluation of Reference Models: Application and Extension of the Concept of IS Design Theories

Michael Schermann, Tilo Böhmman, Helmut Krcmar

Chair for Information Systems  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 3  
85748 Garching b. München  
{michael.schermann|boehmann|krcmar}@in.tum.de

## Abstract

Despite the imperative to substantiate innovative research results expressed in reference models, little methodical guidance exists for evaluating reference models yet. We propose that IS design theories [WaWE92] can provide theoretical guidance for reference model evaluation since reference models can be formulated as a set of design principles that consist of testable propositions, kernel theories, and intended applications. We show how to facilitate the reconstruction process by applying the idea of pattern languages. Such decomposed reference models allow evaluating each design principle separately and thus formulating a more concise and elementary evaluation objective. We demonstrate the benefits of reconstructing reference models as design theories on the Service Data Management reference model that has been developed by the authors.

## 1 Introduction, Problem Statement, and Challenges

Since the beginning of the Information systems discipline in German-speaking countries many reference models have been constructed and published [FeLo04b], among them most notably Scheer's Y-CIM or Becker's Retail-H [BeSc04; Sche98]. The term reference model has been adopted by companies in many industries (e.g. Software, Health, Banking) to denote best practices in process design and software design [BeKn02; FeLo04a]. Based on the importance of reference models in the German IS community, reference models and the process of

reference modeling have become research objects themselves, e.g. by supporting the adaptation of reference models or facilitating the management of reference models [BeDK04; Thom06].

*Choosing reference models and substantiating their claims require sound evaluation.* With the number of reference models rising, potential users, e.g. companies, are faced with a problem of choosing reference models and hence evaluating the quality and appropriateness of potential usefulness [FeLo04b]. Furthermore, researchers want to evaluate the utility of their reference models and thus substantiate their proposed claims of reference [BöSK06]. The fundamental claim of reference models is that they accelerate model-based development phases, e.g. requirements engineering and system design, by adapting the reference model instead of pursuing individual modeling [BeSc04; FeLo04a]. Thus, reference models usually have a prescriptive notion as they propose how information systems or processes *should* be designed. However, most of the available reference models lack of evaluation results regarding their utility, suitability, and quality [BöSK06; FeLo04b].

*Despite the importance of evaluating reference models, little methodical guidance exists for evaluating reference models yet.* In their effort to facilitate evaluation, researchers have found that evaluating information models and particularly reference models is especially difficult due to methodological, philosophical, and practical reasons [BöSK06; FeLo03b; Fran00; Fran98a]. First, evaluating the utility of reference models in a positivist understanding would require gaining access to a large number of users that actually have applied a reference model to reduce the impact of confounding factors in the reference model evaluation. Second, reference models are supposed to be adapted to specific needs of the reference model user. Thus, evaluating reference models has to cope with a large number of confounding factors [BöSK06]. Third, constructors of reference models often do not reveal underlying assumptions, theoretical foundations, as well as the immutable core of their reference models [BePf06]. Overall, reference models do not yet provide necessary elements to evaluate the utility and their claims.

*Reconstructing reference models as design theories provides the missing link.* Design theories have been proposed as scientific method to capture design experience and provide prescriptive information on how to design information systems in specific domains [MaMG02; WaWE92]. We argue that design theories can be seen as a counter piece to reference models. An important aspect of design theories is to reveal underlying theoretical assumptions as well as provide hypotheses that can be refuted or substantiated in empirical analyses. Thus, reconstructing reference models by the structure of design theories facilitates the identification of design



propositions in reference models. Furthermore, the methodology of developing design theories requires linking these design propositions to so-called kernel theories that provide the theoretical base for design theories. Reconstructing reference models as design theories also requires the proposition of testable hypotheses and thus facilitate the evaluation of reference models and hence the theoretical and practical advancement of reference models.

*Overall, we propose a way of reconstructing reference models as testable theories as it has been demanded, e.g. by Becker and Pfeiffer [BePf06].* Hence, we set the following research questions:

- What are the benefits of applying the concept of design theory to reference models?
- How can we facilitate the process of reconstruction?
- What are the benefits of reconstructing reference models as design theories?

The remainder of this paper is organized as follows. In section 2 we introduce the concept of design theory. As reference models are complex design proposals, it is necessary to decompose them into design principles [MaMG02]. To facilitate the decomposition process, we introduce the idea of patterns in section 3 [Alex79]. We further show that the structure of patterns helps to identify required elements of design theories. *Reconstructing a reference model will result in a pattern language that consists of the design principles proposed by the reference models. Each pattern reflects a design principle that can be evaluated individually.* In section 4 we demonstrate the utility of our approach on the example of the SDM reference model that has been developed by the authors [BWFK04]. The paper finishes with a conclusion of the results and provides an outlook on further research. Figure 1 shows the main arguments of this paper.

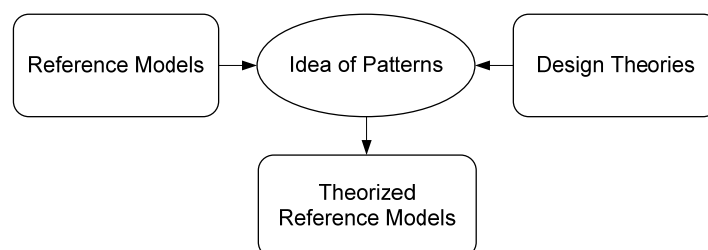


Figure 1: The line of argumentation of this paper

This paper is of exploratory and conceptual nature. Hence, we provide argumentative support when answering our research questions. However, we base our argument upon available empirical and conceptual research results.

## 2 Design Theories

In this section, we introduce design theories as a methodology of capturing domain knowledge and design experiences in an empirical refutable way. Furthermore, we analyze similarities and differences of design theories and reference models. We will conclude that applying the structure of design theories allows reference model constructors to explicate underlying theoretical assumptions and provide testable hypotheses. This reveals the benefit proposals of the reference model, and thus fosters the academic and practical evaluation of reference models.

### 2.1 Characteristics of Design Theories

Designing and developing new information systems, e.g. to improve business processes by automation or to enable new ways of doing business is an integral part of work for both IS researchers and IS practitioners [HMPR04; Mert95; Wiss94]. Therefore, one of the pivotal research objectives of IS researchers is to provide theories and practical guidance on facilitating efficient and effective design of information systems. Grounding on the seminal paper by Walls et al. [WaWE92] various authors have used the construct of design theories as a vehicle for capturing and formulating design principles that describe how information systems should be build [MaMG02]. In the following, we will highlight only the main aspects of design theories that are required for our line of argumentation<sup>1</sup>.

*In the context of design research, designing artifacts means to develop and enhance theories.* Generally, the process of design is understood as planning, specifying, and subsequently implementing artificial artifacts [Simo69]. As design research aims at solving problems [HMPR04], the central focus of design science is to support the specification of future artifacts, e.g. new kinds of information systems [Fran97; Fran98a; WaWE92]. Thus, design "...is a set of hypotheses, and ultimately can be proven only by construction of the artifact it describes. The feasibility of a design can, however, be supported by scientific theory to the extent that the design embodies principles of the theory" [WaWE92, p. 38]. Hence, formulating design specifications can be seen as the same process of formulating theories.

*Design theories are prescriptive and thus goal-oriented.* In contrast to the explanatory and predictive nature of theories in natural science, theories in design science are of prescriptive nature. As design theories aim at providing guidance on how to solve a specific problem: "if acted upon, [they] will cause an artifact of a certain type to come into being" [Greg06, p. 619]

---

<sup>1</sup> Detailed discussion of design theories is provided in [MaMG02; WaWE92] and the referenced literature there.

Design theories prescribe certain design principles that will lead to applications, which are more effective.

*Design theories build upon kernel theories.* As the designed artifacts are going to be deployed in a certain environment, the ability of attaining the goals is determined by the governing natural and social laws of that environment. Thus, Walls et al. argue that developing design theories requires considering existing theories, e.g. explanatory, predictive and normative theories from natural or social sciences: “The prescriptive plane provides the common ground for integrating these different types of theories” [WaWE92, p. 41]. Hence, design theories are composite theories, as they rely on theories, e.g. predictive theories [Greg06; WaWE92]. The constraints and intended applications of these underlying theories influence the properties of the resulting artifact and provide the base for evaluating the quality of the artifacts and thus the design theory itself.

*Design theories prescribe both the artifact and the process of creating that artifact.* Besides defining the properties of the intended artifacts, Walls et al. state that design theories should incorporate the process of designing the artifact. They argue that natural and social laws of the environment also determine the process of designing the artifact. Thus, the design process heavily influences the design result – the artifact [WaWE92].

## 2.2 Structure of Design Theories

Design theories consist of two components: the *design product* component specifies the properties the artifact has to possess to meet certain requirements, as well as propositions on how to test the quality of this relationship. The *design process* component describes the process that is required to design an artifact in the way that it meets the stated requirements [WaWE92]. The first component *design product* consists of four elements [WaWE92]: In the element *class requirements* the design theory developer specifies the problem and subsequently the goals the design theory is supposed to solve and attain. In the element *class design*, the theory developer specifies the structural and functional properties and characteristics of the intended artifact<sup>2</sup>. The element *kernel theories* specifies existing theories, e.g. from social science or mathematics, that constraint or support statements made in the class-design section. The final element of the

---

<sup>2</sup> Walls et al. use the prefix *meta* for requirements and design to denote that both aspects refer to a class of artifacts instead of a specific artifact (e.g. retail information systems versus the retail information system for company ABC) [WaWE92]. We argue, that using the prefix *meta* is misleading as both elements refer to an instantiation relationship [Stra96]. Thus, in the remainder of this paper we will refer to both sections as class requirements and class design.

design product component is a collection of *testable hypotheses* that allow evaluating the capability of the class design to meet the class requirements. Overall, the component design product specifies the class of artifacts the design theory proposes to facilitate.

The second component *design process* consists of three elements [WaWE92]: The element *design method* is specifying the process of designing the intended artifact from the class design in a way that the artifact meets the specified requirements. The element *kernel theories* again refers to existing theories that determine or influence the design process. The element *testable design process hypotheses* refer to propositions that can be derived from the design process and their underlying kernel theories and allow evaluating whether applying the design method results in the intended artifacts.

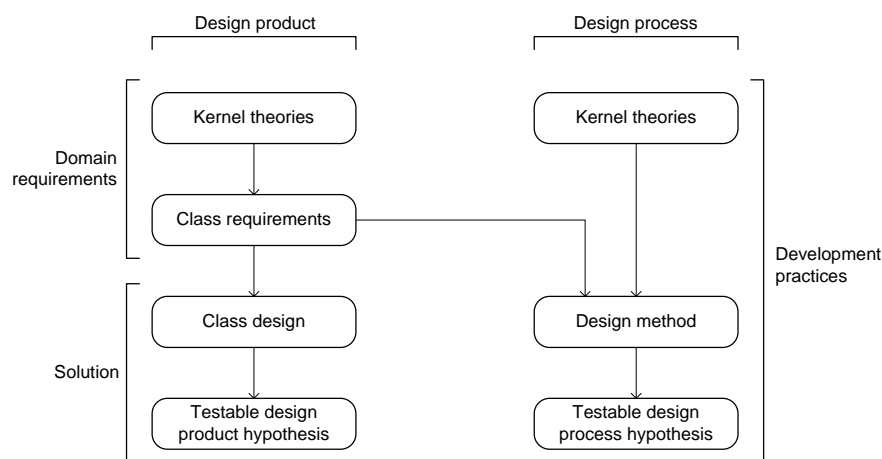


Figure 2: Structure of design theories (according to [MaMG02; WaWE92])

Overall, as Figure 2 shows, design theories capture design knowledge and experiences on both the artifact and the construction process. Design theories are the composition of “...user requirements, a type of system solution (with distinctive features), and a set of effective development practices” [MaMG02, p. 180].

### 2.3 Benefits of the Structure of Design Theories for Evaluating Reference Models

Design theories provide a framework for design solution proposals in a theoretical and testable way. We argue that by adopting the framework of design theories for reference models we can realize the following benefits:

- *Design theories require the specification of kernel theories when constructing reference models.* Current reference models often do not reveal their underlying theoretical assumption [BePf06]. Thus, adopting the design theory framework

requires reconstructing or disclosing underlying assumptions of the reference models.

- *Design theories provide a framework to reformulate reference models as testable hypotheses.* Design theories result in testable hypotheses that provide the foundation of empirical research on reference models, their utility, and their usage [FeLo04a; WaWE92]. Thus, applying the idea of design theories to reference models facilitate the reconstruction of reference models as genuine theories of IS research.
- *Design theories provide the concept of design principles that guide choosing and adapting reference models.* Design principles can be used to group connected requirements to coherent units that propose a certain utility. By enabling references, e.g. dependencies between design principles [WaWE92] one can identify immutable design principles of reference models. Here, reference models may restrict the adaptations.

In sum, the answer to our first research question is that design theories provide the framework for (re)constructing testable reference models.

### **3 (Re)constructing Reference Models as Design Theories**

To facilitate the reconstruction process we apply Alexander's pattern approach [Alex73].

#### **3.1 Patterns in the Context of Reference Models**

Alexander's foundational conceptualization of design is that good design solution resolves perceived misfits in a context [Alex73]<sup>3</sup>. To facilitate good design, design requirements are deconstructed in a hierarchical way. A certain aspect of design solution will meet each requirement. The general solution is the combination of all solutions. Overall, the main argument is that design issues can be solved by combining coherent and rather independent solutions to specific problems [Alex73]. These coherent solutions are called *patterns* [Alex73; Alex79]. A pattern generally comprises the following elements [Schu03]: the *context* comprises

---

<sup>3</sup> Alexander's ideas refer to design issues in the field of architecture. However, the notion of patterns has been applied to many areas in various disciplines, especially information systems development [GHJV94; Schu03].

causes which lead to the problem described in a pattern and the conditions under which the problem occurs. The context should support assessing the relevance of a pattern [BMRS98]. The *problem* describes contradictions causing the perceived misfits in the context of the pattern. These aspects of the pattern problem section are often called forces [BMRS98]. The next section of a pattern explains the proposed *solution* by dissolving the forces described before. An illustration of consequences of applying the pattern is given as well [BMRS98]. The closing section of a pattern is composed of *references* to related patterns [Schu03]. In sum, a pattern represents a complex structure of knowledge from an application-oriented perspective. The goal of patterns is to explicate experiences and established expert knowledge [Schu03]. As patterns are rarely used independently, Alexander broadens the pattern idea to a system of interrelated patterns that he called *pattern language* [Alex79]. The semantic power of such pattern languages is determined by the references between patterns, which consequently allow capturing solutions for more complex problems [Schu03].

*What is the benefit of applying the idea of patterns for reconstructing reference models?* Reference models tend to be very complex [BDKK02; BeSc04; Sche98]. Furthermore, reference models generally focus on providing complete design proposals that have to be adapted. Patterns are coherent entities that describe a solution to a specific problem in the sense of design principles as proposed by [MaMG02]. Decomposing reference models into patterns enables identifying the design principles formulated by the reference model. Hence, reconstructing the reference model as pattern language allows reformulating the reference model as a set of design principles and thus forming a design theory [MaMG02]. Such theorized reference models allow evaluating each design principle (i.e. construct of the pattern language) separately and thus derive more concise and elementary evaluation objectives. Furthermore, the idea of pattern languages facilitates reconstructing dependencies between different elements of a reference model and thus supports the identification of core elements. By stating consequences when applying the pattern's solution, the pattern concept facilitates explaining the impact of applying a pattern as well as formulating hypotheses on the benefit of the pattern.

### **3.2 (Re)construction Framework**

Overall, the pattern approach facilitates reconstructing reference models as design theories. Based on the concept of patterns we can now develop a framework for reconstructing reference models. This framework is depicting the elements that are required for the reconstruction process. Thus, the framework ensures that a reconstruction process leads to design principles as

required by [MaMG02]. As depicted in Figure 3 the basic structure of theorized reference models is derived from the structure of design theories as proposed by Walls et al. [WaWE92]. A *theorized reference models* consists of *patterns*. These patterns have references to each other and thus form a pattern language. We introduce the reference types *prerequisite* and *specialization*. Please note that these references can point to external design principles as well. A pattern consists of a *context*, a *problem*, and a *solution*. The context refers to kernel theories that apply to the specific pattern.

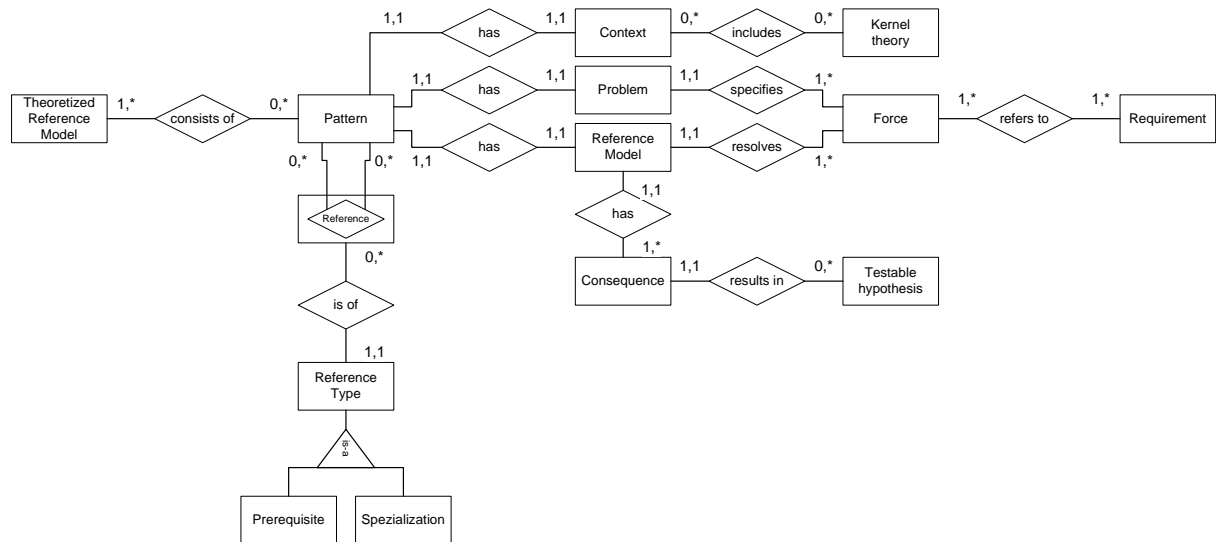


Figure 3: Structure of theorized reference models (according to [Alex79; WaWE92])

Furthermore, figure 3 reveals that it is not required to assign kernel theories. Walls et al. argue that in information systems it might not be possible to identify appropriate kernel theories [WaWE92]. Hence, Markus et al. broaden the definition of kernel theory to include practitioner theories-in-use, e.g. [SaLe02] and theory candidates. The problem analyzes *forces* that are the result of user *requirements*. The *reference model* (or a specific part of it) resolves these forces and has certain *consequences* when applying it. These consequences, either good or bad, are the basis for *testable hypotheses*.

The process of constructing patterns can be found e.g. in [Köhn05; Schu03]. Please note that the concept of patterns can also be used to describe common analysis and design processes, as explained in e.g. [Köhn05]. Thus, patterns can also be used to describe the design process section of design theories.

In sum, this framework for theorized reference models combines the proposed structure of design theories and patterns and guides the reconstruction process. Thus, we have answered research question two on how to facilitate the process of reconstruction.

## 4 Demonstration: Reconstruction of the SDM Reference Model

In this section we demonstrate our approach on the Service Data Management (SDM) reference model that has been developed by the authors [BWFK04]. We use the SDM reference model, since we are fully aware of the underlying objective and the intended applications and do not rely on interpretations. Hence, we hope to formulate a more accurate reconstructed reference model.

### 4.1 Introduction to the SDM Reference Model

The IT services industry will likely have a worldwide market volume of about US\$ 760bn. by 2009 [HDLA05]. As IT services (i.e. services that rely on information technology) become more complex, systematic development and efficient delivery of IT services is an important challenge [BuSG03]. IT service providers face challenges similar to that of industrial enterprises: establishing an integrated management of services throughout their lifecycle across different stages of the service value chain [DaJY05]. Hence, an integrated view on all aspects of service engineering and delivery is needed. We call this view service data management [Böhm04; BWFK04]. The objective of the SDM reference model is to capture data structures for service data management.

### 4.2 The SDM Reference Model as Design Theory

Figure 4 summarizes three fundamental aspects<sup>4</sup> of the SDM reference model and depicts them as patterns: the *Service Architecture*, the *Service Module*, and the *Service Level Agreement*. These patterns form the design principles of our design theory. The following tables show these design principles in detail.

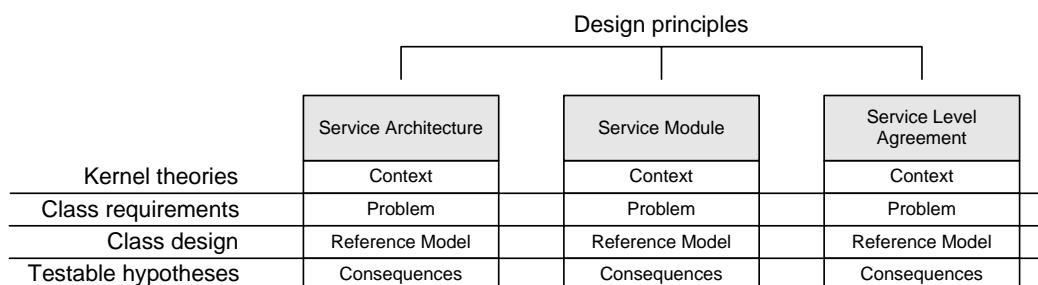


Figure 4: The SDM patterns in the light of the categories of design theories

<sup>4</sup> A more detailed description of the patterns, especially of the section reference model, would go beyond the scope of this paper.



Service Architecture	
Context (with theoretical references)	Similar to industrial products, IT services are complex systems of various functionalities that are provided by many internal organization units and sub-providers. In industrial production industry, product architectures are used to componentize product elements [Sche98] and thus reduce coordination costs [Coas37]. This idea also has been transferred to software engineering [PoBL05].
Problem (with forces)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mass-customization for IT services [Böhm04] requires standardized service elements that can be combined.</li> <li>• Many stakeholders, e.g. marketing, sales, and engineering, have different views on IT services.</li> <li>• Especially managing long-term IT services requires considering existing service contracts and their impact on the service infrastructure.</li> </ul>
Reference Model	<pre> classDiagram     class ServiceArchitecture[Service Architecture]     class Service     class Catalogue     class Product     class ConfigurationBase[Configuration Base]     class Configuration      ServiceArchitecture "1,1" -- "0,*" Service : consists of     Catalogue "0,*" -- "1,1" ServiceArchitecture : has     Product "0,*" -- "1,*" Service : is in     ConfigurationBase "0,1" -- "1,1" Catalogue : has     Configuration "0,*" -- "0,*" Product : instantiated by     ConfigurationBase "1,1" -- "0,*" Configuration : consists of     </pre>
Consequences (testable hypotheses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The differentiation in architecture, catalogue, and configurations reduces coordination costs between stakeholders in IT service engineering and delivery.</li> <li>• Service architectures allow mass customization of IT services.</li> <li>• Service architectures enable tracking of impacts of possible changes in the service capabilities.</li> </ul>
References	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Product Architectures, e.g. [Sche98] (external prerequisite)</li> <li>• Service Module (prerequisite)</li> </ul>

Table 1: The pattern Service Architecture

Service Module	
Context (with theoretical references)	Modern IT services are complex sets of functionalities and rely on technical, organizational, and human resources. Thus, services can be characterized as complex systems [Bung77; Ropo79]. Efficient management of such complex systems requires mechanisms to reduce complexity [BaCl00].
Problem (with forces)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decomposing service functionality requires describing visible and accessible characteristics.</li> <li>• The dependencies between service functionalities have to be identified and documented.</li> </ul>

Reference Model	
Consequences (testable hypotheses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IT service can be decomposed in service modules [Böhm04]</li> <li>• It is possible to develop standardized definitions of IT services by specifying an interface.</li> <li>• It is possible to develop service products from standardized service module interfaces.</li> </ul>
References	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meta-model of BWB-constructs [RoGr02] (external prerequisite)</li> </ul>

Table 2: The pattern Service Module

Service Level Agreement	
Context (with theoretical references)	Efficient service delivery has to provide the contracted service functionality at the agreed quality [BuSG03; StMJ00]. However, services generally do not exhibit characteristics that customers can inspect prior to acquiring a service [Böhm04]. Furthermore services rely on the integration of external factors, e.g. input of the service customer [Burr04].
Problem (with forces)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration of external factors requires definition of responsibilities of service provider and service client.</li> <li>• Contracting services require defining the outcome of the service contract.</li> <li>• As services change over time, the quality definitions have to change as well.</li> <li>• Services have various states that result in different quality requirements.</li> </ul>
Reference Model	
Consequences (testable hypotheses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Service quality can be described as a set of objectives that are measured and assigned to specific parties.</li> <li>• It is possible to measure each service quality criterion.</li> <li>• All types of IT services have distinct states, e.g. maintenance, operating, etc.</li> </ul>
References	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web Service Level Agreements [LKDK03] (external prerequisites)</li> </ul>

Table 3: The pattern Service Level Agreement

### 4.3 Implications for evaluating reference models

We have proposed design theories as a suitable framework for reconstructing reference models to facilitate the evaluation and thus to enhance the benefit and utility of reference models. So, what benefits can be derived from the example for evaluating reference models?

- Decomposing the reference model into coherent patterns reduces the complexity. Patterns can be evaluated individually by testing the provided hypotheses. As said in the example, the modularization of IT service has already been applied successfully in [Böhm04]. Thus, this hypothesis has been substantiated.
- Referring to existing theoretical foundations, i.e. kernel theories, in the context section allows reference model constructors to reveal underlying assumptions. Furthermore, the context describes intended applications of the specific pattern.
- The references between patterns help to analyze the immutable core (prerequisite patterns) and guide reference model adaptation and configuration. The patterns show existing links to other reference models and hence help to avoid double work [FeLo04b].
- Patterns can be applied individually and reduce the overhead of learning and adaptation. Thus, the individual utility can be determined more easily.
- Results from evaluating design principles will lead to local changes in the patterns. Thus, our approach facilitates the incremental enhancement of reference models.

Overall, reconstructing reference models as design theories based on the pattern idea provide a beneficiary framework for constructing and evaluating reference models.

## 5 Conclusion, Limitations, and Outlook

In this paper we have proposed the reconstruction of references models as IS design theories [WaWE92] to substantiate reference models as innovative research outcomes by providing a theoretical and practical foundation for evaluating reference models. To support the reconstruction, we have applied the pattern approach to facilitate formulating the reference models as set of design principles. By the example of the SDM reference model, we have demonstrated the feasibility and utility of reconstructing reference models as design theories.

However, our approach has some limitations:

- We could not identify any patterns describing the design process yet, which is necessary to formulate a complete design theory. Existing approaches on how to use reference models could be analyzed and adapted for the specific requirements of the IT service industry.
- The reconstruction process either has to be done by the authors or relies on the capability of interpreting information models and associated documentation. Here recent research on collaborative reference modeling and “open models” could be applied [Broc04; KoSF06].
- The pattern approach does not support multiple perspectives on reference models [BDKK02; BeDK04]. However, this shortcoming has already been identified in the pattern community and various solutions have been proposed, e.g. as discussed by [Köhn05].
- Managing theorized reference models requires efficient management of their patterns. Approaches for version management of reference models could be combined with approaches for managing pattern languages [Cunn05; Thom06].

Despite these limitations, we conclude that reconstructing reference models as design theories is a promising approach that can foster both the academic and practical utility of reference models. Thus, our future work will include providing tool support for reconstructing reference models as well as addressing the above-mentioned limitations.

## References

- [Alex73] *Alexander, C.:* Notes on the Synthesis of Form. 7 ed., Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass. 1973.
- [Alex79] *Alexander, C.:* The timeless way of building. Oxford University Press, New York 1979.
- [BaCl00] *Baldwin, C.Y.; Clark, K.B.:* The power of modularity. MIT Press, Cambridge, Mass. 2000.
- [BDKK02] *Becker, J.; Delfmann, P.; Knackstedt, R.; Kuropka, D.:* Konfigurative Referenzmodellierung. In: *Becker, J.; Knackstedt, R. (Eds.): Wissensmanagement mit Referenzmodellen: Konzepte für die*

Anwendungssystem- und Organisationsgestaltung. Physica-Verlag, Heidelberg 2002, pp. 25-144.

- [BeDK04] *Becker, J.; Delfmann, P.; Knackstedt, R.:* Konstruktion von Referenzmodellierungssprachen: Ein Ordnungsrahmen zur Spezifikation von Adaptionsmechanismen für Informationsmodelle. In: *Wirtschaftsinformatik 46* (2004) 4, pp. 251-264.
- [BeKn02] *Becker, J.; Knackstedt, R. (2002).* *Referenzmodellierung 2002: Methoden - Modelle - Erfahrungen* (90). Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Wirtschaftsinformatik.
- [BePf06] *Becker, J.; Pfeiffer, D.:* Konzeptionelle Modellierung: Ein wissenschaftstheoretischer Forschungsleitfaden. In: *Lehner, F.; Nösekabel, H.; Kleinschmidt, P. (Eds.):* Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006. GITO, Berlin 2006, pp. 3-19.
- [BeSc04] *Becker, J.; Schütte, R.:* *Handelsinformationssysteme*. 2 ed., Redline Wirtschaft, Frankfurt am Main 2004.
- [BMRS98] *Buschmann, F.; Meunier, R.; Rohnert, H.; Sommerlad, P.; Stal, M.:* *Pattern-orientierte Software-Architektur: Ein Pattern-System*. Addison-Wesley-Longman Verlag, Bonn 1998.
- [Böhm04] *Böhm, T.:* *Modularisierung von IT-Dienstleistungen - Eine Methode für das Service Engineering*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2004.
- [BöSK06] *Böhm, T.; Schermann, M.; Krcmar, H.:* Application-Oriented Evaluation of the SDM Reference Model: Framework, Instantiation and Initial Findings. In: *(Eds.): Referenzmodellierung 2006 in conjunction with Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006 (MKWI '06) 2006*. Passau, Germany.
- [Broc04] *vom Brocke, J.:* Internetbasierte Referenzmodellierung - State-of-the-Art und Entwicklungsperspektiven. In: *Wirtschaftsinformatik 46* (2004) 5, pp. 390-404.
- [Bung77] *Bunge, M.:* *Ontology I: The furniture of the world*. (Bd. 3), Reidel, Dordrecht 1977.
- [Burr04] *Burr, W.:* *Chancen und Risiken der Modularisierung von Dienstleistungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht*. 2004.

- [BuSG03] *Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W.; Grieble, O.:* Service Engineering: Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. Springer, Berlin 2003.
- [BWFK04] *Böhmman, T.; Winkler, T.; Fogl, F.; Krcmar, H.:* Servicedatenmanagement für IT-Dienstleistungen: Ansatzpunkte für ein fachkonzeptionelles Referenzmodell. In: *Becker, J.; Delfmann, P. (Eds.):* Referenzmodellierung: Grundlagen, Techniken und domänenbezogene Anwendung. Physica, Heidelberg 2004, pp. 99-124.
- [Coas37] *Coase, R.H.:* The Nature of The Firm. In: *Economica New Series* 4 (1937), pp. 386-405.
- [Cunn05] Cunningham, W. (2005). Portland Pattern Repository. <http://c2.com/ppr/>, Accessed: 2005-Oct-27.
- [DaJY05] Da Rold, C.; Jester, R.; Young, A. (2005). *The Future of Outsourcing* (Gartner Research Report). Stamford, CT, USA: Gartner Inc.
- [FeLo03b] *Fettke, P.; Loos, P.:* Multiperspective Evaluation of Reference Models - Towards a Framework. In: *(Eds.):* International Workshop on Conceptual Modeling Quality (IWCMQ'03) 2003. Chicago, Illinois, pp. 80-91.
- [FeLo04a] *Fettke, P.; Loos, P.:* Referenzmodellierungsforschung. In: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 46 (2004) 5, pp. 331-340.
- [FeLo04b] *Fettke, P.; Loos, P. (2004). Systematische Erhebung von Referenzmodellen - Ergebnisse einer Voruntersuchung* (Working Paper 19). Mainz: Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und BWL, ISYM - Information Systems & Management, Johannes Gutenberg-Universität.
- [Fran00] *Frank, U.:* Modelle als Evaluationsobjekt: Einführung und Grundlegung. In: *Häntschel, I.; Heinrich, L.J. (Eds.):* Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik. Oldenbourg, München 2000, pp. 339-352.
- [Fran97] *Frank, U.:* Erfahrung, Erkenntnis und Wirklichkeitsgestaltung: Anmerkungen zur Rolle der Empirie in der Wirtschaftsinformatik. In: *Grün, O.; Heinrich, L.J. (Eds.):* Wirtschaftsinformatik: Ergebnisse empirischer Forschung. Springer, Berlin 1997, pp. 21-35.

- [Fran98a] *Frank, U.:* Die Evaluation von Artefakten: Eine zentrale Herausforderung der Wirtschaftsinformatik. In: (Eds.): Workshop Evaluation und Evaluationsforschung in der Wirtschaftsinformatik 1998. Linz, Austria.
- [GHJV94] *Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; Vlissides, J.:* Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts 1994.
- [Greg06] *Gregor, S.:* The Nature of Theory in Information Systems. In: MIS Quarterly 30 (2006) 3, pp. 611-642.
- [HDLA05] *Hale, K.; De Souza, R.; Lo, T.; Adachi, Y. (2005).* *Forecast: IT Services, Worldwide, 2005-2009* (Gartner Research Report): Gartner Inc.
- [HMPR04] *Hevner, A.R.; March, S.T.; Park, J.; Ram, S.:* Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly 28 (2004) 1, pp. 77-105.
- [Köhn05] *Köhne, S. (2005).* *Didaktischer Ansatz für das Blended Learning: Konzeption und Anwendung von Educational Patterns.* Dissertation, Universität Hohenheim.
- [KoSF06] *Koch, S.; Strecker, S.; Frank, U.:* Conceptual Modelling as a New Entry in the Bazaar: The Open Model Approach. In: *Damiani, E.; Fitzgerald, B.; Scacchi, W.; Scotto, M.; Succi, G. (Eds.):* Second International Conference on Open Source Systems (OSS) 2006. Como, Italy.
- [LKDK03] *Ludwig, H.; Keller, A.; Dan, A.; King, R.P.; Franck, R. (2003).* *Web Service Level Agreement (WSLA) Language Specification 1.0.*
- [MaMG02] *Markus, M.L.; Majchrzak, A.; Gasser, L.:* A Design Theory for Systems that support emergent Knowledge Processes. In: MIS Quarterly 26 (2002) 3, pp. 179-212.
- [Mert95] *Mertens, P.:* Wirtschaftsinformatik: von den Moden zum Trends. In: *König, W. (Eds.):* Wirtschaftsinformatik '95: Wettbewerbsfähigkeit, Innovation, Wirtschaftlichkeit. Physica-Verlag, Heidelberg 1995, pp. 25-64.
- [PoBL05] *Pohl, K.; Böckle, G.; Linden, F.v.d.:* Software product line engineering: foundations, principles, and techniques Springer, Berlin 2005.

- [RoGr02] *Rosemann, M.; Green, P.:* Developing a meta model for the Bunge-Wand-Weber ontological constructs. In: *Information Systems 27* (2002), pp. 75-91.
- [Ropo79] *Ropohl, G.:* Eine Systemtheorie der Technik: zur Grundlegung der allgemeinen Technologie. Carl Hanser Verlag, München 1979.
- [SaLe02] *Sarker, S.; Lee, A.S.:* Using a Positivist Case Research Methodology to Test Three Competing Theories-In-Use of Business Process Reengineering. In: *Journal of the Association for Information Systems 2* (2002) 7, pp. 1-74.
- [Sche98] *Scheer, A.-W.:* Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 2 ed., Springer, Berlin 1998.
- [Schu03] *Schumacher, M.:* Security engineering with patterns: origins, theoretical models, and new applications. Springer, Berlin 2003.
- [Simo69] *Simon, H.A.:* The Sciences of the Artificial. The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, USA 1969.
- [StMJ00] *Sturm, R.; Morris, W.; Jander, M.:* Foundations of Service Level Management. Indianapolis, SAMS 2000.
- [Stra96] *Strahringer, S.:* Metamodellierung als Instrument des Methodenvergleichs: Eine Evaluierung am Beispiel objektorientierter Analysemethoden. Shaker, Aachen 1996.
- [Thom06] *Thomas, O.:* Version Management for Reference Models: Design and Implementation. In: (*Eds.*): Referenzmodellierung 2006 in conjunction with Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006 (MKWI '06) 2006. Passau, Germany.
- [WaWE92] *Walls, J.G.; Widmeyer, G.R.; El Sawy, O.A.:* Building an Information System Design Theory for Vigilant EIS. In: *Information Systems Research 3* (1992) 1, pp. 36-59.
- [Wiss94] *Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik:* Profil der Wirtschaftsinformatik. In: *WIRTSCHAFTSINFORMATIK 36* (1994) 1, pp. 80-81.



# Modellbasierter Entwurf strukturanaloger Architekturen auf Basis der Partitionierung von Graphen

Stephan Aier

Institut für Wirtschaftsinformatik  
Universität St.Gallen  
[stephan.aier@unisg.ch](mailto:stephan.aier@unisg.ch)

Marten Schönherr

Institut für Wirtschaftsinformatik und quantitative Methoden  
Technische Universität Berlin  
[mschoenherr@sysedv.tu-berlin.de](mailto:mschoenherr@sysedv.tu-berlin.de)

## Abstract

In großen Unternehmen treffen hohe Komplexität auf die Forderung nach hoher Flexibilität, um Produkte und Prozesse den sich schneller ändernden Anforderungen anpassen zu können. Informationssysteme stellen dabei einen unterstützenden, gleichzeitig aber auch einen hemmenden Faktor dar, da sie oft weniger schnell verändert werden können, als die durch sie unterstützten Prozesse. Da die Abhängigkeiten zwischen Prozessen und IT, die gemeinsam die Unternehmensarchitektur bilden, in der Summe zunehmen, liegt die Aufgabe des Architekturmanagements darin, nachhaltige Strukturen zu schaffen. Ein Ansatz zur Erreichung dieses Ziels kann die Modularisierung der Architektur unter Berücksichtigung der Abhängigkeiten zwischen Prozessen und IT sein. Dieser Beitrag zeigt, wie die Partitionierung von Graphen durch Clusteringalgorithmen hilft, solche Module in bestehenden Architekturen zu identifizieren.

## 1 Problemstellung

Die IT-Systemlandschaften der meisten großen Unternehmen haben heute eine Komplexität erreicht, die nur noch schwer zu beherrschen ist. Gleichzeitig soll die IT sich immer schneller ändernde Geschäftsprozesse unterstützen. Um solche komplexen Unternehmensarchitekturen als Gesamtheit von Organisationsstrukturen, Geschäftsprozessen und IT-Systemen effizient

managen zu können, werden unter anderem verschiedene Technologien prozessorientierter IT-Systemintegration wie beispielsweise Enterprise Application Integration (EAI) oder Serviceorientierte Architekturen (SOA) diskutiert. Neben diesen Technologien sind vor allem Methoden für die Gestaltung komplexer Unternehmensarchitekturen von Bedeutung.

Ein mögliches Gestaltungsziel für Unternehmensarchitekturen, welches durch die Diskussion über SOA wieder stärker in den Mittelpunkt gerückt ist, ist die Modularisierung. Es bleibt jedoch oft unklar, nach welchen möglichst generischen Kriterien Module zu bilden sind. Dies gilt für technische wie für fachliche Aspekte. Die hier entwickelte Methode wendet Clusteringalgorithmen an, um in einer bestehenden, komplexen Unternehmensarchitektur latent vorhandene Module zu identifizieren. Die Algorithmen arbeiten auf Basis eines Enterprise Architecture Modells, welches insbesondere Aspekte der prozessorientierten Systemintegration abbildet. Durch die auf formalen Modellen basierende ganzheitliche Sichtweise auf Geschäftsprozesse und IT-Systeme sollen Architekturmodule identifiziert werden, die als Basis für eine nachhaltige Unternehmensarchitektur dienen. Dazu wird im folgenden Abschnitt kurz unser Verständnis von Unternehmensarchitekturen dargestellt, da es die Grundlage für das folgende Architekturmodell und die Architekturgestaltung bildet. Daran anschließend werden Gestaltungsansätze für nachhaltige Architekturen beschrieben, um dann unseren Architektur- und Clusteringsansatz sowie dessen technische Implementierung darzustellen.

## **2 Verständnis der Unternehmensarchitektur**

Der Begriff der *Unternehmensarchitektur* (Enterprise Architecture, EA) ist zentraler Bestandteil dieses Beitrags. Sowohl unsere Gestaltungsvorschläge für Unternehmensarchitekturen als auch die technische Implementierung für die Modellierung und Analyse dieser Architekturen bauen darauf auf. Darum wird im Folgenden ein Überblick über das zugrunde liegende Architekturverständnis gegeben.

Verkürzt kann eine Architektur als eine abstrakte, ganzheitliche Betrachtung von Strukturen und Mustern mit Planungscharakter aufgefasst werden [Bas<sup>+</sup>03, S. 19 ff.]. Architekturen sind in der Regel das Ergebnis eines Planungsprozesses und stellen nach ihrer Definition selbst einen Masterplan für die ganzheitliche Realisierung zukünftiger Maßnahmen dar.

Diese allgemeinen Charakteristika lassen sich auf die Gestaltung von Unternehmen anwenden und werden so zur Unternehmensarchitektur. Unter einer Unternehmensarchitektur wird das

Zusammenwirken organisatorischer, technischer und psychosozialer Aspekte bei der Planung und Entwicklung betrieblicher soziotechnischer Informationssysteme verstanden [Gron03, S. 45]. Im Folgenden sollen vor allem die organisatorische und die technische Dimension der Unternehmensarchitektur erläutert werden. Dazu werden die Begriffe *Organisationsarchitektur* und *IT-Architektur* verwendet (Abbildung 1).

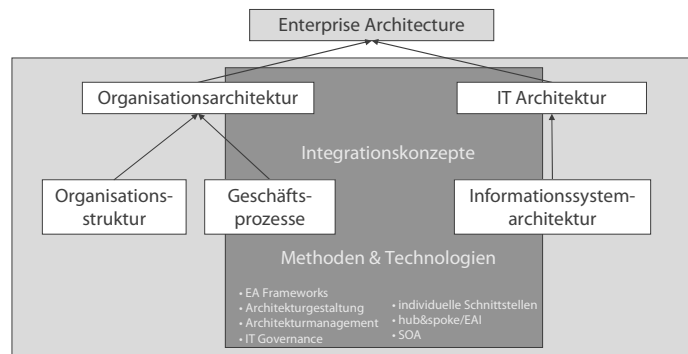


Abbildung 1: Bestandteile der Unternehmensarchitektur

Die *Organisationsarchitektur* enthält alle nichttechnischen Bestandteile der Unternehmensarchitektur und kann mit dem instrumentalen Organisationsbegriff verglichen werden, der die Gesamtheit aller generellen expliziten Regelungen zur Gestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation umfasst [Blei91, S. 35]. Entsprechend wird die Organisationsarchitektur hier in die Organisationsstruktur und die Geschäftsprozesse unterschieden.

Komplementär zur Organisationsarchitektur steht die *IT-Architektur*. Sie umfasst alle technischen Bestandteile der Unternehmensarchitektur. Insbesondere beinhaltet sie die technischen Informationssysteme, welche ihrerseits eine eigene Architektur, die Informationssystemarchitektur, aufweisen. In der Literatur sind die Begriffe Organisationsarchitektur und IT-Architektur häufig verwendet, jedoch meist anders definiert. Abhängig von der fachlichen Herkunft des Autors umfasst die Organisationsarchitektur auch technische Komponenten [Nad<sup>+</sup>94] bzw. die IT-Architektur auch organisatorische Fragestellungen [Krcm90]. Im Folgenden sollen jedoch beide Bereiche separat und somit bezogen auf ihre Bedeutung gleichwertig betrachtet werden.

Die Aufgabe von *Integrationskonzepten* besteht zum einen darin, die technischen Komponenten der Architektur technisch zu verbinden, zum anderen dienen Integrationskonzepte zur konzeptuellen Zusammenführung von technischen Elementen mit den Elementen der Organisation – was oft unter dem Begriff Business-IT-Alignment diskutiert wird [WiLa06]. Zur Bewältigung dieser Integrationsaufgabe bedarf es *Technologien* – wie EAI oder SOA – und *Methoden*. Letztere stehen im Mittelpunkt dieses Beitrags.

### 3 Gestaltungsansätze nachhaltiger Unternehmensarchitekturen

Im folgenden Abschnitt sollen im ersten Teil das Konzept der intern orientierten Nachhaltigkeit dargelegt werden, um dann die Strategie der strukturellen Analogie und die Modularisierung als Gestaltungsansätze nachhaltiger Unternehmensarchitekturen abzuleiten. Dabei handelt es sich um die Fortführung der in [AiDo04; AiDo05] dargestellten Ansätze. Diese bilden in der Folge die Grundlage für die Modellierung, Analyse und Optimierung von Unternehmensarchitekturen.

#### 3.1 Konzept der intern orientierten Nachhaltigkeit

In der Literatur existieren unzählige Definitionen und Konzepte von Nachhaltigkeit. Im Kern steht jedoch das Verständnis, das ein System langfristig nicht mehr Ressourcen verbrauchen darf als neu verfügbar werden. Aus einer Analyse dieser Definitionen lassen sich vier Strategien extrahieren, die im Ergebnis ihrer Anwendung zu mehr Nachhaltigkeit führen sollen. Dies sind die Strategie der Effizienz, die Strategie der Suffizienz, die Strategie der Konsistenz und die Strategie der Partizipation.

Der *Suffizienzstrategie* erhebt die Forderung, durch Verzicht ein ausreichendes Maß an Genügsamkeit zu realisieren und basiert auf der Einsicht, dass es keine Unbeschränktheit gibt, da jedes System Grenzen in Raum und Zeit aufweist [Hube95, S. 40]. Die *Effizienzstrategie* zielt auf die Steigerung der Produktivität, um dadurch Leistungen wirtschaftlich, d.h. mit dem kleinsten möglichen Ressourcenverbrauch zu erstellen. Zentrale Konzepte sind dabei Wiederverwendung und Langlebigkeit. Die *Konsistenzstrategie* hat entweder die vollständige Abschirmung von Systemen von deren Umwelt oder die Sicherstellung deren Verträglichkeit, Stimmigkeit mit dem sie umgebenden (Super-)System zum Ziel [Hube95, S. 41 f.]. Wenn Systeme keine Verbindungen zur umgebenden Umwelt haben, müssen diese Systeme auch nicht mit der Umwelt verträglich sein, da es keine Wirkungsbeziehungen zwischen ihnen gibt. Bestehen jedoch Beziehungen, so wird Konsistenz der Systeme mit ihrer Umwelt gefordert. Die *Partizipationsstrategie* schließlich fordert die Teilhabe, d.h. die Einbindung der von einer Systemgestaltung Betroffenen. Dies ist nötig, um das System zum einen bestmöglich für die „Betroffenen“ zu gestalten und zum anderen, um deren Akzeptanz des Systems sicherzustellen [Gron03, S. 222].

Wird Nachhaltigkeit als ein für die Unternehmung relevantes Thema betrachtet, so geht es meist um die Reduktion negativer externer Effekte auf die Umwelt oder die Gesellschaft (physische und soziale Umwelt) welche durch das Handeln des Unternehmens entstehen [LeSt03, S. 259 f.]. Dies soll im Folgenden als *extern orientierte Nachhaltigkeit* bezeichnet werden. Das hier

zugrunde gelegte Verständnis von Nachhaltigkeit soll vollkommen losgelöst von Themen der Ökologie sein. Vielmehr soll das Ziel der Betrachtung eine unternehmensinterne Sicht der Nachhaltigkeit mit dem primären Ziel der langfristigen, effizienten Unternehmensführung sein [Gron03; Klam00; Scha02]. HAHN/HUNGENBERG definieren das Oberziel einer jeden Unternehmung als Erhaltung und erfolgreiche Weiterentwicklung, als Erfüllung der Individualziele aller an der Unternehmung interessierten Gruppen [HaHu01, S. 13]. Somit kann der hier entwickelte interne Nachhaltigkeitsbegriff als ein Unterziel dieses Oberziels betrachtet werden. Dies soll im Folgenden als *intern orientierte Nachhaltigkeit* bezeichnet werden [AiDo04; AiDo05].

### **3.2 Strategie der strukturellen Analogie von Organisations- und IT-Architektur**

Der Zusammenhang zwischen der Organisation einerseits und der IT andererseits hat in der wissenschaftlichen Literatur große Beachtung erfahren. Trotz der langjährigen Beschäftigung der Wissenschaft mit diesem Thema und den zahlreichen Veröffentlichungen lassen sich jedoch keine absoluten, verallgemeinernden Aussagen zu den Beziehungen zwischen IT und Organisation finden [MaRo88; LeHu98, S. 271 f.]. Das Bestehen monokausaler Zusammenhänge zwischen Organisation und IT wird heute weitgehend verneint. Vielmehr wird angenommen, dass Informationstechnologie eine den Gestaltungsspielraum des Organisators erweiternde Option darstellt – „IT als Enabler“ [Fres00, S. 142 f.]. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass IT ein „Disabler“ für die Veränderung von Organisationsstrukturen und Geschäftsprozessen sein kann, wenn die IT nicht in ausreichendem Maße an die sich stetig verändernden Anforderungen anpassbar wird [Hage03, S. 66].

Um eine Nachhaltigkeit der Unternehmensarchitektur zu erreichen, ist die Berücksichtigung dieser Abhängigkeiten in einer integrierten Gestaltung unabdingbar. Die Strategie der strukturellen Analogie soll die geforderte Stimmigkeit zwischen IT- und Organisationsarchitektur durch ihre strukturähnliche Gestaltung unterstützen [Gron03, S. 216; Wall96, S. 63; AiDo04]. Der Nachhaltigkeitsaspekt der strukturellen Analogie folgt mittelbar aus der Konsistenzstrategie, nach welcher IT- und Organisationsarchitektur in übereinstimmend zu gestalten sind.

IT- und Organisationsarchitekturen sind strukturanalog zueinander, wenn sie in ihren Merkmalsausprägungen weitgehend übereinstimmen. Besonders geeignet für den Strukturvergleich zwischen Organisations- und IT-Struktur erscheinen die Organisationsdimensionen Spezialisierung (Arbeitsteilung), Entscheidungsdelegation (Kompetenzverteilung) und Formalisierung. Eine Möglichkeit zur Realisierung der Strategie der strukturellen Analogie ist die Modularisierung der Unternehmensarchitektur.

### 3.3 Strategie der Modularisierung

Flexibilität ist eine Voraussetzung für nachhaltige Architekturen, da sich nur flexible Architekturen dauerhaft an die Anforderungen ihrer Umwelt anpassen können. Die Forderung der Komplexitätsreduktion entstammt der entscheidungstheoretischen Sicht der Nachhaltigkeit. Danach stellen sich negativ irreversible Entscheidungen vor allem als Problem komplexer Systeme dar, in welchen nicht alle Wirkungen von Entscheidungen zur irreversiblen Ressourcenverwendung erkannt werden können [Krca03, S. 23 f.]. Nachfolgend wird gezeigt, warum modulare Architekturen prinzipiell nachhaltig sein können. In Anlehnung an die im vorhergehenden Abschnitt beschriebene strukturelle Analogie zwischen Organisation und IT ist der Gedanke der Modularisierung auf beide Domänen anzuwenden (Abbildung 2).

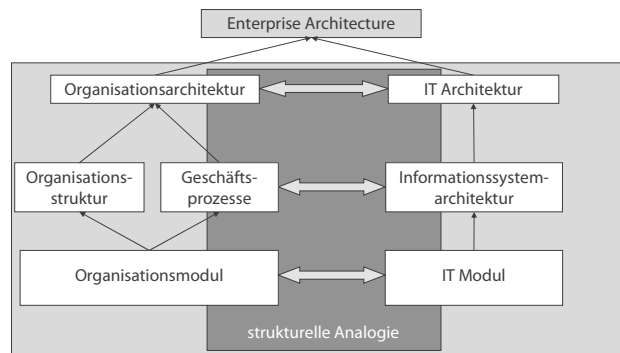


Abbildung 2: Strukturelle Analogie in einer modularisierten Architektur

*Modularisierung* bedeutet allgemein die Strukturierung eines Systems in relativ kleine, teilautonome und überschaubare Subsysteme (Module, Fraktale, Cluster). Die Komplexitätsreduktion ergibt sich dabei aus der Subsystembildung innerhalb des Systems Unternehmung. Die Subsystembildung wirkt komplexitätsreduzierend, da sie zum einen die subsysteminterne Komplexität im Sinne der Kapselung vor der Subsystemumwelt verbirgt, zum anderen durch die Reduktion auf wenige bekannte Schnittstellen eine Entkopplung der Subsysteme im Sinne einer Reduktion von Abhängigkeiten bewirkt. Mit anderen Worten: Komplexität ist systemtheoretisch ein Selektionszwang und Systemdifferenzierung durch Subsystembildung eine Möglichkeit der Selektion zur Verringerung der Komplexität [Stue96, S. 73]. Im Zusammenhang damit steht die Fähigkeit der einzelnen Subsysteme, selbständig zu agieren und sich selbst organisieren zu können. Die Flexibilisierung der Strukturen und damit der Abläufe ergibt sich durch die nun leichtere Rekonfigurationsmöglichkeit der entkoppelten Module über ihre definierten Schnittstellen.

Die wesentliche Frage ist nun, wie in der Praxis Module gebildet werden sollen, die zu einer strukturanalogen Architektur führen. Um die o.g. Ziele einer Modularisierung zu erreichen wird

vorgeschlagen, die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Modulen zu minimieren und die Abhängigkeiten zwischen Elementen innerhalb eines Moduls zu maximieren indem solche Elemente in ein Modul verschoben werden [AiSc03, S. 27 ff.]. Diese allgemein gehaltene Anweisung lässt sich praktisch nicht ohne weitere Unterstützung durch Methoden und Werkzeuge anwenden. Darum wird im folgenden Abschnitt ein Ansatz entwickelt, der mit Clusteringalgorithmen, unter Berücksichtigung bestehender Geschäftsprozesse, IT-Systeme und deren Interaktionen, Module identifiziert.

## 4 Modellierung als Grundlage eines Architektur-Clusterings

Modelle bilden die Basis des Clusterings der Unternehmensarchitektur. Darum wird zuerst der verfolgte Modellierungsansatz vorgestellt. Darauf folgen die Einführung entsprechender Clusteringalgorithmen sowie die Darstellung der prototypischen Implementierung.

### 4.1 Ableitung der Modellierungsnotation

Um Clusteringalgorithmen auf Unternehmensarchitekturen anwenden zu können, müssen die hier relevanten Aspekte der Architekturen in einem Modell abgebildet werden. In unserem Ansatz liegt der Schwerpunkt darauf, prozessorientierte Systemintegration modellieren zu können. Dafür sind mindestens die folgenden Elemente notwendig:

- Geschäftsprozesse, d.h. eine Abfolgen von Aktivitäten (Aufgaben),
- IT-Systeme,
- Relationen, die die Nutzung bestimmter IT-Systeme entlang eines Geschäftsprozesses widerspiegeln,
- und die Beziehungen und Schnittstellen zwischen IT-Systemen entlang eines Geschäftsprozesses.

Wir nennen die Sicht, die durch die Abbildung der IT-System-Beziehungen entlang von Geschäftsprozessen entsteht, *dynamische Sicht*. Sie stellt eine Erweiterung statischer Sichten dar, die oft nur IT-Systeme und deren Beziehungen unabhängig von Geschäftsprozessen abbilden. In statischen Sichten ist nicht zu erkennen, welche IT-System-Schnittstellen entlang der Aus-

fürhungen eines bestimmten Prozesses genutzt werden. Die Abbildbarkeit dynamischer Sichten ist somit eine Voraussetzung für die Modellierung prozessorientierter Systemintegration.

Bei dem Entwurf unseres Modellierungsansatzes war es nicht das Ziel, eine vollständig neue Notation zu entwickeln. Vielmehr bestand das Ziel darin, Unternehmensarchitekturen als Basis für die Anwendung von Clusteringalgorithmen modellieren zu können. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Darstellung der Verknüpfung zwischen Geschäftsprozessen, IT-Systemen und der Integration dieser IT-Systeme entlang der Geschäftsprozesse.

Als Basisnotation für die Modellierung kamen nach der Analyse verschiedener Notationen die Unified Modeling Language (UML) sowie ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) in die engere Auswahl. Beide Notationen unterscheiden sich im Bereich der reinen Prozessabbildung faktisch nur unwesentlich. Die Vorteile der EKP liegen in der Möglichkeit IT-Systeme verschiedenen Prozessschritten zuordnen zu können, sowie in der weiteren Verbreitung bei Fachanwendern. Darüber hinaus lässt sich eine einfache EPK auch automatisiert in ein UML Activity Diagramm transformieren. Die entgegengesetzte Transformation ist zwar auch möglich, jedoch komplexer. Darum wurde als Ausgangspunkt für die Visualisierung die EPK gewählt. Darüber hinaus wurde die Integration verschiedener IT-Systeme in der dynamischen Prozesssicht, sowie in einer statischen IT-Sicht visualisiert. Um in beliebigen Detaillierungsebenen konsistent modellieren zu können, wurden Eingangs- und Ausgangselemente hinzugefügt (Abbildung 3). Ein solches Modell kann auch als Graph bzw. Netzwerk betrachtet werden. Im folgenden Abschnitt wird eine kurze Einführung in die Graphentheorie sowie in die Algorithmen zur Partitionierung von Graphen gegeben, um danach unsere Implementierung dieser Algorithmen für das Clustering von Unternehmensarchitekturen vorzustellen.

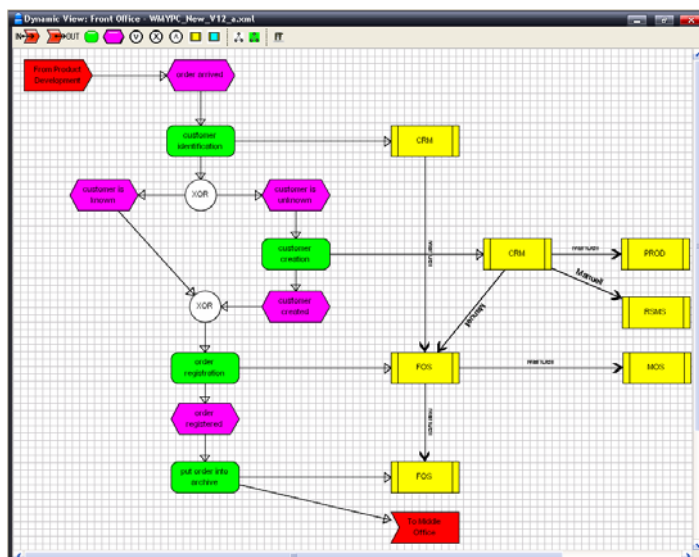


Abbildung 3: Modellierungsnotation auf EPK-Basis



## 4.2 Graphentheorie und Clusteringansätze

Ein *Graph/Netzwerk* besteht aus einer Menge von *Knoten* (vertices)  $V$  und einer Menge von *Kanten* (edges)  $E$ . Im hier vorliegenden Kontext kann das Architekturmodell als Graph aufgefasst werden. Alle strukturell wesentlichen Elemente (Module, Funktionen, IT-Systeme) lassen sich als Knoten und die Verbindungen zwischen diesen Elementen als Kanten abstrahieren. Ereignisse und Operatoren werden nicht in den Graphen übernommen, da sie für eine strukturelle Analyse nur von untergeordneter Bedeutung sind.

Graphen deren Kanten durch Zahlenwerte attribuiert werden, werden *gewichtete Graphen* genannt. Kanten, die einen definierten Anfang und ein definiertes Ende haben, heißen *gerichtete Kanten*. Kanten bei denen das nicht der Fall ist heißen *ungerichtete Kanten*. Die *Entfernung* zwischen zwei Knoten ist definiert als der kürzeste Pfad zwischen diesen. Bei gewichteten Graphen wird oft auch von der *gewichteten Entfernung* gesprochen [OMa<sup>+</sup>05, S. 4 f.]. Ein solches Netzwerk mit  $n$  Knoten lässt sich nun als Nachbarschaftsmatrix  $A$  der Form  $n \times n$  beschreiben.

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{wenn die Knoten } i \text{ und } j \text{ verbunden sind} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (1)$$

In einem gewichteten Netz stellt  $A_{ij}$  das Gewicht der Kante, welche die Knoten  $i$  und  $j$  verbindet, dar. Weiterhin lässt sich der *Grad* (degree)  $k$  eines Knotens  $i$  definieren als die Anzahl der Kanten, die mit diesem Knoten verbunden sind:

$$k_i = \sum_j A_{ij} \quad (2)$$

Die vorliegenden Modelle können in einen solchen Graphen transformiert werden. Dazu ist es zunächst unerheblich, welchem Typ die Elemente entsprechen. Sie werden gleichrangig als Knoten abgebildet. Die Kanten werden als ungerichtete Kanten in den Graphen übernommen, da die Richtungsinformation hier nicht wesentlich für die strukturellen Zusammenhänge ist.

Ein Gestaltungsziel für Architekturen bestand in der Nachhaltigkeit. Zur Umsetzung dieses Ziels wurde eine Modularisierung der Architektur vorgeschlagen. Als die wichtigsten Kriterien für die Modulbildung werden die Minimierung der Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Modulen und die Maximierung der Abhängigkeiten zwischen Elementen innerhalb eines Moduls, im Sinne einer Verschiebung solcher Elemente in ein Modul, vorgeschlagen.

Bereits bei kleineren Ausschnitten einer Architektur, wird die Anwendung einer solchen Vorschrift ohne Werkzeugunterstützung schnell schwer überschaubar. Darum wurde versucht, Algorithmen zu finden und anzuwenden, die aus der Struktur eines Graphen die Zusammengehö-

rigkeit verschiedener Elemente bewerten. Dabei wird von der inhaltlichen Dimension des Modells abstrahiert und ausschließlich die Struktur ausgewertet. Entsprechend des Optimierungsansatzes sollten alle Elemente mit einer hohen Zusammengehörigkeit ein Modul bilden.

Solche Fragestellungen werden unter den Schlagworten *Partitionierung* bzw. *Clustering* von Graphen diskutiert. Ein Cluster ist dabei eine Menge von Elementen, die in der einen oder anderen Form ähnlich zueinander sind [OMa<sup>+</sup>05, S. 18.]. Im hier vorliegenden Fall ergibt sich Ähnlichkeit aus der Tatsache, dass verschiedene Elemente eine gemeinsame Untermenge von Nachbarn haben. Insbesondere in soziologischen Forschungsrichtungen finden Clusteringansätze und netzwerkbezogene Analysen Anwendung wenn es darum geht, Gruppen und Organisationen also soziale Systeme zu analysieren [WaFa99; Scot05].

Girvan/Newman entwickelten ein Clusteringalgorithmus, um Communities in sozialen Netzwerken zu bestimmen. Ein Netzwerk besteht dabei aus einer Menge von Personen (Knoten) die Beziehungen zueinander haben (Kanten). Die Beziehung kann beispielsweise durch das gegenseitige Kennen bestehen. Die Frage ist nun, welche Personen kennen sich in einem Netzwerk direkt und lassen sich diese Personen und die Communities (Cluster) zu denen sie gehören identifizieren [GiNe02, S. 7821]? Abbildung 4 stellt ein solches Netzwerk dar in welchem die Cluster (Communities) hervorgehoben worden sind. Girvan/Newman analysierten bestehende Clusteringalgorithmen nach ihrer Leistungsfähigkeit Cluster in Netzen zu erkennen, deren Strukturen bekannt sind. Dabei handelt es sich meist um hierarchisch arbeitende Algorithmen in welchen Cluster durch Baumstrukturen abgebildet werden (Abbildung 5).

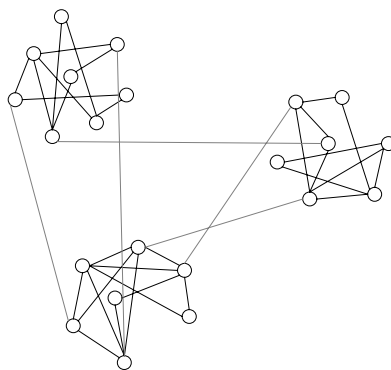


Abbildung 4: Netzwerk mit einer Community-Struktur [GiNe02, S. 7822]

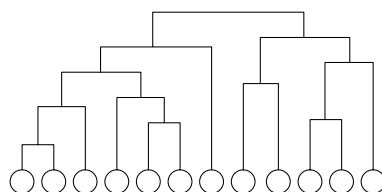


Abbildung 5: Hierarchisches Clustering in Baumstrukturen [GiNe02, S. 7822]

In bestimmten Konstellationen, insbesondere bei Knoten die am Rand eines Netzwerks liegen und nur durch eine einzige Kante mit dem Netz verbunden sind, liefern diese Algorithmen schlechte Ergebnisse. Elemente werden aus einem Cluster ausgeschlossen obwohl sie richtiger Weise dazugehören sollten. Die Grundidee des „*Betweenness*“-Algorithmus von Girvan/Newman ist es nicht, die zentralen Kanten eines Netzes zu finden, sondern die Kanten die am wenigsten zentral sind und somit am meisten *zwischen* (*between*) den Communities liegen.<sup>1</sup> In der Vergangenheit wurde die Knoten-Betweenness als ein Maß des Einflusses eines Knotens auf ein Netzwerk untersucht. Zuerst von Freeman vorgeschlagen, wird die *Betweenness-Centrality* eines Knotens  $i$  definiert als die Anzahl der kürzesten Pfade zwischen Paaren anderer Knoten die durch  $i$  verlaufen [Free77]. Girvan/Newman verallgemeinern nun Freemans Betweenness-Centrality und definieren die *Kanten-Betweenness* einer Kante als die Anzahl der kürzesten Pfade zwischen Paaren von Knoten die über diese Kante laufen. Wenn in einem Netzwerk nun Communities bestehen, dann sind diese nur über wenige Kanten miteinander verbunden. Das heißt, dass die kürzesten Pfade zwischen diesen Communities über diese wenigen Kanten laufen. Darum werden diese Kanten eine hohe Kanten-Betweenness haben. Durch das Entfernen dieser Kanten, können die Communities separiert werden und es kann die zugrunde liegende Community-Struktur aufgedeckt werden. Der Algorithmus wird darum auch *Edge-Remover-Clusterer* genannt.

Der Edge-Remover-Algorithmus für gewichtete Graphen ist wie folgt anzuwenden [Newm04]:

1. Berechnung der Betweenness für alle Kanten in einem Netzwerk.
2. Division der Betweenness durch das Gewicht der jeweiligen Kante
3. Entfernung der Kante mit der höchsten resultierenden Betweenness.
4. Neuberechnung der resultierenden Betweenness für alle übrigen Kanten.
5. Wiederholung der Schritte ab Schritt 3 bis keine Kanten übrig bleiben.

Das dargestellte Problem und der Lösungsalgorithmus wurde von uns auf Modularisierung von Architekturen übertragen. Bei Bedarf können die Kanten – insbesondere die der Nutzung und Verbindung von und zwischen IT-Systemen – mit Gewichten versehen werden.

---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird angelehnt an den Originalbeitrag von [GiNe02] weiter von *Betweenness* gesprochen als einem Grad, wie sehr ein Element zwischen den anderen liegt. Es gibt, unseres Erachtens nach, keine entsprechende deutsche Übersetzung.

Durch die wiederholte Anwendung des Algorithmus im Schritt fünf, lässt sich auch eine mehrstufige Modularisierung erreichen. Eine weitere Frage ist, wann eine gute Modularisierung durch das Entfernen von Kanten erreicht ist bzw. wann andernfalls noch weitere Kanten entfernt werden sollten. Girvan/Newman definieren dazu die *Modularität*  $Q$  [NeGi04, S. 7 f]. Sie berechnen den Anteil der Kanten eines Graphen welche sich innerhalb der Communities befinden mit [Newm04, S. 7 f]:

$$\frac{\sum_{ij} A_{ij} \delta(c_i, c_j)}{\sum_{ij} A_{ij}} = \frac{1}{2m} \sum_{ij} A_{ij} \delta(c_i, c_j) \quad (3)$$

Dabei ist  $c_i$  die Community der der Knoten  $i$  angehört. Die Funktion  $\delta(u, v)$  ist dann 1 wenn  $u = v$ , sonst ist sie 0. Weiterhin ist  $m = \frac{1}{2} \sum_{ij} A_{ij}$  die Anzahl der Kanten des Graphen. Wenn nun die Grad  $k_i$  für alle Knoten  $i$  beibehalten werden, jedoch die Kanten zufällig im Netzwerk verteilt werden, dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass zwischen den Knoten  $i$  und  $j$  eine Kante existiert  $k_i k_j / 2m$ . Daraus ergibt sich die Modularität  $Q$  zu

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} \left[ A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j). \quad (4)$$

Daraus ergeben sich für  $Q$  Werte zwischen 0 und 1. Ein Wert von 0 bedeutet, dass es nach einem Clustering keine Kanten mehr in einer Community gibt, die man dort gemäß dem Zufall erwarten würde. Reale Werte für  $Q$ , welche ein gutes Clustering vermuten lassen, liegen zwischen 0,3 und 0,7. Prinzipiell können bei der sukzessiven Entfernung von Kanten nach dem Girvan/Newman Algorithmus mehrere lokale Maxima auftreten. Diese Maxima beschreiben gute (hierarchische) Modularisierungen.

### 4.3 EA Builder Software System

Der Modellierungs- und Clusteringansatz wurde prototypisch im Kontext von Unternehmensarchitekturen in einem Softwaresystem namens EA Builder implementiert (Abbildung 3) [<http://www.ea-builder.com>].

Im Gegensatz zu vielen der am Markt erhältlichen EA-Tools [Mat<sup>+</sup>05] unterstützt das Metamodell des EA Builders die Abbildung prozessorientierter Systemintegration über die so genannte dynamische Sicht. Dies ist unabhängig davon, welcher Integrationsansatz gewählt wurde.

Die Leistung des eingesetzten Clusteringalgorithmus wurde an einer Reihe spezieller Testszenerien untersucht [Aier06]. Im Folgenden wird die Funktionsweise des EA Builders anhand des

fiktiven Unternehmens WMYPC (We Make Your PC) demonstriert. Das Unternehmen baut und vertreibt individuell konfigurierte Computersysteme – angefangen beim kleinen Multimediale System bis hin zu größeren Serversystemen. Die Geschäftsprozesse werden durch sechs individuell implementierte Informationssysteme sowie ein Standardsoftwaresystem unterstützt.

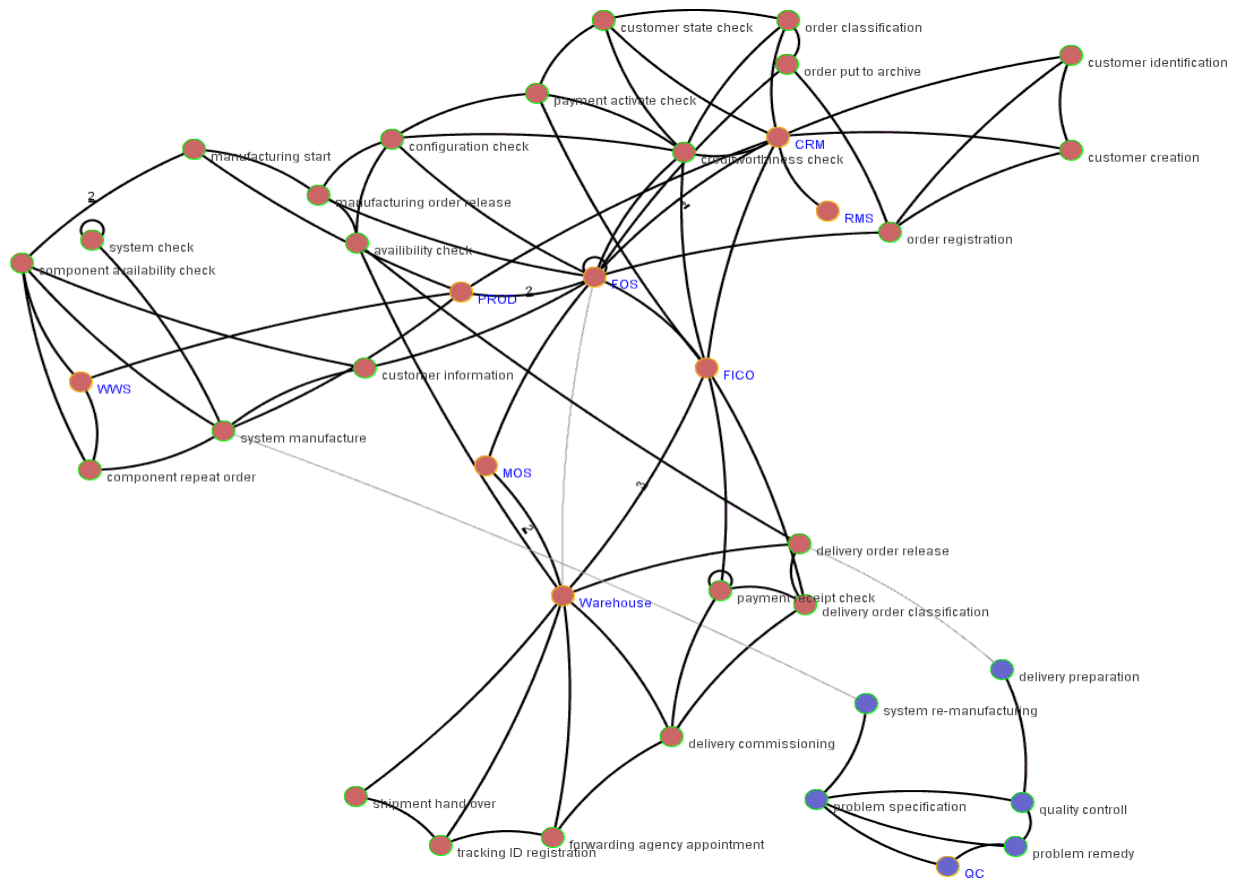


Abbildung 6: Modell transformiert in einen Graphen, drei Kanten entfernt

Abbildung 6 zeigt das zugehörige EA-Modell, welches in einen Graphen transformiert wurde. Bei 20 entfernten Kanten erreicht die Modularitätsfunktion ihr Maximum. Nach der Anwendung des Clusteringalgorithmus und dem Entfernen von 20 Kanten (Abbildung 7) ist der Graph in fünf Cluster aufgeteilt.

Das klassische Szenario für die Anwendung unseres Ansatzes ist die Transformation komplexer IT-Landschaften beispielsweise in eine serviceorientierte Architektur. Der Ansatz kann als Bottom-up-Ansatz bezeichnet werden, da die Cluster aus einer bestehenden Ist-Architektur abgeleitet werden. Verglichen mit einem Top-down-Ansatz führt dies zu einer potenziell evolutionären Architekturtransformation.

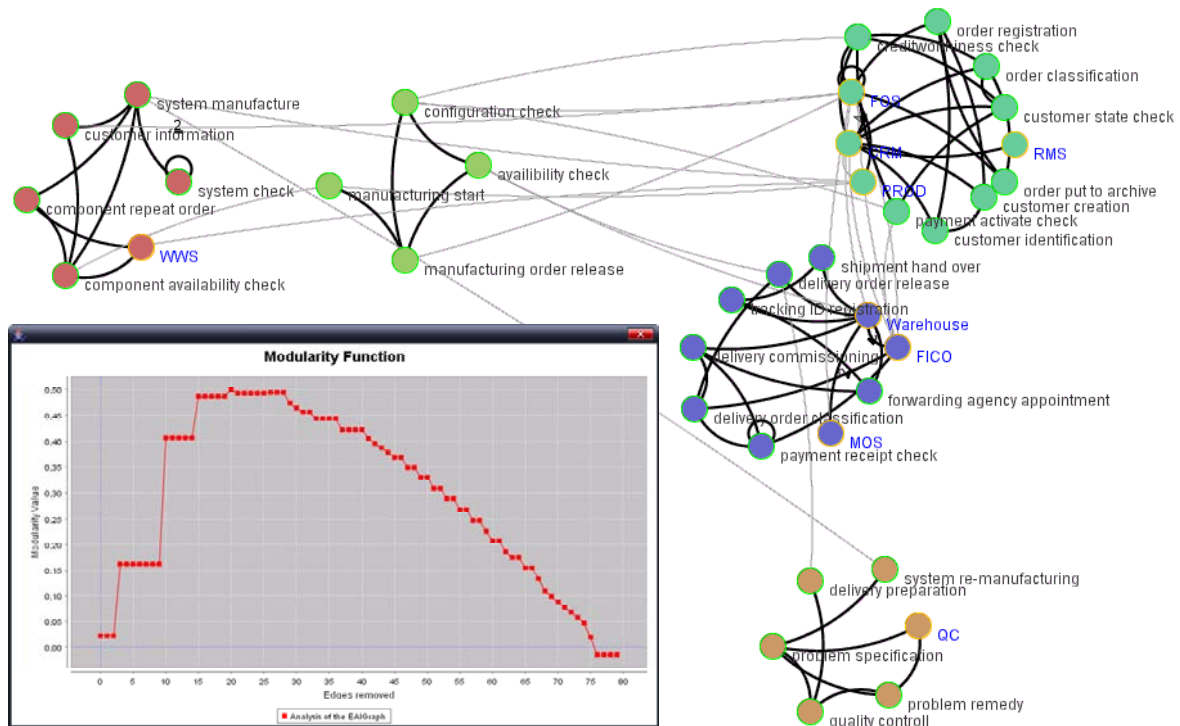


Abbildung 7: Screenshot des EA Builder Modells transformiert in einen Graphen, nach entfernen von 20 Kanten entstehen fünf Cluster, gruppierte Ansicht, Verlauf der Modularity-Funktion

Die zu Beginn genannte Forderung eines Business-IT-Alignment – hier strukturelle Analogie – wird durch diesen Ansatz unterstützt. Nach der Transformation des EA-Modells in einen Graphen, wird für das Clustering nicht mehr zwischen Prozessen und IT-Systemen differenziert. Das bedeutet, dass auch keine isolierte Optimierung von Prozess- bzw. IT-System-Strukturen erfolgt – obwohl auch diese möglich wäre. Die gebildeten Cluster reflektieren das tatsächliche Zusammenspiel von Prozessen und IT-Systemen und führen damit potenziell zu struktureller Analogie zwischen beiden.

## 5 Fazit

Ausgehend von der Nachhaltigkeit als Gestaltungsziel für Unternehmensarchitekturen, haben wir die Modularisierung der Architekturen als mögliche Umsetzungsstrategie vorgeschlagen. Betont wurde dabei die Notwendigkeit, Geschäftsprozesse und sie unterstützende IT-Systeme gemeinsam zu betrachten. Dafür wurde das Konzept der strukturellen Analogie genutzt. Basierend auf einem Architekturmodell, bestehend aus den hier als relevant erachteten Elementen, wurde der Einsatz von Clusteringalgorithmen zur Identifikation von Modulen in der Architektur vorgeschlagen. Dieser Ansatz wurde prototypisch im EA Builder-Werkzeug implementiert.

Die so entstandenen Module (Cluster) beschreiben jedoch „nur“ die latent vorhandene Ist-Struktur. Diese Ist-Struktur ist jedoch nicht notwendiger Weise mit dem Organigramm oder einer Karte der Anwendungslandschaft identisch, da es die tatsächliche, nicht die geplante oder vermutete Struktur beschreibt. Abhängig von einer Architektur- oder Integrationsstrategie muss nun entschieden werden, wie mit den Informationen aus dem Clustering weiter verfahren wird. Wird beispielsweise eine serviceorientierte Architektur (SOA) als Paradigma zugrunde gelegt, sind die identifizierten Module Kandidaten für so genannte Service Domains [BaHe04] für welche dann individuelle Integrations- und Managementkonzepte entwickelt werden können.

Der vorgeschlagene Ansatz liefert kein abgeschlossenes Vorgehensmodell für die Gestaltung nachhaltiger Architekturen. Der Nutzen liegt vielmehr darin, latent vorhandene Informationen über komplexe Architekturen zu erhalten, die durch eine einfache Visualisierung nicht sichtbar werden. Diese Informationen bilden dann wiederum die Grundlage für die gezielte Beeinflussung der Architekturen.

Weiterer Forschungsbedarf wird insbesondere in der Analyse des Einflusses weiterer Eigenschaften der modellierten Elemente auf das Clustering-Ergebnis gesehen. So können Elementen und Verbindungen zwischen diesen Attribute gegeben werden, die dann über Gewichte im Clustering berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang erscheint eine Erweiterung des Metamodells um weitere Elementtypen ebenfalls sinnvoll.

## Literatur

[Aier06] Aier, Stephan: How Clustering Enterprise Architectures helps to Design Service Oriented Architectures. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Services Computing (SCC'06), (Chicago, USA, 2006), IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, S. 269–272.

[AiDo04] Aier, Stephan; Dogan, Turgut: Nachhaltigkeit als Gestaltungsziel von Unternehmensarchitekturen. In: Aier, Stephan; Schönherr, Marten (Hrsg.): Enterprise Application Integration – Serviceorientierung und nachhaltige Architekturen. Gito, Berlin 2004, S. 75–122.

[AiDo05] Aier, Stephan; Dogan, Turgut: Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Unternehmensarchitekturen. In: Ferstl, O.K.; Sinz, E.J. (Hrsg.): Wirtschaftsin-

formatik 2005: eEconomy, eGovernment, eSociety. Physica, Heidelberg 2005, S. 607–626.

[AiSc03] Aier, Stephan; Schönherr, Marten: Flexibilisierung von Organisations- und IT-Architekturen durch EAI. In: Aier, Stephan; Schönherr, Marten (Hrsg.): Enterprise Application Integration – Management komplexer Architekturen. Gito, Berlin 2003, S. 3–56.

[Bas+03] Bass, Len; Clements, Paul; Kazman, Rick: Software Architecture in Practice. 2. Auflage, Pearson Education Inc., Boston 2003.

[BaHe04] Bath, Uwe; Herr, Michael: Implementation of a service oriented architecture at Deutsche Post MAIL. In: Aier, Stephan; Schönherr, Marten (Hrsg.): Enterprise Application Integration – Serviceorientierung und nachhaltige Architekturen. Gito, Berlin 2004, S. 279–297.

[Blei91] Bleicher, Knut: Organisation: Strategien, Strukturen, Kulturen. 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden 1991.

[Free77] Freeman, L. C.: A Set of Measures of Centrality based upon Betweenness. In: Sociometry 40 (1977) S. 35–41.

[Fres00] Frese, Erich: Grundlagen der Organisation: Konzept – Prinzipien – Strukturen. 8. Auflage, Gabler, Wiesbaden 2000.

[GiNe02] Girvan, Michelle; Newman, Mark E. J.: Community Structure in Social and Biological Networks. In: Proceedings of the National Academy of Science 99 (2002) 12, S. 7821–7826.

[Gron03] Gronau, Norbert: Wandlungsfähige Informationssystemarchitekturen – Nachhaltigkeit bei organisatorischem Wandel. Gito, Berlin 2003.

[Hage03] Hagen, Claus: Integrationsarchitektur der Credit Suisse. In: Aier, Stephan; Schönherr, Marten (Hrsg.): Enterprise Application Integration – Management komplexer Architekturen. Gito, Berlin 2003, S. 61–83.



- [HaHu01] Hahn, Dietger; Hungenberg, Harald: PuK – Wertorientierte Controllingkonzepte. 6. Auflage, Gabler, Wiesbaden 2001.
- [Hube95] Huber, Joseph: Nachhaltige Entwicklung durch Suffizienz, Effizienz und Konsistenz. In: Fritz, P.; Huber, Joseph; Levi, Hans Wolfgang (Hrsg.): Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive. Hirzel, Stuttgart 1995, S. 31–46.
- [Klam00] Klamma, Ralf: Vernetztes Verbesserungsmanagement mit einem Unternehmensgedächtnis-Repository Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Aachen, 2000.
- [Krc03] Krcal, Hans-Christian: Systemtheoretischer Metaansatz für den Umgang mit Komplexität und Nachhaltigkeit. In: Leisten, Rainer; Krcal, Hans-Cristian (Hrsg.): Nachhaltige Unternehmensführung – Systemperspektiven. Gabler, Wiesbaden 2003, S. 3–30.
- [Krcm90] Krcmar, Helmut: Bedeutung und Ziele von Informationssystem-Architekturen. In: Wirtschaftsinformatik 32 (1990) 5, S. 395–402.
- [LeSt03] Leitschuh-Fecht, Heike; Steger, Ulrich: Wie wird Nachhaltigkeit für Unternehmen attraktiv? – Business Case für nachhaltige Unternehmensentwicklung. In: Linne, Gudrun; Schwarz, Michael (Hrsg.): Handbuch Nachhaltige Entwicklung. Leske + Budrich, Opladen 2003, S. 257–266.
- [LeHu98] Lewin, Arie Y.; Hunter, Starling D.: Information Technology & Organizational Design: A Longitudinal Study of Information Technology Implementations in the U.S. Retailing Industrie, 1980–1996. In: Glaser, Horst; Schröder, Ernst F.; Werder, Axel v. (Hrsg.): Organisation im Wandel der Märkte. Gabler, Wiesbaden 1998, S. 251–286.
- [MaRo88] Markus, M. Lynne; Robey, Daniel: Information Technology and Organizational Change: Causal Structure in Theory and Research. In: Management Science 34 (1988) 5, S. 583–589.

- [Mat+05] Matthes, Florian; Wittenburg, André; Ernst, Alexander M.; Lankes, Josef; Schweda, Christian M.: Enterprise Architecture Management Tool Survey, Software Engineering for Business Information Systems (sebis), Ernst Denert-Stiftungslehrstuhl, Chair for Informatics 19, TU München, München, 2005.
- [Nad+94] Nadler, David A.; Gerstein, Marc S.; Shaw, Robert B.: Organisationsarchitektur. Campus, Frankfurt/Main, New York 1994.
- [Newm04] Newman, Mark E. J.: Analysis of Weighted Networks. In: Phys. Rev. E 70 (2004) 056131,
- [NeGi04] Newman, Mark E. J.; Girvan, Michelle: Finding and Evaluating Community Structure in Networks. In: Phys. Rev. E 69 (2004) 026113,
- [OMa+05] O'Madadhain, Joshua; Fisher, Danyel; Smyth, Padhraic ; White, Scott ; Boey, Yan-Biao: Analysis and Visualization of Network Data using JUNG. In: Journal of Statistical Software (2005) noch nicht erschienen.
- [Scha02] Schöffner, Lothar: Der Beitrag der Veränderungsforschung zur Nachhaltigkeit von Organisationsentwicklung. Hampp, München et al. 2002.
- [Scot05] Scott, John: Social Network Analysis: A Handbook. 2. Auflage, SAGE, London u.a. 2005.
- [Stue96] Stünzer, Lilia: Systemtheorie und betriebswirtschaftliche Organisationsforschung. Duncker & Humblot, Berlin 1996.
- [Wall96] Wall, Friederike: Organisation und betriebliche Informationssysteme – Elemente einer Konstruktionslehre. Gabler, Wiesbaden 1996.
- [WaFa99] Wasserman, Stanley; Faust, Katherine: Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge Univ. Press, Cambridge u.a. 1999.
- [WiLa06] Winter, Robert; Landert, Karl: IT/Business Alignment als Managementherausforderung - Editorial zum Schwerpunktthema. In: Wirtschaftsinformatik 48 (2006) 5, S. 309.

# **„Open Model“ – ein Vorschlag für ein Forschungsprogramm der Wirtschaftsinformatik**

Ulrich Frank<sup>1</sup>, Stefan Strecker<sup>1</sup>, Stefan Koch<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Unternehmensmodellierung  
Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik  
Universität Duisburg-Essen, Campus Essen

<sup>2</sup>Wirtschaftsuniversität Wien  
Department für Informationsverarbeitung und Prozessmanagement  
Institut für Informationswirtschaft

## **Abstract**

Referenzmodelle sind ein zentraler Untersuchungsgegenstand der Wirtschaftsinformatik. Ihre Entwicklung ist nicht nur wissenschaftlich reizvoll, sie stellen gleichzeitig eine wirksame Unterstützung der Praxis in Aussicht. Diesen Verheißungen zum Trotz verlief die Entwicklung und – vor allem – Verbreitung wissenschaftlich fundierter Referenzmodelle bisher eher zurückhaltend. Im vorliegenden Beitrag werden zunächst Gründe für den bisher unzureichenden Erfolg von Referenzmodellen analysiert. Anschließend wird – inspiriert durch den Erfolg von Open-Source-Software – untersucht, ob die gemeinschaftliche Entwicklung offener Referenzmodelle geeignet ist, die Erstellung und Verbreitung solcher Modelle nachhaltig zu fördern. Dazu werden verschiedene Optionen zur Entwicklung offener Referenzmodelle unterschieden und bewertet. Vor diesem Hintergrund wird ein Vorschlag zur Durchführung einschlägiger Projekte entworfen.

## **1 Einleitung**

Referenzmodelle in der Wirtschaftsinformatik sind i. d. R. konzeptuelle Modelle. Ein konzeptuelles Modell ist vor allem auf eine Rekonstruktion zentraler Begriffe einer betrachteten Domäne mittels einer geeigneten Modellierungssprache gerichtet. Referenzmodelle sind idealisierte konzeptuelle Modelle ausgewählter Domänenklassen. Sie sind mit dem Ziel verbunden, angemess-

sene Orientierungen für eine größere Zahl von Unternehmen zu liefern. Die Erstellung von Referenzmodellen erfolgt sowohl in deskriptiver, als auch in präskriptiver Absicht: Einerseits sollen sie wesentliche Merkmale der betrachteten Domänen angemessen beschreiben, andererseits sollen sie auch Vorschläge für innovative Formen der Gestaltung und Nutzung betrieblicher Informationssysteme enthalten. Es ist seit langem Konsens, dass Referenzmodelle eine überaus attraktive Orientierung für die Wirtschaftsinformatik darstellen. So ist ihre Entwicklung eine anspruchsvolle Forschungsaufgabe. Gleichzeitig versprechen gute Referenzmodelle einen hohen wirtschaftlichen Nutzen in der Praxis. So liefern sie einerseits eine Grundlage für die Entwicklung und den Einsatz von Software, die durch vielfache Wiederverwendung ein scheinbares ökonomisches Paradoxon aufzulösen verspricht: höhere Qualität zu geringeren Kosten. Andererseits bieten Referenzmodelle eine hervorragende Basis für die – ggfs. unternehmensübergreifende – Integration betrieblicher Informationssysteme, da sie den zu integrierenden Systemteilen als gemeinsames semantisches Referenzsystem dienen. Hier ist im Hinblick auf die statische Integration etwa an Daten- oder Objektmodelle, im Hinblick auf die dynamische Integration an Prozessmodelle zu denken. Angesichts solcher Vorteile ist es verwunderlich, dass die Zahl von Referenzmodellen, die in der Praxis wie in der Forschung entwickelt wurden, bisher sehr überschaubar ist [FeLo04].

Vor diesem Hintergrund werden zunächst die besondere Bedeutung von Referenzmodellen für die Forschung in der Wirtschaftsinformatik und die daran anknüpfenden Herausforderungen betrachtet. Anschließend wird untersucht, wie diesen Herausforderungen mit der Entwicklung offener Referenzmodelle begegnet werden kann. Der Beitrag knüpft an [KoSF06] an, in dem die Idee einer „Open Model“-Initiative zuerst vorgestellt wurde. Da das dargestellte Vorhaben eine breite Beteiligung voraussetzt, ist er nicht zuletzt als Diskussionsbeitrag gedacht. Dieser Umstand wird u. A. dadurch betont, dass die zentralen Hypothesen, auf die sich die Argumentation stützt, als solche kenntlich gemacht werden.

## **2 Referenzmodelle als Gegenstand und Ziel der Forschung**

Die besondere Bedeutung, die der Entwicklung von Referenzmodellen in der Wirtschaftsinformatik zukommt, lässt sich durch einen Vergleich mit anderen Disziplinen unterstreichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Wirtschaftsinformatik eine anwendungsorientierte Diszi-

plin ist: Die Ergebnisse der Forschung sollen geeignet sein, die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu fördern.

## **2.1 Die besondere Bedeutung von Referenzmodellen für die Wirtschaftsinformatik**

Referenzmodelle in der Wirtschaftsinformatik weisen eine deutliche Ähnlichkeit zu den Artefakten auf, die in den Ingenieurwissenschaften und insbesondere in der Informatik entwickelt werden. Daneben gibt es aber auch einige Besonderheiten. Im Unterschied zu gängigen Modellen oder Referenzartefakten der Ingenieurwissenschaften sind Referenzmodelle auf Handlungskomplexe gerichtet, für die es i. d. R. keine eindeutige Anforderungsspezifikation gibt. Vielmehr reflektieren Referenzmodelle vermutete tatsächliche oder für sinnvoll erachtete Anforderungen, basieren also auf Hypothesen über eine Klasse von Handlungssystemen. Zudem sind sie nicht auf die Erstellung physischer Systeme gerichtet. Vielmehr sind sie vor allem eine sprachliche Rekonstruktion, die eine Grundlage für weitere Analysen oder für die Transformation in andere Repräsentationen wie z. B. Programmcode darstellt. Der Aufwand, der mit ihrer Anwendung verbunden ist, kann deshalb deutlich geringer als in den Ingenieurwissenschaften sein. Im Unterschied zu Modellen bzw. Referenzarchitekturen der Informatik sind Referenzmodelle zumeist auf einer fachlichen Ebene angesiedelt, beschreiben also auch den Handlungskontext, in dem Informationssysteme eingesetzt werden. Dazu fokussieren sie auf eine Rekonstruktion der Fachbegriffe der jeweiligen Domäne. Das ermöglicht die Beschreibung von Systemen auf einem deutlich höheren semantischen Niveau als dies in der Informatik üblich ist. Dadurch wird gegenüber den Modellen der Informatik zweierlei in Aussicht gestellt: ein höherer Wiederverwendungskomfort und ein höheres Integrationsniveau von Informationssystemen.

Gehaltvolle Theorien, die eine technologische Transformation in erfolgreiche Systeme und die sie umgebenden Handlungskontexte ermöglichen, sind in der Wirtschaftsinformatik bisher nicht entstanden – und sie sind auch nicht in Sicht. Die Suche nach Mustern erfolgreichen Handelns, wie sie in *Information Systems* betrieben wird, ist aber auch deshalb unbefriedigend, weil sie zwangsweise rückwärts gerichtet ist und damit innovative, heute noch nicht existierende Ansätze ausklammert. Im Unterschied dazu stellen Referenzmodelle Vorschläge für die Gestaltung effizienterer Handlungssysteme dar – in die allerdings auch Annahmen bzw. – falls verfügbar – geeignete Theorien über die jeweils abgebildete Domäne einfließen. Das mit der konzeptuellen Modellierung verbundene Ziel, Systeme anschaulich darzustellen – und das heißt nicht zuletzt: mit Mitteln einer vertrauten Fachsprache – fördert zudem die Verbreitung von Referenzmodellen und macht sie gleichzeitig geeignet, als Medium für den Austausch mit der Praxis zu dienen.

Referenzmodelle können also als Objekt und Objektivierung der Wirtschaftsinformatik verstanden werden.

## 2.2 Das Paradoxon der Referenzmodellforschung

Wenn man der im vorhergehenden Abschnitt dargestellten Argumentation folgt, stellen Referenzmodelle einen reizvollen Forschungsgegenstand dar und versprechen der Praxis gleichzeitig einen hohen Nutzen. Für eine anwendungsorientierte Disziplin erscheint dies als eine gleichsam ideale Konstellation. Gleichzeitig stoßen die wissenschaftliche Erstellung von Referenzmodellen sowie ihre Verbreitung auf beachtliche Widrigkeiten, die in der Vergangenheit den Erfolg der Referenzmodellforschung erheblich behindert haben. Sie betreffen sowohl originär wissenschaftliche Aspekte, als auch die Randbedingungen des praktischen Einsatzes von Referenzmodellen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Anreize für Forscher wie auch für ggfs. zu beteiligende Unternehmen.

Ein wesentliches Merkmal der Referenzmodellierung ist Komplexität. Das betrifft den Umfang, den Referenzmodelle gewöhnlich erreichen, vor allem aber die Abstraktion, die erforderlich ist, um einer Vielzahl potentieller Anwendungsfälle gerecht zu werden. In der Regel wird dazu eine ausführliche Analyse ausgewählter Unternehmen nötig sein.

*Hypothese 1:* Der Aufwand, der mit der Erstellung von Referenzmodellen verbunden ist, übersteigt häufig die Möglichkeiten, über die einzelne Forscher – etwa im Rahmen eines Dissertations- oder Habilitationsprojekts – verfügen. Selbst Forschungsgruppen an Universitäten sehen sich hier vor kaum zu bewältigenden Herausforderungen.

*Hypothese 2:* Trotz des hohen Anspruchs, der mit der Entwicklung von Referenzmodellen verbunden ist, ist ihre Anerkennung als wissenschaftliche Leistung keineswegs garantiert.

Die Anreize, die ein Forschungsthema für einzelne Wissenschaftler mit sich bringt, hängen auch von den damit verbundenen Publikationsmöglichkeiten ab. Auch in dieser Hinsicht sieht sich die Referenzmodellforschung einigen sperrigen Hindernissen gegenüber. So sind die Publikationsgelegenheiten für sog. „Design Science“ international noch bescheiden. Vor allem aber sind Referenzmodelle i. d. R. viel zu umfangreich, um ihre Publikation in einer Zeitschrift oder in einem Konferenzband zu ermöglichen. Die Beschränkung auf einzelne Aspekte eines Referenzmodells ist u. U. eine Option, bedeutet aber, dass ein großer Teil der Gesamtleistung nicht dargestellt werden kann. Dieser Nachteil von Referenzmodellen erhält durch die Umstellung auf kumulative Habilitationsverfahren zusätzliches Gewicht.

*Hypothese 3:* Die Chancen, über die Beteiligung an der Entwicklung von Referenzmodellen karrierewirksame Publikationen zu erstellen, sind in den gegenwärtigen Wissenschaftsstrukturen relativ gering.

Ein gleichsam inhärenter Aspekt des Erfolgs von Referenzmodellen ist ihre Verbreitung. Sie setzt u. a. voraus, dass potentielle Nutzer von den Vorteilen eines Referenzmodells überzeugt sind. Neben flankierenden vertrauensbildenden Marketing-Maßnahmen wird das Vertrauen in die Qualität und den Nutzen von Referenzmodellen wohl auch dadurch gefördert, dass Nutzer an der Entwicklung beteiligt waren.

*Hypothese 4:* Der Anreiz für ein einzelnes Unternehmen, mit einem Wissenschaftler oder einer wissenschaftlichen Institution zusammenzuarbeiten, ist wegen zweifelhafter Erfolgsaussichten oftmals nicht hinreichend groß.

Unsere kurze Analyse zeigt das scheinbare Paradoxon auf, das die Referenzmodellforschung kennzeichnet: Auf der einen Seite stellen Referenzmodelle für eine anwendungsorientierte Disziplin wie die Wirtschaftsinformatik wie auch für prospektive Anwender in der Praxis eine überaus attraktive Anreize dar. Auf der anderen Seite wird ihre Entwicklung und Verbreitung dadurch behindert, dass für Wissenschaftler und Anwender in der Praxis die Anreize dafür, sich selbst zu engagieren, in vielen Fällen nicht überzeugend sind.

*Hypothese 5:* Nur wenn es gelingt, dieses scheinbare Paradoxon aufzulösen, können Referenzmodelle den Stellenwert in der Wirtschaftsinformatik erlangen, den sie verdienen.

Die Analyse gegenwärtiger Hindernisse der Referenzmodellforschung führt uns zu einer Reihe von Anforderungen, die in den folgenden Annahmen sowie damit verbundenen Fragen formuliert sind:

*Hypothese 6:* Die Entwicklung von Referenzmodellen erfordert konzertierte Projekte von mehreren Forschungsgruppen und prospektiven Nutzern. Welche Größe der Entwicklergemeinschaft ist sinnvoll?

*Hypothese 7:* Die Entwicklung und Verbreitung von Referenzmodellen erfordert die Beteiligung prospektiver Nutzer. Wie soll diese Beteiligung aussehen?

*Hypothese 8:* Die Beteiligung von Nutzern erfordert wirksame Anreize. An welche Anreize ist hier zu denken und wie können sie geschaffen werden?

*Hypothese 9:* Die engagierte und nachhaltige Mitwirkung von Forschern erfordert Anreize, die auch den Randbedingungen wissenschaftlicher Karrieren Rechnung tragen. An welche Anreize ist hier zu denken und wie können sie geschaffen werden?

### **3 Lehren aus der Open-Source-Software-Entwicklung**

Um zu untersuchen, ob eine Initiative zur Entwicklung offener Referenzmodelle geeignet ist, die skizzierten Anforderungen zu erfüllen, betrachten wir zunächst Open-Source-Software, insbesondere die Gründe ihres Erfolgs. Vor diesem Hintergrund wird dann untersucht, welche Aspekte von Open Source Software sich auf die Entwicklung offener Referenzmodelle übertragen lassen.

#### **3.1 Free/Libre/Open-Source-Software: Wesentliche Merkmale und Erfolgsfaktoren**

Mit Wurzeln in akademischen Gemeinschaften U.S.-amerikanischer Ingenieurs- und Informatikfakultäten („Hackerkulturen“ [LeTi02]) hat sich aus der Idee freier bzw. quelloffener Software (Free/Libre/Open-Source-Software, abgekürzt FLOSS, im Folgenden auch verkürzt OSS) [Pere99; Stal02] ein vielschichtiges (software-) technisches, wirtschaftliches und gesellschaftliches Phänomen entwickelt [BHPC04]: In Gemeinschaften geografisch verteilter Akteure entstehen in kollektiven Prozessen komplexe Softwaresysteme unter Nutzung elektronischer Medien. Sowohl System- (z. B. GNU/Linux, Apache, MySQL) als auch Anwendungssoftware (z. B. Mozilla Firefox, OpenOffice) sind als Beispiele für die erfolgreiche Durchführung von OSS-Projekten weltweit bekannt geworden. Die kennzeichnenden Merkmale der Entwicklung von OSS sind in Erfahrungsberichten beteiligter Akteure [Raym01; MoFH02], Beobachtungen und empirischen Studien Außenstehender [StGo06; BHPC04] dokumentiert. Die folgende Charakterisierung basiert auf diesen Quellen und differenziert folgende Aspekte: Organisation, Ablauf, Anreize und Erfolgsfaktoren.

Konstituierend ist eine Lizenzierung von Software, mit der ein Urheber bzw. Rechteinhaber Lizenznehmern Zugang zum Quellcode der Software sowie nichtexklusive Nutzungs- und Verwertungsrechte zur Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung von originärem und modifiziertem Quelltext einräumt, ohne dafür Lizenzgebühren zu verlangen. Mit der Entwicklung von OSS ist eine spezifische Form der Projektorganisation verbunden, die auf einem offenen und öffentlichen Zugang basiert. Ein OSS-Projekt wird von einer Gemeinschaft („community“) von, zumindest teilweise, freiwillig mitwirkenden Softwareentwicklern unter Einbindung von Endanwendern betrieben. Diese Entwickler- und Anwendergemeinschaft teilt gemeinsame Werte, Überzeugungen und Normen [StGo06] und entwickelt darauf aufbauend eine spezifische Projektkultur zur Stiftung einer gemeinsamen Identität [BHPC04]. Die räumliche Verteilung



der Mitwirkenden erzwingt eine vernetzte und asynchrone Zusammenarbeit über elektronische Medien (E-Mail, Newsgroups, World Wide Web, ICQ usw.).

OSS-Projekte zeichnen sich durch ein hohes Maß an Arbeitsteilung aus, wobei die Aufgabenverteilung und –zuordnung auf Selbstselektion basiert. Der Grad an Arbeitsteilung bedingt einen hohen Koordinationsbedarf. Die Koordination erfolgt durch Signalisierung eines Einzelnen oder eines Teams von Mitwirkenden an die Gemeinschaft. Zur Koordination in OSS-Projekten haben sich typische Rollenkonzepte, Macht- und Entscheidungsstrukturen entwickelt (weitere Ausführungen zur Organisation von OSS-Projekten finden sich in einem begleitenden Arbeitsbericht [FrSK06]).

Das primäre Anreizsystem in OSS-Projekten basiert auf der Reputation des Einzelnen, der sich durch wesentliche Beiträge zum Projekt die Anerkennung und das Ansehen seiner Mitstreiter erwirbt. Reputation wird in einer Projekthierarchie durch die Zuweisung hervorgehobener Rollen honoriert und dient damit der Erreichung eines angesehenen sozialen Status innerhalb einer Gemeinschaft. Die Erarbeitung von Reputation dient als Anreiz neue Mitstreiter zu gewinnen; die Erhaltung der Reputation motiviert bestehende Mitwirkende ihre Beiträge in angemessener Zeit und Qualität einzureichen, welche dann eine gegenseitige Begutachtung („peer review“) durchlaufen. Die möglichen negativen Folgen aus einem Verlust an Reputation wirken dabei als zusätzlicher Anreiz. Über die Gemeinschaft hinaus wirkt die Erarbeitung einer hohen Reputation als Investition in das eigene Humankapital im Sinne einer Steigerung des eigenen Wertes auf dem Arbeitsmarkt. Neben, auf die extrinsische Motivation gerichteten, Anreizen weisen empirische Studien diverse intrinsische Motivationsgründe von Individuen nach, darunter die Freude am Umgang mit dem Endprodukt und die gleichsam künstlerische Freude an der Erstellung von qualitativ hochwertiger Software [u. a. BoRo03, HeNH03].

Es liegen noch keine gesicherten Erkenntnisse darüber vor, welche Kriterien für den Erfolg eines OSS-Projekts ausschlaggebend sind [CrHA06]. Die vorliegenden Berichte und Studien lassen allerdings erste Schlüsse zu, die im Folgenden dargestellt sind:

- Der Erfolg von OSS-Projekten gründet u. a. auf einer zwangsfreien, virtualisierten und dezentralisierten Organisation. Die Projektkultur und die ihr zugrunde liegende Weltanschauung wirken positiv auf gegenseitiges Vertrauen und Kommunikationsqualität und damit auf den Projekterfolg [StGo06; Gall01].

- Eine hohe intrinsische Motivation der Entwickler, ausgelöst u. a. durch die Identität von Entwickler und Nutzer, führt zu einer ausgeprägten Fokussierung auf die Projektziele und damit auf den Projekterfolg.
- Die Zugangsmodalitäten fördern die Entwickler- und Nutzerbeteiligung, womit positive Skaleneffekte durch weitgehende Arbeitsteilung und Parallelisierung verbunden sind (z.B. in Bezug auf Softwaretests und Fehlerbehebung) [Raym01].
- Die Arbeitsteilung durch Selbstselektion fördert die Bearbeitung von erfolgswirksamen Aufgaben, die anderer Kompetenzen als die der Programmierung bedürfen (z. B. Dokumentationserstellung, Anwenderunterstützung, Öffentlichkeitsarbeit), da Mitwirkende ihre individuellen Kompetenzen in die Projektarbeit einbringen können.
- Die Selbstkontrolle der Beteiligten bzw. die soziale Kontrolle durch die Gemeinschaft senken den Koordinationsbedarf [Gall01]. Reputation fungiert als wirksames Instrument der Selbstkontrolle. „Peer review“ ist ein wirksames Instrument der sozialen Kontrolle [MaMA00].
- Etablierte Regeln betonen u. a. den Einbezug aller Projektmitwirkenden von Beginn an sowie frühe und schnelle Freigabezyklen („Release early, release often. And listen to your customers“ [Raym01]) und erhöhen die Effektivität und Effizienz des Entwicklungsprozesses.
- Die Modularisierung von Software erhöht die potentielle Arbeitsteiligkeit und reduziert Koordinationsbedarfe [BoRo03].

### **3.2 Zum Verhältnis von „Open Source“ und „Open Model“**

Unter einem offenen Referenzmodell („Open Model“, kurz OM) verstehen wir in Analogie zu OSS ein Referenzmodell, welches durch den Urheber bzw. Rechteinhaber mit einer Lizenz versehen wird, die Lizenznehmern Zugang zum Referenzmodell sowie nichtexklusive Nutzungs- und Verwertungsrechte zur Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung von originärem und modifiziertem Referenzmodell einräumt, ohne dafür Lizenzgebühren zu verlangen. Dieselben Rechte werden auch für die Modelldokumentation gefordert. Neben diesen grundlegenden rechtlichen Merkmalen gibt es eine Reihe weiterer Gemeinsamkeiten. Referenzmodelle wie Programme sind

- digital repräsentierte Artefakte, die einer Modularisierung und damit einer arbeitsteiligen Entwicklung zugänglich sind. Sie eignen sich damit prinzipiell für die gemeinsame Bearbeitung durch verteilte Gemeinschaften.
- zielgerichtete, anspruchsvolle Konstruktionen, deren Konkretisierung von Entwurfsentscheidungen abhängen, die eine erhebliche fachliche Kompetenz erfordern.
- Konstruktionen, die einer formalen Syntax genügen und damit automatisierten Analysen und Transformationen zugänglich sind.
- Konstruktionen, die einer begleitenden Dokumentation bedürfen, um Wartung und Weiterentwicklung zu gewährleisten.
- Konstruktionen, deren Qualität nicht durch Rückgriff auf etablierter Metriken gemessen werden kann. Vielmehr ist in beiden Fällen ein geeigneter Prozess der Qualitätssicherung zu etablieren.
- Konstruktionen, die potentiell eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung haben. Dies gilt zum einen für die kostenlose Nutzung, zum anderen für die Schaffung neuer Geschäftsmodelle, die diese Nutzung begleiten.

Daneben sind einige mehr oder weniger deutliche Unterschiede zu beachten:

- Referenzmodellen sind im Vergleich zu Programmen durch eine höhere Abstraktion von technischen Randbedingungen und eine ausgeprägte Berücksichtigung domänenspezifischer Fachsprachen gekennzeichnet. Die dazu erforderliche Kompetenz unterscheidet sich deutlich von der, die für die Codierung klar spezifizierter Programmteile nötig ist.
- Programme belohnen ihre Entwickler durch das befriedigende Erlebnis, ein ausführbares Artefakt geschaffen zu haben, das unmittelbar für die Bewältigung von Aufgaben eingesetzt werden kann. Referenzmodelle sind i. d. R. nicht ausführbar. Ihr Nutzen entfaltet sich erst durch weitere Anpassungen, Transformationen und Interpretationen.
- Quellcode zeichnet sich durch vergleichsweise geringe Interpretationsspielräume hinsichtlich der Intention des Programmierers aus, während Referenzmodelle inhärent durch einen hohen Interpretationsspielraum gekennzeichnet sind. Letztlich sind

Referenzmodelle nur unter Bezug auf den intendierten Modellierungszweck und die Zuhilfenahme der Modelldokumentation sinnvoll zu interpretieren. Aus diesem Grund ist die Beurteilung der Qualität von Modellen tendenziell mit einer größeren Herausforderung verbunden als dies bei der Evaluation von Programmen der Fall ist.

- OSS profitiert davon, dass es weltweit eine breite Basis von Software-Entwicklern gibt. Demgegenüber ist die Entwicklung konzeptueller Modelle, mehr noch die Entwicklung von Referenzmodellen auf einen vergleichsweise kleinen Kreis von Fachleuten beschränkt.
- OSS profitiert von dem Mythos, der die Softwareentwicklung immer noch umgibt. Die Erstellung von Referenzmodellen wird im Unterschied dazu nicht durch Legenden und Mythen aufgewertet.
- OSS profitiert von der Anerkennung, die die „freie“ Entwicklung von Software als Akt der Emanzipation von der Allmacht internationaler Konzerne in weiten Kreisen der Gesellschaft genießt. Für die Entwicklung von Referenzmodellen ist dieser Effekt prinzipiell auch nutzbar. Allerdings ist die Herausforderung etablierter Produkte nicht so offenkundig.

Betrachten wir nun vor dem Hintergrund dieses Vergleichs die Frage, inwieweit die in 3.1 ermittelten Gründe für den Erfolg von OSS auf OM übertragbar sind. In Tab. 1 sind entsprechende Einschätzungen dargestellt, die im Folgenden erläutert werden.

- Normen, Überzeugungen und Werte: Die OSS-Gemeinschaften zugrunde liegende Weltanschauung ist weitgehend nicht Quellcode-spezifisch und daher gut auf die offene Referenzmodellierung übertragbar.
- Reputation als Anreizmechanismus: Referenzmodellierung ist eine intellektuell anspruchsvolle Tätigkeit. Es ist daher zu erwarten, dass ein bedeutender Beitrag die Anerkennung der Gemeinschaft findet und das Ansehen des Modellierers erhöht. Angesichts des hohen Aufwands, der mit der Referenzmodellierung verbunden ist, scheint es fraglich, ob ein hervorgehobener sozialer Status innerhalb der Gemeinschaft ausreichend Anreiz bietet. Es ist zu vermuten, dass flankierende Maßnahmen

zur Förderung von Reputation über die Grenzen eines OM-Projekts hinaus notwendig sind (z. B. in der wissenschaftlichen Modellierungscommunity).

- „peer review“: Mit der fundierten Begutachtung eines Modells ist ein hoher zeitlicher Aufwand verbunden. Zudem erfordert die Begutachtung eine hohe fachliche Kompetenz. Die Anfertigung eines Gutachtens bedarf daher zusätzlicher Anreize, insbesondere mit Blick auf die Einbindung von Domänenexperten.
- Etabliertes Regelwerk: Viele der von Raymond und anderen formulierten Regeln lassen sich gut auf die Entwicklung von Modellen übertragen [Raym01].

Erfolgsfaktor	Übertragbarkeit auf OM
Normen, Überzeugungen und Werte	Gut
Reputation als Anreizmechanismus	Offen
„peer review“	Offen
Etabliertes Regelwerk	Gut
Einbindung individueller Kompetenzen	Gut
Entwickler- und Nutzerbeteiligung	Offen
Modularität	Offen

Tabelle 1: Übertragbarkeit von Gründen für den Erfolg von OSS auf OM

- Einbindung individueller Kompetenzen: Auch ein OM-Projekt bedarf neben Modellierungskompetenz weiterer Kompetenzen, vorrangig domänenspezifische Fachkompetenz, aber auch Kompetenzen im Hinblick auf Modelldokumentation, Anwenderunterstützung und Öffentlichkeitsarbeit. Die Einbindung von Mitwirkenden mit entsprechenden Kompetenzen ist prinzipiell gut möglich. Allerdings bedarf die Beteiligung spezieller und dringend benötigter Kompetenzen (etwa zur Einbindung von Fachexperten aus der Praxis) weitergehender Anreize.
- Entwickler- und Nutzerbeteiligung: Die Beteiligung von Entwicklern wie Anwendern ist – entsprechende Zugangsmodalitäten vorausgesetzt – möglich. Die Übertragung der Skaleneffekte wird vor allem von der Modularisierbarkeit von Modellen abhängen.
- Modularität: Prinzipiell ist eine Modularisierung von Referenzmodellen z. B. durch integrierende Metamodelle möglich. Die Zerlegung *eines* Referenzmodells in meh-

rere bearbeitbare Teile, die zu einem späteren Zeitpunkt wieder in konsistentes Ganzes integriert werden können, erscheint allerdings als Herausforderung für OM-Projekte.

Der Vergleich zwischen OSS und OM liefert gute Gründe für die Annahme, dass die Etablierung von Gemeinschaften zur Entwicklung offener Referenzmodelle erfolgreich sein kann. Dies liegt nicht zuletzt auch daran, dass einige der in 2 im Hinblick auf die Entwicklung von Referenzmodellen formulierten Hypothesen für ein OM-Vorhaben nach dem Vorbild von OSS-Projekten offenkundig erfüllt wären, wie auch sich die daran anknüpfenden Fragen zumindest teilweise beantworten lassen (s. 4). Gleichzeitig wird deutlich, dass der Nutzen von OM schwerer zu vermitteln ist als der von OSS. Zur weiteren Evaluation eines solchen Vorhabens ist es deshalb erforderlich, die spezifischen Vorteile, die mit OM verbunden sind, deutlich herauszuarbeiten und die daraus resultierenden Anforderungen zu betrachten.

#### **4 Kriterien zur Konfiguration von OM-Vorhaben**

Es liegt auf der Hand, dass ein missionarischer Aufruf zur Erstellung offener Referenzmodelle allein kaum hinreicht. Es ist vielmehr nötig, eine Strategie zu entwickeln, die geeignet erscheint, die für die Etablierung offener Referenzmodelle notwendige kritische Masse an Entwicklern und Anwendern zu erzeugen. Eine solche Strategie umfasst neben der Berücksichtigung der bereits diskutierten Erfolgsfaktoren die Auswahl geeigneter Domänen, Modellierungszwecke, Abstraktionsebenen sowie eine Projektorganisation einschließlich einer Vorgehensweise (s. 5). Eine ausführliche Analyse dieser Aspekte findet sich in [FrSK06]. Die folgenden Hypothesen beschränken sich auf Aspekte, die für OM besonders gut geeignet scheinen, da es für die nachhaltige Etablierung einer solchen Initiative besonders wichtig ist, dass die ersten Projekte erfolgreich verlaufen. Die Hypothesen sind jeweils unter einer „ceteris paribus“-Annahme formuliert. Hinsichtlich der beteiligten Akteure unterscheiden wir Wissenschaftler und Unternehmen, die jeweils sowohl in der Rolle des Entwicklers als auch des Nutzers eines Referenzmodells auftreten können.

*Domäne/Gegenstand:* Um die Skaleneffekte von Referenzmodellen nutzen zu können, sollte es in der ausgewählten Domäne eine größere Zahl potentieller Nutzer geben, die hinreichende Gemeinsamkeiten aufweisen.

*Zweck:*

- Grundlage für die Entwicklung von Code: immer dann reizvoll, wenn die Softwareentwicklung in überzeugender Weise von einem Referenzmodell profitiert – z. B. durch die Förderung von Integration, Wiederverwendung und Wettbewerbsfähigkeit (s. u.).
- Grundlage für die Kommunikation zwischen (existierenden) Systemen, z. B. zur Spezifikation von Schnittstellen (lose Kopplung): immer dann reizvoll, wenn unternehmensübergreifende Wertschöpfungsprozesse modelliert werden und/oder die betrachtete Domäne durch „Legacy“-Systeme geprägt ist, die auf absehbare Zeit nicht ersetzt werden können.
- Orientierung für die Strukturierung komplexer, arbeitsteiliger Handlungsmuster, z. B. durch Referenzmodelle von Geschäftsprozessen: immer dann reizvoll, wenn die Domäne durch einen hohen Wettbewerbsdruck gekennzeichnet ist, insbesondere bei absehbarem Strukturwandel.

*Akteure:* Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass die Entwicklung offener Referenzmodelle dadurch begünstigt wird, dass die Entwickler auch zu den prospektiven Nutzern zählen.

*Unternehmen:* Die Beteiligung an der Entwicklung eines offenen Referenzmodells ist reizvoll, wenn

- das Referenzmodell eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber übermächtigen Konkurrenten in Aussicht stellt.
- das Referenzmodell zur Überwindung von Markteintrittsbarrieren beiträgt.
- das Referenzmodell ein Medium für ergänzende Dienstleistungen darstellt.
- die Mitwirkung an der Entwicklung eines Referenzmodells eine wertvolle Qualifizierung der beteiligten Mitarbeiter verspricht – nicht zuletzt durch den Austausch mit wissenschaftlichen Einrichtungen.
- die Preisgabe individueller Differenzierungsvorteile durch den Einsatz von Referenzmodellen durch den erwarteten Nutzen überkompensiert wird.

*Wissenschaftler:* Die Beteiligung an der Entwicklung eines offenen Referenzmodells ist reizvoll, wenn

- die Entwicklung eines Referenzmodells mit einem hohen Anspruch verbunden ist, der in deutlichem Zusammenhang zu disziplinspezifischen Forschungsaufgaben steht.
- die Mitwirkung an der Gestaltung von Referenzmodellen einen differenzierteren Zugang zur Anwendungspraxis verspricht.
- das Referenzmodell in Aussicht stellt, selbst als Forschungsgegenstand zu dienen, z. B. um Analyse- und Transformationsverfahren zu entwickeln.
- ein Referenzmodell eine Bereicherung der Lehre verspricht.

*Abstraktionsniveau:* Referenzmodelle können für unterschiedliche Abstraktionen genutzt werden. Das gilt zum einen für die Abstraktion von spezifischen Besonderheiten in konkreten Einsatzfällen, also dafür, wie generisch ein Modell ist. Zum anderen kann zwischen Metamodellen zur Spezifikation von Modellierungssprachen und Modellen als Anwendung von Modellierungssprachen unterschieden werden. Die Entscheidungssituation ist hier ambivalent, so dass letztlich im Einzelfall anhand der genannten Entscheidungskriterien geprüft werden muss, welche Option gewählt wird. Die jeweilige Empfehlung beruht auf der Annahme, dass frühzeitige Erfolge wichtig sind.

*Generizität:* Einerseits: Je weiter ein Referenzmodell von spezifischen Merkmalen einzelner Anwendungsfälle abstrahiert – also je anwendungsferner es ist, desto anspruchsvoller und aufwändiger ist seine Erstellung, was aus wissenschaftlicher Sicht reizvoll ist. Gleichzeitig werden größere Wiederverwendungs- und Integrationspotentiale geschaffen.

Andererseits: Je anwendungsnäher ein Referenzmodell ist, desto größer ist sein unmittelbarer Nutzen für diejenigen, deren Anforderungen berücksichtigt wurden. Gleichzeitig sind auch die Realisierungschancen günstiger zu bewerten.

Entscheidungskriterien: Machbarkeit, Varianz, verfügbare Ressourcen

Empfehlung: Beginn mit Bottom-Up, um frühzeitig erste Ergebnisse zu produzieren; später ergänzt um einen Top-Down-Ansatz.

*Modell vs. Metamodell:* Einerseits: Die Entwicklung von Modellierungssprachen wirkt auf Unternehmen tendenziell abschreckend. Zum einen, weil sie Investitionen in existierende Modellierungssprachen gefährdet, zum anderen, weil sie die Entwicklung anwendungsnaher Referenzmodelle auf längere Zeit zu verzögern droht.



Andererseits: Die Entwicklung von Modellierungssprachen ist besonders anspruchsvoll und gehört zu anerkannten Forschungsthemen der Wirtschaftsinformatik und der Informatik.

Entscheidungskriterien: Qualität existierender Sprachen und Werkzeuge, verfügbare Ressourcen, Bedeutung von Standards

Empfehlung: Entwicklung zunächst mit existierenden Modellierungssprachen und Werkzeugen; ggfs. parallel dazu Entwicklung besser geeigneter Sprachen und Werkzeuge.

Zur Prüfung eines möglichen Vorhabens ist neben der Frage, ob ein geeigneter Zweck vorliegt, zu klären, welche Kriterien aus der Sicht der beteiligten Gruppen erfüllt sind.

## **5 Hinweise zur Organisation und Durchführung**

Anknüpfend an den in 4 entwickelten Bezugsrahmen bedarf die Initialisierung und nachhaltige Entwicklung von OM-Projekten einer, auf die Analyse in 3, abgestimmten Vorgehensweise. Hinweise zu einem Vorgehen zeigt die folgende Übersicht (in [FrSK06] stellen wir alternative Projektvorschläge zur Diskussion):

- Zur Initialisierung eines OM-Vorhabens bietet sich der Zusammenschluss weniger Forschergruppen an, die zusammen mit ausgewählten Praktikern eine Projektgemeinschaft begründen und durch wesentliche Beiträge einen überzeugenden Anfangserfolg des Projekts in Aussicht stellen (s. Hypothese 6).
- Es bietet sich gegenwärtig an, solche Anwendungsdomänen auszuwählen, die für eine offene Referenzmodellierung besonders Erfolg versprechend sind (s. 5). Überzeugende Anfangserfolge wirken als Katalysator für die Entwickler- und Nutzerbeteiligung.
- Die Einbindung etablierter Gremien aus Wissenschaft und Praxis verspricht, die Relevanz und Nachhaltigkeit des Vorhabens zu unterstreichen und dessen Sichtbarkeit zu erhöhen.
- Nach einer initialen Projektphase stellt die Öffnung des Vorhabens für die Beteiligung weiterer Entwickler und Anwender eine nachhaltige Entwicklung sowohl der Gemeinschaft, als auch der entstehenden Artefakte in Aussicht.

Für die intendierten Akteure sind Anreize zu gestalten und zu implementieren. Dazu sind Rollen zu definieren [KoSF06] und rollenspezifische Anreize zu bestimmen.

- Die Rollen Modellverwalter, Modellkonstrukteur, Modellgutachter, Modellnutzer und Begleitforscher bieten sich für Wissenschaftler an, wobei sich je nach wissenschaftlicher Disziplin eine spezifische Rolle ergeben mag (so ist für die Rolle Begleitforscher z. B. an Organisationsforscher und Soziologen zu denken). Für Unternehmen kommen vornehmlich die Rollen Modellgutachter und Modellnutzer in Frage. Für Domänenexperten ist hierbei zuerst an die Rolle des Modellgutachters zu denken und für Mitarbeiter in den IT-Abteilungen an die Rolle der Modellnutzer (s. Hypothese 7).
- Ein spezifischer Anreiz für Fachexperten könnte durch dedizierte Workshops zum Austausch mit beteiligten Wissenschaftlern erreicht werden (s. Hypothese 8).
- Die Beteiligung von Forschern erfordert eine weithin akzeptierte Anerkennung von Modellierungsleistungen als Publikations-äquivalent. Dazu sind spezifische Begutachtungsprozesse zu etablieren, die einen Beitrag zu einem OM-Projekt einer dem akademischen „peer review“ vergleichbaren Untersuchung unterziehen. Ein Ansatz wäre die Einrichtung eines anerkannten Gremiums, das eingereichte Modelle und Modelldokumentationen auf Anfrage z. B. doppel-blind begutachtet (s. Hypothese 9).

## **6 Abschließende Anmerkungen**

Motiviert durch die hohe Attraktivität, die Referenzmodelle für Wissenschaft und Praxis aufweisen, sowie die ernüchternde Bilanz der bisherigen Referenzmodellforschung untersucht der vorliegende Beitrag die Potentiale einer Initiative zur gemeinschaftlichen Entwicklung offener Referenzmodelle in Anlehnung an die OSS-Bewegung. Da die Erforschung von OSS-Projekten noch in einem frühen Stadium ist und zudem die Übertragbarkeit vorliegender Indizien teilweise mit Vorsicht zu betrachten ist, muss eine solche Untersuchung zu einem erheblichen Teil spekulativ bleiben. Der Beitrag ist denn auch darauf gerichtet, die vorgestellten Hypothesen und die daraus resultierenden Empfehlungen zur Diskussion zu stellen – mit der Intention, die Ziele wie auch die organisatorischen Rahmenbedingungen entsprechender Projekte zu konkretisieren.

Gleichzeitig wollen wir nicht verschweigen, dass wir mit dem Beitrag auch für eine OM-Initiative werben möchten. Jenseits noch offener Fragen und damit verbundener Risiken sind wir der Ansicht, dass eine solche Initiative für die Modellierungsforschung in der Wirtschaftsinformatik wie auch für beteiligte Unternehmen attraktive Perspektiven eröffnet - eine Einschätzung, in der wir uns nach der Vorstellung erster Ideen im Rahmen der GI-Fachgruppe MobIS und des GI-Querschnittsfachausschuss Modellierung bestätigt sehen. Um die Diskussionen zu fokussieren und einen organisatorischen Rahmen für die Gründung einer ersten OM-Initiative zu schaffen, wird z. Z. unter <http://openmodels.org> eine Online-Community aufgebaut.

## Literaturverzeichnis

- [BHPC04] Brügge, B., Harhoff, D., Picot, A., Creighton, O., Fiedler, M., Henkel, J.: Open-Source-Software. Eine ökonomische und technische Analyse. Springer, Berlin 2004.
- [BoRo03] Bonaccorsi, A.; Rossi, C.: Why open source software can succeed. In: Research Policy 32 (2003) 7, S. 1243–1258.
- [CrHA06] Crowston, K.; Howieson, J.; Annabi, H.: Information systems success in free and open source software development: Theory and measures. In: Software Process: Improvement and Practice (Special Issue on Free/Open Source Software Processes) 11 (2006) 2, S. 123–148.
- [FeLo04] Fettke, P.; Loos, P.: Systematische Erhebung von Referenzmodellen – Ergebnisse einer Voruntersuchung. Working Papers of the Research Group Information Systems & Management, Paper 19, Mainz 2004. [http://www.staff.uni-mainz.de/fettke/free/fettke\\_2004\\_isym\\_paper\\_019.pdf](http://www.staff.uni-mainz.de/fettke/free/fettke_2004_isym_paper_019.pdf), Abruf am 24.07.2006.
- [FrSK06] Frank, U.; Strecker, S.; Koch, S.: „Open Model“ – ein Vorschlag für ein Forschungsprogramm der Wirtschaftsinformatik (Langfassung). Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik, Universität Duisburg-Essen, ICB-Research Report No. 8, erscheint voraussichtlich im Februar 2007.

- [Gall01] Gallivan, M. J.: Striking a balance between trust and control in virtual organizations: a content analysis of open source software case studies. In: *Information Systems Journal* 11 (2001), S. 277–304.
- [KoSF06] Koch, S.; Strecker, S.; Frank, U.: Conceptual Modelling as a New Entry in the Bazaar: The Open Model Approach. In: *Damiani, E.; Fitzgerald, B.; Scacchi, W.; Scotto, M.; Succi, G.* (Hrsg.): *Open Source Systems*. Springer, Berlin 2006, S. 9–20.
- [LeTi02] Lerner, J.; Tirole, J.: The simple economics of open source. In: *Journal of Industrial Economics*, 50 (2002) 2, S. 197–234.
- [MaMA00] Markus, M. L.; Manville, B.; Agres, C. E.: What makes virtual organizations work? In: *Sloan Management Review*, 42 (2000) 1, S. 13–26.
- [MoFH02] Mockus, A.; Fielding, R. T.; Herbsleb, J. D.: Two case studies of open source software development: Apache and Mozilla. In: *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 11 (2002) 3, S. 309–346.
- [HeNH03] Hertel, G.; Niedner, S.; Hermann, S.: Motivation of software developers in open source projects: An internet-based survey of contributors to the Linux kernel. In: *Research Policy*, 32 (2003) 7, S. 1159–1177.
- [Pere99] Perens, B.: The Open Source Definition. *DiBona, C.; Ockman, S.; Stone, M.* (Hrsg.): *Open Sources: Voices from the Open Source Revolution*, O’Reilly, 1999.
- [Raym01] Raymond, E. S.: *The Cathedral and the Bazaar: Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary*. 2. Auflage. O’Reilly, Sebastopol 2001.
- [Stal02] Stallman, R. M.: *Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman*. GNU Press, Boston, Massachusetts 2002.
- [StGo06] Stewart, K. J.; Gosain, S.: The Impact of Ideology on Effectiveness in Open Source Software Development Teams. In: *MIS Quarterly*, 30 (2006) 2, S. 291–314.

# **Einführung in den Track**

## **Softwareprozessverbesserung**

**Prof. Dr. Georg Herzwurm**

Universität Stuttgart

**Prof. Dr. Marcus A. Rothenberger**

University of Nevada Las Vegas

**Dr. Ralf Kneuper**

Beratung für Softwarequalitätsmanagement  
und Prozessverbesserung, Darmstadt

Effizienz, Qualität, und Zuverlässigkeit in der Softwareentwicklung sind kritische Faktoren in vielen Organisationen. Viele Softwareentwickler und Unternehmen streben danach, ihr Vorgehen zu verbessern, indem sie geeignete Methoden und Technologien anwenden, wie z.B. SEIs Capability Maturity Model Integration, wieder verwendbare Softwarekomponenten, Web-Services, Middleware und Extreme Programming. Keine dieser Technologien kann die alleinige Lösung zur Effizienz- und Qualitätssteigerung in der Softwareentwicklung sein; jedoch haben viele dieser Technologien das Potential, Teilaspekte der Softwareentwicklung zu verbessern.

Dieser Track lädt sowohl technische als auch organisatorische Beiträge ein. Manuskripte sollten sich dem Einsatz von Technologien und Methoden widmen, die zu einer Verbesserung von Produktivität und Qualität in der Softwareentwicklung führen können, oder Erfahrungen mit derartigen Technologien und Methoden berichten.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Thorsten Spitta, Universität Bielefeld

Harry M. Sneed, AneCon GmbH

Prof. Dr. Stefan Eicker, Universität Essen

Prof. Dr. Wolfram Pietsch, FH Aachen

Prof. Dr. Werner Mellis, Universität Köln

Anton Dillinger, SAP

Stephan Salmann, Corporate Quality

Prof. Dr. Gerhard Chroust, Universität Linz

Dr. Ernest Wallmüller, Qualität & Informatik, Schweiz

Gerhard Fessler, Stuttgart

Prof. Dr. Marc Haines, University of Wisconsin-Milwaukee

Prof. Dr. Mark Srite, University of Wisconsin-Milwaukee

Ralf Remy, remy mc concepts

# **From Communication to Implementation**

## **A framework for understanding and reducing unintentional complexity in software development processes**

Matthias Biggeleben

Chair of Information Systems Engineering

Johann Wolfgang Goethe University

60325 Frankfurt / Main

biggeleben@wiwi.uni-frankfurt.de

### **Abstract**

Since the invention of “software engineering” in 1968, software development has been suffering from efficiency problems. Software development is bridging the gap between verbally formulated requirements and programming languages. This work equates development with communication. Communication efforts refer to either essential or accidental complexity. This work hypothesizes that accidental complexity is inherent in implementation processes. However, it can be mitigated. This paper discusses an implementation framework that attacks accidental complexity. The framework is tested in an experiment in order to study the hypothesized efficiency gains in a daily programming task. Finally, this work discusses potential reasons for the existence of accidental complexity in software development.

### **1 Introduction**

Since the invention of the term “software engineering” in 1968 [NaRa68] and in spite of all invented methods to improve software engineering [Berr04; Somm01], software development (SD) still suffers from efficiency problems. 23% of SD projects are cancelled due to failure and 49% exceed project resources [Stan01], i.e. projects do not meet deadlines or projects are simply too expensive. Similarly, [KeMR00] note, that between 30% and 40% of all software projects exhibit some degree of escalation.

Generally, a SD process starts with an initial customer’s need, which is structured, documented and discussed by techniques of requirements engineering [Somm01]. The process results – if successful – in an implemented and running system. Simplified, SD is bridging the *gap* between requirements (the “left side”) and a perfected implementation (the “right side”; see Figure 1).

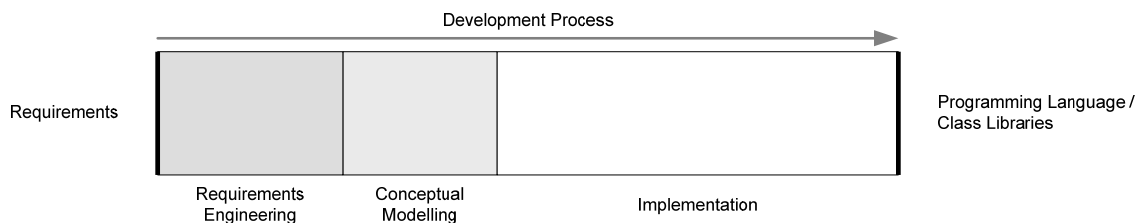


Figure 1: Simplified SD process

SD can be viewed from different perspectives, e.g. programming languages, compilers, operating systems or system architectures. Most perspectives have a technical nature. However, SD can also be understood as a form of communication. Usually, SD is performed within a team. Customers, requirements engineers, modelers, software developer and other relevant stakeholders have to communicate with each other during the course of an SD project. In addition, developers have to communicate with machines through programming languages. Even in the case of a one-man development, there is still a communication process between the developer and the machine. In the following, this work uses the term "*communication*" to unify both social and man-machine communication.

This work concentrates on *shortening* the gap by shifting the very “right side” of the overall development process, leaving other methods of software engineering unaffected. If this shift is realizable, the procedures developers usually follow will be truncated. Consequently, the process will demand less effort and less communication. This work proposes an *implementation framework* to realize that shift (see Figure 2).

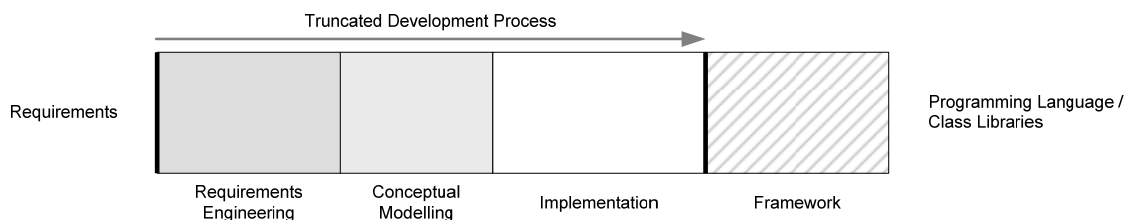


Figure 2: Truncated SD process



The crucial motivation for the framework is to free programmers from anything, which is not in straight line with problem solution or unnecessarily error-prone, i.e. the identification and elimination of *accidental complexity* [Broo87; Broo95]. In addition, the framework provides and integrates established concepts developers might need to know and implement. By doing so, the framework attempts to prevent communication hazards, which are supposed to exist in development processes.

The paper is structured as follows. Section 2 discusses related work. This section also elaborates three types of communication hazards. Section 3.1 proposes an abstract implementation framework that addresses the presented communication hazards. Accidental complexity is the most promising candidate to attack. Yet, accidental complexity strongly depends on technical aspects, i.e. how concepts can be implemented. Thus, section 3.2 summarizes analyzed aspects of SD. This analysis results from the development of various framework prototypes. These developments can be regarded as a collection of experiments. Details of the research methodology and the hypothesis of this paper are presented in section 4.

Afterwards, section 5 will illustrate a *test* of the hypothesis by analyzing a daily programming problem. The test is based on the current framework prototype. Finally, section 6 discusses the test results and attempts to derive a model of *general* existence of accidental complexity in SD and explain how it can be mitigated.

## 2 Related Work

Requirements are neither clear at the start nor stable during the development process. Following [Jack94] only two things are known about requirements: they will change and they will be misunderstood. This insight is not due to defects of requirements engineering. In fact, changes are natural. [Lehm80] points out, that real world software – once installed and becoming part of the application domain (termed E-type systems) – alters its own requirements. The software co-evolves with its domain and vice versa [LeRa02]. As a consequence, requirements are adapted, some are removed and new ones are added, which is organizationally managed by change requests.

During development, developers continuously gain knowledge about requirements through communication processes. Analogously and according to [BuMo79, 1] who describe the origin of knowledge, “one might begin to understand the world and communicate this as knowledge to

fellow human beings”. [GaNe01, 611] describe knowledge as “justified true belief” and state that “belief refers to an individual’s or group’s idea about what is truth”. As a result, truth is socially constructed. Analogously, software requirements are social constructs as well.

However, it is impossible to verbalize requirements in a form that a machine automatically generates an implementation [Holt03]. For this reason, a gap emerges that cannot be bridged instantly. A machine simply does not understand us. In consequence, there has to be at least one person who is capable of mapping *concepts* formulated (or thought) in spoken language to concepts of a machine represented in a programming language. This transformation is inevitable. Here, the term *concept* is used with respect to [KaLo84]. Kamlah and Lorenzen define *concept* as "the meaning of a term [...]: the meaning of a term is that which the term makes understood on the basis of its explicit agreement, which, however, can also be made understood by other signs" [KaLo84, 73].

This work identifies two sets of concepts. The first set contains concepts, termed *R-concepts* (requirements), which are used to define requirements and which refer to the “left” side of development processes. The second set contains concepts, termed *I-concepts* (implementation), a machine understands and provides and which refer to the “right” side of development processes. Both sets refer to a corresponding language community [KaLo84]. With respect to their members, both language communities might be disjoint. This emphasizes the importance of a person who is able to collate concepts of both communities.

The transformation of R-concepts into I-concepts is time-consuming and expensive, since software is complex. “Software entities are more complex for their size than perhaps any other human construct, because no two parts are alike” [Broo95, 182]. Thus, developers have to invest a remarkable amount of time in communication, because it is necessary to communicate each software entity. Conversely, there are communication processes which can be identified as unnecessary with respect to problem solution.

Despite extensive use of the word, there is no generally accepted definition of complexity. Complexity is a multi-faceted term which has many possible meanings [FlCa93; Klir85]. Since complexity is something perceived by an observer, the complexity of the system being observed can be described as a measure of the perceived effort that is required to understand and cope with the system [Back02]. Here, complexity can be understood in terms of number of parts and number of relationships [FlCa93], as well as requisite variety [Ashb65].

Following [Broo95, 182] complexity can be divided into the *essence* and the *accidents*. *Essential complexity* is inherent and unavoidable by definition, since any *simpler* solution would not solve the problem. In contrast, *accidental complexity* is avoidable, since it refers to complexity that we create on our own, i.e. it originates from the process or the techniques of solving a problem. It is not part of the solution. Accordingly, communication processes that focus accidental complexity are unnecessary. However, there has to be an alternative method that avoids accidental complexity. If there is one, accidental complexity can be removed and communication efforts will be reduced.

Additionally, there are communication processes that are unnecessary because developers do not know a particular concept. Instead, they have to invest time to develop and express concepts on their own, e.g. concepts like the model-view-controller or object-relational mapping. The linguist Whorf [Whor56] hypothesizes a relationship between the expressive power of a language and the ability to think a particular thought. If required words are unknown, a person will not be able to express the thought and might not even be able to formulate it in other words. This hypothesis can be transferred to SD [McCo04]. For example, if simple concepts like hashes or dictionaries are not known, they will probably not be used within development, although their convenience might even be known from keys and indexes within databases.

As a result, this work identifies three types of communication hazards:

- to communicate accidental complexity,
- to communicate unknown concepts and
- *not* to communicate relevant concepts.

These communication hazards still refer to communication as a unification of both social and man-machine communication. Each communication hazard is regarded as a source of inefficiency.

With respect to the reduction of inefficiency, a major focus of software engineering has been the organization and *acceleration* of the process of bridging the gap. Popular representatives of this idea are the build-and-fix model [Scha02], the waterfall model [Royc70; Somm01], structured programming [DaDH72], extreme programming [BeAn04], domain specific approaches etc. However, past decades have shown that the efficiency problem has not changed and that Brooks' "silver bullet" has not been found [Berr04; Broo87; Broo95]. Consequently, this work

does not directly focus on the process, but the basis of SD, i.e. the quantity and usability of provided *I-concepts* on the implementation level.

### 3 Implementation Framework

#### 3.1 Abstract Implementation Framework

The implementation framework is based on a 3<sup>rd</sup> generation programming language. Accordingly, accidental complexity of mapping high-level language constructs to machine or assembler code does not exist. Additionally, the framework will address an object-oriented programming language. However, object-orientation has not removed accidental complexity [Broo87]. The choice for an object-oriented language just results from the popularity and widespread use of these languages, e.g. C++, C# and Java.

A programming language simply consists of essential language constructs, e.g. assignments, arithmetic expressions, loops, conditions etc. Frequent data structures and functions (which do not extend the syntax of a language) are usually provided by a collection of class-libraries. Commonly, class-libraries offer reusable functionality [KiLa92]. Moreover, generality and extensibility are their design objectives [KiLa92]. Accordingly, class-libraries reduce accidental complexity, because they offer already implemented functions.

Though generality and extensibility are design objectives of class-libraries, these features may also emerge as obstacles. For example, an application has to load an XML document from a web server which requires authorization, validate the document against an XML schema definition and extract some data via XPath [W3C99]. This should be three lines of code. Using class libraries straightforwardly developers need a multiple of lines, because class-libraries contain small but highly reusable structures that have to be composed for problem solution.

In consequence, the implementation framework has to identify the most required functions, which normally have to be composed by developers manually. Thus, the framework has to *pre-compose* frequent functionality, so that a particular functionality is utilizable within one line of code. If a pre-composed function requires customization, this will be management by descriptors that are separated from the code level.

Another major source of accidental complexity is bad design [Broo87]. Consequently, the framework supports and even forces a primary segmentation of the implementation.

Accordingly, the framework demands less effort and ability from programmers. Following [RaTo92] *ability* which includes familiarity with relevant concepts and design still has the strongest effect on software developers' performance. Basically, the framework is divided into *four* segments: *data*, *code*, *graphical user interface* (GUI) and *communication*, which is consistent with *three-tier* architectures like the client/server model (the communication segment connects the tiers). However, the segmentation is transparent for developers.

At this point, the framework appears to be equivalent to architectures like *Java 5 EE* (successor of J2EE; [Sun06]) or the *.NET Framework* [Micr06d]. For distinction purposes, a programming language, its class libraries and corresponding architectures are subsumed under the term "*implementation base*". Nevertheless, the proposed implementation framework does not intend to replace or compete with such implementation bases. It is rather intended to put the implementation framework on such an implementation base. This implicates, that – in spite of a compound implementation base – there is much accidental complexity left in SD processes, which legitimates a further *layer* between developers and the implementation base. However, the framework does not encapsulate the implementation base. Thus developers still have direct access (see Figure 3).

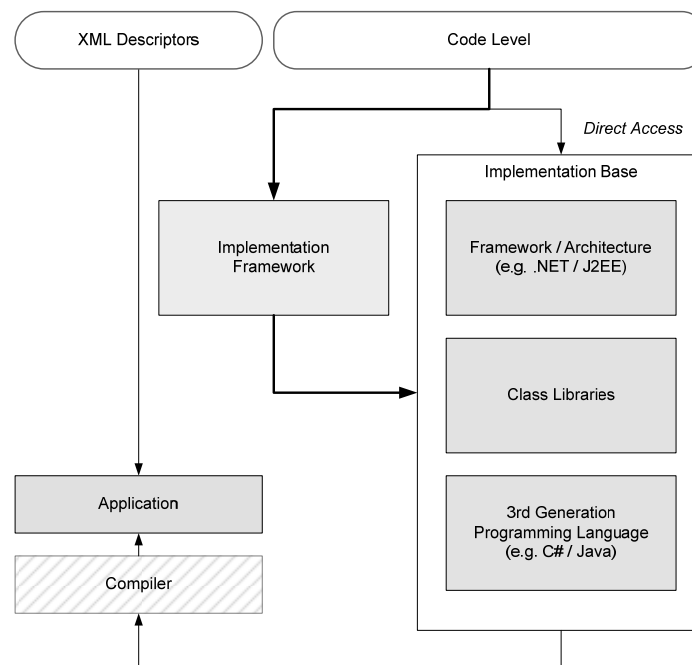


Figure 3: Integration of the implementation framework and an implementation base

For the legitimization of a further layer, the *abstract* implementation framework has to be fulfilled by a *general* explanation for the existence of accidental complexity. In particular, the existence of accidental complexity and ways of mitigation strongly depend on technical aspects.

### 3.2 Technical Aspects

For abbreviation purposes, this section does not present technical aspects in detail, but gives an impression which aspects of SD have been technically analyzed. This analysis examined differences between *typed* and *untyped* programming languages with respect to productivity [McCo04; Oust98; Prec05], the coherency between a language and productivity in general [BISW96; MaWD96], the lines-of-code paradox [Jone94], arguments for typed languages [Oust98; RySB05], arguments for untyped languages [Oust98], future features of programming languages ("*Anonymous Classes*", "*implicitly typed variables*", etc. [Micr06b]), data processing based on XML, GUI description based on XML (*XML application markup language* [Micr03]), GUI element access via the *document object model* [W3C04], late-binding, code reflection, promising approaches to integrate script-languages [Hugu04; Micr06c], object-relational mapping [Micr06a; Sun05] and finally standardizing communication via web services [W3C02].

Summarizing, the technical analysis encouraged the assumption that accidental complexity still exists in daily programming scenarios. Moreover, the analysis provided ideas to mitigate this complexity.

## 4 Research Methodology

This work *hypothesizes*, that accidental complexity denotes a communication hazard that negatively impacts the efficiency of SD processes. Using the proposed framework in SD processes reduces accidental complexity and positively impacts the efficiency.

With respect to software engineering, [DBOB03, 53] state, that "it is certainly arguable whether a positivist approach can ever be appropriate for a discipline so dependent on people and the environment, where carefully controlled and repeatable experiments, which change only one variable at a time, are often difficult or impossible to design and implement". For that reason, this work predominantly addresses a *subjective* and *interpretive understanding* [Lee91].

A collection of simple controlled experiments have been made to provide first data for the *subjective understanding*. These experiments were derived from a superordinate exemplary SD project. With respect to comprehensibility, the project goal was to develop a simplified replica of the software "EndNote" [Thom06], which is a tool for publishing and managing bibliographies. The choice for replicating this tool was made due to a lot of experienced crashes, the lack of database support and the missing support for a lot of citation styles (actually EndNote is not able to handle the citation style of this paper). Besides, this software type is regarded as popular within the research community.

The SD project was analyzed for frequent programming issues. The dominant issues are database queries (database support), XML (for importing existing EndNote libraries), XSLT (for describing and generating output styles), GUI handling and client-server communication (between the replica and e.g. *Microsoft Word*). Relating to the identification and mitigation of accidental complexity, each issue was subject to a controlled experiment.

All experiments have been conducted by the author. Other persons were not involved. First, a programming issue was isolated from its context. Afterwards the issue was implemented. With respect to the experimental context [KPPJ02], the author is especially familiar with C, C#, Java, JavaScript, Perl, PHP, SQL, XML and XSLT with more than two decades of programming experience. All issues were implemented in C# using Microsoft's .NET Framework (version 1.1) and Visual Studio .NET 2003. Run-time benchmarks have been performed under Microsoft Windows XP Professional (SP2) on a Pentium 4 machine (2.8 GHz; 512 MB RAM).

After the implementation, the resulting code was analyzed with respect to accidental complexity. For example, the essence of a database query is the SQL statement, the corresponding database and the query results. Any further line of code is regarded as an unnecessary communication effort and a possible source of error and therefore accidental.

The results of each analysis were *interpreted* and thus they delivered insights and synergies which helped constructing and adapting the implementation framework. Thus, the experiments were repeated using the first prototypes of the framework. Again, the resulting code was tested for accidental complexity and possible negative side-effects on other issues. With respect to a comparison, the communication efforts of both series, i.e. implementing a solution with or without the framework, have been counted. Here, a communication effort refers to function calls, assignments, loops, object instantiations, type definitions etc. All communication efforts have been weighted equally.

## 5 Testing the Hypothesis

To test the presented hypothesis, accidental complexity as a communication hazard has to be revealed and mitigated. Accordingly, a common task of SD is analyzed in the following: *database queries*. This refers to one of the experiments derived from the *EndNote* replica development. The analysis addresses the question if this task contains accidental complexity. This section is based on the current prototype of the implementation framework.

The requirements are as follows. The program has to respond to an AJAX request (asynchronous JavaScript and XML) [Garr05; Paul05] or a web-service. The corresponding method has to connect to a database (using a native driver), execute an SQL query, collect its results, serialize them into an XML document, transform the XML document into an AJAX/web-service compatible schema and finally serialize the XML document to a plain string. The program has to support two different database management systems (MySQL 5.0 & Microsoft SQL Server 2005).

The required communication efforts have been classified and counted. A developer has to spend a total of 78 communication efforts (see Figure 4).

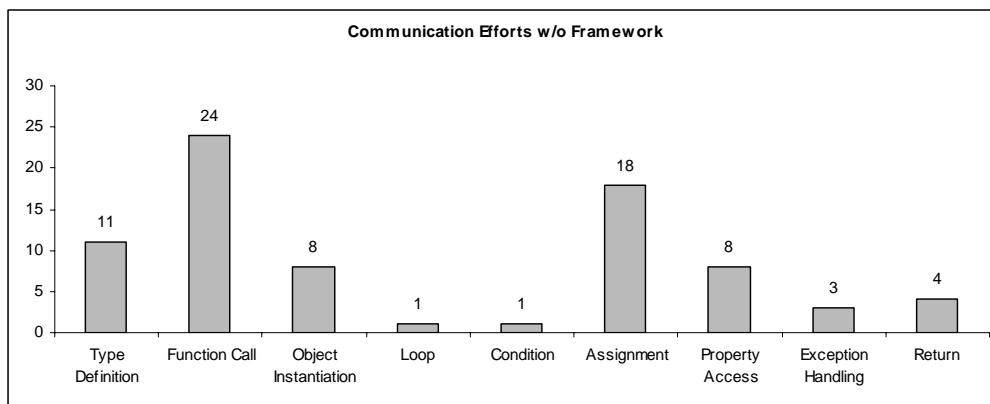


Figure 4: Communication efforts (without framework)

These efforts refer to the composition of basic language constructs and the recomposition of "atomic" elements provided by class-libraries. The latter implies that he or she knows how to implement database access, XML document creation and XSLT transformation. Using the implementation framework, the total effort and thus accidental complexity can be minimized (see Figure 5).



```

public string DemoRequest()
{
    // load global configuration
    Global.LoadConfiguration("configuration.xml");
    // prepare & execute the statement (uses default connection),
    // SQL query is given by name, transform result set to xml, process xslt,
    // return xml as string (implicit conversion)
    return Pool.PrepareByName("Query1").XmlResultSet.Xslt("ajax.xsl");
}

```

Figure 5: The exemplary development task using the implementation framework

The given example demonstrates that the task can be solved within two lines code. The first line loads the configuration (see Figure 6), i.e. all required XML descriptors. It is possible and planned to create and maintain this descriptor by an external application, so that its maintenance demands marginal efforts.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<pif>
  <configuration>
    <system name="Development">
      <database>
        <connections default="testdb">
          <connection name="testdb">
            <type>mysql</type>
            <host>localhost</host>
            <database>foobar</database>
            <user></user>
            <password></password>
          </connection>
        </connections>
      <queries>
        <query name="Query1">
          <sql type="mysql">
            SELECT proprietary_function(foo)
            FROM bar
          </sql>
          <sql type="mssql">
            SELECT another_proprietary_function(foo)
            FROM bar
          </sql>
        </query>
      </queries>
    </database>
  </system>
</configuration>
</pif>

```

Figure 6: Exemplary configuration file

At this time, a default database connection is defined, which also defines the database system type, e.g. MySQL. If the connection fails, a debug dialog will open. The user can immediately kill the process within the debug dialog. Moreover, the debug dialog does some checks to help the developer (send ping to host, connect without a particular database) and it shows the

corresponding configuration lines and the location of the configuration file. If the configuration file is changed, the developer has the possibility to reload the configuration during run-time.

The second line (see Figure 5) prepares and executes the SQL query, defined by its name. All corresponding result sets are serialized to XML. This XML data is immediately transformed by an XSL transformation. The results are implicitly converted to a string and returned.

Using the implementation framework, the communication efforts decrease to a total of 5. The results of the exemplary development task are compared in Tab. 1. The comparison considers communication efforts (CE), lines of code (LOC) and effective lines of code (ELOC), i.e. without braces, empty lines and comments, as well as a run-time benchmark (10.000 iterations). In addition, the comparison presents rounded ratios.

	With & Without Comparison	
	w/	w/o
CE	5	78
LOC	9	121
ELOC	2	48
CE ratio	1	: 16
LOC ratio	1	: 13
ELOC ratio	1	: 24
Benchmark (Total)	21.565 ms	120.482 ms
Benchmark	464 iterations/s	83 iterations/s
Performance ratio	6	: 1

Tab. 1: Comparison of the exemplary development task both with ("w/") and without ("w/o") the implementation framework

The comparison clearly revealed that the implementation framework reduces communication efforts within the experimental setting. All measures concerning programming effort, i.e. CE, LOC and ELOC, decreased. Especially, the effective lines of code present a ratio of 1:24. In contrast, the run-time benchmark shows that the implementation framework provides better performance (6:1) based on code optimizations and suitable caching mechanisms.

Finally, the ratio of CE and ELOC reveal accidental complexity. While both cases (i.e. with and without the implementation framework) solve the same problem, the framework is able to eliminate approx. 95% of the initial complexity on the implementation level.

## 6 Discussion

The presented experiment demonstrated the existence of accidental complexity in SD and that this complexity can be mitigated. Thus, the existence of communication hazards could be confirmed, which corroborates the given hypothesis. The development of the implementation framework prototype has already revealed lots of further accidental complexity. At this point, it is interesting to ask if there is a *general explanation* for accidental complexity.

As stated, a 3<sup>rd</sup> generation programming language is usually provided with class libraries. Analogous to relational database design, class libraries give the impression of *normalization*. In general, the goal of normalization is reduction of redundancy [SiKS06]. This is consistent with class libraries' generality and extensibility.

Given a particular collection of class libraries, there is almost no redundancy, since each construction is *decomposed* into reusable parts, so that the degree of reusability is maximized. In consequence, a developer has to *recompose* "atomic" elements to a sequence of instructions. Thinking in relational database design, there is no functional dependency within any potential sequence. But there might be sequences, which we now call "frequent functions". Accordingly, a *recomposition* of a frequent function is equal to accidental complexity. It can be avoided by "*pre-composed*" functions, i.e. adding *redundancy*, on a framework level. This redundancy is also able to attack conceptual essence [Broo95, 196], since it provides mechanisms developers no longer have to communicate, implement and test and therefore they no longer have to conceptualize these mechanisms either.

Reducing accidental complexity ahead of a project to reduce costs might be criticized as a self-fulfilling prophecy. However, the costs of the development and customization of the framework have to be added to the total project costs. In general, the framework approach pays if its development costs are less than the project costs savings. Still, if this is not the case, it can be an advantageous investment in the long run.

## 7 Future Research

Future research will concentrate on completing the implementation framework. With respect to the presented hypothesis, a series of controlled experiments with students will follow. These experiments will be based on a test group, which uses the implementation framework, and a control group, which does not use the framework. Both groups will implement identical requirements, which allows a comparison of the development productivity of each group. The results will be helpful to elaborate a hypothesis about the degree to which the framework approach compresses the project schedule. Furthermore, it is decided to perform a case study with an enterprise that is engaged in SD.

Finally, the author would like to thank his reviewers for their recommendations on this work. Furthermore, the author would like to thank the German Federal Ministry of Education and Research, which funded this work under record no. 01AK706.

## References

- [Ashb65] *Ashby, W. R.:* An introduction to cybernetics. London 1965.
- [Back02] *Backlund, A.:* The concept of complexity in organisations and information systems. In: *Kybernetes* 31 (2002) 1, pp. 30-43.
- [BeAn04] *Beck, Kent; Andres, Cynthia:* Extreme Programming Explained: Embrace Change. Addison-Wesley Professional, 2004.
- [Berr04] *Berry, Daniel M.:* The Inevitable Pain of Software Development: Why There Is No Silver Bullet. In: *Proceedings of the Radical Innovations of Software and Systems Engineering in the Future, Venice, Italy, 2004*, pp. 50-74.
- [BISW96] *Blackburn, Joseph D.; Scudder, Gary D.; Van Wassenhove, Luk N.:* Improving Speed and Productivity of Software Development: A Global Survey of Software Developers. In: *IEEE Transactions on Software Engineering* 22 (1996) 12, pp. 875-895.
- [Broo87] *Brooks, Fred P.:* No Silver Bullet: Essence and Accident in Software Engineering. In: *IEEE Computer* 20 (1987) 4, pp. 10-19.

- [Broo95] *Brooks, Fred P.: The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering.* Addison-Wesley, Reading, MA 1995.
- [BuMo79] *Burrell, G.; Morgan, G.: Sociological Paradigms and Organisational Analysis.* Aldeshorst et al. 1979.
- [DaDH72] *Dahl, O.-J.; Dijkstra, E. W.; Hoare, C. A. R.: Structured Programming.* Academic Press, London 1972.
- [DBOB03] *Dawson, Ray; Bones, Phil; Oates, Briony J.; Brereton, Pearl; Azuma, Motoei; Jackson, Mary Lou: Empirical methodologies in software engineering.* In: Proceedings of the Eleventh Annual International Workshop on Software Technology and Engineering Practice, 2003., Amsterdam, The Netherlands, 2003, pp. 52-58.
- [FlCa93] *Flood, R. L.; Carson, E. R.: Dealing with complexity.* Plenum Press New York, 1993.
- [GaNe01] *Galliers, Robert D.; Newell, Sue: Back to the future: from knowledge management to the management of information and data.* In: Proceedings of the European Conference on Information Systems, Bled, Slovenia, 2001, pp. 609-615.
- [Garr05] *Garret, Jesse James: Ajax: A New Approach to Web Applications.* <http://www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385.php>, 2005, Last access 2005-03-29.
- [Holt03] *Holten, Roland: Integration von Informationssystemen. Theorie und Anwendung im Supply Chain Management.* 2003.
- [Hugu04] *Huginin, Jim: IronPython - A fast Python implementation for.NET and Mono.* <http://www.ironpython.com/>, 2004, Last access 2006-07-05.
- [Jack94] *Jackson, M.A.: The Role of Architecture in Requirements Engineering.* In: Proceedings of the Proceedings of the IEEE International Conference on Requirements Engineering, Colorado Springs, 1994, p. 241.

- [Jones94] *Jones, C.:* Assessment and Control of Software Risks. Yourdon Press, Englewood Cliffs, N.J. 1994.
- [KaLo84] *Kamlah, Wilhelm; Lorenzen, Paul:* Logical Propaedeutic. Pre-School of Reasonable Discourse. University Press of America, Lanham 1984.
- [KeMR00] *Keil, Mark; Mann, Joan; Rai, Arun:* Why Software Projects Escalate: An Empirical Analysis and Test of Four Theoretical Models. In: MIS Quarterly 24 (2000) 4, pp. 631-664.
- [KiLa92] *Kiczales, Gregor; Lamping, John:* Issues in the design and specification of class libraries. In: ACM SIGPLAN Notices 27 (1992) 10, pp. 435 - 451.
- [Klir85] *Klir, G. J.:* Complexity: some general observations. In: Systems Research 2 (1985) 2, p. 131-140.
- [KPPJ02] *Kitchenham, Barbara A.; Pfleeger, Shari Lawrence; Pickard, Lesley M.; Jones, Peter W.; Hoaglin, David C.; Emam, Khaled El; Rosenberg, Jarrett:* Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering. In: IEEE Transactions on Software Engineering 28 (2002) 8, pp. 721-734.
- [Lee91] *Lee, Allen S.:* Integrating positivist and interpretive approaches to organizational research. In: Organization Science 2 (1991) 4, pp. 342-365.
- [Lehm80] *Lehman, M. M.:* Programs, Life Cycles and Laws of Software Evolution. In: Proceedings of the Proceedings of the IEEE, 1980, pp. 1060-1076.
- [LeRa02] *Lehman, M. M.; Ramil, Juan F.:* Software Evolution and Software Evolution Processes. In: Annals of Software Engineering 14 (2002) 1-4, pp. 275 - 309.
- [MaWD96] *Maxwell, Katrina D.; Van Wassenhove, Luk; Dutta, Soumitra:* Software Development Productivity of European Space, Military and Industrial Applications. In: IEEE Transactions on Software Engineering 22 (1996) 10, pp. 706-718.
- [McCo04] *McConnel, Steve:* Code Complete. Microsoft Press, Washington 2004.

- [Micr03] *Microsoft*: Chapter 1: The "Longhorn" Application Model. <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnintlong/html/longhornch03.asp>, 2003, Last access 2006-07-03.
- [Micr06a] *Microsoft*: ADO.NET 2.0. <http://msdn.microsoft.com/data/ref/adonet/>, 2006, Last access 2006-07-05.
- [Micr06b] *Microsoft*: C# Version 3.0 Specification. [http://download.microsoft.com/download/5/8/6/5868081c-68aa-40de-9a45-a3803d8134b8/CSharp\\_3.0\\_Specification.doc](http://download.microsoft.com/download/5/8/6/5868081c-68aa-40de-9a45-a3803d8134b8/CSharp_3.0_Specification.doc), 2006, Last access 2006-07-03.
- [Micr06c] *Microsoft*: IronPython. <http://www.codeplex.com/Wiki/View.aspx?ProjectName=IronPython>, 2006, Last access 2006-07-05.
- [Micr06d] *Microsoft*: Microsoft.NET Framework 3.0 (formerly WinFX). <http://msdn.microsoft.com/winfx/>, 2006, Last access 2006-07-05.
- [NaRa68] *Naur, P.; Randell, B.*: Software Engineering: Report an a Conference Sponsored by the NATO Science Commission. In: Proceedings of the Garmisch, Germany, 1968.
- [Oust98] *Ousterhout, John K.*: Scripting: Higher-Level Programming for the 21st Century. In: IEEE Computer 31 (1998) 3, pp. 23-30.
- [Paul05] *Paulson, Linda Dailey*: Building Rich Web Applications with Ajax. In: IEEE Computer 38 (2005) 10, pp. 14-17.
- [Prec05] *Prechelt, Lutz*: An Empirical Comparison of Seven Programming Languages. In: IEEE Computer 33 (2000) 10, pp. 23-29.
- [RaTo92] *Rasch, Ronald H.; Tosi, Henry L.*: Factors Affecting Software Developers' Performance: An Integrated Approach. In: MIS Quarterly 16 (1992) 3, pp. 395-413.
- [Royc70] *Royce, W. W.*: Managing the Development of Large Software Systems: Concepts and Techniques. In: Proceedings of the Proceedings of WesCon, 1970.

- [RySB05] *Ryder, Barbara G.; Soffa, Mary Lou; Burnett, Margaret: The Impact of Software Engineering Research on Modern Programming Languages.* In: ACM Transactions on Software Engineering and Methodology 14 (2005) 4, p. 431–477.
- [Scha02] *Schach, S. R.: Object-oriented and Classical Software Engineering.* McGraw-Hill, New York 2002.
- [SiKS06] *Silberschatz, Avi; Korth, Hank; Sudarshan, S.: Database System Concepts.* McGraw-Hill, New York 2006.
- [Somm01] *Sommerville, Ian: Software Engineering.* Pearson Education Limited, Essex 2001.
- [Stan01] *Standish Group International, Inc.: Extreme CHAOS.* In: Research report, ordering information available at [www.standishgroup.com](http://www.standishgroup.com) (2001).
- [Sun05] *Sun Microsystems Inc.: J2EE - Enterprise JavaBeans Technology.* <http://java.sun.com/products/ejb/>, 2005, Last access 2005-03-29.
- [Sun06] *Sun Microsystems Inc.: Java EE At a Glance.* <http://java.sun.com/javae/>, 2006, Last access 2006-07-07.
- [Thom06] *Thomson Corporation: EndNote.* <http://www.endnote.com/>, 2006, Last access 2006-07-14.
- [W3C02] *W3C: SOAP Version 1.2 Part 0: Primer.* <http://www.w3.org/TR/2002/WD-soap12-part0-20020626/>, 2002, Last access 2005-03-29.
- [W3C04] *W3C: Document Object Model.* <http://www.w3.org/DOM/>, 2004, Last access 2004-12-15.
- [W3C99] *W3C: XML Path Language (XPath).* <http://www.w3.org/TR/xpath>, 1999, Last access 2005-03-29.
- [Whor56] *Whorf, Benjamin: Language, Thought and Reality.* MIT Press, Cambridge, MA 1956.



# **Interaktive Entscheidungsunterstützung für die Auswahl von Software-Komponenten bei mehrfachen Zielsetzungen**

Thomas Neubauer

Secure Business Austria - Security Research  
1040 Wien  
neubauer@securityresearch.at

Christian Stummer

Institut für Betriebswirtschaftslehre  
Universität Wien  
1210 Wien  
christian.stummer@univie.ac.at

## **Abstract**

In der betrieblichen Praxis kommt der komponentenbasierten Software-Entwicklung hoher Stellenwert zu. Angesichts mehrfacher Zielsetzungen und vielfältiger Nebenbedingungen ist dabei insbesondere die Auswahl der „besten“ Kombination von Komponenten ein nicht-triviales Entscheidungsproblem. Bislang wurden hierfür vor allem die Nutzwertanalyse bzw. der Analytic Hierarchy Process zur Entscheidungsunterstützung vorgeschlagen, wobei aber beide eine Reihe von Unzulänglichkeiten aufweisen. Diese Arbeit will dazu nunmehr eine Alternative anbieten. Darin werden in einem ersten Schritt zunächst (zulässige) Pareto-effiziente Kombinationen von Software-Komponenten berechnet und die Entscheidungsträger dann im zweiten Schritt interaktiv bei der Suche nach jener Variante unterstützt, die einen Ziele-Mix in Aussicht stellt, der den jeweiligen individuellen Präferenzen am besten entspricht. Das neue Verfahren zeichnet sich im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen insbesondere durch den Verzicht auf umfangreiche a priori Präferenzinformationen (wie z.B. Zielgewichtungen) aus. Darüber hinaus kann es ohne großen Anpassungsaufwand in bestehende Vorgehensmodelle zur Auswahl von Software-Komponenten integriert werden.

## 1 Einleitung

Die komponentenbasierte Software-Entwicklung unterscheidet sich vom traditionellen Vorgehen insbesondere dadurch, dass (bestehende) Komponenten als Grundlage für die Entwicklung komplexer Softwarelösungen genutzt werden. Tatsächlich kommt ihr heutzutage hoher Stellenwert zu [Ruhe2002], da in immer kürzeren Abständen qualitativ hochwertige und zuverlässige Software auf den Markt gebracht werden muss. Zudem steigen die funktionalen Anforderungen an Software, so dass insbesondere kleinere Unternehmen bei der Erfüllung ihrer Aufträge zunehmend davon abhängig sind, auf vorhandene Komponenten zurückgreifen zu können und das Produkt nicht in allen Details von Grund auf neu entwickeln zu müssen [Alves2003]. Empirische Studien [Alves2003, Basili1996] zeigen ferner, dass durch den Rückgriff auf bewährte Komponenten Fehler im Gesamtsystem wesentlich reduziert werden. Und schließlich wird die komponentenbasierte Software-Entwicklung auch durch Technologien wie CORBA, JavaBeans/EJB, DCOM/ActiveX oder .Net sowie die Verfügbarkeit von verschiedenen Tools für die Konfiguration und den Einsatz solcher Lösungen vorangetrieben [Andrews2005].

Allerdings müssen Software-Produkte in der Regel an spezifische Anforderungen angepasst werden. Dementsprechend spielt bei der komponentenbasierten Software-Entwicklung die Auswahl der „richtigen“ Komponenten eine wesentliche Rolle mit Auswirkungen auf alle weiteren Phasen des Entwicklungszyklus. Ineffiziente Entscheidungen haben daher nicht nur Einfluss auf Korrektheit und Zuverlässigkeit der komponentenbasierten Anwendung, sondern können auch zu massiven Kostensteigerungen in der Entwicklung und/oder der nachfolgenden Wartung führen [Maiden1998,Ruhe2002,Ruhe2003].

In der Literatur finden sich zahlreiche Vorgehensmodelle für die Evaluierung und Auswahl von Software-Komponenten (z.B. OTSO von [Kontio1995]). Nahezu alle diese Ansätze berücksichtigen mehrfache Zielsetzungen (wie Kosten, Kompatibilität, Einfachheit der Installation, usw.), wobei die meisten Autoren entweder eine Nutzwertanalyse (Weighted Scoring Method; WSM) oder den Analytic Hierarchy Process (AHP) zur Entscheidungsfindung empfehlen (vgl. u.a. [Alves2003,Maiden1998,Navarrete2005,Ncube2002,Wanyama2005]). Tatsächlich weisen aber beide Verfahren wesentliche Schwachstellen auf, wie insbesondere den Bedarf an umfangreichen Informationen über die a priori Präferenzen der Entscheidungsträger bei der Nutzwertanalyse, die kombinatorische Explosion der paarweisen Vergleiche bei der Verwendung des

AHP oder problematische Annahmen über die Form der Nutzenfunktion (für die regelmäßig lineare Nutzenverläufe unterstellt werden). Des Weiteren bieten solche Ansätze dem Entscheidungsträger lediglich eine einzelne Lösung, während es ein interaktives Verfahren erlauben würde, unterschiedliche Szenarien zu erkunden und zu analysieren bzw. aktiv am Entscheidungsprozess teilzunehmen und ihn zu kontrollieren.

In dieser Arbeit stellen wir einen entsprechenden, zweiphasigen Ansatz vor. Die erste Phase widmet sich der Ermittlung von Lösungen (d.h. Kombinationen von Software-Komponenten), die einerseits gegebene Nebenbedingungen (wie Ressourcenbeschränkungen oder Abhängigkeiten zwischen zwei oder mehreren Komponenten) erfüllen und andererseits Pareto-effizient<sup>1</sup> hinsichtlich der gegebenen Zielsetzungen sind. In der zweiten Phase werden Entscheidungsträger bei der interaktiven Erkundung des solcherart bestimmten Lösungsraums unterstützt, bis sie die für sie individuell „beste“ Zusammenstellung von Komponenten mit dem für sie attraktivsten Mix an Zielwerten gefunden haben. Der Ansatz kann im Übrigen problemlos in bestehende Vorgehensmodelle für die komponentenbasierte Software-Entwicklung integriert werden. Diese Arbeit bietet nun im Anschluss zunächst einen Überblick zum Forschungsstand hinsichtlich der Auswahl von Software-Komponenten bei mehrfachen Zielsetzungen. Danach beschreiben wir schrittweise unseren Vorschlag zur interaktiven Entscheidungsunterstützung. Die Arbeit schließt letztlich mit einem Resümee und einem Ausblick auf in diesem Zusammenhang interessante weiterführende Forschungsfragen.

## **2 Die Auswahl von Software-Komponenten im Überblick**

Im Folgenden liegt das Augenmerk auf Software-Komponenten, die im Rahmen einer Wiederverwendung Teil eines neuen Softwareprodukts werden können und dazu in der Regel schon von vornherein nicht spezifisch für ein bestimmtes Projekt erstellt worden sind (für eine Diskussion vgl. [Torchiano2004]). Die komponentenbasierte Software-Entwicklung zielt nun darauf ab, mit Hilfe solcher mehrfach nutzbarer Komponenten komplexe Software-Projekte in kürzerer Zeit bzw. mit geringerem Budget durchführen zu können. In der Praxis werden hierbei allerdings oftmals die Risiken unterschätzt, die mit der Evaluierung, Auswahl und Integration der Komponenten verbunden sind, so dass mitunter beträchtliche Verzögerungen bzw. Budget-

---

<sup>1</sup> Eine Lösungsalternative gilt als „Pareto-effizient“, wenn keine andere (zulässige) Lösung existiert, die in allen betrachteten Zielsetzungen zumindest gleich gut und in mindestens einer Zielsetzung besser abschneidet.

überschreibungen für die Entwicklung oder Wartung der Systeme zu beobachten sind [Tran1997].

In der Vergangenheit wurden mehrere Vorgehensmodelle zur Strukturierung der komponentenbasierten Software-Entwicklung vorgeschlagen. Obgleich sie sich über weite Strecken stark ähneln, gibt es bislang noch kein allgemein als Standard akzeptiertes Vorgehen [Ruhe2002]. Andrews unterscheidet dazu zwischen „architektur-“ und „anforderungsgetriebenen“ Vertretern, wobei die erste Gruppe etwa OTSO [Kontio1995], BAREMO [LozanoTello2002], oder STACE [Kunda2003] umfasst und SCARLET [Maiden2002] (als Nachfolger von PORE [Maiden1998]) sowie CRE [Alves2001] zur zweiten Gruppe zählen [Andrews2005].

Gemeinsam ist den Verfahren, dass an irgendeiner Stelle verschiedene Lösungsalternativen bewertet werden müssen. Eindimensionale Kennzahlen aus der Finanzwirtschaft wie etwa der Kapitalwert greifen aber für die komplexe Bewertung von IT-Investitionen regelmäßig zu kurz, so dass hierfür bislang die Nutzwertanalyse oder der AHP eingesetzt worden sind. Beide Verfahren erfordern jedoch die Bekanntgabe der Form der Nutzenfunktion (wobei meist der Einfachheit halber Linearität unterstellt wird) sowie von Gewichtungen für jedes zu berücksichtigende Zielkriterium. Die Nutzwertanalyse setzt dabei voraus, dass (i) sich die Entscheidungsträger von vornherein vollständig über alle Gewichtungen im Klaren sind, ohne jemals zuvor eine Lösungsalternative gesehen zu haben, und (ii) auch bereit sind, diese Präferenzen vollständig und vorbehaltlos preiszugeben, damit mit einer auf diese Weise definierten Zielfunktion Nutzenwerte für jede Kombination von Software-Komponenten ermittelt werden können. Demgegenüber stützt sich der AHP auf eine Hierarchie von Zielen und errechnet die benötigten Gewichtungen durch paarweise Vergleiche aller Kriterien je Hierarchieebene (mit Hilfe der Eigenwertmethode). Damit können nun bei korrekter Anwendung – trotz vielfacher methodischer Kritik – tendenziell konsistentere Ergebnisse erzielt werden als mit der Nutzwertanalyse; dies muss allerdings mit enormem Aufwand für die in großer Zahl notwendigen paarweisen Vergleiche erkauft werden. Maiden illustriert das anhand einer Fallstudie zu einem Projekt mit 130 Anforderungen, bei dem die Verwendung des AHP daran scheiterte, dass die Entscheidungsträger mehr als 42.000 Vergleiche durchführen hätten müssen [Maiden1998].

Generell scheint jeder Versuch, die vielfältigen Aspekte der Komponentenauswahl bei der Software-Entwicklung auf einen einzigen „Nutzenwert“ zu reduzieren, problematisch, da durch die Aggregation verschiedener Ziele zu einem einzigen Indikator nicht zuletzt individuelle Attribute und somit die Information über besondere Schwächen oder Stärken verloren gehen.

Daher kann eine hohe Bewertung in einem Ziel eine schlechte Leistung in einem anderen Kriterium (gleichsam automatisch) ausgleichen und solcherart ein potentiell Risiko unentdeckt bleiben [Ncube2002]. Forscher wie Praktiker vertreten deshalb vielfach die Auffassung, dass traditionelle Methoden bei der Bewertung von Software-Komponenten ungeeignet sind [Martinsons1998,Ryan2004] und Entscheidungsträger bessere Unterstützung bei der Bewertung von Kombinationen von Software-Komponenten und der entsprechenden Verteilung von Ressourcen hinsichtlich der damit verbundenen Nutzen und Risiken benötigen.

### **3 Ein interaktives Entscheidungsunterstützungssystem**

Der nachfolgend vorgestellte neue Ansatz möchte eine geeignete Alternative bieten. Er zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass Entscheidungsträger weder umfangreiche a priori Präferenzinformationen bereitstellen noch zahlreiche paarweise Vergleiche anstellen müssen. Stattdessen wird zuerst – ohne aktives Zutun der Entscheidungsträger – die Menge der Paretoeffizienten Kombinationen von Software-Komponenten bestimmt und im Anschluss die Möglichkeit geboten, darin interaktiv nach jener Lösung zu suchen, die den individuellen Präferenzen am besten entspricht. Vor einer detaillierten Diskussion der beiden Phasen des interaktiven Entscheidungsunterstützungssystems soll zunächst noch ein typisches Vorgehensmodell für die komponentenbasierte Software-Entwicklung skizziert werden, um zu zeigen, in welcher Phase unser Ansatz zum Einsatz kommen würde.

#### **3.1 Das Vorgehensmodell OTSO**

Das von Kontio vorgeschlagene Modell OTSO (Off-The-Shelf Option; [Kontio1995]) gliedert sich in die nachfolgend beschriebenen fünf Phasen.

*1. Definition der Kriterien:* Im ersten Schritt werden die relevanten Zielkriterien bestimmt mit besonderem Augenmerk auf die Infrastruktur der Organisation, die Applikationsarchitektur, das Applikationsdesign, Anforderungen an die Applikation, Projektziele und -einschränkungen und die grundsätzliche Verfügbarkeit von Software-Komponenten bzw. -bibliotheken. Die Auswahl der Kriterien muss für jedes Vorhaben separat (z.B. unter Verwendung von GQM [Basili1987]) durchgeführt werden, da etwa funktionale Anforderungen regelmäßig für jede Applikation unterschiedlich sind. Typische Kriterien gliedern sich grob in vier Kategorien, nämlich: (i) Funktionale Kriterien, die auf Basis der Geschäftsprozesse definiert werden und deren

Erfüllung üblicherweise ein besonders hoher Stellenwert zukommt; (ii) Qualitätskriterien, wie beispielsweise die Fehlerrate, Leistungsmaßzahlen, Benutzerfreundlichkeit oder Sicherheit; (iii) Strategische Kriterien mit einem Fokus auf Kosten, Zeitaspekten oder verfügbarem Personal und dessen Qualifikationen; und (iv) Einsatzspezifische und architekturelevante Kriterien, die eine Rolle spielen, sofern dadurch Vorgaben oder Einschränkungen für das zu realisierende Softwareprodukt bedingt sind.

*2. Identifikation der Komponenten:* Dieser Schritt umfasst die Identifikation von potentiellen Komponenten, die beispielsweise untergliedert werden können in (i) Betriebssysteme (etwa AIX, FreeBSD, Linux, Microsoft Windows Server, QNX, Solaris), (ii) Middleware (BEA Weblogic, IBM Websphere, OpenORB, Oracle Application Server, Visibroker und weitere Komponenten wie z.B. CRM, DMS, ERP, SCM, SRM, die von unterschiedlichen Firmen angeboten werden), (iii) Datenbanken (Hypersonic SQL, Microsoft Access, Microsoft SQL Server, MySQL, Oracle DB, PostgreSQL) und (iv) Support Software (Agent++, Apache Tomcat, Hypertext Preprocessor, IBM Java Runtime Environment, Intel COPS Client, Log4J, Telia BER Coder, WebMacro, Xerces, XMLDB) [Morisio2002].

*3. Screening:* In dieser Phase sollen – zunächst einmal isoliert von den anderen – vielversprechende Komponenten für eine anschließende, umfassendere Evaluierung gefiltert werden.

*4. Evaluierung:* In der Evaluierungsphase erfolgt die Konsolidierung und gründliche Evaluierung der zuvor identifizierten Komponenten in Bezug auf die im ersten Schritt festgelegten Kriterien sowie die Dokumentation der Ergebnisse.

*5. Analyse:* In der Analysephase bestimmen die Entscheidungsträger die für die Umsetzung der Anforderungen „beste“ Kombination an Komponenten. Dazu wird in OTSO der AHP eingesetzt.

### **3.2 Die Bestimmung effizienter Kombinationen von Software-Komponenten**

Unser Ansatz ist zum Einsatz in der letzten Phase des eben umrissenen Vorgehensmodells konzipiert und würde dort den althergebrachten AHP ersetzen. Der erste Schritt zielt dabei auf die Ermittlung der hinsichtlich der betrachteten Ziele Pareto-effizienten Kombinationen von Software-Komponenten. Dazu ist das zugrunde liegende multikriterielle kombinatorische Optimierungsproblem (zur multiobjective combinatorial optimization (MOCO) vgl. [Ehrgott2000]) zu lösen. Binäre Entscheidungsvariablen  $x_i \in \{0,1\}$  geben darin an, ob eine Komponente  $i$  in einer Lösung verwendet wird oder nicht ( $x_i = 1$  falls ja, ansonsten  $x_i = 0$ ). Eine Kombination

von Komponenten wird durch einen Vektor  $x = (x_1, \dots, x_N)$  mit Einträgen für alle  $N$  zur Wahl stehenden Komponenten abgebildet. Im MOCO-Problem sind nun  $K$  Zielfunktionen  $u_k(x)$  ( $k = 1, \dots, K$ ) (z.B. für die Funktionalität, Verwendbarkeit oder die Zuverlässigkeit) zu maximieren bzw. gegebenenfalls (etwa bei den Kosten) zu minimieren. Die Funktionen  $u_k(x)$  können dabei beliebige Formen annehmen, solange sie für alle zulässigen Kombinationen von Software-Komponenten definiert sind. Dabei können auch vielfältige Abhängigkeiten zwischen zwei oder mehreren Komponenten (bedingt z.B. durch Synergie- oder Kannibalismuseffekte) berücksichtigt werden; vgl. [Stummer2003] für eine detaillierte Diskussion am Beispiel der Auswahl von F&E-Portfolios.

Jedweder Berechnungsalgorithmus, der in dieser ersten Phase zum Einsatz kommt, muss alle (oder zumindest nahezu alle) effizienten MOCO-Lösungen ermitteln und dabei insbesondere Nebenbedingungen aus zwei Gruppen berücksichtigen. Solche aus der ersten Gruppe betreffen typischerweise Ressourcenbeschränkungen (etwa bei den Entwicklungs- oder Wartungskosten).

Sie haben daher in der Regel die Form  $\sum_i r_{iq} x_i \leq R_q$  ( $q = 1, \dots, Q$ ), wobei  $r_{iq}$  für die Menge an

von Komponente  $i$  nachgefragten Ressourcen vom Typ  $q$  steht und Parameter  $R_q$  das Gesamtbudget für diesen Ressourcentyp angibt. Im Falle von Synergie- oder Kannibalismuseffekten müssen wiederum entsprechende Korrekturterme ergänzt werden. Nebenbedingungen aus der zweiten Gruppe gewährleistet, dass jedenfalls eine Mindestzahl bzw. nicht mehr als eine Maximalanzahl von Komponenten aus einer vorab festgelegten Teilmenge ausgewählt werden. Zum Beispiel könnte vorgegeben werden, dass in jeder gültigen Lösung aus jeder Architekturschicht mindestens eine Komponente enthalten sein muss, falls der Benutzer etwa eine mehrschichtige Architektur abbilden möchte. Wenn das sechs Komponenten mit den Indizes 1

bis 6 betrifft, lautet die entsprechende Nebenbedingung:  $\sum_{i=1}^6 x_i \geq 1$ .

Das MOCO-Problem ist NP-schwer, da sich der Suchraum mit jeder hinzukommenden Komponente verdoppelt. Abhängig vom Umfang – bestimmt insbesondere durch die Anzahl der zur Wahl stehenden Software-Komponenten, die Zahl an Zielen sowie Zahl und Typ der Abhängigkeiten zwischen den Komponenten – kann es entweder exakt durch vollständige Enumeration aller Kombinationen von Komponenten (bei 30 Komponenten wären das mehr als eine Milliarde ( $2^{30} > 1,07 \cdot 10^9$ ) zu evaluierende Alternativen) oder mit Hilfe von (Meta-)Heuristiken gelöst werden. Als Daumenregel gilt, dass letztere ab etwa vierzig Komponenten

zum Einsatz kommen. Sie können zwar keine Garantie für das Auffinden aller Pareto-effizienten MOCO-Lösungen geben, ermitteln aber regelmäßig in einem Bruchteil der für die vollständige Enumeration benötigten Zeit bereits einen Großteil der gesuchten Lösungen; einen Überblick zu Metaheuristiken für MOCO-Probleme bietet [Ehrgott2004], Anwendungsbeispiele mit Leistungsvergleichen finden sich etwa bei [Doerner2006,Stummer2005]. Nichtsdestotrotz kann die vollständige Enumeration auch bei einer höheren Anzahl an Komponenten noch in praktikabler Zeit durchlaufen werden, sofern den Suchraum stark einschränkende Abhängigkeiten existieren (z.B. wenn aus jeder Architekturschicht exakt eine Alternative zu wählen ist).

### 3.3 Zwei Varianten für die interaktive Suche im Lösungsraums

In der zweiten Phase unterstützt das System den Entscheidungsträger bei der endgültigen Auswahl jener Kombination von Software-Komponenten, die am besten seinen Präferenzen entspricht. Angesichts eines Lösungsraums, der unter Umständen mehrere tausend Elemente umfasst, kommt eine simple Auflistung sicherlich nicht in Frage. Stattdessen bietet das System zwei alternative Varianten für die interaktive „Erforschung“ des Lösungsraums.

Die erste erlaubt es, sich durch Verschieben von unteren bzw. oberen Schranken für beliebige Ziele rasch im Lösungsraum zu bewegen. Das Entscheidungsunterstützende System (EUS) beginnt dazu mit der Anzeige von  $K$  „fliegenden“ Säulen (vgl. Abbildung 1).

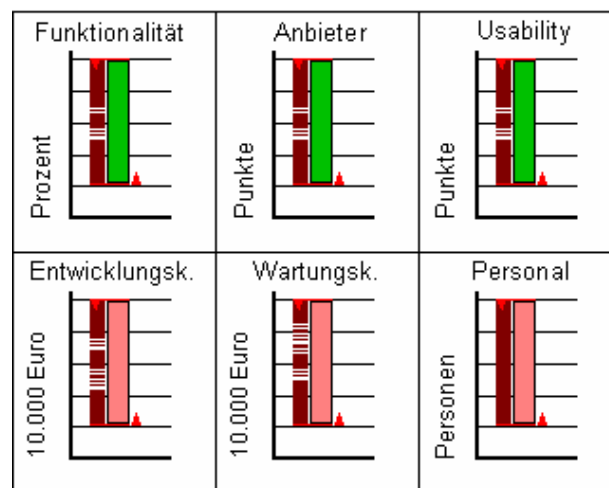
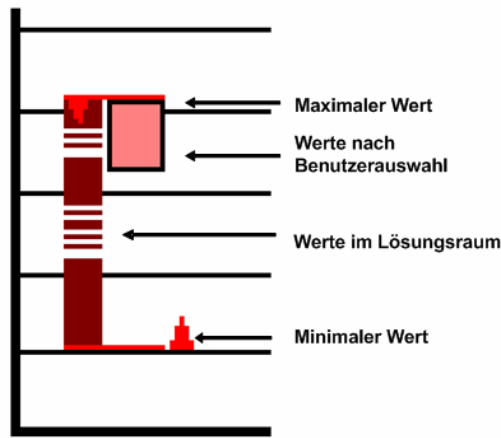


Abbildung 1: Status des EUS zu Beginn der interaktiven Auswahl

Für jedes Ziel (vgl. Abbildung 2) bietet das System Informationen über (i) die Zielwerte, die mit zumindest einer der effizienten Lösungen machbar wären (die kurzen Markierungen auf der linken Seite können dazu optisch zu schmalen Säulen zusammenwachsen, wenn sie knapp bei-

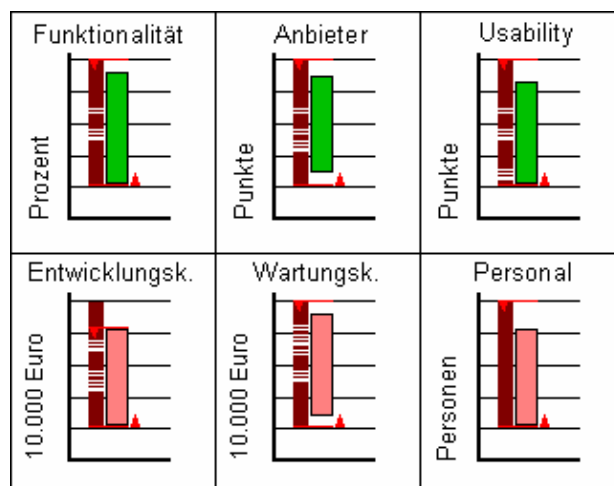


einander liegen) sowie (ii) den Zielgrößenbereich, der mit den – unter Bedachtnahme auf die bereits gesetzten Ober- bzw. Untergrenzen – noch verbliebenen Lösungen erreicht werden kann.



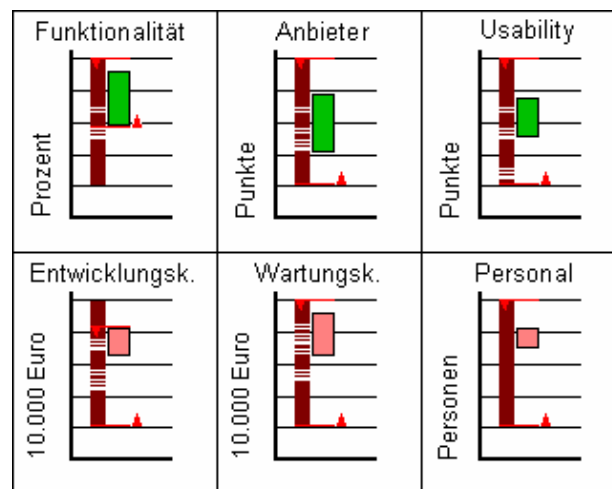
**Abbildung 2: Detaillierte Darstellung**

Die beweglichen, horizontalen Linien mit den kleinen Pfeilen auf einer Seite symbolisieren die oberen und unteren Schranken und erlauben die schrittweise Einschränkung (z.B. durch Anheben der unteren Schranke in einem Ziel) oder Ausweitung (z.B. durch Hinaufsetzen einer oberen Schranke) der Menge jener Pareto-effizienten MOCO-Lösungen, die gegen keine der bislang gesetzten Schranken verstoßen. Damit kann der Entscheidungsträger spielerisch Vorgaben machen und erhält vom System unmittelbare Rückmeldung über deren Auswirkungen. So illustriert etwa Abbildung 3 die Rückmeldung, nachdem die Obergrenze für die Entwicklungskosten gesenkt worden ist.



**Abbildung 3: Status des DSS nach einer ersten Einschränkung**

Dadurch scheiden nämlich jene Lösungsalternativen mit besonders hohen Entwicklungskosten (häufig auch korreliert mit höherem Personalbedarf), jedoch oftmals auch niedrigeren Wartungskosten bzw. höherer Funktionalität aus. Dementsprechend schrumpfen die, durch die fliegenden Balken repräsentierten, Intervalle der nunmehr noch in den anderen Zielen erreichbaren Werte. Eine anschließende Erhöhung der unteren Schranke in der Kategorie „Funktionalität“ führt zu einer weiteren Reduktion der Alternativen auf jene, die beide Vorgaben (d.h. reduzierte Entwicklungskosten und höhere Mindest-Funktionalität) erfüllen, wobei hierbei insbesondere kostengünstigere Alternativen wegfallen (vgl. Abbildung 4).

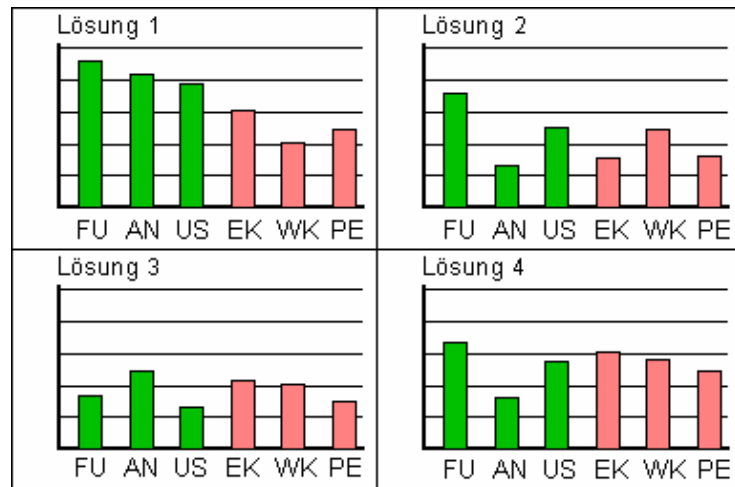


**Abbildung 4: Status des DSS nach einer zweiten Einschränkung**

In weiteren Iterationen erlaubt das System dem Entscheidungsträger die spielerische Modifikation beliebig vieler oberer und unterer Schranken und ermöglicht ihm damit, unmittelbar die Konsequenzen seiner Vorgaben zu erfahren. Er gewinnt auf diese Weise ein besseres „Gefühl“ für das Entscheidungsproblem und sollte schließlich auf jene Lösung stoßen, die für ihn den „besten“ Mix an Zielwerten bietet und bei der er nicht mehr bereit ist, weitere Kompromisse zwischen den Zielen einzugehen. Dabei hat er – im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren – weder explizit Gewichtungen für einzelne Ziele anzugeben noch muss er tausende paarweise Vergleiche über sich ergehen lassen. Stattdessen erhält er umfassende Informationen über das Auswahlproblem und kann sich darauf verlassen, dass jede angebotene Lösung effizient ist und somit keine Alternative existiert, die objektiv „besser“ wäre.

Im zweiten von uns vorgeschlagene Ansatz für die interaktive Suche im Lösungsraum präsentiert das EUS dem Entscheidungsträger in jeder von mehreren Runden die Zielwerte für bis zu sieben Kombinationen von Software-Komponenten, aus denen die jeweils attraktivste zu wählen ist (vgl. Abbildung 5 für ein Beispiel mit vier Lösungen). Die Beschränkung auf maxi-

mal sieben Alternativen ist psychologisch begründet, weil Menschen sieben plus/minus zwei Elemente gerade noch gut vergleichen können.



**Abbildung 5: Auswahl mit Hilfe von Cluster-Repräsentanten**

Anfangs unterscheiden sich die Zielwerte der Lösungsvorschläge in hohem Maße, so dass hier vor allem Richtungsentscheidungen (etwa hohe Funktionalität vs. geringe Kosten) zu treffen sind. Später wird die Suche verfeinert und die Unterschiede zwischen den angebotenen Lösungen werden zusehends geringer. Methodisch kommt das k-means-Clustering zum Einsatz. Aus den damit aus der Gesamtmenge aller effizienten Lösungen bestimmten sieben Clustern werden dem Entscheidungsträger Repräsentanten angeboten. Jenes Cluster, aus dem der dann gewählte Vertreter stammt, wird in der nächsten Iteration weiter in Sub-Cluster unterteilt usw., bis sich der Entscheidungsträger letztlich für ein Cluster entscheidet, das nur mehr eine einzige Lösung enthält. Bildlich gesprochen „taucht“ er dabei gleichsam in den Lösungsraum ein und bewegt sich zuerst in großen, dann später immer kleineren Kreisen an die für ihn individuell attraktivste Lösung heran. Dies funktioniert in aller Regel recht rasch, weil im Durchschnitt jedes Cluster nur ein Siebentel der noch verbliebenen Lösungen enthält. Selbst bei etwa 20.000 effizienten Lösungen sind daher im Mittel lediglich um die fünf, mit hoher Wahrscheinlichkeit aber jedenfalls nicht mehr als zehn Iterationen nötig.

#### 4 Resümee und Ausblick

Entscheidungsträger sehen sich bei der komponentenbasierten Software-Entwicklung regelmäßig mit der Herausforderung konfrontiert, aus einem großen Pool von Komponenten die

„beste“ Kombination zusammen zu stellen. Diese Aufgabe wird nicht nur durch eine oftmals große Zahl an alternativen Komponenten (auf verschiedenen architektonischen Ebenen), sondern auch durch Abhängigkeiten zwischen einzelnen Komponenten bzw. nicht zuletzt durch mehrere divergierende Zielsetzungen verkompliziert. In diesem Aufsatz haben wir einen zweiphasigen Ansatz zur Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Software-Komponenten entwickelt, der als Erweiterung in bestehende Vorgehensmodelle für die komponentenbasierte Softwareentwicklung integriert werden kann und insbesondere Probleme und Unzulänglichkeiten, die bei herkömmlichen Verfahren wie der Nutzwertanalyse oder dem AHP auftreten, überwindet.

Wie alle anderen Verfahren hängt auch unseres von der Verfügbarkeit geeigneter Zielfunktionen bzw. der Qualität der in der Evaluierungsphase erhobenen Daten ab. So ist es sicherlich nicht trivial, eine geeignete Funktion für die Zuverlässigkeit einer Kombination von Software-Komponenten aufzustellen. Damit wollen wir uns im Zuge weiterer Forschungsaktivitäten beschäftigen, wobei wir hierfür etwa das Einbeziehen der unmittelbar betroffenen Praktiker im Rahmen von Workshops ins Auge gefasst haben (für ein Beispiel vgl. [Neubauer2006]).

Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer interessanter Fragestellungen. So sollten Aspekte der Ungewissheit berücksichtigt werden, um bei Bedarf bewusst robuste Zusammenstellungen von Software-Komponenten erzwingen zu können, die dann weniger anfällig für sich ändernde Systemanforderungen wären. Im MOCO-Modell ließe sich das in einem ersten Schritt mit stochastischen Zufallsvariablen und dann über Quantilswerte als separate Ziele umsetzen (für ein Beispiel vgl. [Medaglia2006]). Des Weiteren könnten vermehrt Ideen aus der Literatur zu Gruppenentscheidungen bzw. der Verhandlungsanalyse übernommen werden. Und schließlich sollen Feldstudien Aufschluss über die Eignung unterschiedlicher (grafischer) Benutzerschnittstellen geben.

## **Literaturverzeichnis**

[Alves2001] C. Alves, J. Castro (2001) CRE: A systematic method for COTS components selection. Proceedings of the XV Brazilian Symposium on Software Engineering.

- [Alves2003] C. Alves, A. Finkelstein (2003) Investigating conflicts in COTS decisionmaking. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 13. Jg., H. 5, S. 473-495.
- [Andrews2005] A. A. Andrews, A. Stefik, N. Picone, S. Ghosh (2005) A COTS component comprehension process. *Proceedings of the 13th International Workshop on Program Comprehension (IWPC'05)*, IEEE, S. 135-144.
- [Basili1987] V. R. Basili, H. Rombach (1987) Tailoring the software process to project goals and environments. *Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering*. IEEE, S. 345-357.
- [Basili1996] V. R. Basili, L. C. Briand, W. L. Melo (1996) How reuse influences productivity in object-oriented systems. *Communications of the ACM*, 39. Jg., H. 10, S. 104-116.
- [Doerner2006] K. F. Doerner, W. J. Gutjahr, R. F. Hartl, C. Strauss, C. Stummer (2006) Nature-inspired metaheuristics for multiobjective activity crashing. *Omega*, im Druck.
- [Ehrgott2000] M. Ehrgott, X. Gandibleux (2000) A survey and annotated bibliography of multiobjective combinatorial optimization. *OR Spectrum*, 22. Jg., H. 4, S. 425-460.
- [Ehrgott2004] M. Ehrgott, X. Gandibleux (2004) Approximative solution methods for multi-objective combinatorial optimization. *Top*, 12. Jg., H. 1, S. 1-63.
- [Kontio1995] J. Kontio (1995) OTSO: A systematic process for reusable software component selection. Institute for Advanced Computer Studies and Department of Computer Science, University of Maryland, Arbeitspapier.
- [Kunda2003] D. Kunda (2003) STACE: Social technical approach to COTS software evaluation. *Component-Based Software Quality: Methods and Techniques*, Springer LNCS 2693, S. 64-84.
- [LozanoTello2002] A. Lozano-Tello, A. Gomez-Perez (2002) BAREMO: How to choose the appropriate software component using the Analytic Hierarchy Process. *Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, ACM Proceedings 27, S. 781-788.
- [Maiden1998] N. Maiden, C. Ncube (1998) Acquiring COTS software selection requirements. *IEEE Software*, 15. Jg., H. 2, S. 46-56.

- [Maiden2002] N. Maiden, H. Kim, C. Ncube (2002) Rethinking process guidance for selecting software components. Proceedings of the First International Conference on COTS-Based Software Systems (ICCBSS 2002), Springer LNCS 2255, S. 151-164.
- [Martinsons1998] M. Martinsons, R. Davidson, D. Tse (1998) The balanced scorecard: A foundation for the strategic management of information systems. Decision Support Systems Journal, 25. Jg., H. 1, S. 71-78.
- [Medaglia2006] A. Medaglia, S. Graves, J. Ringuest (2006) A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty. European Journal of Operational Research, im Druck.
- [Morisio2002] M. Morisio, M. Torchiano (2002) Definition and classification of COTS: A proposal. Proceedings of the First International Conference on COTS-Based Software Systems (ICCBSS 2002). Springer LNCS 2255, S. 165-175.
- [Navarrete2005] F. Navarrete, P. Botella, X. Franch (2005) How agile COTS selection methods are (and can be)? Proceedings of the 31st EUROMICROConference on Software Engineering and Advanced Applications (EUROMICRO-SEAA'05), IEEE, S. 160-167.
- [Ncube2002] C. Ncube, J. C. Dean (2002) The limitations of current decision-making techniques in the procurement of COTS software components. Proceedings of the First International Conference on COTS-Based Software Systems (ICCBSS 2002), Springer LNCS 2255, S. 176-187.
- [Neubauer2006] T. Neubauer, C. Stummer, E. Weippl (2006) Workshop-based multiobjective security safeguard selection. Proceedings of the First International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES'06). IEEE, S. 366-373.
- [Ruhe2002] G. Ruhe (2002) Intelligent support for selection of COTS products. Revised Papers from the Workshop on Web, Web-Services, and Database Systems (NODE 2002), Springer LNCS 2593, S. 34-45.
- [Ruhe2003] G. Ruhe (2003) Software engineering decision support: A new paradigm for learning software organizations. Proceedings of the 4th International Workshop on Advances in Learning Software Organizations (LSO 2002), Springer LNCS 2640, S. 104-113.

- [Ryan2004] S. D. Ryan, M. S. Gates (2004) Inclusion of social sub-system issues in IT-investment decisions: An empirical assessment. *Information Resources Management Journal*, 17. Jg., H. 1, S. 1-18.
- [Torchiano2004] M. Torchiano, M. Morisio (2004) Overlooked aspects of COTS-based development. *IEEE Software*, 21. Jg., H. 2, S. 88-93.
- [Tran1997] V. Tran, D.-B. Liu, B. Hummel (1997) Component-based systems development: challenges and lessons learned. *Software Technology and Engineering Practice*. IEEE, S. 452-462.
- [Stummer2003] C. Stummer, K. Heidenberger (2003) Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 50. Jg., H. 2, S. 175-183.
- [Stummer2005] C. Stummer, M. Sun (2005) New multiobjective metaheuristic solution procedures for capital investment planning. *Journal of Heuristics*, 11. Jg., H. 3, S. 183-199.
- [Wanyama2005] T. Wanyama, B. Homayoun (2005) Towards providing decision support for COTS selection. *Proceedings of the 18th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE 2005)*, IEEE, S. 908-911.





# **Ein Kennzahlensystem zur Optimierung von SAP Systemen**

## **Eine Fallstudie am Beispiel der deutschen Automobilindustrie**

Peggy Sekatzek

BMW Group  
80788 München  
Peggy.Sekatzek@bmw.de

Helmut Krcmar

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik  
Technische Universität München  
85748 Garching  
Krcmar@in.tum.de

### **Abstract**

In vielen Fällen hat der Einsatz betrieblicher Standardsoftware (SSW) die gesetzten Erwartungen nicht erfüllt ([BCG00]; [MuÖs99]). Hohe Kosten für Einführung und Betrieb vermindern den erwarteten monetären Nutzen teilweise erheblich ([MaAP02]). Häufiger Kostentreiber ist in diesem Zusammenhang ein hoher Modifikationsgrad der Software, der neben hohen Einführungskosten auch eine aufwändigere Wartung nach sich zieht. Eine Lösung des Problems kann in einer konsequenten Überwachung der Systeme hinsichtlich ungenutzter Eigenentwicklungen gesehen werden. Dieser Beitrag beschreibt, wie ausgehend von einer Schwachstellenanalyse bei Einführung und Betrieb von betrieblicher Standardsoftware der SAP AG ein Kennzahlensystem entwickelt wurde, welches SAP Systeme hinsichtlich Kosten und potentiellen Kostentreibern wie z.B. ungenutzten Eigenentwicklungen transparent macht. In einer Fallstudie bei der BMW Group wurde das Kennzahlensystem hinsichtlich Praxistauglichkeit validiert. Das Vorgehen bei der Systemerstellung sowie Messergebnisse aus der Fallstudie werden in dem Beitrag vorgestellt.

## **1 Einleitung**

Unternehmen haben hohe Erwartungen an den Einsatz ihrer betrieblichen Standardsoftware (SSW) wie SAP oder Oracle gesetzt. Ziele waren die Optimierung der Prozesse, unternehmensweite Standardisierung, Integration, Flexibilität, aber auch der Einsatz einer zukunftsfähigeren und kostengünstigeren Softwarelösung, als sie eigenentwickelte Software darstellt ([OIRo02]).

Diesen Erwartungen stehen in der Praxis aber vermeintlich hohe Kostenaufwände bei Einführung und Betrieb von SSW gegenüber: Studien belegen, dass dies zu einem nicht unwesentlichen Anteil von Softwaremodifikationen und -erweiterungen herrührt ([ThIO]; [MaAP02]; [BuKö97]). Der Fachbereich definiert zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Softwareeinführung die von ihm benötigten Funktionalitäten, die, sofern sie nicht im Standardumfang der Software enthalten sind, mit Hilfe von Modifikationen und Erweiterungen hinzugefügt werden. Diese werden von ihm später möglicherweise nicht mehr gebraucht. Die IT-Abteilung hingegen hat keine Transparenz über das Nutzungsverhalten der Anwender, so dass ungenutzte Eigenentwicklungen weiter gewartet werden, wodurch unnötige Kosten entstehen. Diese Einsparungspotentiale, die die Unternehmen bei konsequenter Evaluierung ihrer SSW Systeme erreichen könnten, bleiben häufig ungenutzt ([CIO06]). Die Herausforderung besteht für die Unternehmen also in der ständigen Überwachung und Anpassung der SAP Landschaft.

Dieser Beitrag beschreibt ein andauerndes Forschungsvorhaben: Ausgehend von einer Literaturanalyse wurden kritische Faktoren des SAP Einsatzes identifiziert. In einer anschließenden Fallstudie, die in der BMW Group durchgeführt wurde, wurden diese Faktoren hinsichtlich ihrer Praxisrelevanz überprüft. Auf dieser Basis wurde ein Kennzahlensystem zur Überwachung von SAP Systemen entworfen. Das System erlaubt einen Vergleich zwischen verschiedenen SAP Systemen hinsichtlich Kosten, Planung, Standardisierung und -nutzung, Lizenznutzung sowie Hardware-spezifischen Faktoren.

## **2 Forschungsdesign**

Das Forschungsvorgehen besteht aus zwei Teilen. Zuerst wurden anhand der Literatur Kostentreiber beim Einsatz von betrieblicher Standardsoftware analysiert und

zusammengefasst. Für den zweiten Teil wurde als Forschungsmethodik die Fallstudie ausgewählt, die im Zeitraum von Juni 2005 bis Juni 2006 in der BMW Group, wie bei Yin ([Yin94]) und Eisenhardt ([Eise98]) beschrieben, durchgeführt wurde. Hier wurde zuerst die Kostensituation in Hinblick auf SAP untersucht. Mit Hilfe von Dokumentenanalysen und semi-strukturierten Experteninterviews wurden daraus die für das Unternehmen relevanten Kostentreiber abgeleitet.

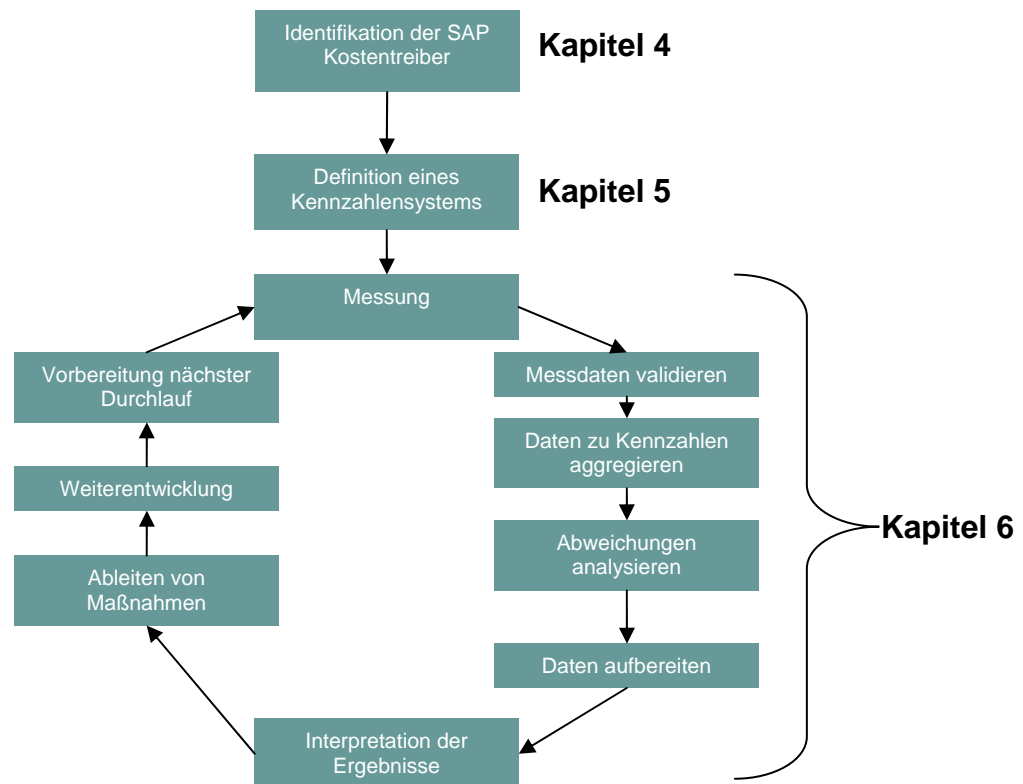


Abbildung 1: Vorgehensmodell  
Quelle: Eigene Darstellung

Im nächsten Schritt wurde das Kennzahlensystem entworfen, welches die SAP Systeme hinsichtlich Kosten, Standardisierung, Lizenznutzung und Hardware bewertbar macht. Das Kennzahlensystem wurde mit Experten diskutiert und über einen Zeitraum von fünf Monaten iterativ verfeinert. Nach seiner Fertigstellung wurde das Modell konzernweit ausgerollt. Alle in- und ausländischen SAP Produktivsysteme wurden vermessen. Die Ergebnisse des ersten Vermessungsdurchganges werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Abbildung 1 zeigt das Vorgehen bei der Erstellung des Kennzahlensystems sowie bei der Kennzahlenerhebung und die Zuordnung der einzelnen Schritte zu den jeweiligen Kapiteln dieses Beitrags.

### 3 Angrenzende Forschungsvorhaben

Bei der Evaluierung von SSW findet sich häufig eine Einteilung in monetäre und nicht-monetäre Bewertungsansätze. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Kennzahlensystem entwickelt, welches SSW Systeme auf beide Arten vom Standpunkt der IT aus betrachtet. Im Gegensatz hierzu wäre eine Betrachtungsweise aus Business-Sicht denkbar. In der Business-Sicht werden der Nutzen bzw. die Auswirkungen einer SSW auf das Business betrachtet. Die IT-Sicht dagegen untersucht die SSW hinsichtlich IT-Kriterien, wie z.B. Systemstandardisierung- bzw. -nutzung.

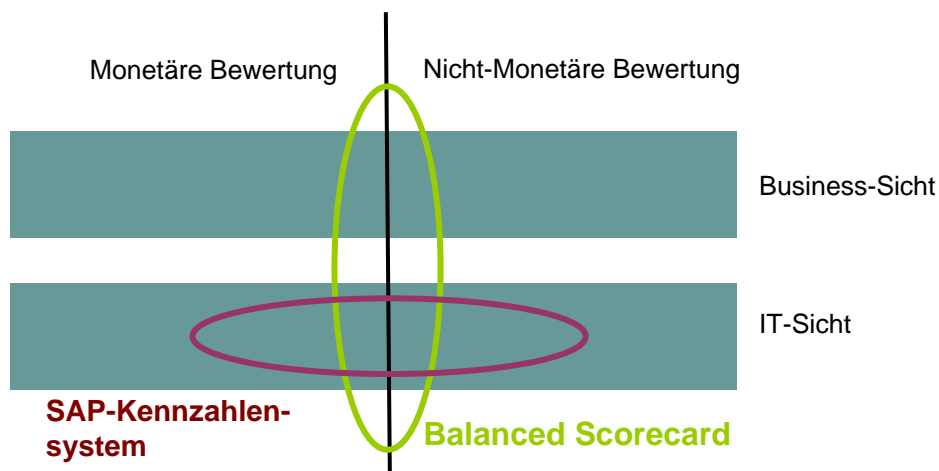


Abbildung 2: Klassifizierung von Kennzahlensystemen  
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 2 zeigt eine mögliche Klassifizierung von Kennzahlensystemen in diese zwei Dimensionen sowie die Einordnung des vorliegenden Kennzahlensystems und der Balanced Scorecard. Weiter Klassifizierungsmöglichkeiten finden sich bei Krcmar ([Krcm05]) sowie bei Irani/Love ([IrLo02]).

#### 3.1 Monetäre Ansätze zur SSW Evaluierung

Traditionell basiert die Evaluierung von IS/IT-Evaluierung auf monetären Kriterien. Zur Erfolgsmessung bedient man sich in den meisten Fällen des Return on Investment (ROI) oder den dynamischen Investitionsmethoden wie dem Net Present Value (NPV) ([Stef01]; [SeRG01]). Dieser stellt den meist genutzten Weg dar, den monetären Erfolg einer Investition zu berechnen. Im Folgenden wird ferner das Verfahren zur Berechnung der Total Cost of

Ownership vorgestellt, da es die Ausgangsbasis für die Erstellung des Kennzahlensystems darstellt.

Das im Jahre 1987 durch die Gartner Group erstellte Modell zur Erfassung der Total Cost of Ownership (TCO) fasst alle Kosten zusammen, die für Anschaffung und Betrieb eines IT-Systems während dessen gesamter Lebensdauer anfallen ([Krcm05]; [TrTS03]; [WiHe]). Angeregt durch den steigenden Wert der IT in Unternehmen war es das Ziel, ein Modell zur Erfassung der Gesamtkosten von IT-Systemen zu entwerfen, das über die reine Betrachtung der Anschaffungskosten von Hard- und Software hinausgeht. Der Hauptvorteil des Modells liegt in der Darstellung der tatsächlichen Kosten einer Investition sowie in seiner Einfachheit, durch welche es eine Vergleichsbasis für ähnliche Alternativen schafft. Als Grundlage für interne und externe Benchmarks dient es der Identifikation von Kostentreibern. Nach dem Erfolg von TCO entstanden neben dem Modell von Gartner zahlreiche Variationen u.A. von Forrester Research, der Meta Group sowie der SAP AG ([SAP05a]; [TrTS03]; [WiHe]). Obwohl dieser Ansatz in der Vergangenheit zum Teil kontrovers diskutiert wurde, wird er als Grundlage des Kennzahlensystems genutzt, um einen späteren Kostenvergleich zwischen verschiedenen Unternehmen bzw. mit Benchmarkdaten zu ermöglichen ([MuÖs99]).

Im Folgenden werden als Bestandteil eines TCO-Modells die Kategorien Einmalkosten, Betriebskosten, Wartungskosten, Infrastrukturkosten und Lizenzkosten gesehen.

### **3.2 Nicht-Monetäre Ansätze zur SSW Evaluierung**

Monetäre Messungen können nicht das komplette Bild einer IT-Investition wiedergeben. Viele Versuche, qualitative Elemente in die Evaluierung der IT-Projekte aufzunehmen wurden untersucht. In der Literatur finden sich mehrere Ansätze zur Erfolgsmessung von betrieblicher Standardsoftware wie das Process Performance Messmodell, Workflow basierte Messmodelle, Statische Messmethoden und die Balanced Scorecard ([SeRG01]; [Stef01]; [KenNe02]). Jede dieser Methoden hat kontextabhängige Vor- und Nachteile. Dennoch liegt die Abgrenzung der einzelnen Ansätze nicht im Scope dieses Beitrags, lediglich die Balanced Scorecard (BSC), die einen der meist verbreiteten Ansätze darstellt, soll im Folgenden vorgestellt werden.

Die Konzeption dieses Instruments basiert auf einer Studie von Kaplan und Norton ([KaNo92]). Die originäre BSC wird aus vier Perspektiven zusammengesetzt, die ein in sich ausgewogenes Kennzahlensystem bilden sollen, welches vorlaufende Indikatoren und Leistungstreiber integriert. Diese Perspektiven sind um die aus der Unternehmensvision oder -mission abgeleitete Unternehmensstrategie angeordnet. Sie decken in der Regel die monetäre Perspektive, die Kundenperspektive, die interne Prozessperspektive und die Lern- und Wachstumsperspektive ab. ([KaNo92]; [JLMM04]; [Wefe00])

Das im Rahmen dieses Beitrags diskutierte Kennzahlensystem nutzt die grundlegenden Ansätze und Vorteile der Balanced Scorecard, zum Beispiel indem es nicht-monetäre Kennzahlen gleichwertig zu monetären Kennzahlen einbezieht und Kausalketten zwischen den Kennzahlen herstellt. Der Unterschied zur herkömmlichen BSC ist, dass das Kennzahlensystem die Evaluierung eines SAP-Systems aus IT-Sicht durchführt. Auf Basis einer Schwachstellenanalyse wurden spezifische Teilaspekte eines SAP-Systems wie z.B. der Standardisierungsgrad direkt adressiert. Schwerpunkt war bei der Entwicklung also nicht die Ganzheitlichkeit, wie sie eine BSC gewährleistet, sondern die spezifische Betrachtung von kritischen Faktoren eines SAP Systems. Indem die für die Kennzahlen benötigten Daten direkt aus jedem beliebigen SAP System gewonnen werden können, ist eine Einsetzbarkeit in jedem Unternehmen gewährleistet. Eine BSC dagegen muss individuell auf die Gegebenheiten eines Unternehmens angepasst werden.

#### **4 Kostentreiber-Analyse**

Auf Basis einer Literaturanalyse sowie von im Rahmen der Fallstudie gesammeltem Informationsmaterial wurden Kostentreiber, die bei IT-Projekten im Allgemeinen sowie bei Einführung und Einsatz betrieblicher Standard Software anfallen, herausgearbeitet ([ShSS04]; [HoLi99]; [HoLG98]; [KyYo02]). In den folgenden Tabellen werden diese getrennt voneinander vorgestellt, da das Kennzahlensystem speziell auf die Kostentreiber der Standardsoftware zugeschnitten ist.

<b>Kostentreiber bei IT-Projekten (allgemein)</b>
Fehlendes Top-Management Commitment
Fehlende Anforderungsdefinitionen
Mangelnde Planungssicherheit
Nicht gedeckter Eigenleistungsanteil
Nicht ausreichende Freistellung von Projektmitarbeitern
Unzureichende Projektsteuerung und -koordination
Zu lange Projektlaufzeiten
Zu ambitionierte Kosten- und Terminziele
Wesentliche Änderung grundlegender Prämissen während der System-Einführungsphase
Projektkomplexität

Tabelle 1: Kostentreiber in IT-Projekten

Bei der Einführung sowie dem Betrieb von betrieblicher Standardsoftware sind vor allem die folgenden Kostentreiber zu beachten:

<b>Standardsoftware-spezifische Kostentreiber</b>
Nutzung unreifer Produkte / Technologien
Unzureichendes internes Produkt-Knowhow
Lokale Anforderungen der Business Units
Hohe Parallelisierung Phasen / Rollouts
Zusätzlicher Schulungs- und Betreuungsaufwand
Anbindung von Legacy
Erstellung von Modifikationen/ Erweiterungen
Wartung von Modifikationen/ Erweiterungen
Mangelnde Planungssicherheit bei der Lizenzplanung
Unwirtschaftliche Nutzung von SAP Lizenzen

Tabelle 2: Kostentreiber bei Einführung und Betrieb von betrieblicher Standardsoftware

Die identifizierten Kostentreiber wurden den Kostenkategorien aus dem TCO-Modell zugeordnet (siehe Abbildung 3). Ebenfalls wurde auf Basis von unterschiedlichen Analystenstudien der prozentuale Anteil der Kostenkategorien an den gesamten TCO vorgenommen. Die Abbildung zeigt nur einen Teilausschnitt des im Rahmen dieses Beitrags erstellten TCO-Kostentreiber-Wirkmodells. Zu beachten ist, dass nur die Kostentreiber, die im nachfolgenden Kennzahlensystem adressiert werden, in dieser Abbildung dargestellt wurden.

In einem weiteren Schritt wurden anhand der identifizierten Schwachstellen Kennzahlen definiert, um die wichtigsten Kostentreiber messbar machen zu können. Als Kennzahlenkategorien für die erste Version des Kennzahlensystems wurden Standardisierung, Lizenzen und Hardware-spezifische Faktoren identifiziert.

Mit dem entwickelten Kennzahlensystem können nicht alle identifizierten Kostentreiber erfasst werden. Kostentreiber wie eine überhöhte Fremdleistungsquote sowie Fehler beim Projektmanagement liegen in der Verantwortung des Unternehmens. Trotzdem können mit dem System diejenigen Kostentreiber, deren Erhebung direkt im System liegt, schnell erfasst werden. Das Modell ist auf andere Unternehmen übertragbar, da die benötigten Daten direkt aus den SAP Systemen bezogen werden können.

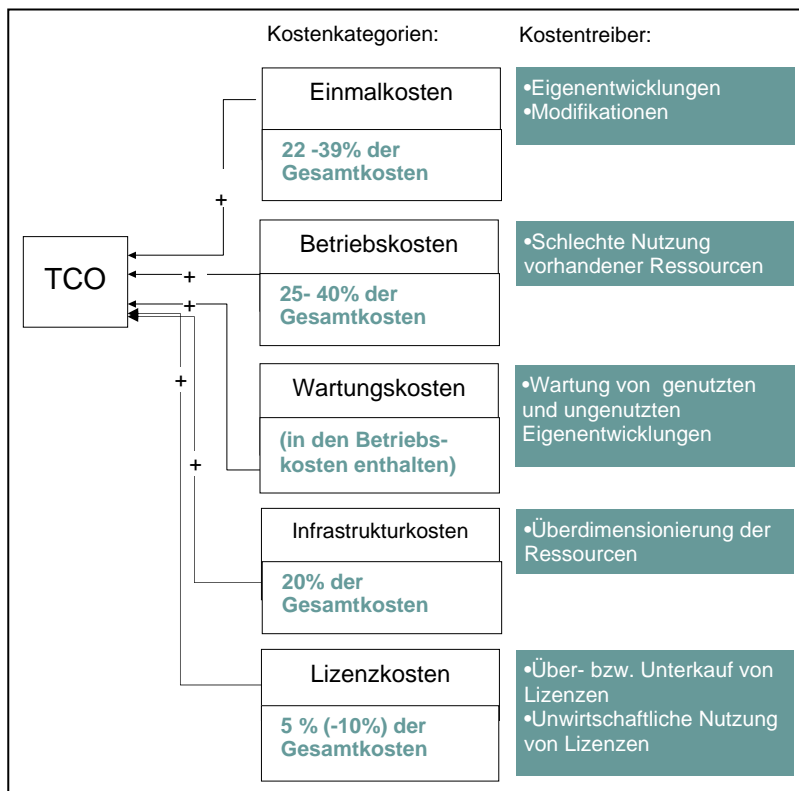


Abbildung 3: Kostentreiber (Teilausschnitt)<sup>1</sup>

## 5 Design des Kennzahlensystems

Kennzahlen können als Verdichtungen quantitativer Daten gesehen werden, die über zahlenmäßig erfassbare Ausschnitte der Realität informieren ([Krcm05]). Während manche Kennzahlensysteme das Unternehmen als Gesamtheit abzubilden versuchen, sind andere, wie auch das vorliegende Kennzahlenmodell, dafür konzipiert, lediglich einen Teilbereich eines Unternehmens zu betrachten ([Kütz03]). Mit dem vorliegenden Kennzahlensystem sollen die

<sup>1</sup> Prozentwerte auf Basis verschiedener Analystenstudien (Gartner etc.)



Überwachung der SAP Landschaft eines Unternehmens sowie die folgenden Ziele verfolgt werden:

- Unternehmensweite Transparenz über den SAP Einsatz
- Internes und externes Benchmarking
- Ableitung von Optimierungsmaßnahmen
- Wirksamkeitsnachweis angewandter Maßnahmen

Das SAP Kennzahlenmodell besteht aus zwei Teilen, zum einen den Key Goal Indikatoren (KGIs), d.h. Zielen wie Optimierung der Kosten oder optimale Nutzung vorhandener Ressourcen, die mit dem Kennzahlensystem erreicht werden sollen. Zum anderen definiert es Key Performance Indikatoren (KPIs), die zur Messung der Zielerreichung dienen ([Kütz03]). Die KPIs sind in Kennzahlenkategorien eingeteilt:

1. Kennzahlen zur Kostenüberwachung (Kostenkennzahlen)
2. Kennzahlen zur Lizenznutzung
3. Kennzahlen zur Standardisierung
4. Kennzahlen zur Hardwarenutzung

Die Kategorie *Kostenkennzahlen* enthält Kennzahlen zur Überwachung von Kostengrößen, die über den gesamten Lifecycle eines SAP Systems anfallen. Basis für diese Kennzahlen bildet das TCO-Modell.

**Beispielkennzahl:** U.A. findet sich in dieser Kategorie die Kennzahl *Jährliche Wartungskosten pro User*, die die Darstellung des Kostenverlaufs eines Systems über die Jahresscheiben ermöglicht und somit Schwankungen erkennbar macht. Eine erste Normierung wurde durch die Division durch die Userzahlen erreicht. Somit können zum einen unternehmensinterne Systeme unabhängig von ihrer Systemgröße verglichen werden, zum anderen können die Kosten mit am Markt verfügbaren Best-practice-Werten verglichen werden. Berechnet wird die Kennzahl wie folgt:

$$K1 = \frac{\sum WK}{n}, \text{ mit}$$

$\sum WK$  = Summe der jährlich angefallenen Wartungskosten und  
 n = Anzahl aktiver User im SAP System

Die Kategorie *Kennzahlen zur Lizenznutzung* dient der Steuerung des effizienten Kaufes und Einsatzes von Userlizenzen.

**Beispielkennzahl:** In dieser Kategorie findet sich u.A. die Kennzahl *Lizenznutzungsgrad*. Diese stellt das Verhältnis von angemeldeten Usern zu gekauften Usern dar und dient als Indikator für die Nutzungsintensität der User-Lizenzen eines Systems. Ziel der Kennzahl ist die Reduktion im System befindlicher ungenutzter SAP-Lizenzen, die so in einen Pool zurückfließen können, aus dem sie an anderer Stelle wieder verwendet werden können. Kostenintensive Nachkäufe können so vermieden werden. Der Lizenznutzungsgrad eines Systems berechnet sich wie folgt:

$$K2 = \frac{m}{n}, \text{ mit}$$

m = Anzahl der in 90 Tagen angemeldeten SAP User und  
 n = Anzahl aller aktiven User im System

In der Kategorie *Kennzahlen zur Standardisierung* sind Kennzahlen enthalten, die Auskunft über den Standardisierungsgrad einer eingeführten SAP Lösung geben. U.A. sind in dieser Kategorie die Kennzahlen Standardabdeckungs- und -nutzungsgrad enthalten.

**Beispielkennzahl:** Die Kennzahl *Standardabdeckungsgrad* gibt an, welcher Anteil einer SAP Lösung im SAP Standard realisiert ist und welcher Anteil aus Erweiterungen bzw. Modifikationen besteht. Ziel ist eine Implementierung, die sich möglichst nahe am SAP Standard orientiert, womit eine Vermeidung der Kosten, die durch Modifikationen und Erweiterungen des Standards entstehen, angestrebt wird.

Neben dem Standardabdeckungsgrad, welcher statisch ist, misst der *Standardnutzungsgrad* die Intensität der Nutzung von SAP Standardfunktionalität gegenüber der Nutzung von Erweiterungen und Modifikationen. Ziel ist die Bereinigung eines Systems von nicht genutzten Modifikationen und Erweiterungen, wodurch der Wartungsaufwand erheblich

reduziert werden kann. Auf der anderen Seite können häufig genutzte Eigenentwicklungen so ggf. in den Standard überführt werden. Berechnet wird der Standnutzungsgrad wie folgt:

$$K3 = \frac{o}{p}, \text{ mit}$$

o = Genutzte Programme im SAP Standard (Zeitraum: Drei Monate) und

p = Gesamtzahl aller genutzten Programme der verwendeten Module (Zeitraum: Drei Monate)

Die Kategorie *Kennzahlen zur Hardwarenutzung* enthält Kennzahlen zur Steuerung der effizienten Nutzung der vorhandenen Infrastruktur.

**Beispielkennzahl:** U.A. findet sich in dieser Kategorie die Kennzahl *Serverauslastung*, die die durchschnittliche Auslastung der genutzten Server angibt. Ziel ist eine optimale Nutzung der vorhandenen Serverkapazitäten.

Über einen längeren Zeitraum gemessen, können die Kennzahlenwerte eines Systems im Zeitverlauf analysiert werden. Sollen auch zwischen verschiedenen SAP Systemen eines Unternehmens Vergleiche gezogen werden, ist eine sorgfältige Einteilung der SAP Systeme notwendig (siehe Fallstudie BMW Group).

## 6 BMW Group – Die Fallstudie

In diesem Abschnitt wird eine in der BMW Group durchgeführte Fallstudie vorgestellt. Das Kapitel beginnt mit der Vorstellung der BMW Group und ihrer SAP Landschaft. Anschließend werden die Ziele der Fallstudie sowie erste Messergebnisse dargestellt.

### 6.1 SAP Einsatz in der BMW Group

Die Entwicklung des Einsatzes von SAP Software bei der BMW Group lässt sich in drei Phasen einteilen: Phase 1 begann mit der Einführung eines zentralen Buchhaltungssystems. Damals war der Einsatz von SAP geprägt durch lokale, autonome Systeme, ohne dass es eine zentrale Steuerungsinstanz gab.

Mit Phase 2 begann der Übergang von lokalen Lösungen zu in Programmen und Projekten zusammengefassten Lösungen, die über Schnittstellen verbunden wurden. Erste Template-

Ansätze (zentrale Entwicklung und Rollouts in Standorte) wurden entwickelt. Die Phase 3 beinhaltet die Ausweitung auf eine unternehmensweite Integration über die Geschäftsprozesse hinweg.

## 6.2 Durchführung der Fallstudie und Messergebnisse

Die Fallstudie geht der Frage nach, wie die Systeme der BMW Group in Bezug auf Kosten, Standardisierung, Lizenznutzung und Hardware-spezifischen Daten positioniert sind.

Um einen Überblick über die durch SAP verursachten Kosten zu erhalten, wurde im Unternehmen ein Total Cost of Ownership (TCO) Modell für die gesamte SAP Landschaft ausgerollt. Dieses bildete die Ausgangsbasis zur Berechnung der Kosten-Kennzahlen.

Um eine optimale Vergleichbarkeit auch zwischen den Systemen herzustellen, wurden diese zuerst anhand der folgenden Kriterien in Komplexitätskategorien eingeteilt: Anzahl der fachlichen Schnittstellen, Anzahl der eingesetzten SAP-Module, Anzahl der aktiven User und Verhältnis der produktiven zu nicht-produktiven Systemen.

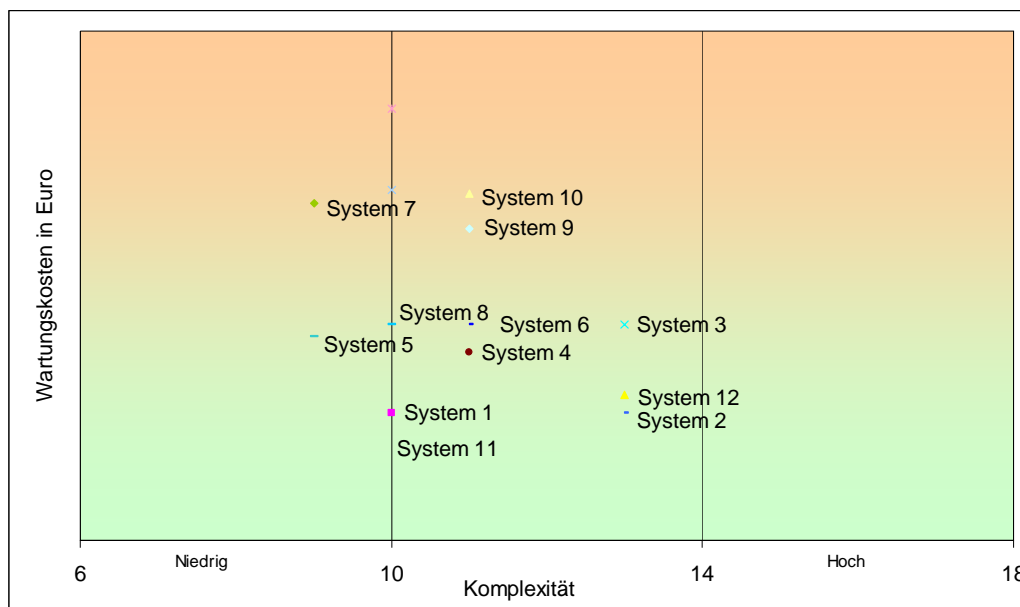


Abbildung 4: Einteilung der Systeme in Komplexitätsklassen  
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 4 zeigt die drei Komplexitätsklassen (hoch, mittel, gering) sowie die Einteilung einiger SAP-Systeme. Der Komplexitätsgrad befindet sich an der horizontalen Achse, die

Wartungskosten pro User werden an der y-Achse eingetragen. Die Wartungskosten pro User eines Systems lassen sich nun mit den übrigen Systemen innerhalb einer Komplexitätsklasse vergleichen. Im Rahmen dieses Beitrags können nicht alle Messergebnisse im Detail besprochen werden. Ein Ausschnitt der ersten Messergebnisse sowie daraus abgeleitete Maßnahmen werden im Folgenden vorgestellt.

**Lizenznutzungsgrad:** Im Unternehmen wird ein User-Bereinigungsprozess durchgeführt. Im Rahmen der Kennzahlenerhebung wurde der Grad der Lizenznutzung pro SAP System vor bzw. nach der Userbereinigung erhoben. Mit Hilfe der Kennzahlenerhebung konnte gezeigt werden, dass die Userbereinigung eine Steigerung des Lizenznutzungsgrades um 30% ermöglicht hat und somit die Anzahl der ungenutzten User im System gesenkt werden konnte. Hierdurch können ebenfalls Lizenzkosten gespart werden, indem ungenutzte User in den Systemen identifiziert werden konnten.

**Standardnutzungsgrad:** Die Erhebung des Standardnutzungsgrades identifizierte die Systeme, bei denen größtenteils die Standardfunktionalität genutzt wurde, ebenso wie die Systeme, bei denen hauptsächlich Eigenentwicklungen und Modifikationen zum Einsatz kamen. In einem zweiten Schritt sollen nun die nicht genutzten Eigenentwicklungen identifiziert und aus den Systemen entfernt werden. Genauso müssen nicht genutzte Standardpotentiale näher untersucht werden, um die vorhandene Funktionalität best möglichst auszunutzen.

**Serverauslastung:** Durch die erste Erhebung dieses KPIs konnten die Systeme, deren Serverauslastung nach Sizing-Richtlinien zu gering ausfiel, identifiziert werden. Weiter wurden zwei Systeme identifiziert, deren Auslastung gemäß Richtlinien als zu hoch eingestuft wurde. Für die erste Kategorie wurden Maßnahmen abgeleitet, die eine bessere Auslastungsmöglichkeit prüfen sollen. Für die zweite Kategorie wurden Maßnahmen zur Durchführung eines Hardware-Upgrades initialisiert.

### **6.3 Erfahrungen beim Einsatz des Kennzahlensystems im Unternehmen**

Durch die ständige Kommunikation mit den SAP-Verantwortlichen der BMW Group konnte das anfangs theoretische Kennzahlensystem sukzessive für die Praxis adaptiert werden.

Hierzu waren mehrere Messdurchgänge erforderlich. Die Hauptkritik wurde an den Erhebungsmethodiken geäußert, die die Besonderheiten der Praxis teilweise nicht abbilden konnten. Zum Beispiel wurde bei der Ermittlung des Lizenznutzungsgrades anfänglich nicht berücksichtigt, dass ein Teil der SAP-User das System lediglich Quartalsweise nutzt. Bei Erhebung der Kennzahl wurden somit für die betroffenen Systeme zu niedrige Werte erzielt. Die größte Schwierigkeit lag in der Erhebung des Standardabdeckungs- und -nutzungsgrades. Bei der ursprünglichen Methodik wurden nur Eigenentwicklungen als Nicht-Standard klassifiziert, Modifikationen am Standard konnten nicht identifiziert werden. Da diese dem Standard zugerechnet wurden, ergab sich hier stets ein erhöhter Wert. Mittels eines Programms, welches im Rahmen dieser Forschungstätigkeit implementiert wurde, sind die SAP-Programme nun eindeutig als Standard, modifizierter Standard oder Eigenentwicklung klassifizierbar.

## **7 Zusammenfassung**

Der vorliegende Beitrag stellt ein Kennzahlensystem vor, welches einem Unternehmen erlaubt, seine installierten SAP Systeme hinsichtlich Kosten, Nutzungsgrad, Standardisierungsgrad sowie Hardware-spezifischen Kriterien zu vergleichen. Auf diese Weise ist es das Ziel, Transparenz zu erzeugen und Optimierungspotentiale freizusetzen.

Ziel der vorliegenden Studie war es, sowohl Probleme der Praxis zu adressieren als auch einen Beitrag für die Wissenschaft zu leisten. Dies wurde erreicht, indem auf Basis von Literaturanalysen Problemfelder des Einsatzes betrieblicher Standardsoftware identifiziert wurden. Auf dieser Basis wurde ein Kennzahlensystem entwickelt, das nicht Unternehmensspezifisch ist, sondern auf jedes beliebige Unternehmen, welches SAP Standardsoftware im Einsatz hat, anwendbar ist.

Durch Anwendung des Kennzahlensystems auf die Produktivsysteme eines internationalen Großunternehmens konnte das Modell hinsichtlich seiner Praxiseignung bestätigt werden. Dem Wunsch nach Transparenz in der SAP Landschaft wurde durch Anwendung des Modells näher gekommen. Darüber hinaus konnte durch das Kennzahlensystem die interne Diskussion initialisiert werden. Durch die Analyse jedes Ergebniswertes mit den entsprechenden Experten konnten erste Optimierungspotentiale in den SAP Systemen erkannt werden.

In der Diskussion zeigte sich allerdings auch, dass eine Erweiterung des Kennzahlensystems erforderlich ist, da noch nicht alle relevanten Faktoren eines SAP Systems adressiert wurden.

Dennoch weist das Kennzahlensystem auch Schwachstellen auf, z.B. werden Nutzenaspekte, die einem Unternehmen durch die Einführung eines SAP-Systems zukommen, im Kennzahlensystem nicht betrachtet. Da ein Total Cost of Ownership-Modell als Grundlage der Kostenkennzahlen dient, wird ein SAP-System mit hohen Kosten, das dem Unternehmen strategische Vorteile bringt, möglicherweise schlecht bewertet.

Aus diesem Grund wird für die anschließenden Forschungsaktivitäten die Erweiterung des Kennzahlensystems dahingehend adressieren, dass neben den Kosten auch Nutzenaspekte berücksichtigt werden. Ein erster Schritt kann in einer Erweiterung der TCO- auf eine Total Benefit of Ownership- Betrachtung (TBO) gesehen werden.

## **Literaturverzeichnis**

- [ArRS05] Arnold, F., J.Röseler, M.Staade (2005). Enterprise Performance Management mit SAP. Bonn, Galileo Press GmbH.
- [Atte03] Atteslander, P. (2003). Methoden der empirischen Sozialforschung, de Gruyter Studienbuch.
- [BCG00] Boston Consulting Group, (2000). "Getting value from the enterprise initiatives, a survey of executives", Verfügbar unter: <http://www.bcg.com>.
- [BiTB00] Bititci, U. S., T.Turner, C.Begemann (2000). "Dynamics of performance measurement systems." International Journal of Operations & Production Management 20(6): 692-704.
- [BoDö02] Bortz, J., N.Döring (2002). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag.
- [BuKö97] Buxmann, P., W.König (1997). "Empirische Ergebnisse zum Einsatz der betrieblichen Standardsoftware SAP R/3." Wirtschaftsinformatik 39(4): 331-338.

- [CIO06] CIO Online (2006). „Jedes dritte Programm wird kein einziges Mal aufgerufen“, Verfügbar unter: <http://www.cio.de/knowledgecenter/erp/820496/index.html>; abgerufen am 10.06.2006.
- [Eise98] Eisenhardt, K. M. (1998). “Building Theories form Case Study Research.” *Academy of Management Reviews* 14(4): 532-550.
- [GuBl] Gunson, J., J.-P. Blasis “The place and key success factors of enterprise resource planning (ERP) in the new paradigms of business management.”
- [HoLG98] Holland, C., B.Light, N.Gibson (1998). “Global ERP Implementation” in proceedings of the American Conference of Information Systems, Baltimore.
- [HoLi99] Holland, C. P., B. Light (1999). “A Critical Success Factors Model for ERP Implementation.” *IEEE Software*: 30-36.
- [IrLo02] Irani, Z., P.E.D.Love (2002). “Developing a frame of reference for ex-ante IT/IS investment evaluation.” *European Journal of Information Systems* 11: 74-82.
- [JLMM04] Jonen, A., V. Lingnau, J.Müller, P.Müller (2004). “Balanced IT-Decision-Card. Ein Instrument für das Investitionscontrolling von IT-Projekten.” *Wirtschaftsinformatik* 46(3): 196–203.
- [KaNo92] Kaplan, Robert S.; Norton, David P. (1992). *The Balanced Scorecard Measures that drive performance*. In: *Harvard Business Review* 70.
- [KenNe02] Kennerley, M., A.Neely (2002). “A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems.” *International Journal of Operations & Production Management* 22(11): 1222-1245.
- [Krcm05] Krcmar, H. (2005). *Informationsmanagement*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag.
- [Kütz03] Kütz, M. (2003). *Kennzahlen der IT*, Dpunkt Verlag.



- [KyYo02] Kyung-Kwon, H., K. Young-Gul (2002). "The critical success factors for ERP implementation: an organizational fit perspective." *Information & Management* 40: 25-40.
- [Lamn89] Lamnek, S. (1989). *Qualitative Sozialforschung*. München, Psychologie Verlags Union.
- [MaAP02] Markus, M. L., S. Axline, D. Pertrie et al. (2000). "Learning form adopters`experiences with ERP: problems encountered and success achieved." *Journal of Information Technology* 15: 245-265.
- [MuÖs99] Muschter, S., H.Österle (1999). *Investitionen in Standardsoftware: Ein geschäftsorientierter Ansatz zur Nutzenmessung und -bewertung*. Heidelberg, Physica-Verlag.
- [OlRo02] Oliver, D., C.Romm (2002). "Justifying enterprise resource planning adoption." *Journal of Information Technology* 17: 199-213.
- [SAP05a] SAP AG (2005). *A Model to analyze Total Cost of Ownership*.
- [SAP05b] SAP AG (2005). *Automotive Symposium 2005*.
- [SeRG01] Sedera, D., M.Rosemann, G.Gable (2001). Using performance measurement models for benefit realization with enterprise systes- the queensland government approach (case study). *Global Co-Operation in the New Millennium. The 9th European Conference on Information Systems, Bled, Slovenia*.
- [ShSS04] Shehab, E. M., M.W. Sharp, L. Supramaniam et al. (2004). "Enterprise resource planning, An integrative review." *Business Process Management Journal* 10(4): 359-386.
- [Stef01] Stefanou, C. J. (2001). "A framework for the ex-ante evaluation of ERP software." *European Journal of Information Systems* 10: 204–215.

- [ThIO] Themistocleous, M., Irani, Z., R.M. O`Keefe (2001). "ERP and application integration, Exploratory survey." *Business Process Management Journal* 7(3): 195-204.
- [TrTS03] Treber, U., P.Teipel, A.C.Schwickert (2003). *Total Cost of Ownership- Stand und Entwicklungstendenzen 2003*. Giessen, Justus-Liebig-Universität.
- [Wefe00] Wefers, M. (2000). "Strategische Unternehmensführung mit der IV-gestützten Balanced Scorecard." *Wirtschaftsinformatik* 42(2): 123-130.
- [WiHe] Wild, M.; S.Herges: *Total Cost of Ownership (TCO)- Ein Überblick*.
- [Yin94] Yin, R. K. (1994). *Case Study Research – Design and Methods*. Thousands Oaks, London, New Delhi, Sage Publications.
- [Zrim03] Zrimsek, B. (2003). *Enterprise Resource Planning TCO: More "How" than "What"*, Gartner Group.

# **Systematische Auswahl einer Methode zur Aufwandschätzung in der Softwareentwicklung**

Ulrike Dowie, Georg Herzwurm

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (Unternehmenssoftware)

Universität Stuttgart

70174 Stuttgart

{dowie,herzwurm}@wi.uni-stuttgart.de

## **Abstract**

Während sowohl in wissenschaftlichen Arbeiten als auch in der Praxis des Projektmanagements Einigkeit über die Wichtigkeit der Aufwandschätzung herrscht, ist die Diskrepanz bezüglich der Verbreitung verschiedener Methoden zwischen Wissenschaft und Praxis erheblich.

Dieser Beitrag schildert einen systematischen Ansatz zur Auswahl geeigneter Aufwandschätzmethoden in der Softwareentwicklung. Hierbei liefern wissenschaftliche Arbeiten Informationen über verfügbare Methoden sowie deren Stärken und Schwächen, während aus Sicht der Praxis Anforderungen formuliert werden, die an jegliche Aufwandschätzmethode gestellt werden.

Die Anwendbarkeit des Ansatzes wird anhand eines Beispiels erläutert. Gleichzeitig wird gezeigt, wie verschiedene Schätzmethode integriert werden können.

## **1 Einleitung**

In der Vielzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen, die sich mit Aufwandschätzmethoden befassen, gibt es kaum Anhaltspunkte, welche Methode in einer gegebenen Situation zu wählen ist [MySS05, 380]. Im Folgenden wird ein Ansatz erläutert, aus der Menge möglicher Schätzmethoden eine Auswahl zu treffen, die sowohl Bedürfnisse als auch Fähigkeiten einer softwareentwickelnden Organisation berücksichtigt [MaSh03, 1].

## 1.1 Bedeutung der Auswahl von Aufwandschätzmethoden

Aufwandschätzung ist als wichtige Aufgabe des Projektmanagers als Bestandteil der Projektsteuerung anerkannt [BuFa04]. Sie dient bspw. zur Ressourcenallokation, Zeitplanung, Angebotserstellung bei Auftragsentwicklung, sowie als Entscheidungsgrundlage beim Abwägen zwischen Qualitätszielen, Time to Market und Produktumfang [BuFa04].

Hierzu existiert eine Vielzahl von Methoden [vgl. zum Überblick Kitc96; MKLP00]. Häufige Widersprüche zwischen Ergebnissen verschiedener Untersuchungen zeigen, dass keine Methode als generell gut oder schlecht beurteilt werden kann [MaSh03; MySS05]. Die Eignung einer Schätzmethode ist offenbar von situativen Faktoren wie den Zielen und Rahmenbedingungen abhängig, die in einer konkreten Schätzsituation vorliegen.

In der Softwareentwicklungspraxis findet jedoch kaum eine Analyse dieser Faktoren und dementsprechende Auswahl geeigneter Schätzmethoden statt. Meist wird verwendet, wozu in der Organisation Wissen und Erfahrung verfügbar sind [Molø04].

Wissenschaftliche Arbeiten sind meist der Entwicklung und Untersuchung jeweils einer Methode gewidmet (z. B. [Lang04]) oder vergleichen einige ausgewählte Methoden hinsichtlich der Schätzgenauigkeit anhand einer bestimmten Datenbasis (von Autoren ermittelte [WaJe98] oder öffentlich verbreitete empirische Datenbestände [MKLP00; KCCS00]).

Sollen zusätzliche Anforderungen an die Methode, weitere Methoden oder andere bzw. eigene historische Daten berücksichtigt werden, sind derartige wissenschaftliche Erkenntnisse wenig hilfreich. Daher ist sowohl aus Sicht der Praxis als auch der Wissenschaft zu untersuchen, welche Schätzmethode in einer bestimmten Schätzsituation a priori auszuwählen ist [MaSh03].

## 1.2 Ziel und Vorgehensweise

Die Ziele dieses Beitrags sind folgende:

- Ein Konzept zur systematischen Auswahl geeigneter Aufwandschätzmethoden zu entwickeln
- Die Praktikabilität des Konzepts anhand eines Beispiels zu illustrieren
- Die Integration verschiedener Methoden aufzuzeigen (am Beispiel Case-based Reasoning und Expertenschätzung)

Das Vorgehen zur Methodenauswahl greift auf Elemente der Qualitätssicherungsmethode Quality Function Deployment (QFD)<sup>1</sup> zurück. Ziel von QFD ist es, durch Erfassung lösungsunabhängiger Anforderungen den Raum möglicher Lösungen zu erweitern, und durch die Gewichtung der Anforderungen die Lösungen zu priorisieren. Analog dazu soll die Auswahl einer Schätzmethode nachvollziehbar und auf Anforderungen gegründet sein und der Weg für neue, d. h. bisher ungenutzte Methoden geebnet werden.

Hierzu wird zunächst in Kapitel 2 ein Überblick über existierende Aufwandschätzmethoden, insbesondere deren Einsatzvoraussetzungen, und Verfahren zur Integration verschiedener Methoden gegeben. In Kapitel 3 wird dann der Ansatz zur Methodenauswahl erläutert. Dazu werden Annahmen getroffen, deren Erfüllung für die exemplarisch dargestellte Auswahlmatrix notwendig ist. Anschließend wird die Vorbereitung der Auswahl beschrieben, eine Übersicht über die Anforderungserfüllung einzelner Schätzmethoden gegeben und der Auswahlprozess geschildert. In Kapitel 4 wird das Vorgehen anhand eines Anwendungsbeispiels illustriert. Schließlich erfolgt in Kapitel 5 eine Diskussion der Ergebnisse.

## **2 Stand der Forschung**

Aufwandschätzung von Softwareprojekten ist Untersuchungsgegenstand mehrerer Wissensgebiete: Softwareentwicklung, Forecasting und Projektmanagement. Fokus dieses Beitrags ist die Anwendung in der Softwareentwicklung.

### **2.1 Aufwandschätzmethoden in der Softwareentwicklung**

Aufwandschätzmethoden können grob unterteilt werden in solche basierend auf Statistik (parametrische Modelle), Erfahrung bzw. Erfahrungsaufbau (Expertenschätzung) und Machine learning [BESW98, 2]. Zur weiteren Unterteilung finden sich unterschiedliche Ausführungen (z. B. gemäß der erforderlichen Menge historischer Projektdaten; zum Überblick vgl. [Molø04, 36]). Zur Erläuterung des Auswahlansatzes werden für jede Obergruppe Beispiele genannt<sup>2</sup> und anhand der Einsatzvoraussetzungen charakterisiert.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> zu QFD siehe z. B. [Akao92; HeSM97]

<sup>2</sup> Nicht behandelt werden Methoden, die zwar als solche bezeichnet werden, aber streng genommen keine Schätzmethoden sind, z. B. „Price to win“ oder „Parkinson’sches Gesetz“ [Kitc96, 190].

<sup>3</sup> Um das Auswahlvorgehen zu erläutern, bedarf es keiner lückenlosen Methodenübersicht. Da allerdings je nach Situation unterschiedliche Methoden zur Schätzung geeignet sein können, müssen derart unterschiedliche Methoden zur Auswahl berücksichtigt werden.

### 2.1.1 Statistische Methoden (parametrische Modelle)

Beispiele statistischer Methoden, die zur Modellierung im Rahmen der Aufwandschätzung eingesetzt werden, sind einfache, schrittweise oder multiple Regressionsanalyse [BEPW06], Analysis of Variance (ANOVA, [BLW99]), Classification and Regression Trees (CART, [BESW98]) und Optimal Subset Selection [BoFW74]. Das bekannteste parametrische Modell, das auf statistischen Methoden basiert, ist CoCoMo [Boeh00].

Voraussetzung für den Einsatz sind Kenntnisse oder begründete Vermutung über die Kausalzusammenhänge zwischen Einflüssen und Aufwand [BEPW06, 8]. Alle Parameter des Modells müssen in numerischer Form vorliegen oder in eine solche transformiert werden. Außerdem muss der Umfang der Datenbasis ermöglichen, statistisch signifikante Korrelationen zwischen Einflussfaktoren und Aufwand bzw. zwischen Einflussfaktoren untereinander zu bestimmen. Die Daten müssen je nach statistischem Verfahren unterschiedliche Eigenschaften aufweisen<sup>4</sup> (z. B. standardnormal verteilt sein, keine Kollinearität besitzen, vgl. [BEPW06]).

### 2.1.2 Expertenschätzung

Die Schätzung durch einen oder eine Gruppe von Experten kann formalisiert (z. B. mittels Analytical Hierarchy Process oder Delphi-Methode) oder ad hoc und informell ablaufen. Ziel der Schätzung durch eine Gruppe ist es, durch Austausch und gegenseitiges Feedback unter den Teilnehmern einen Konsens bzgl. des Schätzwertes zu erreichen, in den die Erfahrung und jeweils berücksichtigte Einflüsse aller Teilnehmer eingehen. Voraussetzung des Einsatzes dieser Methoden ist die Erfahrung der Beteiligten mit den Aufgaben<sup>5</sup>, für die sie den Aufwand schätzen (für weitere Details zu Expertenschätzung s. z. B. [Jørg05]).

### 2.1.3 Machine learning

Hierzu zählen alle Methoden, die Fähigkeiten des menschlichen Verstands nachbilden [MKLP00]. Sie eignen sich insbesondere zur Lösung sehr komplexer Probleme und vermögen aus Erfahrung zu lernen [AaP194, 4; BEPW06, 14]. Bekanntestes Beispiel sind künstliche Neuronale Netze [Lang04]. Weitere Vertreter dieser Methodengruppe sind Case-based Reasoning [AaP194], Genetic Programming [Dola01] und Rule Induction [MKLP00]. Voraussetzungen für den Einsatz dieser Methoden sind eine numerisch vorliegende Datenbasis und die Konfigura-

---

<sup>4</sup> Liegen die Eigenschaften bzw. Voraussetzungen nicht vor, ist die Anwendung des jeweiligen statistischen Verfahrens nicht zulässig (s. z. B. [BEPW06], S. 78 und S. 430)

<sup>5</sup> Erfahrung wird hier verstanden als Durchführung einer Aktivität (bspw. Test) in mehreren vorangegangenen Projekten.

tion des jeweiligen Machine learning-Systems, d. h. Treffen einer Reihe von Aufbau- bzw. Design-Entscheidungen [BEPW, 763; KCCS00, 4].

## 2.2 Integration verschiedener Methoden

Zahlreiche Autoren kommen zum Schluss, dass in jedem Schätzvorgang verschiedene Methoden eingesetzt werden sollen: „Almost any combination of forecasts proves more accurate than the single inputs“ [BIHo90, 889; s. auch BuFa04, 33; Devn99; Good05; Kitc96; Jørg05; WaJe98]. Vielfach wird empfohlen, die Ergebnisse verschiedener Methoden zu vergleichen, ohne jedoch anzugeben, wie im Falle abweichender Ergebnisse vorzugehen ist [WaJe98, 25]. Kitchenham nennt dieses Vorgehen „validation by alternative estimates“ [Kitc96, 190]. Um Stärken verschiedener Methoden zu vereinen, müssen sie jedoch integriert werden anstatt die Ergebnisse zur Validierung zu vergleichen.

Integrationsansätze unter Beteiligung von Expertenschätzung lassen sich unterscheiden in mechanische / festgelegte und interaktive / freiwillige Kombination der Methoden [Good00].

Autoren, die *mechanische Kombination von Methoden* untersuchen, wenden mathematische Verknüpfungen der gleichzeitig gewonnenen Schätzergebnisse an. Blattberg und Hoch bspw. gewichteten Expertenschätzung und Ergebnisse statistischer Modelle gleich und addierten jeweils 50 % des Schätzwerts [BIHo90]. Boehm et al. integrierten Expertenschätzung und Regressionsanalyse bei der Entwicklung des Modells CoCoMo [Boeh00], indem eine Gruppe von Experten initiale Skalenwerte für die Einflussfaktoren des Modells festlegte. In [Devn99] wird beschrieben, wie mittels Anwendung des Bayes-Theorems Expertenschätzung und statistische Analyseergebnisse verknüpft und damit CoCoMo kalibriert wurden [Devn99, 37ff].

Diese Ansätze sind entweder pragmatischer Natur [BIHo90], d. h. es wurde nicht untersucht, ob eine andere Integrationsweise zu genaueren Schätzergebnissen führt. Oder sie sind mit hohem Kalibrierungsaufwand (zur Anpassung an Gegebenheiten der schätzenden Organisation) verbunden, damit ausreichend genaue Schätzergebnisse resultieren (s. z. B. [Kitc96]). Vorteile der mechanischen Integration, die vor Verfügbarkeit der Schätzergebnisse festgelegt wird, sind die objektive, nachvollziehbare Vorgehensweise, die Manipulation der Ergebnisse verhindert, und die Verminderung der Expertenschätzung inhärenten Inkonsistenz [Good05].

*Interaktive Methodenintegration* überlässt dem Schätzenden die Gewichtung des statistisch (oder durch ein Machine learning-System) ermittelten Schätzwerts [Good00, 86]. Bei der Schätzung kann der Experte entscheiden, ob und wie er das vorliegende Schätzergebnis verwendet.

Beispielsweise kann der von einem parametrischen Modell ermittelte Schätzwert von einem Experten genutzt werden, seine auf Analogieschluss basierende Schätzung zu korrigieren, indem er die Grenzwerte seines geschätzten Intervalls reduziert.

Nachteil der interaktiven Integration ist, dass Expertenschätzung durchgängig von übermäßigem Selbstvertrauen geprägt ist [GoWr04, 371]. Auch andere systematische Fehler menschlicher Wahrnehmung und menschlichen Urteilens [z. B. BoDö02, 182ff] können zum Tragen kommen [BIHo90]. Schließlich unterliegen Experten politischen Einflüssen innerhalb der Organisation und kombinieren Beobachtungen nicht konsistent [BIHo90, 889f]. Vorteil dieser Integrationsweise ist, dass sie eher akzeptiert wird, weil der Schätzende die Kontrolle über das endgültige Ergebnis der Schätzung behält [BIHo90]. Er kann zudem Veränderungen des Umfelds und besondere Ereignisse berücksichtigen, die aufgrund ihrer Seltenheit nicht modelliert werden. Außerdem hat er die Möglichkeit, bei Aufteilung der Schätzaufgabe zwischen Teilen zu unterscheiden, die durch ein Modell geschätzt werden können und solchen, die mittels Intuition besser schätzbar sind [Good00, 88]. Schließlich kann Schätzung durch einen Experten fehlende oder nicht verlässliche historische Daten kompensieren [Good05, 9].

### **3 Prozess zur systematischen Methodenauswahl für die Aufwandschätzung**

Für die hier präsentierten Zusammenhänge zwischen Anforderungen und Schätzmethoden werden folgende Annahmen getroffen<sup>6</sup>:

*Annahme 1: Daten für Modellierung mit statistischen Methoden oder zum Training von Machine learning-Systemen sind vorhanden.*

Das bedeutet, dass für mehrere abgeschlossene Projekte verlässliche, vergleichbare Daten, möglichst verhältnisskaliert oder intervallskaliert, verfügbar sind.<sup>7</sup>

Ist Annahme 1 nicht erfüllt, können parametrische Modelle bzw. Machine learning-Systeme nur mit organisationsfremden Daten erstellt bzw. trainiert werden. Dadurch sind sie angesichts

---

<sup>6</sup> Perspektive ist die einer softwareentwickelnden Organisation, die verschiedene Produkte als Standardsoftware weiterentwickelt, gelegentlich technisch überarbeitet und regelmäßig neue Produkte entwickelt, und in der bislang ohne Methode Aufwand geschätzt wird.

<sup>7</sup> Die erforderliche Anzahl der Projekte richtet sich nach der Anzahl der unabhängigen Variablen, die modelliert werden sollen, d. h. nach der abzubildenden Komplexität. Je mehr unabhängige Variablen zur Erklärung der abhängigen Variablen, also des zu schätzenden Aufwands, heran gezogen werden sollen, umso mehr Projekte müssen analysiert werden.



bestimmter Anforderungen weniger zum Einsatz geeignet (z. B. sind Akzeptanz und Schätzgenauigkeit in geringerem Ausmaß gewährleistet [Kitc96]).

*Annahme 2: In der Organisation wird zum Zeitpunkt der Auswahl keine formalisierte Methode eingesetzt.*

Diese Annahme besagt, dass z. B. keine Kalibrierung des algorithmischen Schätzmodells CoCoMo stattgefunden hat, und dass kein Machine learning-System konfiguriert ist.

Ist Annahme 2 nicht erfüllt, weisen bereits im Einsatz befindliche formalisierte Methoden andere Werte bezüglich der Anforderungserfüllung auf (insbesondere bezogen auf die Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“).

Sind Annahme 1 oder 2 nicht erfüllt, müssen die Erfüllungsgrade des Templates (s. Tabelle 1) neu bestimmt werden (für bereits eingesetzte Methoden).

### **3.1 Vorbereitung der Methodenauswahl**

Im ersten Schritt werden die Ziele der Schätzung festgehalten. Unter anderem ist zu ermitteln, für wen und welchen Zweck Aufwand geschätzt werden soll.

Im zweiten Schritt werden verfügbare Zeit, Ressourcen und Budget für die Schätzung festgelegt. Die Ergebnisse dieser zwei Schritte, Ziele und Rahmenbedingungen der Schätzung, repräsentieren wesentliche Anforderungen.

Anschließend müssen die Stakeholder identifiziert werden, deren Interessen bei der Auswahl zu berücksichtigen sind (z. B. Budgetverantwortliche, oberes Management). Schließlich werden die Anforderungen<sup>8</sup> aller Stakeholder an die Schätzmethode und verfügbare Methoden gesammelt bzw. die im Template vorhandenen Listen überarbeitet (s. Tabelle 1). Die Anforderungen werden in den Zeilen, die Schätzmethoden in den Spalten eingetragen<sup>9</sup>.

### **3.2 Anforderungserfüllung der Schätzmethoden**

Jede Schätzmethode trägt zur Erfüllung jeder Anforderung abhängig von ihren Stärken und Schwächen in unterschiedlichem Ausmaß bei. Die Skala der Anforderungserfüllung

---

<sup>8</sup> Die Anforderungsermittlung ist für die Methodenauswahl entscheidend. Zum Vorgehen s. [HeSM97], S. 80ff.

<sup>9</sup> Dies folgt dem Aufbau des House of Quality, in dem Anforderungen den Lösungsmerkmalen gegenübergestellt werden, um die Erfüllung der Anforderungen je Lösungsmerkmal zu untersuchen, vgl. [HeSM97], S. 43f.

(Erfüllungsgrade) reicht von keinem Beitrag zur Erfüllung (mit Wert 0 versehen) über geringe (1) und mittlere Erfüllung (3) bis zu sehr hoher Erfüllung der Anforderung (Wert 9).<sup>10</sup>

Tabelle 1 gibt die analysierten Erfüllungsgrade wieder und kann als Template verwendet werden. Enthält eine Zelle mehrere Erfüllungsgrade, kommt es auf das Vorliegen bestimmter Bedingungen an, welcher Wert für eine konkrete Anwendungssituation zutreffend ist. Die notwendigen Bedingungen sind mit Klein- und Großbuchstaben gekennzeichnet und in der Legende erklärt. Die Begründung der ermittelten Erfüllungsgrade wird im Anhang beispielhaft anhand der Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ erläutert.

Anforderungen: Ziele u. Rahmenbedingungen d. Schätzung	Schätzmethode	Schätzmethode												
		parametr. Modell (Regr. analyse)	parametr. Modell (optimal subset sel.)	CoCoMo	Classification and Regression Trees	Analogieschluss Informell	indiv. Expertenschätzung: ad hoc	indiv. Expertenschätzung: formalisiert	Gruppe von Experten: ad hoc	Gruppe von Experten: formalisiert	künstl. Neuronale Netze	Rule Induction	Genetische Programmierung	Case-based reasoning
Ergebnis aufwandsarm verfügbar	0%	1	1	3	3	9	9	9	3	3	1	1	3	3
Nachvollziehbar	0%	9 <sup>dk</sup>	9	9	9	9	1	3	1	3	0	9	1	9
Hohe Schätzgenauigkeit und Treffsicherheit	0%	0 <sup>4,4,4,4</sup> 1 <sup>0,ST</sup> 3 <sup>0,DM,ST</sup>	1 <sup>4,4,4,4</sup> 3 <sup>0,ST</sup> 9 <sup>0,DM,ST</sup>	0 <sup>4,4,4,4</sup> 1 <sup>0,ST</sup> 3 <sup>0,DM,ST</sup>	1 <sup>4,4,4,4</sup> 3 <sup>0,ST</sup> 9 <sup>0,DM,ST</sup>	1 <sup>4,4</sup> 3 <sup>4</sup> 9 <sup>4</sup>	1 <sup>4,4,4,4</sup> 3 <sup>4</sup> 9 <sup>4</sup>	1 <sup>4,4,4,4</sup> 3 <sup>4</sup> 9 <sup>4</sup>	3 <sup>R</sup> 9 <sup>R,SE</sup> 9 <sup>Kat,R,SE</sup>	3 <sup>R</sup> 9 <sup>SE,VE</sup> 9 <sup>Kat,SE,VE</sup>	3 <sup>R</sup> 9 <sup>R,SE</sup> 9 <sup>R,SE,VE</sup>	1 <sup>0,ST,V</sup> 3 <sup>0,ST,V</sup> 9 <sup>0,ST,V</sup>	1 <sup>0,ST,V</sup> 3 <sup>0,ST,V</sup> 9 <sup>0,ST,V</sup>	1 <sup>0,ST,V</sup> 3 <sup>0,ST,V</sup> 9 <sup>0,ST,V</sup>
Akzeptanz durch oberes Management	0%	9	9	9	1	3	1	3	3	3	1	1	1	9
Akzeptanz durch Projektmitarbeiter	0%	3	3	3	3	3	3	3	9	9	1	1	1	9
Ohne Verwendung historischer Daten	0%	0	0	1	0	0	0	9	9	9	0	0	0	0
Kein Domänenwissen erforderlich	0%	3	3	9	3	1	0	0	0	0	9	3	9	3
leicht anpassbar (an neue Technologie, Entw.prozess, ...)	0%	1	1	1	1	3	9	9	9	9	1	1	1	1
Ohne Zusatzkosten f. Softwarelizenz	0%	1	0	1	0	9	9	9	9	9	0	0	0	0
Kein statistisches Wissen erforderlich	0%	0	0	1	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Automatisierbar	0%	9	9	9	9	3	0	1	0	1	9	9	9	9
Früh im Entwicklungsprozess verwendbar	0%	3 <sup>M</sup>	3 <sup>M</sup>	3 <sup>M</sup>	3	9	9	9	9	9	3	3	3	9
Leicht manipulierbar	0%	1	0	0	3	9	9	3	9	3	1	3	3	9
Objektiv (intersubjektiv durchführbar)	0%	9	9	9	9	0	0	0	1	3	9	9	9	3
Jederzeit wiederholbar m. möglicher Verbesserung	0%	1 <sup>M</sup>	1	1	1 <sup>M</sup>	9	9	9	9	9	1 <sup>M</sup>	1 <sup>M</sup>	1 <sup>M</sup>	9
Berücksichtigung einer Vielzahl v. Aufwandseinflüssen	0%	3	3	9	3	9	9	9	9	9	3	1	9	9
Unabhängig v. Test- o. Entwicklungsmethodik, -prozess, ...	0%	0	0	0	9	9	3 <sup>EU</sup>	3 <sup>EU</sup>	3 <sup>EU</sup>	3 <sup>EU</sup>	9	9	9	9
Absolute Bedeutung														
Relative Bedeutung														
Rangfolge														

**LEGENDE**

0/1/3/9 keine / geringe / mittlere / sehr hohe Erfüllung  
a / A / ka mind. ein ähnliches / sehr ähnliches abgeschlossenes Projekte existiert / kein ähnliches Projekt existiert  
D / d hohe / niedrige Datenqualität (hoch. Prämissen stat. Methoden erfüllt, große Anz. Beobachtungen, keine fehl. Werte, verlässl. Daten)  
dk Vorgehen und Ergebnisse verständlich dokumentiert  
EU Erfahrung mit Entw. umgebung (Technologie, Entw. prozess, fachl. Anforderungen) liegt vor  
Kstat / Kex Kombination mit stat. Methode / mit Expertenschätzung  
M / m schätzrelevante Merkmalsausprägungen des zu schätzenden Projekts frühzeitig (Planungsphase) bekannt / nicht bekannt  
R Risikoanalyse ist Teil d. Schätzung  
SE / kSE Schätzerfahrung liegt vor / nicht vor  
ST / st hohe / geringe Stabilität des Entw. Umfelds (Technologie, Entw. prozess, fachl. Anforderungen)  
V Vielzahl von Einflussfaktoren erfasst  
vE verschiedene Erfahrungshintergründe liegen vor

Tabelle 1: Anforderungen (ungewichtet), Schätzmethode und Erfüllungsgrade

### 3.3 Vorgehen der Methodenauswahl

Die folgenden Schritte sind jeweils zur Auswahl geeigneter Methoden zu durchlaufen. Basis ist das Template (s. Tabelle 1), das jeweils ergänzt und überarbeitet wird.

#### 1. Auswahl bzw. Ergänzung und Gewichtung der Anforderungen

<sup>10</sup> Über die vier Bewertungsstufen keine, schwache, mittelmäßige und starke Anforderungserfüllung hinaus sind feinere Unterteilungen nur angemessen, wenn sie gerechtfertigt werden können. Gemäß allgemeiner Konvention in der Anwendung von QFD werden diesen Erfüllungsgraden die Werte 0, 1, 3 und 9 zugeordnet [HeSM97, 115].

Die in der jeweiligen Schätzsituation relevanten Anforderungen (neben Zielen und Rahmenbedingungen) müssen identifiziert und anschließend unter Berücksichtigung aller Stakeholder (s. Kapitel 3.1) gewichtet werden.<sup>11</sup> Die Gewichte werden neben den Anforderungen im Template erfasst.

### *2. Ergänzung und gegebenenfalls Auswahl verfügbarer Schätzmethoden*

Es wird überprüft, ob die vorliegende Sammlung um (neue) Schätzverfahren ergänzt werden muss. Sind bestimmte Schätzmethoden nicht verfügbar (z. B. statistische Methoden, wenn keinerlei statistisches Wissen vorliegt oder kurzfristig erworben werden kann), können sie von der Auswahl ausgeschlossen werden.

### *3. Ermittlung der Bedeutung (absolut und relativ) und Rangfolge der Schätzmethoden*

Mittels Gewichtung der Anforderungen und Ausmaß der Anforderungserfüllung lassen sich die absolute Bedeutung, die relative Bedeutung und davon abgeleitet die Rangfolge der Schätzmethoden ermitteln. Dazu werden für jede Schätzmethode (in Spalten in Tab. 1) die Erfüllungsgrade mit dem relativen Gewicht der jeweiligen Anforderung multipliziert und aufaddiert. Das Ergebnis ist die absolute Bedeutung der Schätzmethode. Die relative Bedeutung ergibt sich nach Division jedes einzelnen Absolutwerts durch die Summe der absoluten Bedeutungen. Entsprechend den relativen Bedeutungen wird die Rangfolge der Schätzmethoden ermittelt.<sup>12</sup>

### *4. Auswahl der Schätzmethoden*

Die systematische Auswahl der Schätzmethoden folgt deren Rangfolge. Allerdings wird nicht eine Methode gewählt, sondern die zwei oder drei ranghöchsten Methoden. Die Anzahl hängt vom verfügbaren Wissen zur jeweiligen Methode und von der Basis der Methoden ab (Statistik, Expertenschätzung, Machine learning). Sie sollten sich stark unterscheiden, damit Zusatznutzen von mehrfacher Schätzung entstehen kann. Dies folgt den Ergebnissen der Mehrzahl wissenschaftlicher Arbeiten, nach denen eine Kombination verschiedener Methoden einzelnen Methoden überlegen ist (vgl. Kapitel 2.2).

Ohne Kenntnisse einer Methode erreichen damit gewonnene Schätzergebnisse deutlich geringere Treffsicherheit und Genauigkeit, wie experimentell belegt wurde [WaJe98, 26].

---

<sup>11</sup> Um die Gewichtung bei sehr vielen Anforderungen zu vereinfachen, werden die Anforderungen zuerst gruppiert und die Gruppen mit Gewichten versehen. Im nächsten Schritt werden die Anforderungen jeder einzelnen Gruppe gewichtet. Multipliziert man die Einzelgewichtungen mit dem jeweiligen Gruppengewicht, erhält man die absolute Gewichtung jeder Anforderung. Um relative Gewichte zu erhalten, wird jedes absolute Gewicht durch die Summe aller absoluten Gewichte dividiert.

<sup>12</sup> Ein anschauliches Beispiel zur Ermittlung der Bedeutungen findet sich bei [HeSM97, 41f].

Unterschiedliche Fundamente der ausgewählten Methoden sind wichtig, um die Validierung der Ergebnisse zu ermöglichen [Kitc96]. Außerdem können nur unter dieser Voraussetzung die Stärken der einzelnen Methoden bei gleichzeitiger Vermeidung der Schwächen genutzt werden.

#### **4 Anwendungsbeispiel**

Das beschriebene Beispiel ist fiktiv, jedoch so realitätsnah wie möglich gewählt. Die Form der Fallstudie zur Überprüfung des Auswahlansatzes eignet sich, weil das „Wie“ der Schätzung interessiert, ohne dass der Forscher die Vielzahl von Einflussfaktoren messen oder steuern kann, denen der Untersuchungsgegenstand (die Schätzmethodeauswahl) unterliegt [Yin03, 8f].

In einem softwareentwickelnden Unternehmen soll die Aufwandschätzung methodisch untermauert werden, um nachvollziehbare, verlässliche Schätzungen zu ermöglichen. Ein Mitarbeiter der Qualitätssicherungsabteilung wird mit der Vorbereitung der Auswahl betraut.

Als Stakeholder werden die Projektleiter identifiziert, die für die Aufwandschätzung verantwortlich sind, Entwickler und Tester, für die die Schätzergebnisse Charakter von Zielvorgaben haben, die Managementebene, die Projektbudgets genehmigt, sowie die Qualitätssicherungsabteilung, die für den Entwicklungsprozess verantwortlich ist und die Kosten der Auswahl trägt.

Mehrere Vertreter jeder dieser Gruppen werden per E-Mail oder telefonisch nach ihren Anforderungen an eine Schätzmethode gefragt. Dazu wird ihnen die Liste von Anforderungen des Templates gegeben, die sie ergänzen bzw. reduzieren können.

Um die Anforderungen zu konsolidieren und zu gewichten, wird je ein Vertreter zu einer Sitzung eingeladen. Nicht teilnehmende, vorher Befragte erhalten die Ergebnisse zugeschickt und werden gebeten, begründete Einwände mitzuteilen. Aufgrund mehrerer Einsprüche werden die ursprünglich geplanten Teilnehmer zu einer zweiten Sitzung eingeladen. Jeder Teilnehmer (drei Projektleiter, zwei Mitarbeiter der Qualitätssicherung, ein Vertreter des Managements mit Verantwortung für Budgetplanung) erhält gleiches Gewicht der Stimme zur Anforderungsgewichtung. Die resultierende Liste gewichteter Anforderungen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die im Template enthaltenen Erfüllungsgrade werden mit einem externen Aufwandschätzexperten überprüft. Insbesondere die Erfüllungsgrade der Anforderung „Hohe Schätzgenauigkeit und Treffsicherheit“ werden entsprechend der Situation, in der sich die Mehrzahl der Projekte befindet, angepasst. Das Ergebnis ist ebenfalls in Tabelle 2 abgebildet.

Anforderungen: Ziele und Rahmenbedingungen der Schätzung	Schätzmethoden	parametrisches Modell basierend auf schrittweiser R	parametrisches Modell basierend auf optimal subset	CoCoMo	CART (Classification and Regression Trees)	Analogieschluss informell	individuelle Expertenschätzung: ad hoc	individuelle Expertenschätzung: formalisiertes Vorgehen	Gruppe von Experten: ad hoc	Gruppe von Experten: formalisiertes Vorgehen	künstl. Neuronale Netze	Rule Induction	Genetic Programming	Case-based reasoning
Ergebnis aufwandsarm verfügbar	6%	1	1	3	3	9	9	9	9	3	1	1	3	3
Nachvollziehbar	3%	9	9	9	9	9	1	3	1	3	0	9	1	3
Hohe Schätzgenauigkeit und Treffsicherheit	15%	1	3	1	3	3	1	3	9	9	1	1	1	3
Akzeptanz durch oberes Management	15%	9	9	9	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3
Akzeptanz durch Projektmitarbeiter (Entwickler, Tester,...) -> akzeptierte	15%	3	3	3	3	3	3	3	9	9	1	1	1	3
Ohne Verwendung historischer Daten	0%	0	0	1	0	0	9	9	9	9	0	0	0	3
Kein Domänenwissen erforderlich	0%	3	3	9	3	1	0	0	0	0	9	3	9	3
leicht anpassbar (an neue Technologie, Entw.umgebung, Entw.prozess, fachl. Hintergrund,...)	8%	1	1	1	1	3	9	9	9	9	1	1	1	1
Ohne Zusatzkosten f. Softwarelizenz	0%	1	0	1	0	9	9	9	9	9	0	0	0	0
Kein statistisches Wissen erforderlich	0%	0	0	1	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Automatisierbar	6%	9	9	9	9	3	0	1	0	1	9	9	9	9
Früh im Entwicklungsprozess verwendbar	20%	3	3	1	3	9	9	9	9	9	3	3	3	3
Leicht manipulierbar	0%	1	0	0	3	9	9	3	9	3	1	3	3	3
Objektiv (verschiedene Personen müssen zum gleichen Ergebnis kommen)	3%	9	9	9	9	0	0	0	1	3	9	9	9	3
Wiederholbar mit möglicher Verbesserung (jederzeit im	5%	1	1	1	1	9	9	9	9	9	1	1	1	9
Berücksichtigung einer Vielzahl von Aufwandseinflüssen	5%	3	3	9	3	9	9	9	9	9	9	3	3	9
Unabhängig einsetzbar (von Test- oder Entwicklungsmethodik, Test- oder Entwicklungsprozess, Entwicklungssprache, Entwicklungsarchitektur,...)	0%	0	0	0	9	9	3	3	3	3	9	9	9	9
Absolute Bedeutung		3,9	4,2	3,9	3,1	5,2	4,7	5,4	7,2	7,0	2,3	2,2	2,2	7,0
Relative Bedeutung		6,7	7,2	6,7	5,3	9,0	8,1	9,4	12,3	12,0	4,0	3,8	3,7	11,9
<b>Rangfolge</b>		<b>9</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>3</b>

Tabelle 2: Anwendungsbeispiel: gewichtete Anforderungen, angepasste Erfüllungsgrade

Da „Schätzung durch eine Expertengruppe ad hoc“ und „Schätzung durch eine Expertengruppe: formalisiert“ das gleiche Fundament aufweisen, ist wenig Zusatznutzen aus dem Einsatz beider Methoden zu erwarten. Eine Differenzanalyse wird durchgeführt, um die Methode zu identifizieren, die wichtigeren Anforderungen möglichst deutlich besser erfüllt.

Die Methoden „Schätzung durch eine Expertengruppe ad hoc“ und „Case-based Reasoning“ werden ausgewählt. Zum einen ist bei Betrachtung der relativen Bedeutung ein deutlicher Abstand zur rangnächsten Methode erkennbar. Zum anderen weisen die ausgewählten Methoden komplementäre Fundamente auf (Expertenschätzung und Machine learning), weshalb sie sich zur Integration eignen (zu dieser speziellen Kombination siehe [Kitc96]).

Die Integration der Methoden erfolgt interaktiv. Dies liegt zum einen an mangelnder Erfahrung mit Case-based Reasoning, zum anderen an den häufigen Änderungen und Unvorhersehbarkeit des Entwicklungsumfelds.

Die Konfiguration des Case-based Reasoning-Tools setzt Erfahrung mit Aufwandschätzung voraus. Der Qualitätssicherungsmitarbeiter wird hierbei von zwei erfahrenen Projektleitern

unterstützt. Gemeinsam treffen sie Entscheidungen zur Auswahl der Projektmerkmale, Skalierung der Merkmale, Bestimmung des Ähnlichkeitsmaßes, Anzahl zu verwendender Analogieobjekte und Anpassung des Aufwands der Analogieobjekte [KCCS00, 4].

Mit dem konfigurierten Case-based Reasoning-Tool wird in zwei Pilotprojekten der Aufwand geschätzt. Für das eine finden sich drei sehr ähnliche Vergleichsprojekte, deren Aufwand nur gering streut. Für das andere Pilotprojekt, dessen Umfeld von wesentlich größerer Unsicherheit geprägt ist, lässt sich nur ein Analogieprojekt finden, das sich in einigen Merkmalen stark vom zu schätzenden Pilotprojekt unterscheidet. Die Ergebnisse – ein relativ schmales und ein breites Aufwandsintervall – werden jeweils einer Gruppe von Experten vorgelegt, bestehend aus Projektleiter, einem Entwickler, Designarchitekten und dem Qualitätsverantwortlichen des Projekts. Die Experten nutzen das Ergebnis als Basis ihrer ad hoc-Schätzung, die in einer kurzen Besprechung diskutiert und gemeinsam bestimmt wird. Im Fall des schmalen Aufwandsintervalls wird die Intervallbreite beibehalten und nach oben korrigiert, im anderen Fall wird ein weniger breites Intervall am unteren Rand des ursprünglichen Werts geschätzt.

Insgesamt erfordert das Vorgehen zur Auswahl 50 Arbeitsstunden für Identifikation der Stakeholder und Auswahl der Teilnehmer, Versenden und Auswertung der Anforderungsbefragung, zwei Sitzungen zur Festlegung und Gewichtung der Anforderungen, Überarbeitung des Templates und Ermittlung der auszuwählenden Methoden.

## **5 Diskussion und Ausblick**

Der Aufwand zur Auswahl geeigneter Schätzmethoden mag vor allem dem Praktiker hoch erscheinen. Außerdem sind verschiedene Experten am Prozess zu beteiligen, deren Verfügbarkeit sichergestellt werden muss. Und schließlich kann trotz aller Sorgfalt bei der Methodenauswahl jeder Schätzvorgang kein verlässlicheres Ergebnis liefern als die Verlässlichkeit jedes seiner Teilprozesse, und wird „so unzuverlässig wie der schwächste Teilprozess“ sein [BuFa04, 31]. Die beschriebene, formalisierte Vorgehensweise weist allerdings der ad hoc-Auswahl gegenüber einige Vorteile auf:

- Beteiligung aller Stakeholder schafft Verantwortungsgefühl und erhöht die Akzeptanz der Ergebnisse.
- Das Bewusstsein für die Bedeutung der Aufwandsschätzung wird geschärft.

- Kosten für ungeeignete Schätzverfahren werden gespart (z. B. Lizenzgebühren für Software zur Entwicklung künstlicher Neuronaler Netze).
- Gemeinsames Verständnis dessen kann erzielt werden, was ein Schätzverfahren leisten kann (z. B. an Genauigkeit) und welche Voraussetzungen dafür vorliegen müssen.

Ist die Auswahl geeigneter Schätzmethoden für ein Projekt getroffen, kann das Ergebnis in der gleichen Organisation mit geringem Überarbeitungsaufwand (bzw. unter gleichen Bedingungen ohne Anpassung) erneut verwendet werden. Unterstellt man außerdem eine Lernkurve den Auswahlprozess betreffend, kann die zweite Auswahl deutlich schneller ablaufen.

Die praktische Überprüfung des Ansatzes steht noch aus, ist jedoch schon in Vorbereitung. Mit den Ergebnissen der Aufwandschätzung, die unter Verwendung der ausgewählten Methoden stattfindet, soll untersucht werden, ob und inwieweit die systematisch und begründet ausgewählten Methoden zur Verbesserung des Schätzprozesses beitragen können.

Fundament realistischer Schätzung sind historische Daten, deren Qualität (Korrektheit und Validität) und Angemessenheit [BESW98, 8]. Weitere Grenzen sind der Anwendbarkeit dadurch gesetzt, dass Kenntnisse der verschiedenen Methoden vorliegen und Experten (bezogen auf Entwicklung und Schätzung der einzelnen Entwicklungsaufgaben) verfügbar sein müssen.

Wenn der vorgestellte Ansatz neben der Auswahl angemessene Datenerfassung und Projektnachbereitung unterstützt, kann die Aufwandschätzung vom Risikofaktor zur Risikomanagementtechnik [Boeh89, 117] werden und zum Projekterfolg beitragen.

## Literaturverzeichnis

- [AaPl94] Aamodt, A.; Plaza, E.: Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, system approaches. In: AI Communications, 7 (1994) 1, S. 39-59.
- [Akao92] Akao, Yoji: Quality Function Deployment. Moderne Industrie, Landsberg 1992.
- [BEPW06] Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff; Weiber, Rolf (Hrsg.): Multivariate Analysemethoden. 11. Aufl., Springer, Berlin / Heidelberg 2006.
- [BESW98] Briand, Lionel C.; El Emam, Khaled; Surmann, Dagmar; Wieczorek, Isabella; Maxwell, Katrina D.: An Assessment and Comparison of Common Software Cost Estimation Modeling Techniques. Technical Report ISERN-98-27

- [BlHo90] Blattberg, Robert C.; Hoch, Stephen: Database Models and Managerial intuition: 50% Model + 50% Manager. In: Management Science, 36 (1990) 8, S. 887-899.
- [BoDö02] Bortz, Jürgen; Döring, Nicola: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 3. Aufl., Springer, Heidelberg 2002.
- [Boeh00] Boehm, B. W.; Abts, C.; Horowitz, E.; Madachy, R.; Reifer, D.; Clark, B.K.; Steece, B.; Brown, A.W.; Chulani, S.: Software cost estimation with Cocomo II. Prentice Hall, Upper Saddle River (NJ/USA) 2000.
- [Boeh89] Boehm, Barry W.: Software Risk Management. IEEE Computer Society Press, Washington 1989.
- [BoFW74] Boyce, D.E.; Farhi; Weischedel, R.: Optimal Subset Selection, Multiple Regression, Interdependence and Optimal Network Algorithms. In: Beckmann, M.; Künzi, H.P. (Hrsg.): Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Operations Research. Vol. 103. Springer-Verlag, Berlin et al. 1974.
- [BuFa04] Bundschuh, Manfred, Fabry, Axel: Aufwandschätzung von IT-Projekten, 2. Aufl., mitp-Verlag, Bonn 2004.
- [Devn99] Devnani-Chulani, Sunita: Bayesian Analysis of Software Cost and Quality Models. Dissertation, University of Southern California, Berkeley 1999.
- [Dola01] Dolado, J.J.: On the problem of the software cost function. In: Information and Software Technology, 43 (2001) 1, S. 61-72.
- [Good00] Goodwin, Paul: Improving the voluntary integration of statistical forecasts and judgment. In: International Journal of Forecasting, 16 (2000), S. 85-99.
- [Good05] Goodwin, Paul: How to integrate Management Judgment with Statistical Forecasts. In: Foresight 1 (2005) 1, S. 8-12.
- [GoWr04] Goodwin, Paul; Wright, George: Decision Analysis for Management Judgment. 3. Aufl., John Wiley & Sons, Chichester 2004.



- [HeSM97] Herzwurm, Georg; Schockert, Sixten; Mellis, Werner: Qualitätssoftware durch Kundenorientierung. Die Methode Quality Function Deployment (QFD): Grundlagen, Praxis und SAP R/3 Fallbeispiel. Vieweg, Braunschweig 1997.
- [Jørg05] Jørgensen, Magne: Practical Guidelines for Expert-Judgment-Based Software Effort Estimation. In: IEEE Software, 22 (2005) 3, S. 57-63
- [KCCS00] Kadoda, Gada; Cartwright, Michelle; Chen, Liguang; Shepperd, Martin: Experiences using case-based reasoning to predict software project effort. ESERG Technical Report No. 00-09, Bournemouth University, 2000.
- [Kite96] Kitchenham, Barbara: Software Metrics: Measurement for Software Process Improvement. Blackwell Publishers, Cambridge (USA) 1996.
- [Lang04] Lange, Carsten: Neuronale Netze in der wirtschaftswissenschaftlichen Prognose und Modellgenerierung. Physika-Verlag, Heidelberg 2004.
- [MaSh03] MacDonell, Stephen G.; Shepperd, Martin J.: Combining techniques to optimize effort predictions in software project management. In: Journal of Systems and Software, 66 (2003) 2, S. 91–98.
- [MKLP00] Mair, Carolyn; Kadoda, Gada; Lefley, Martin; Phalp, Keith; Schofield, Chris; Shepperd, Martin: An investigation of machine learning based prediction systems. In: Journal of Systems and Software, 53 (2000) 1, S. 23-29.
- [Molø04] Moløkken-Østvold, K: Eff.ort and schedule estimation of software development projects. Ph.D. Thesis, Dep. of Informatics, University of Oslo, 2004.
- [MySS05] Myrtveit, Ingunn; Stensrud, Erik; Shepperd, Martin: Reliability and Validity in Comparative Studies of Software Prediction Models. In: IEEE Transactions on Software Engineering, 31 (2005) 5, S. 380-391
- [WaJe98] Walkerden, Fiona; Jeffery, Ross: An Empirical Study of Analogy-based Software Effort Estimation. Technical Report 98/8, University of New South Wales, Sydney 1998.
- [Yin03] Yin, Robert: Case study research. 3. Aufl., Sage, Thousand Oaks (2003)

## 6 Anhang

Bestimmung der Erfüllungsgrade am Beispiel „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ (vgl. Tabelle 1 und Tabelle 2):

### *Methoden basierend auf statistischen Verfahren*

Die Entwicklung eines parametrischen Modells basierend auf schrittweiser Regressionsanalyse erfordert verlässliche Daten abgeschlossener Projekte und ist trotz erhältlicher Toolunterstützung mit erheblichem Modellierungsaufwand verbunden (z. B. Auswahl der Gleichungsform, vorausgehende Datenanalyse).<sup>13</sup> Daher erfüllt schrittweise Regressionsanalyse die Anforderung in sehr geringem Maße (Wert 1).

Die Methode „optimal subset selection“ liefert bessere Modellierungsergebnisse als einfache oder schrittweise Regression [BoFW74, 1], ist aber mit vergleichbarem Aufwand zur Modellierung verbunden und seltener von kommerzieller Statistiksoftware unterstützt, weshalb die Erfüllung der Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ ebenfalls gering ist (1).

Das Schätzmodell CoCoMo enthält Standardwerte für Koeffizienten und Konstanten der Schätzgleichung, sodass prinzipiell zur Anwendung nur die Werte der modellierten Variablen des zu schätzenden Projekts gemessen und in die Gleichung eingesetzt werden müssen. Allerdings muss das Modell für genaue Schätzergebnisse mit lokalen Projektdaten kalibriert werden, sodass die Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ nur mittelmäßig erfüllt wird (3).

Bei Schätzung mittels eines „Classification and Regression Trees“ gibt es unterstützende Softwaretools, doch fällt erheblicher Aufwand zur Datenerfassung an, da wie für alle statistischen Ansätze mehr Daten vorliegen (und eingegeben werden) müssen, je mehr unabhängige Variablen zur Schätzung verwendet werden (bzw. je mehr Verzweigungen der Baum aufweist). Außerdem muss festgelegt werden, welche Projektmerkmale die zu schätzende Größe beeinflussen und demnach zur Bildung des Regressionsbaumes verwendet werden, und unter welcher Bedingung ein Zweigende erreicht ist. Insgesamt wird die Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ nur mittelmäßig erfüllt (3).

### *Expertenschätzmethoden*

Bei Verwendung der Methode „Analogieschluss informell“ muss sich der Experte vergleichbare Projekte in Erinnerung rufen. Weder Vergleichsdaten noch Vorgehen sind zu beschreiben,

---

<sup>13</sup> Selbst wenn bereits ein solches Modell mit firmeneigenen Daten entwickelt wurde, muss es regelmäßig überprüft und gegebenenfalls aktualisiert werden (z. B. bei Veränderung des Entwicklungsprozesses). Ein Schätzergebnis ist nur in den seltenen Fällen aufwandsarm verfügbar, in denen das Modell kurz zuvor mit Daten neuer Projekte überprüft und aktualisiert wurde.

weshalb der Zeitaufwand zwar abhängig von der Bearbeitungszeit des Schätzers, jedoch absolut betrachtet gering ist. Der Grad der Anforderungserfüllung ist demnach sehr hoch (9).

Wird als Schätzmethode „Individuelle Expertenschätzung: ad hoc“ gewählt, ist ebenfalls keine Dokumentation erforderlich. Der Schätzaufwand hängt von der Arbeitsgeschwindigkeit des Experten bei dieser Aufgabe ab. Das Ergebnis ist relativ schnell und aufwandsarm verfügbar, sodass die Anforderungserfüllung dieser Methode als sehr hoch beurteilt wird (9).

Läuft die „individuelle Expertenschätzung“ formalisiert ab, muss das Vorgehen dokumentiert und die herangezogenen Informationen angegeben werden. Hierfür werden häufig Fragebögen bzw. Guidelines oder Templates verwendet, sodass der Zeitaufwand zwar höher als bei dem Verfahren ad hoc, aber absolut betrachtet gering ist. Die Methode erfüllt daher die Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ in hohem Maß (9).

Bei einer „Expertenschätzung durch eine Gruppe von Experten“ findet auf der Suche nach einem Konsens Diskussion zwischen den Beteiligten statt. Läuft dieser Austausch formalisiert und über mehrere Feedbackrunden ab (wie bei der Delphimethode), ist mit deutlich mehr Aufwand als bei individueller Expertenschätzung oder ad hoc-Schätzung durch eine Expertengruppe zu rechnen. Der Gesamtaufwand nimmt mit dem Grad der Formalisierung und der Anzahl beteiligter Experten zu. Es fällt weder Einarbeitungs- noch Modellierungsaufwand an, sodass der Erfüllungsgrad der Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ bei der ad hoc-Gruppenschätzung hoch (9), bei formalisierter Gruppenschätzung mittelmäßig ist (3).

#### *Schätzmethoden basierend auf Machine learning*

„Künstliche Neuronale Netze“ müssen für den Einsatz konfiguriert werden, was mit erheblichem Aufwand zur Bildung des Netzes verbunden ist [KCCS00, 2]. Der Erfüllungsgrad der Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ ist daher als niedrig einzustufen (1).

Zur Schätzung mittels „Rule Induction“ müssen lediglich die vorhandenen Daten abgeschlossener Projekte eingegeben werden, damit Regeln zur Schätzung weiterer Projekte durch die Rule Induction-Applikation generiert werden. Allerdings erfordern Regeln, die zu hinreichend genauen Schätzergebnissen führen, Sorgfalt bei der Auswahl der Merkmale, anhand derer die Regeln aufgestellt werden [MKLP00, 26]. Da diese Auswahl je nach Anzahl verfügbarer Merkmale sehr zeitaufwändig werden kann [MKLP00, 26], und bei Softwareentwicklungsaufwand sehr viele mögliche beeinflussende Merkmale existieren, wird der Erfüllungsgrad der Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ als niedrig eingestuft (1).

Wird mittels „Genetic Programming“ geschätzt, ist das System anhand verschiedener Parameter zu konfigurieren (z. B. Anzahl der gleichungserzeugenden Durchläufe [Dola01, 64]). Um die vorhandenen Daten ausreichend genau abzubilden, muss der Algorithmus mehrmals mit verschiedenen Parameterwerten durchlaufen werden. Aufgrund des Konfigurationsaufwands wird die Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ nur mittelmäßig erfüllt (3).

Die Methode „Case-based Reasoning“ erfordert wie alle Machine learning-Systeme die Eingabe zu analysierender Datensätze und Konfiguration des Systems (z. B. Anzahl auszuwählender Vergleichsprojekte, Auswahl von Vergleichskriterien). Hierfür existiert keine etablierte Vorgehensweise, sodass die Konfiguration meist einem Trial and Error-Prozess mit entsprechendem Aufwand folgt [KCCS00, 20]. Da eine kleine Anzahl Cases für den effektiven Einsatz der Methode ausreicht [KCCS00, 2], wird die Anforderung „Ergebnis aufwandsarm verfügbar“ mittelmäßig erfüllt (3).

# **Practical Application of SPICE in the Finance Sector**

Dr. Christian Völcker

SYNSPACE SA, Rue de Lyon 114, CH – 1203 Genève

cv@synspace.com

Johann Leibig

HVB Systems GmbH, Apianstraße 14, D – 85774 Unterföhring johann.leibig@hvbsystems.com

Josef Maier

HVB Systems GmbH, Apianstraße 14, D – 85774 Unterföhring

TU Berlin, Institut für Wirtschaftsinformatik und Quantitative Methoden, FR6-7, Franklinstr.

28/29, 10587 Berlin

josef.maier@tu-berlin.de

Holger Kühnl

SYNSPACE GmbH, Kartäuserstr. 49, D-79102 Freiburg

hk@synspace.com

**Abstract:**

In this paper, performance, outcomes and benefits are reported of nearly 140 SPICE-Assessments conducted over a time span of two years in the IT-organization of one of the largest German banking groups. The scope of the assessments includes projects and services covering development, maintenance, migration and production assurance of finance applications. The numerical results of the assessments are used as input for the organization's Balanced Scorecard, while the identified strengths and weaknesses serve as input to refine the organization's standard process and for further improvement of process effectiveness and efficiency. The paper reflects the trend in the finance sector of the increasing awareness and importance of the quality and effectiveness of IT-Processes. It demonstrates that ISO/IEC TR 15504 (SPICE) spans across the landscape of IT Processes in a financial environment and how it can be used for performance evaluation at various levels in an organization. It is described how the assessment process has been optimized to perform the high number of assessments and how the assessment model has been adapted to the particular needs and culture of the organization. In addition, the overall benefits from the assessments are discussed from the organization's point of view.

**1 Introduction**

Following a trial phase of several years, the international standard ISO/IEC TR 15504 has been published in 1998 [ISO98]. This standard integrates the concepts and experiences made with various assessment methods, including CMM [Pa93] and BOOTSTRAP [Ku93] and provides a reference model as a basis for comparing results from the different assessment models. This reference model contains process definitions that are related to the Software Life Cycle Processes of ISO/IEC 12207:1995 [ISO95] and covers all processes that are necessary for the acquisition, development, maintenance, and operation of software. In addition, the reference model defines a universal measurement framework that can be applied to any process in any organization. With this measurement framework, the capability of any process can be determined on an integer scale from 0 (incomplete) to 5 (optimizing).

Since its publication as Technical Report, the standard – most commonly referred to as SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination) - has been used in many

companies of various IT sectors as a starting point for process improvement. In particular in Aerospace [Ca04] and Automotive [HIS04, Vö03], ISO/IEC TR 15504 has also been intensively applied as a means for evaluating the software processes of IT suppliers.

It is the flexibility and the universality of SPICE as well as the transparency of the results that ensures its rapidly increasing popularity throughout all IT sectors. The structure of the standard allows defining additional domain specific processes beyond the scope of ISO/IEC TR 15504 when necessary. In order to deploy the concept of process assessment beyond the IT industry, the standard has been revised in the past years with the following key modifications:

- Alignment of the Capability Level attributes with ISO 9001:2000
- Introduction of the concept of process reference models
- Transfer of the process dimension of TR 15504 to a process reference model embedded in ISO/IEC 12207 AMD1:2002 (and AMD2:2004),

The result is now being published as ISO/IEC 15504:2004 [ISO03, ISO04a, ISO04b, ISO04c]. An exemplar assessment model based on the process reference model of ISO/IEC 12207 AMD1 and AMD2 was published in early 2006 as an international Standard (IS).

## **2 Process Assessment in the Finance Sector – Current Situation**

While IT development in Aerospace, Telecommunication and Automotive is traditionally deployed in a complex structure of contractors, subcontractors and sub-subcontractors, in the finance sector (mostly) just one department or subsidiary company provides the development, operation and maintenance of software. Nevertheless, outsourcing IT solutions and services to third parties becomes more and more popular as companies - in particular from Asia or Eastern Europe - offer more and more competitive conditions as an alternative to an internal IT organization. These companies offer cheaper rates and very often they also advertise their very high process capability or maturity as additional asset. Therefore, the internal IT organizations face pressure from principals and competitors on both cost and process quality.

These trends have made cost reduction as well as adherence to the organizations standard process the primary objectives for the executive board of HVB Systems, the IT service organization of the HVB Group, one of the largest financial institutions in Europe. To enforce the achievement of these objectives throughout the organization, a Balanced Scorecard is

defined for each business year, which covers key data related to cost, internal processes, customer satisfaction and employee development.

In order to be able to benchmark internally and externally, HVB Systems has selected SPICE as the method for evaluating the process capability. To emphasize the company's commitment to SPICE, HVB Systems top management selected the average SPICE capability level to be one of the key metrics for the process perspective of the company's Balanced Scorecard. For each year, a minimum average Capability Level is defined as measurable objective in the Balanced Scorecard. If the objective is met, the respective department's bonus is affected positively.

Other IT departments and subsidiaries in Germany and Switzerland apply similar measures or programs in order to improve process adherence, predictability and to reduce cost caused by ineffective processes. Some of them have chosen CMMI, while others decided in favour of SPICE, because they considered it to be more cost effective and easily adaptable to the particular needs of the organization.

### **3 The Initial Situation**

In order to deliver the measures for the HVB Systems Balanced Scorecard of 2004 and 2005, 10 departments had to be assessed in three business areas: application development projects, production assurance and application maintenance. The latter two are continuous activities that include problem prevention and bug fixing during operation as well as the implementation of small functional changes. Since these two business areas generally involve the same people for each application, evaluation of production assurance and application maintenance have been combined into one assessment per application. In 2004 nearly 70 SPICE assessments had to be performed within a period of 7 months in 2004. For 2005, the same scope has been used which resulted in a total of almost 140 assessments in two years.

For the performance of the assessment series, four internal staff members and initially one external Lead Assessor were assigned. In order to meet the timeframe, the need for one additional external Lead Assessor was identified in the planning phase. Due to additional tasks of the internal staff members to be performed in other areas of the department, the number of assessors for 2005 had to be increased to five internal and three external assessors.

During the previous years, various programs for process establishment and process improvement have been performed at HVB Systems that were expected to have significant



positive impact on the process capability. The purpose of the assessments was therefore not only to provide the relevant data for the Balanced Scorecard, but also to gain deeper insight on the performance and suitability of the organization's standard process and to identify areas for further improvement of the standard process towards Capability Level 3 for all processes within the scope of the assessments. As a result, the time in-between the two assessment series of 2004 and 2005 was scheduled to be used for the prioritization and implementation of the identified improvement areas of the standard process.

## **4 Defining the Assessment method**

During the preparation phase, the main challenge was to define an assessment method that would

- minimize the duration of each assessment,
- minimize the interview time,
- ensure consistency of the ratings across the assessor teams,
- take into account the key processes of the organization's standard process,
- aggregate assessment results into one number per assessment, and
- effectively aggregate individual assessment feedback to identify areas for improvement for process performers and the standard processes.

The definition of the assessment method included

- tailoring the assessment model,
- defining the assessment process and the assessment tools to be used.

These tasks are described in detail in the following subsections.

### **4.1 Tailoring the Assessment Model**

In a first step, the organization's standard process activities and work products were mapped to the base practices and management practices of the ISO/IEC TR 15504 assessment model. It turned out that for some activities, the granularity of the process dimension of 15504 was not detailed enough or did not even cover the activities at all. For example, the CUS.2 Supply process consisted of two very distinct processes at HVB Systems, the tender preparation and

assignment process at one end of the software life cycle and the process for preparation and delivery for operations at the other end. This problem has been identified previously in other IT sectors, notably in the space sector [Ca01] and therefore the same solution was taken here: CUS.2 has been split into two processes, CUS.2.1 Supply Preparation and CUS.2.2 Delivery.

For the assessment of application maintenance, a distinct process for recording and tracking the change requests from the customer was required in the assessment model. This process is not adequately covered by ISO/IEC TR 15504, but this problem has been addressed during the migration of the process dimension to ISO/IEC 12207. Amendment 2 defines a ‘Change Request Management’ process that ideally meets the needs of the assessments at HVB Systems [ISO04d]. The base practices and work products for this process have been taken from the draft assessment model of the revised ISO/IEC 15504.

It should be noted that HVB Systems business areas focus on the engineering processes, and exclude software operation, which is under the responsibility of HVB Info, another member of the HVB Group. While HVB Info has structured its processes according to ITIL [BS02, BS03], this model was not found to be suitable for the application maintenance processes at HVB Systems and therefore has not been considered when tailoring the assessment model.

The full set of processes selected for the assessments at HVB Systems is shown in Table 1.

<b>Application Development:</b>	<b>Production Assurance:</b>
CUS.2.1 Supply preparation	CUS.4.1 Operational Use
CUS.2.2 Delivery	SUP.8 Problem Resolution
ENG.1.1 System Requirements Analysis and Design	ENG.2 System and Software Maintenance
ENG.1.2 Software Requirements Analysis	
ENG.1.3 Software Design	
ENG.1.4 Software Construction	<b>Application Maintenance</b>
ENG.1.5 Software Integration	SUP.9 Change Request Management
ENG.1.6 Software Test	ENG.2 System and Software Maintenance
ENG.1.7 System Integration and Test	
MAN.2 Project Management	
SUP.3 Quality Assurance	

Table 1: Processes assessed in three business areas of HVB Systems.

It is remarkable that although HVB Systems does not operate the software, all base practices of the process CUS.4.1 Operational Use except one (BP 3: Operate the software) were found to be applicable.

For each process, a list of questions has been developed around the base practices and a list of relevant work products and activities of the HVB Systems standard process has been established. These questions used wherever possible the company specific terminology with which the interviewees were familiar. In addition, a list of generic as well as process specific questions for each management practice has been developed. These standard questions for base practices and management practices have reduced the time and effort needed for the interviews significantly. Furthermore, comprehensive guidelines and rules for rating have been developed for internal use by the assessors to accelerate the data analysis phase and the rating phase of each assessment. Both questions and rating guidelines helped ensure consistency and comparability of the assessment results across the different two-person assessor teams.

#### **4.2 Defining the Assessment Process and Selecting the Assessment Tools**

The assessment process consisted of the typical activities required by ISO/IEC TR 15504 (planning, data collection, data validation, rating, reporting). In order to optimize the efficiency of the process, a few changes to the usual procedure have been implemented.

The planning of all assessments was done centrally and supported by a database. All the necessary assessment information (date, status, assessors, interviewees, context, etc) was entered in this database and could be viewed by all assessors. Reports were generated from the database for planning and progress tracking.

The total time needed for data collection was reduced by about 30% with respect to what has been experienced by SYNSPACE in the past. This was achieved by measures like using pre-assessment questionnaires where the answers were automatically imported into the assessment database, by using video projectors during the interviews for quick electronic access to relevant documents, and by giving free access to the assessors to the HVB Systems standard repository for application and project documentation.

For rating the Process Attributes, performance of each relevant base or management practice has been rated separately on the n/p/l/f scale defined by ISO/IEC TR 15504-5. To support the interview and rating process, the off-the-shelf tool SPICE 1-2-1 [HMS05] was selected and its generic contents adapted according to the tailored assessment model using the complementary

tool SYNEDIT. It turned out to be extremely effective, if a preliminary rating of the practices was already done in SPICE 1-2-1 by one of the assessors during the interviews. After the interviews, the rating was consolidated using the guidelines and rules as specified in the tailored assessment model. For each base practice or management practice that was not rated 'fully', an appropriate improvement recommendation was addressed to the process performer or to the relevant process manager and included in the assessment report. Systematic quality assurance measures included reviews of the assessment reports by a third assessor and assessor rotation among the assessor teams. Various algorithms have been considered for aggregation of the results. However, in the end the simple arithmetic mean of the measured Capability Levels was preferred by the HVB Systems management. It was, however, decided to apply an additional deduction if some of the processes were at capability level 0.

## **5 Assessment Outcomes**

The key factors for the success of the assessments were full management support, high sample density throughout the organization and the combination of internal and external assessors.

About 15% of all HVB Systems employees were interviewed at least once during the two seven-month assessment periods in 2004 and 2005. Thus, the SPICE assessment process was highly visible throughout the organization and caused impressive awareness and motivation for improvement among the employees of HVB Systems. The result of each individual assessment was an assessment report that contained the process profiles and capability levels, a list of observed strengths, improvement recommendations addressed to the project and improvement recommendations addressed to those in charge of the standard process. The report was created using the central database which also served as a means to aggregate and track the improvement suggestions resulting from the assessments. Initially the only requirement for the assessments was to measure the actual capability level. However, top management objectives require all departments to improve the average capability level throughout the year. Therefore, the interest in the improvement recommendations from the individual assessment reports was tremendous and the most frequently asked question was 'what can we do to increase our level?'

In many departments, workshops were held shortly after completion of the assessments to derive clear improvement actions from the assessment reports that can be performed within the department. On the organizational level, workshops were held with those responsible for the

standard process to identify improvements to the current process definition, guidance and templates. In total, about 1000 improvement suggestions retained from individual assessments were grouped into about 50 general recommendations for the process performers and 40 recommendations for those in charge of the standard process.

Many of the recommendations for process performers were related to the systematic and consistent planning and tracking of a project and to the adherence of particular aspects of the standard process. Further recommendations focused on the traceability of the requirements for and the decisions made throughout the project. Recommendations for improving the standard process were mostly related to decreasing discrepancies and differences in planning and documentation across the organization and to providing a common basis for measurable processes. These recommendations were prioritized and mapped to a timeline for implementation.

Several departments and project managers have asked for special guidelines for achieving SPICE level 1, 2 and 3. These were developed as an outcome of the assessments taking into account the list of questions used in the assessment as well as the improvement recommendations. The result, a 'SPICE Guide' for process users has been published on the intranet and has been very positively accepted by the staff.

The particular strengths listed in the individual assessment reports, were consolidated and communicated as best practices that could be applied by other projects to improve the capability level of their processes.

Finally, top management held an event which was organized like a press conference, to inform the whole organization about the assessment results and to substantiate its expectations and objectives related to the required SPICE capability levels for the current calendar year.

## **6 Conclusions**

The assessments performed at HVB Systems demonstrated that ISO/IEC TR 15504 (SPICE) can be effectively applied as a means to enforce the adherence to the standard process model of an IT organization which is focused on the financial sector.

The principal condition for the success of the assessments was firm support by top management which resulted in consequences for those that deviated from the standard process without prior approval and encouragement for those who focus on systematic implementation and feedback.

Further factors for the success and the acceptance of the assessments were

- the tailoring of the assessment model to the particular needs of the finance sector
- the improvement recommendations that have been provided with the individual assessment results
- the combination of internal and external assessors
- a list of questions related to base practices and management practices that used the organization's terminology
- guidance for rating the process attributes
- an optimized assessment process with minimal resource needs for both assessors and assessees.

The management of HVB Systems has clearly identified several key benefits from the assessments for its customers, for its employees and for the company as a whole. These benefits strongly support the commitment to continue with SPICE for the next years.

The experience made in application of SPICE and in particular the tailoring of the assessment model may be applied not only to other IT organizations in the finance sector but also to software development and maintenance in any sectors with similar IT architectures (incorporating large databases and a high number of simultaneous users) and processes such as public administration, insurance or logistics.

## References

- [BS02] BS 15000-1: 2002: IT Service Management: Specification for Service Management. British Standard Institute, 2002.
- [BS03] BS 15000-1: 2003: IT service management. Code of practice for service management. British Standard Institute, 2003.
- [Ca01] Cass, A. et. al.: SPiCE for SPACE: A Process Assessment and Improvement Method for Space Software Development. ESA Bulletin 107, European Space Agency, 2001; pp. 112-119.

- [Ca04] Cass, A. et. al.: SPICE for SPACE trials, risk analysis, and process improvement. In: Software Process: Improvement and Practice Vol. 9, Issue 1, 2004; pp. 13-21.
- [HIS04] HIS-Herstellerinitiative Software: HIS Assessments: Process Scope. IMH - Institut für Motorenbau Prof. Huber GmbH, München 2004; available on: [http://www.automotive-his.de/download/HIS\\_Process-Scope\\_SPICE\\_v04.pdf](http://www.automotive-his.de/download/HIS_Process-Scope_SPICE_v04.pdf).
- [HMS05] HM&S IT-Consulting GmbH: SPICE 1-2-1. HM&S IT-Consulting GmbH, Graz, 2005; available on: <http://www.synspace.com/EN/Products/spice121.html>.
- [ISO98] ISO/IEC TR 15504:1998(E), Information Technology - Software Process Assessment, Parts 1-9, Type 2 Technical Report. International Organization for Standardization, 1998.
- [ISO95] ISO/IEC 12207:1995(E): Information Technology – Software Life Cycle Processes. International Organization for Standardization, 1995.
- [ISO03] ISO/IEC TR 15504-2:2003(E), Information Technology - Process Assessment, Part 2: Performing an Assessment. International Organization for Standardization, 2003.
- [ISO04a] ISO/IEC TR 15504-1:2004(E), Information Technology - Process Assessment, Part 1: Concepts and vocabulary. International Organization for Standardization, 2004.
- [ISO04b] ISO/IEC TR 15504-3:2004(E), Information Technology - Process Assessment, Part 3: Guidance on Performing an Assessment. International Organization for Standardization, 2004.
- [ISO04c] ISO/IEC TR 15504-4:2004(E), Information Technology - Process Assessment, Part 4 Guidance on use for process improvement and process capability determination. International Organization for Standardization, 2004.
- [ISO04d] ISO/IEC 12207:1995/Amd.2:2004(E): Information Technology – Software Life Cycle Processes. International Organization for Standardization, 2004.

- [Ku93] Kuvaja, P. et al.: Bootstrap: Europe's Assessment Method. IEEE Software, Vol. 10, May 1993; pp. 93-95.
- [Pa93] Paulk, M. et. al.: Capability Maturity Model for Software, Version 1.1. CMU/SEI-93-TR-24, Software Engineering Institute, February 1993.
- [Vö03] Völcker, C.: SPICE in Automotive, Talk given at IIR 2003 Stuttgart, 2003.



# **Towards a Model-driven Development of Monitored Processes**

Christof Momm, Robert Malec, Sebastian Abeck

Cooperation & Management  
Institut für Telematik

Universität Karlsruhe (TH)  
76128 Karlsruhe  
{momm,malec,abeck}@cm-tm.uka.de

## **Abstract**

An integrated management of business processes demands a strictly process-oriented development of the supporting IT. Process-orientation is especially promoted by Service-Oriented Architectures (SOA), where loosely coupled business services are being composed to executable processes. In this paper we present a model-driven methodology for a top-down development of a process-oriented IT support based on a SOA. In contrary to existing approaches we also include the monitoring required for business process controlling and introduce meta-models for the specification of process performance indicators in conjunction with the necessary monitoring. Furthermore, we show how these models are transformed to executable process definitions extended by the required monitoring activities.

## **1 Introduction**

Today, companies demand IT support that is strongly aligned with their business processes, which in turn are compliant with their (strategic) business goals. For achieving this, goal-driven approaches to an integrated Business Process Management (BPM) have been proposed [AaHW03; MuRo04]. For controlling goal achievement in business processes, solutions are required that allow a continuous, “real-time” monitoring of the performance within the IT support based on quantitative process performance indicators (PPI). This aspect is also referred to as “Business Activity Monitoring” (BAM) in relevant literature. The discussed BAM

architectures [JeSC03; McSc04] have in common that they abstract from the IT systems implementing the business processes by introducing management relevant business events. The PPIs are defined and evaluated on the basis of these business events, which are generated by event adapters triggered by an instrumentation of the underlying IT systems. Because the business events and their associated PPIs as well as the existing IT support are extremely company-specific, the implementation of the required instrumentation is itself very time consuming and is elongated if facing an extremely heterogeneous IT support.

The heterogeneity of the IT support can be significantly reduced by establishing a company-wide Service-Oriented Architecture (SOA) in which the business processes are consequently realized through orchestrations on the business process layer of a SOA [Le03; LeRS02]. This is accomplished by either using the Business Process Execution Language (BPEL) [ACDG03] and web services or other SOA platforms, for example CORBA and an appropriate workflow engine. Unfortunately, a uniform methodology for realizing the required monitoring – including the instrumentation - does not as yet exist. It is still very specific to the employed SOA platform. Accordingly, a solution for specifying the monitoring in a platform-independent way and a clear methodology for breaking down PPIs into appropriate measuring points within the orchestrations or queries on logging data is necessary [HaRa01].

Taking these drawbacks into account, in this paper we propose a top-down approach for developing a uniform IT support based on a SOA in conjunction with the monitoring aspects required for processing the PPIs. To enable the support of different SOA platforms as well as an automated generation of the required instrumentation and monitoring infrastructure, we decided to build the approach on the principles of the Model Driven Architecture (MDA) proposed by the OMG [MiMu01]. The approach is demonstrated using a concrete business process taken from the field of higher education. So far, the target platform is limited to most common SOA platform based on BPEL and web services.

## **2 Related Work**

For developing a service-oriented IT support tightly aligned with the underlying business processes, various model-driven approaches have been proposed [BaMR04; KHSW05]. Thereby, the business processes are specified by means of computation-independent business process models (CIM), for instance based on Petri nets, Event-driven Process Chains (EPCs) or the

Business Process Modeling Notation (BPMN). These process models are systematically refined and transformed into platform-independent models (PIM) of executable business processes (i.e. orchestrations). Finally, these PIMs are transformed to platform-specific models (PSM), in particular to executable process definitions which are mainly based on BPEL. So far, the presented approaches deliver solutions to the development of the functional aspects but do not consider monitoring and control (i.e. management) aspects.

For component-based software development this aspect has already been addressed. [PAVB04] present an approach which integrates Quality of Service (QoS) aspects into a model-driven development process of component-based applications and allows for an automated generation of the required monitoring infrastructure and component instrumentation. As the service-orientation leads to a significant reduction of complexness, some essential adaptations are necessary to seamlessly integrate monitoring aspects into a model-driven SOA development process.

To enable BAM on the orchestrations, the generic solution proposed by [JeSC03] can be employed. As already pointed out, in this case the instrumentation of the involved IT systems would be very time consuming as it has to be accomplished manually for each orchestration and execution engine. Furthermore, the presented implementation is based on proprietary technologies, which particularly complicates the monitoring of cross-enterprise business processes. Taking especially this shortcoming into account [McSc04] propose a framework for analyzing and measuring business performance on the basis of web services. In doing so, the whole BAM system is encapsulated in a Solution Manager Service providing a standardized interface for the instrumented IT systems. The information required for evaluating the PPIs is transferred to the Solution Manager Service by extending the BPEL process definition by management calls. [Mc03] amplifies this BPEL instrumentation, but does not address the questions how to systematically develop such instrumented orchestration in a top-down fashion and how to automate the generation of these artifacts.

### **3 Approach to a Model-Driven Orchestration Development**

Within this section we introduce our general idea for a model-driven development of monitored orchestrations. Figure 1 provides an overview of our approach.

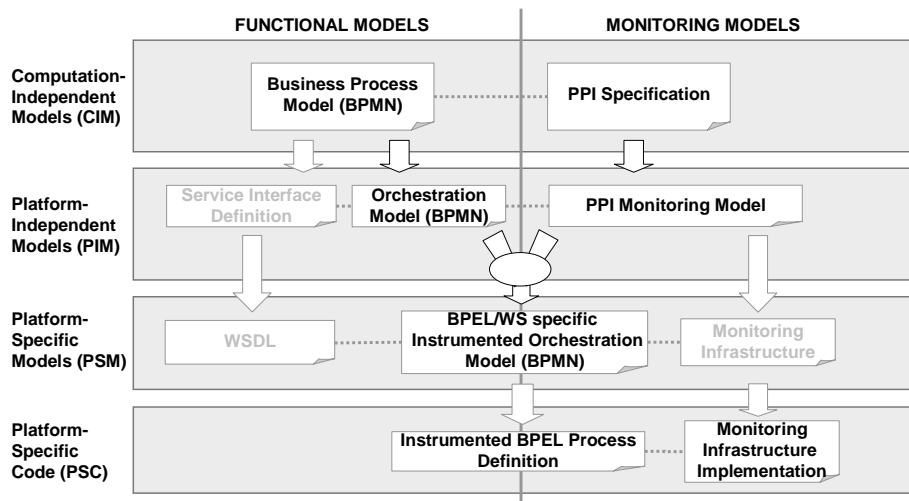


Figure 1: Model-Driven Orchestration Design

According to this we distinguish between functional and monitoring models on three different layers of abstraction (CIM, PIM and PSM). The target platform [MiMu01] for the functional parts is a specific SOA platform. These specifics are abstracted by the PIM. The same holds for the monitoring. There are several existing solutions, how monitoring can be realized. The instrumentation for instance can be implemented by adding sensors to the orchestrations or querying the audit trail. In practice, the vendors of a BPEL or other workflow engine provide their own, platform-specific monitoring solutions. Our goal is to support the different approaches to implementing the monitoring of orchestrations by means of a platform-independent monitoring model, which can be transformed (automatically) into specific models. This paper focuses on the generation of the specific BPEL process definitions (or code) extended by sensors as a first step towards this objective.

The CIMs are used for specifying the business processes along with the goals in a way that is independent from the IT support. Thereby, various modeling notations are available for modeling business processes. As pointed out in [BaMR04] an MDA approach allows supporting all kinds of notations by transforming them into an appropriate meta notation like the Business Process Definition Metamodel (BPDM) [FrGJ04]. Due to the fact that the BPMN standard defines mapping rules for a BPMN-to-BPEL transformation and is already supported by a couple of development tools, it currently represents one of the most appropriate platform-independent models [EmWA06]. Thus, we decided to also employ it for modeling the functional aspects on the CIM level.

On the PIM layer the functional models of the CIM layer are transformed into BPMN-based orchestration models describing the (machine) executable business processes as well as the external services invoked within the orchestration.

The high-level PPI specifications on the other hand are transformed into PPI monitoring models. Basically, these monitoring models define components for measuring the specified PPIs on the basis of metrics and monitoring information, which are derived from the functional model.

The orchestration models along with the monitoring models are transformed into a platform-specific instrumented orchestration model. Concretely, the applied transformation adds sensors to the orchestration model which are required for evaluating the specified PPIs. And furthermore, the specifics of the selected SOA implementation are added to the instrumented orchestration models. Finally, the platform-specific code, namely the executable BPEL process definitions, is generated from platform-specific model. These process definitions are extended by monitoring sensors which pass the information on to a static monitoring infrastructure (MI). This MI provides a uniform interface to a BAM system and offers the required monitoring information for evaluating the specified business process goals.

The MI comprises several monitoring agents, which are possibly arranged in a hierarchical way. Furthermore, several existing technologies, like for instance Web-Based Enterprise Management (WBEM) could be employed for implementing this infrastructure. In this paper, we limit the scope to a simple and static MI consisting of one monitoring agent for each specified PPI. A more flexible design would require the creation of adequate models for describing the details of the MI and the usage of the employed platform.

#### **4 Computation-independent Modeling of Business Processes and Mapping to Platform-independent Orchestration Models**

For the formal modeling of business processes various notations are available. As pointed out in section 3, we decided on BPMN for modeling business processes in a computation-independent way. Thereby, the BPMN defines both the (graphical) notation and the semantics of a process through the definition of a so-called Business Process Diagram (BPD) [EmWA06].

Figure 2 provides an overview of the underlying meta-model. The full specification is available in [Wh04].

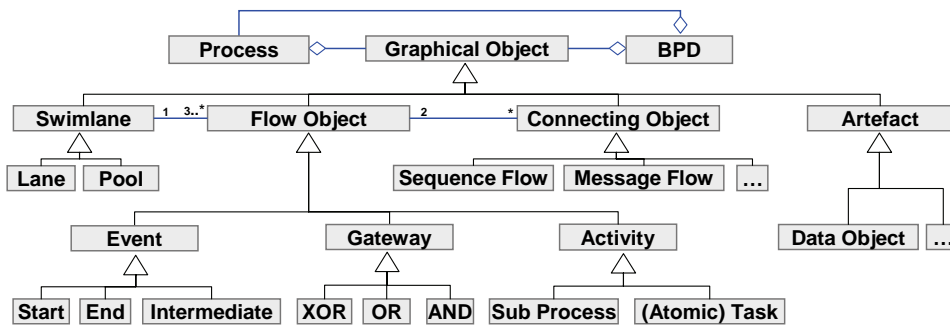


Figure 2: BPMN Meta-Model for Defining Business Processes in a Computation-Independent Way

In this section, the elements of a BPD which are important for understanding the monitoring models presented in the following sections are briefly introduced. In general, a BPD is comprised of activities performed by a certain organizational unit or role, a control flow between the contained activities, artifacts, like for instance data objects, which are processed within the activities, and events that may occur during process execution. The control flow is modeled by means of *Connecting Object* elements, especially the *Sequence Flow* along with *Gateway* elements for modeling parallel flows and conditioned branches. The process participants are modeled through the construct *Swimlane*. A *Pool* indicates that the containing process is owned by an independent organizational unit, whereas a *Lane* within a *Pool* specifies that a certain role is responsible for the covered process parts. An exchange of messages between two organizational units is described through a *Connecting Object* of type *Message Flow*. By means of the element *Sub Process* a process may be further segmented.

Using these modeling elements a business analyst is able to model business processes from a business perspective without regarding the involved IT. These models are refined and restructured to platform-independent orchestration models. Thereby, each activity is broken down to an executable task. In fact, the orchestration model must not contain a non-executable activity. The BPMN specifies the following concepts for defining orchestrations (

Figure 3).

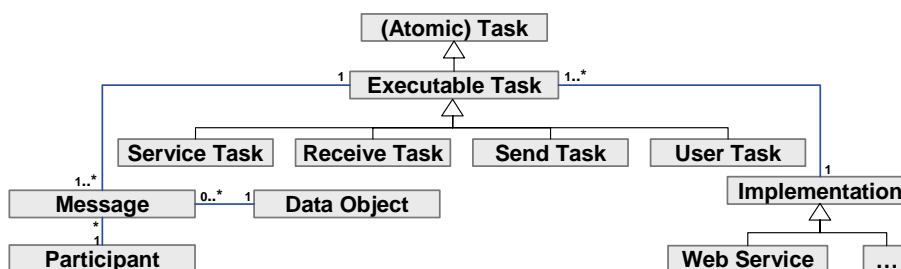


Figure 3: BPMN Meta-Model for Defining Orchestrations

Hence, an *Executable Task* generally involves the exchange of one or more *Messages* associated with a *Participant*. Furthermore, an *Implementation* (*Web Service* or other adequate implementations) is specified. The BPMN standard then distinguishes between four different kinds of executable tasks. A *Service Task* involves a *request-response* or *one-way* invocation of an operation provided by an external service. A *Receive Task* on the other hand awaits a message from an external client offered as a service operation by the orchestration itself. In case such an operation is of the type *request-response* a *Send Task* is used for returning the reply message to the requestor. A *User Task* comes into play if the orchestration involves human interaction. Within these tasks, a task message is assembled and delivered to an external task manager, which amongst other things allocates the tasks to a responsible employee, provides a user interface for the processing of the task and returns a task to the respective process as soon as it is finished. The standardization of this mechanism is currently being tackled by WS-BPEL4People initiative [KK+05]. The BPMN elements previously introduced for the CIM are also used within the PIM to model the orchestration's control flow. Note that the orchestration model may be very different from a computation-independent model. Therefore, the transformation can from our point of view not be automated.

## **5 Specification of the Process Performance Indicators and the PPI Monitoring Model**

This section introduces newly developed meta-models for specifying PPIs for a process in a computation-independent way as well as a platform-independent PPI monitoring model which additionally defines how the specified PPIs are measured within the respective orchestration. The meta-models are based on existing approaches presented in [BKPS04; PAVB04]. In contrast to [BKPS04] we limited the scope to the specification of measurable, quantitative indicators and disregarded qualitative process or business goals. For the evaluation of the associated goals, an external BAM system could be employed

Figure 4 shows our meta-model for the specification of PPIs at the CIM level.

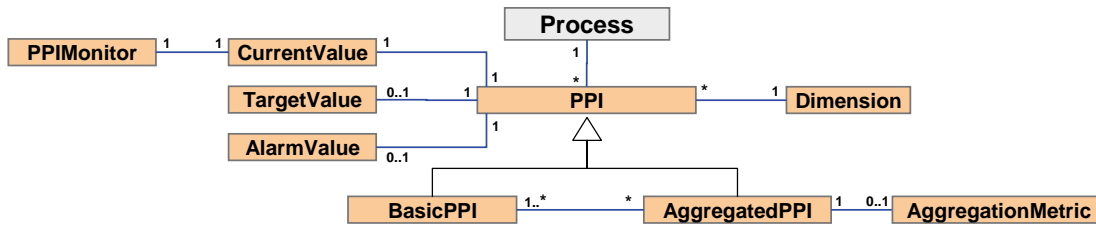


Figure 4: Meta-model for Performance Indicator Specification

A PPI is attached to the concept *Process* as part of the computation-independent process model. Optionally a *TargetValue* indicating the objective as well as an *AlarmValue* defining a threshold for an intervention may be specified. The PPI is further characterized by assigning a *Dimension*. Thereby information like the data type, the direction (e.g. ascending or descending) and the unit of the value are specified. The calculation of the mandatory *CurrentValue* on the basis of runtime information provided by the underlying orchestration is handled by the *PPIMonitor*. This aspect is tackled within the scope of the PPI monitoring model. Furthermore, we distinguish between basic and aggregated PPIs. A *BasicPPI* represents an atomic indicator, which can be measured within a single process instance whereas an *AggregatedPPI* spans multiple instances and is either evaluated through an *AggregationMetric* operating on basic PPIs (e.g. mean or variance) or directly calculated by the respective *PPIMonitor*.

Having the PPIs specified on the CIM level as a next step, the platform-independent *PPIMonitor* has to be defined in order to obtain a full PPI monitoring model tailored to the monitoring of orchestrations. The meta-model presented in Figure 5 has to be seen as an extension of the PPI specification meta-model.

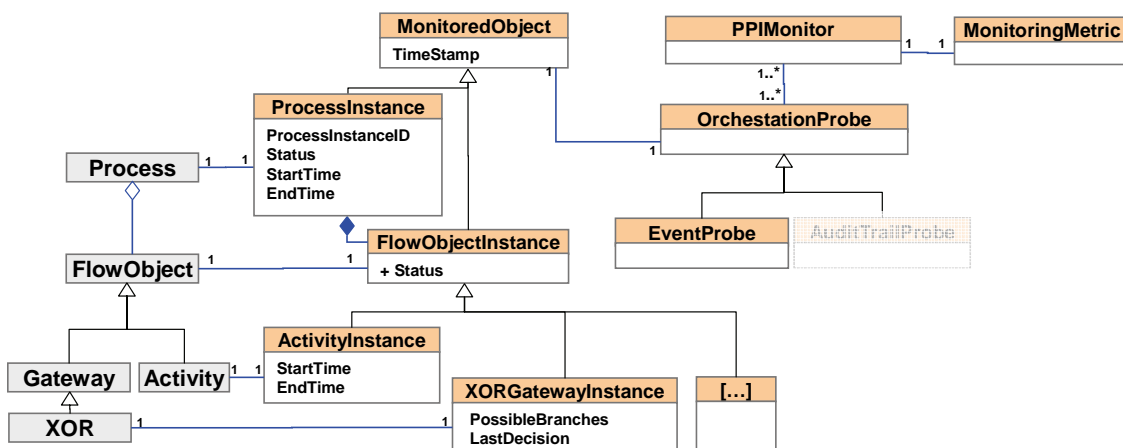


Figure 5: Meta-Model for Specifying the PPI Monitoring Model

Basically, a *PPIMonitor* operates on one or more managed objects of the respective orchestration and determines the desired PPI as-is value by means of a predefined *MonitoringMetric*. The



managed objects thereby represent a management view on the process and hence encapsulate information relevant for management [HeAN99]. As in our case the management functionality is limited to the monitoring of PPIs; the concept is termed *MonitoredObject*. The *MonitoredObject* of type *ProcessInstance* for example delivers information about the running process instance, like its current *Status* (e.g. “active” or “completed”), its cycle time (*StartTime*, *EndTime*) and the *ProcessInstanceID*, which is in orchestrations usually determined on the basis of a predefined *Correlation Set*. Within the scope of a process instance the monitoring can be further extended or refined to *FlowObjects* the process contains. Hence, a *MonitoredObject* of type *FlowObjectInstance* is introduced which may not exist without a *ProcessInstance*. The monitoring information required for a *FlowObject* depends on its concrete type. Hence, for each monitoring-relevant *FlowObject* a correspondent *MonitoredObject* is defined, as for example *ActivityInstance* or *XORGatewayInstance*. Whereas in the case of an *Activity* from a monitoring perspective the cycle time is of interest, for a *Gateway* of type *XOR* we would i.e. like to know the last decision. Depending on the PPIs that should be monitored, this information model for processes has to be further extended.

To retrieve the desired monitoring information (e.g. state updates) for a specified *MonitoredObject* from the underlying orchestration engine, an adequate instrumentation is required. The instrumentation is realized by means of *OrchestrationProbes*. Thereby, the information can be either gathered on the basis of the audit trail provided by the engine or events that are fired within the orchestration itself. Thus, a general distinction can be made between an *EventProbe* and an *AuditTrailProbe*. In the next section, the necessary BPMN extensions for defining and realizing an instrumentation based on *EventProbes* as well as the corresponding transformation (i.e. model merge) of the orchestration model along with the PPI monitoring model will be discussed. The generation of an *AuditTrailProbe* is not taken into consideration within this paper.

## **6 Transformation of the Orchestration and PPI Monitoring Model into an Instrumented Orchestration Model**

To obtain monitoring information by means of *EventProbes* an extension of the BPMN-based orchestration meta-model is required which allows for the specification of the accordant instrumentation (Figure 6).

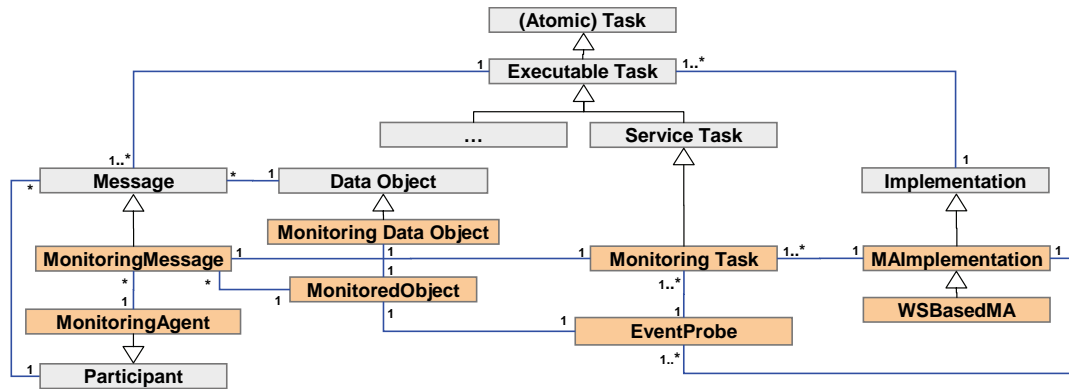


Figure 6: Extended BPMN Meta-Model for Specifying Instrumented Orchestrations

Thus, the monitoring information of a *MonitoredObject* provided by an *EventProbe* is gathered on basis of *MonitoringMessages* delivered by *MonitoringTasks*. A *MonitoringMessage* thereby contains a *Monitoring Data Object*, which only represents the BPMN version of the *MonitoredObject* (see Figure 5) and holds information about the current state. A *Monitoring Task* is a special kind of *Service Task*. But in contrast to those it only provides a *one-way* communication to the associated monitoring agent (MA), which is implemented by means of the *MAImplementation*. This implementation particularly realizes one or more *EventProbes*, meaning that it receives *MonitoringMessages* sent by a process instance through *MonitoringTasks* that belong to a distinct *EventProbe*. The probe update is then passed on to all associated *PPIMonitors*, which instantly calculate their *CurrentValue* on basis of the *MonitoredObject*'s state information provided by the probe by applying the predefined *MonitoringMetric*. The *MAImplementation* may rely on web services or other technologies. As we focus on a SOA implementation on the basis of BPEL and web services, we target a *WSBasedMA*.

The *MonitoringTasks* required for an *EventProbe* have to be placed at appropriate positions in the existing orchestration model. These positions depend on the concrete type of the *MonitoredObject* the probe is responsible for. In the following we will explain the basic idea of how the instrumented BPEL orchestration model is created from the orchestration model along with the PPI monitoring model (Figure 7). The approach is exemplified using the simple case of monitoring an activity.

The upper pool depicts a very simple orchestration model comprising of two activities of type *Executable Task* (*et1* and *et2*) which are executed in a sequence. The activity *et1* should be monitored on basis of an *EventProbe* providing the respective *MonitoredObject* of type *ActivityInstance*.

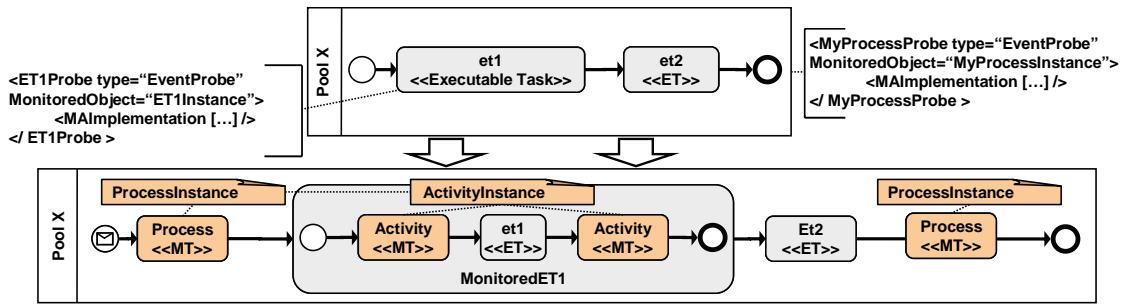


Figure 7: Mapping to Instrumented BPEL Orchestration Model

As an *ActivityInstance* may not exist without a *ProcessInstance* (see Figure 5) and the identifier of the running process instance is required for correlating the probes with the associated PPI, respective *EventProbes* for the whole process (*MyProcess*) as well as for the executable task *et1* have to be defined on basis of the PPI monitoring model and the instrumented orchestration model. As the evaluated modelling tools that support BPMN do not allow for an extension of the underlying BPMN meta-model, we decided to realize the association between concepts of the two models by means of BPMN annotations holding an XML-based definition of the *EventProbe*. This definition comprises all aspects needed for (automatically) creating the BPMN instrumentation on basis of *Management Tasks*. These annotations have to fully match the *EventProbes* specified within scope of the PPI monitoring model.

The transformation of the annotated orchestration model works as follows: In case of the *EventProbe* for the whole process two *MonitoringTasks* are added to the orchestrations model, namely one right after the *StartEvent* and one just before the *EndEvent*. The first *MonitoringTask* provides information about the determined process instance identifier and the starting time whereas the second one only adds the end time.

The instrumentation of an activity is performed in a similar manner. The only difference is that instead of the activity, a new sub process holding the activity itself along with the required *MonitoringTasks* is created and inserted into the orchestration model. Within the scope of the *MonitoringTasks* added before and after the actual activity, an *ActivityInstance* object is assembled or updated and in each case sent to the responsible MA. As indicated by the association between the *ActivityInstance* object and the *ProcessInstance* object, the process instance information is also delivered within the according *MonitoringMessage*. Furthermore, the associated *EventProbe* has to be included. This is accomplished by providing a fixed message part within each *MonitoringMessage* holding this meta-information.

It becomes clear, that for each *MonitoredObject* a fixed procedure for adding the necessary instrumentation can be identified. Hence, the automation of these procedures can be realized by applying adequate model transformations.

## 7 Case Study: Development of a Monitored Orchestration for the Management of Examinations

The approach put forward in this paper has been applied to a practical scenario developed in the context of the project “Karlsruher Integriertes InformationsManagement” (KIM) [JuMa05], which targets the process and service-oriented redesign of a university’s business processes along with the supporting IT. We particularly focused thereby on the business process within the scope of the examination management. Figure 8 shows a simplified computation-independent process model along with the refined platform-independent orchestration model for supporting the activities within the examination management lifecycle.

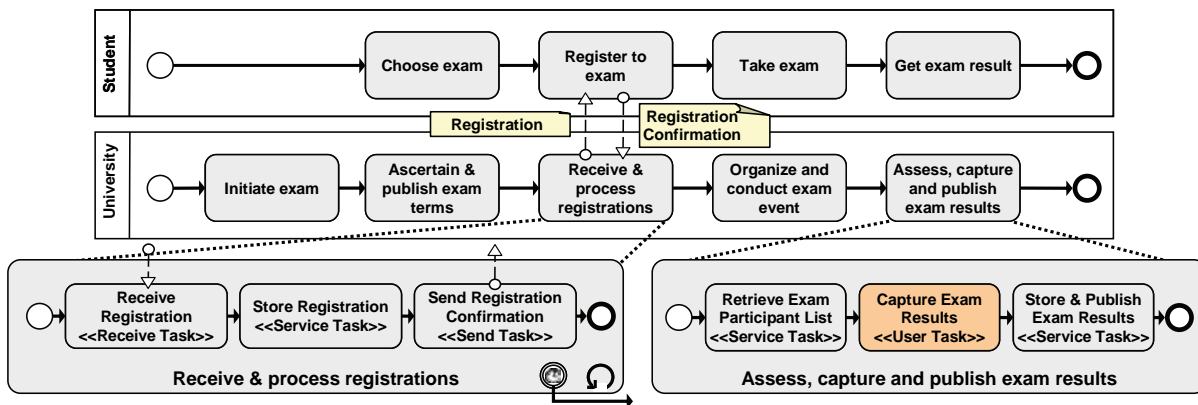


Figure 8: Process and Orchestration Model of the Examination Lifecycle Management

To demonstrate the approach, we limit the explanations to the activities relevant for the orchestration model. The orchestration is initiated after the university has decided to conduct an examination. In next step the terms for the exam are ascertained, transferred to the orchestration and published. Subsequently, registrations from students are received and processed by the orchestration. After the exam event has been organized and conducted, the exam results have to be assessed, captured and published. The capturing and publishing of the results is also supported by the orchestration. For this purpose, the final participant list is retrieved from the *EMService* within a *Service Task*. Afterwards, a *User Task* for the capturing of the results is

initiated. As soon as all results are available they are returned to the orchestration by the employed task management service and stored through a *ServiceTask*.

Due to the fact, that the exam results are required promptly for generating certificates and evaluating preconditions within the registration process for further exams, one key performance indicator is the students' waiting time for their results. Hence, a university wide policy defines that the capturing of the exam results must not exceed 3 weeks. If the results are still not available after 2 weeks, a reminder should be sent to the person in charge. Figure 9 shows the formalized PPI based on an UML profile for the presented PPI specification model.

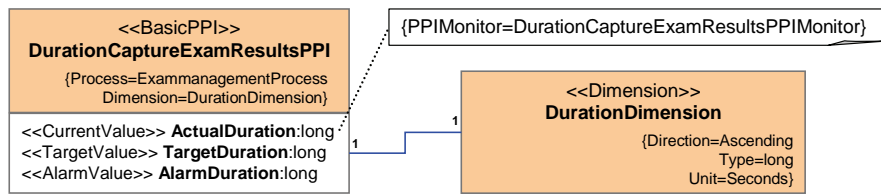


Figure 9: Specification of the PPI „DurationCaptureExamResults“

The assignments of a *Process*, a *Dimension* as well as the associated *PPIMonitor* for the attribute of stereotype *CurrentValue* to the specified PPI are realized through *TaggedValues*, either for on level of the stereotyped class or attribute. The target and the alarm value could also be realized through *TaggedValues*, but for the sake of flexibility we chose to define them as attributes. As soon as a concrete instance of the *DurationCaptureExamResultsPPI* is created (which has to be done for each newly created process instance) these values have to be assigned with three and two weeks.

As defined within the PPI specification the attribute *ActualDuration* is determined by the *DurationCaptureExamResultsPPIMonitor*. How this monitor works is specified by means of the PPI monitoring model is depicted on Figure 10.

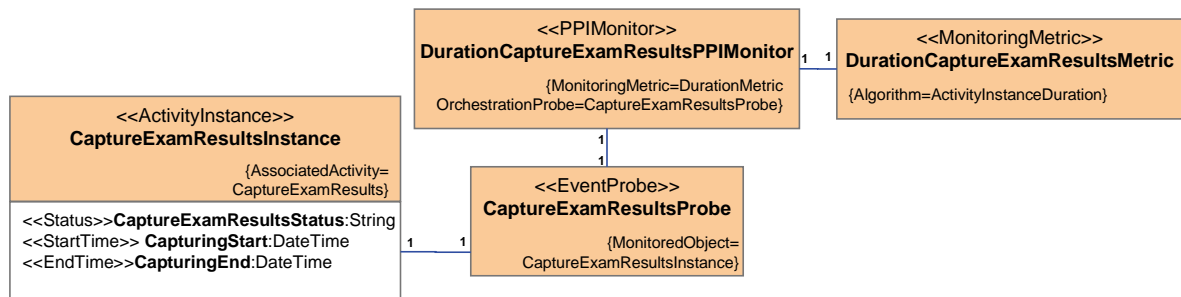


Figure 10: Monitoring Model for the PPI „DurationCaptureExamResults“

The *DurationCaptureResultsPPIMonitor* operates on a *CaptureExamResultsProbe*. This probe provides state information about the *MonitoredObject* of type *CaptureExamResultsInstance* which is associated with the process activity *Capture Exam Results* (see Figure 8). The actual value is calculated by executing the linked *MonitoringMetric*. In this case, the metric uses a generic algorithm for calculating the duration of an arbitrary *ActivityInstance*. This somewhat simple algorithm works as follows:

```

If (ActivityInstance.Status equals "Active")
    ActualDuration = TimeSpan(CurrentTime, ActivityInstance.StartTime)
Else if (ActivityInstance.Status equals "Completed")
    ActualDuration = TimeSpan(ActivityInstance.EndTime, ActivityInstance.StartTime)

```

To retrieve the state information about the *CaptureExamResultInstances* for all running process instances, the appropriate *MonitoringsTasks* are added to the orchestration model. As described in section 6 in case an *ActivityInstance* should be monitored, a new sub-process is created containing a sequence of the actual activity along with *MonitoringTasks* before and after the activity is performed. Figure 11 shows the instrumented orchestration model for the sample process.

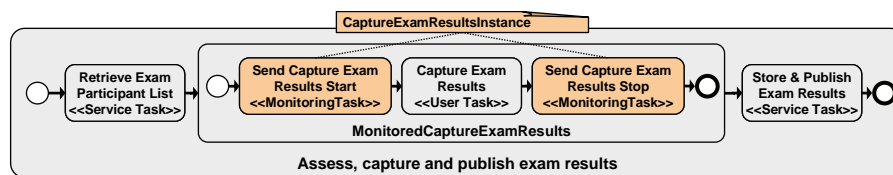


Figure 11: Instrumented Orchestration Model

For the added *MonitoringsTasks* some additional properties are specified, for instance the endpoint reference to the employed *MAImplementation*. To create the executable BPEL process definition we used the BPEL export functionality of the employed modelling tool (Borland Together 6.0). As, amongst other things, the required variable assignments are missing in the generated code and *UserTasks* are not supported at all, we had to manually add these aspects. For this purpose, we used the Oracle BPEL Designer along with the corresponding BPEL engine Oracle BPEL Manager. The final code for the sub process *MonitoredCaptureExamResults* is as follows:

```

<scope name="MonitoredCaptureExamsResult">
    [...]
    <assign name="setCaptureExamResultsInstanceStart" [...] </assign>
    <invoke name="sendCaptureExamResultsStartMessage" partnerLink="agentService"
    operation="processMonitoringMessage" inputVariable="captureExamResultsInstance" [...] "/>
    <!-- UserTask: CaptureExamResults-->

```

```

<scope name="CaptureExamResults" [...] xmlns:task="http://services.oracle.com/bpel/task">
  <partnerLinks>
    <partnerLink name="userTask" partnerLinkType="task:TaskManager"
      partnerRole="TaskManager" myRole="TaskManagerRequester" [...]/>
  </partnerLinks>
  [...]
</scope>
<assign name="setCaptureExamResultsInstanceCompleted"> [...] </assign>
<invoke name="sendCaptureExamResultsCompletedMessage" partnerLink="agentService"
  operation="processMonitoringMessage" inputVariable="captureExamResultsInstance" [...]/>
[...]
</scope>

```

Besides the XML representation of the *MonitoredObject* (here *CaptureExamResultsInstance*) the *MonitoringMessage* contains an additional message part holding information about the process instance ID along with the process ID. This information is required by the invoked monitoring agent for correlating the messages with the respective instances of the associated probe as well as the PPI monitor.

Our implementation of the monitoring infrastructure only consists of one monitoring agent for the presented PPI which handles both, the provision of probes and the calculation of the PPI. It would also be possible to decouple the provision of probes from the PPI monitoring. In doing so, the integration of an existing BAM system would be easier. The provided probes would have to be translated into events the BAM system understands within the scope of an appropriate adapter.

## 8 Conclusion & Outlook

In this paper, we presented the first steps towards a model-driven development of orchestrations along with the infrastructure for the monitoring of predefined PPIs. Thereby, the presented meta-model for the specification of the PPI monitoring along with the extension of the BPMN meta-model for modeling the required instrumentation and the sketched methodology for an automated generation of this instrumentation represent the main contribution of this work. In our future research we will try to achieve a fully automated generation of the orchestration instrumentation along with the monitoring infrastructure based on UML profiles for the meta-models and an adequate transformation language. Furthermore, we aim to extend the monitoring to a larger variety of *MonitoredObjects*, including more complex transactions with embedded sub transactions, and corresponding types of PPIs, especially aggregated PPIs. In this

case, the design of monitoring infrastructure would also have to be revised. In this context, we are planning on using WBEM standards (especially the Common Information Model (CIM) [BuST00]) in conjunction with WS-Management [DMTF06] for implementing the monitoring infrastructure. This would enable an integration of the underlying application management and hence allow for an integrated monitoring of business goals and the involved IT.

## References

- [AaHW03] *van der Aalst, Wim M. P.; ter Hofstede, A. H. M.; Weske, M.:* Business Process Management: A Survey. In: Lecture Notes in Computer Science Band 2678. Springer-Verlag, Berlin 2003, S. 1-12.
- [ACDG03] *Andrews, T.; Curbera, F.; Dholakia, H.; Goland, Y.; Klein, J.; Leymann, F.; Liu, K.; Roller, D.; Smith, D.; Thatte, S.; Trickovic, I.; Weerawarana, S.:* Business Process Execution Language for Web Services 1.1.  
<ftp://www6.software.ibm.com/software/developer/library/ws-bpel.pdf>, 2003-05-05, Abruf am 2006-07-21.
- [BKPS04] *Bayer, F.; Kühn, H.; Petzmann, A.; Schlossar, R.:* Service-oriented Architecture for Business Monitoring Systems. In: Panetto, H. (Hrsg.): Proceedings of the Workshop on Web Services and Interoperability (WSI'05). Hermes Science Publishing, Genf 2005, S. 127-134.
- [BaMR04] *Bauer, Bernhard; Müller, Jörg P.; Roser, Stephan:* A Model-Driven Approach to Designing Cross-Enterprise Business Processes. In: Lecture Notes in Computer Science Band 3292. Springer-Verlag, Berlin 2004, S. 544-555.
- [BuST00] *Bumpus, W.; Schweitzer, J. W.; Thompson, P.:* Common Information Model, John Wiley & Sons Ltd., New York, 2000.
- [DMTF06] *Distributed Management Task Force (DMTF):* Web Services for Management (WS-Management) Specification Version 1.0.0a,  
[http://www.dmtf.org/standards/published\\_documents/DSP0226.pdf](http://www.dmtf.org/standards/published_documents/DSP0226.pdf), 2006-04-05, Abruf am 2006-07-21.



- [FrGJ04] *Frank, J. H.; Gardner, T. A.; Johnston, S. K.:* Business Process Definition Metamodel -Concepts and Overview.  
<http://www.bpmn.org/Documents/BPDM/BPDM%20Whitepaper%202004-05-03.pdf>, 2004-04-08, Abruf am 2006-07-21.
- [EmWA06] *Emig, Christian; Weisser, Jochen; Abeck, Sebastian:* Development of SOA-Based Software Systems – an Evolutionary Programming Approach. In: International Conference on Internet and Web Applications and Services ICIW'06, Guadeloupe, 2006.
- [HaRa01] *Hauck, R.; Radisic, I.:* Service Oriented Application Management — Do Current Techniques Meet the Requirements?. In: New Developments in Distributed Applications and Interoperable Systems, Proceedings of the 3rd IFIP International Working Conference (DAIS 2001). Kluwer Academic Publishers, Krakau 2001, S. 295–304.
- [HeAN99] *Hegering, H.-G.; Abeck, Sebastian; Neumair, B.:* Integrated Management of Networked Systems: Architecture, Tools, Operational Implementation. Morgan-Kaufmann, San Francisco 1999.
- [JeSC03] *Jeng, J.-J.; Schiefer, J.; Chang, H.:* An Agent-based Architecture for Analyzing Business Processes of Real-Time Enterprises. In: Proceedings Seventh IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC'03). 2003, S 86-97.
- [JuMa05] *Juling, W.; Maurer, A.:* Karlsruher Integriertes InformationsManagement. In: Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (2005) 3, S. 169-175.
- [KHSW05] *Koehler, J.; Hauser, R.; Sendall, S.; Wahler, M.:* Declarative Techniques for Model-driven Business Process Integration. In: IBM System Journal (2005) 44, S. 47-65.
- [KKLP05] *Kloppmann, M.; Koenig, D.; Leymann, F.; Pfau, G.; Rickayzen, A.; von Riegen, C.; Schmidt, P.; Trickovic, I.:* WS-BPEL Extension for People (BPEL4People).

<ftp://www6.software.ibm.com/software/developer/library/ws-bpel4people.pdf>,  
2005-07-01, Abruf am 2006-07-21.

- [Le03] *Leymann, Frank*: Web Services - Distributed Applications without Limits, Business, Technology and Web. Leipzig 2003.
- [LeRS02] *Leymann, Frank; Roller, Dieter; Schmidt, M.-T.*: Web Services and business process management. In: IBM Systems Journal (2002) 41, S. 198-211.
- [Mc03] *McGregor, Carolyn*: A Method to Extend BPEL4WS to Enable Business Performance Measurement.  
<http://www.cit.uws.edu.au/research/reports/paper/paper03/TR-CIT-15-2003.pdf>,  
2003-06-01, Abruf am 2006-07-21
- [McSc04] *McGregor, Carolyn; Schiefer, Josef*: A Web-Service based framework for analyzing and measuring business performance. In: Information Systems and e-Business Management. Springer-Verlag, Berlin 2004, S. 89-110.
- [MiMu01] *Miller, Joaquin; Mukerji, Jishnu*: Model Driven Architecture.  
<http://www.omg.org/docs/ormsc/01-07-01.pdf>, 2001-07-01, Abruf am 2006-07-21.
- [MuRo04] *zur Muehlen, M.; Rosemann, M.*: Multi-Paradigm Process Management. In: Grundspenkis, Janis; Kirikova, Marite (Hrsg.): Proceedings of CAiSE'04 Workshops - 5th Workshop on Business Process Modeling, Development and Support (BPMDS 2004). Riga 2004, S. 169-175.
- [PAVB04] *Pignaton, R.; Asensio, J. I.; Villagra, V.; Berrocal, J. J.*: Developing QoS-aware Component-Based Applications Using MDA Principles. In: Eighth International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2004), 2004, S. 172-183
- [Wh04] *White, S. A.*: Business Process Modeling Notation. BPMN 1.0.  
<http://www.bpmn.org/Documents/BPMN%20V1-0%20May%203%202004.pdf>,  
2004-5-03, Abruf am 2006-07-21

# Management of Portal Evolution

## Introducing Evolution Management for the Corporate Financial Portal

Hong Tuan Kiet Vo, Helmuth Elsner

Institut für Informationswirtschaft und -management  
Universität Karlsruhe (TH)  
76131 Karlsruhe  
{vo,elsner}@iism.uni-karlsruhe.de

### Abstract

Software evolution is an essential concept underlying the engineering of corporate portals. Due to the complexity of such systems, it requires great effort and is not advisable to design and implement a feature-complete corporate solution. The concept of evolutionary portal development helps portal engineers to cope with design complexity. While the technical perspective on component based software development and evolution is widely discussed, little work addresses the actual management of software evolution, let alone in the portal engineering context. In this paper we focus on the management of portal evolution. On the basis of a portal engineering process model we discuss methods and practices that facilitate the management of portal evolution cycles. We further outline the evolution management procedure and tools that we have established for the corporate financial portal at Bayer and point out key lessons we have learned so far.

### 1 Introduction

Software evolution is an essential concept underlying the engineering of corporate portals. Due to the complexity of corporate portal systems that may even rival that of corporate ERP systems [Remu06], it is virtually impossible and not advisable to design and implement a feature complete corporate portal solution. The concept of evolutionary portal development helps portal engineers to cope with the design complexity and to foster user acceptance as iterative portal releases will incorporate actual user requirements gathered during portal operation. While the

technical perspective on software development and reuse is widely discussed (cf. component based software development), only a handful of work address the actual management of software evolution cycles, let alone in the portal engineering context.

In this paper we address the management of portal evolution i.e. we outline the processes and activities that are of importance to manage evolution cycles. On the basis of a portal engineering framework we discuss activities that help to specify direction for the next evolution cycles. We discuss the evolution management procedure and tools that we have established at the corporate financial portal project at Bayer and point out key lessons we have learned so far.

The paper is structured as follows. In the following section we discuss approaches for software evolution with focus on web applications. Section 3 outlines evolution management in the context of a portal engineering process model as proposed by the authors. Section 4 then illustrates the application of computer aided evolution management in the context of the corporate financial portal project. The paper closes with a summary and an outlook on future work.

## **2 Management of Software Evolution**

The technical perspective of evolutionary software development is extensively discussed especially in the context of component based software engineering [BrWa96]. While these discussions focus on the question of how to facilitate reuse of software components, we are more interested in the actual management process that follows software evolution cycles. Yet, this question is often addressed only on a side note while the focus is on the iterative or evolutionary development process. Sommerville points out the importance of feedback or change proposals as the basis of software evolution and describes a generic change identification and evolution process cycle (cf. figure 1). Again, the focus is on the development process and Sommerville further states that the actual software evolution process will vary considerably depending on the type of software being maintained [Somm04].

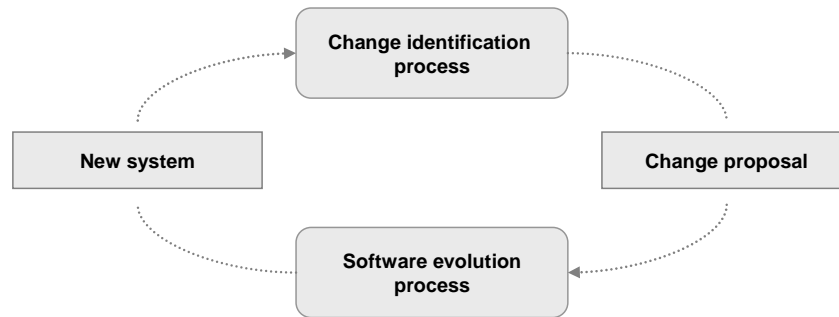


Figure 1: Change identification and evolution processes [Somm04]

With the current trend towards web application, software evolution is again becoming more important. One distinct feature of web applications is that it is no longer necessary to install the applications on the local machines, but all users access the current version of the software through their internet browser. Therefore aspects of software distribution and versioning are practically less important when developing for the web. That in return fosters iterative software evolution and development cycles. Software engineering for the web is discussed in the field of web engineering that emerged in the late 90s following the internet revolution and the increase of applications developed for this medium. In order to enable the development and maintenance of high quality Web-based system and applications Murugesan [MDHG99] proclaimed the need for web engineering that is *the establishment and use of sound scientific, engineering and management principles, and disciplined and systematic approaches to development, deployment and maintenance of Web-based systems* [MDHG99, p.6]. Web engineering distinguishes itself from traditional software engineering as aspects like software evolution, hardly predictable network behaviour, heterogeneous and usually unknown end-users with different cultural background are of greater importance when developing applications for the web [Powe98; Schw00]. With regard to software evolution, again current works primarily focus on the technical aspects of enabling the reuse thus evolution of web components [Gaed98]. Currently, dedicated discussions on the management of web application evolution are rare and often mentioned as a side note. That is surprising given the fact that the lifecycle of a web application not only comprises of develop, launch and maintain [Powe98] but also operation and iterative evolution. That strengthens our believe that for the engineering of web applications and especially web portals that are in a state of constant change, a structured management process that prepares and guides evolution cycles is necessary for a sustainable evolution.

## 3 Management of Portal Evolution

### 3.1 Management Evolution and Portal Engineering

As stated in section 2, research that particularly focuses on the management of evolution is rare both with regard to work on software engineering and web engineering. Following our literature review, this holds also true for current discussions on the engineering approaches for (corporate) portals.

Finkelstein and Aiken [FiAi00] present a framework for engineering enterprise portals. They especially focus on the design and implementation stage and illustrate how to implement a corporate portal using XML. The discussion centres around methods for data transformation and data modelling that facilitate the integration of structured and unstructured data. Portal evolution is discussed from a technical perspective only with regard on practices and architectures that enable future integration of data sources.

Alt et al. [ACLÖ04] outline a method for developing process portals. According to their definition, process portals are enterprise portals that especially focus on the integration of (external) customer processes and facilitate the collaboration between enterprises, customers and suppliers. Following the method engineering methodology, their method for developing process portals focuses on the portal strategy, portal design and portal technology stage. The notion of evolution is not within the scope of this work.

The Fraunhofer IAO portal analysis and design method – PADEM – follows the stages of a traditional software lifecycle: the definition of the strategy, subsequent requirement analysis, conceptual design, realisation and the introduction of the portal [GHKV04]. For each stage, the method defines checklists, questionnaire and offers practices that shall support companies in their portal selection and decision process and guide them through the portal implementation. PADEM focuses on providing guidance especially during the initial lifecycle of a portal implementation while taking a consulting and management level perspective on the heterogeneous decision problems. Evolution is not explicitly discussed although the authors state that there will be subsequent evolutionary portal releases.

Amberger et al. present a portal engineering process [AmRB04] that comprises of five stages: requirement analysis, analysis of profitability, detailed analysis of users, business processes and corporate IT, proof of concept prototyping and iterative evolution. However, the purpose of this

work is to give an overview of the field of portal engineering therefore the engineering stages – including evolution – lack a detailed further discussion.

In summary, existing frameworks on portal engineering agree on the importance and existence of iterative portal evolution. However, they lack an explicit discussion on how to prepare and guide such an evolutionary cycle. This is not surprising as portal engineering is quite a new field of research. Thus, in the next sections we specifically focus on the discussion of evolution management within the limits of a portal engineering process model that we outline in the following.

### 3.2 Evolution Cycles in Portal Engineering

Following traditional software engineering process models and lifecycles, figure 2 depicts a portal engineering process model. Dotted lines represent stage transitions while solid lines illustrate feedback relations among engineering stages.

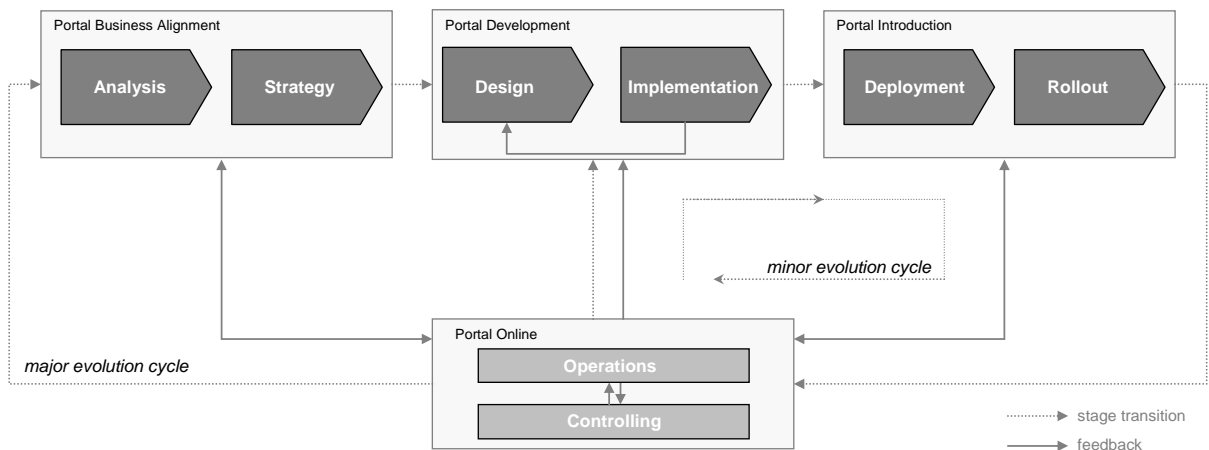


Figure 2: Portal engineering process model and evolution cycles

The portal engineering process model comprises of the *analysis* and *strategy* stages (portal business alignment), the *design* and *implementation* stages (development), the *deployment* and *rollout* stages (introduction) and finally the *operations* and *controlling* stages (online).

Following this process model, the notion of portal evolution is considered on two levels of magnitudes. On the one hand there are the major evolution cycles that require a thorough run through the engineering process from the refinement of the portal strategy to portal service rollout. Major evolution cycles are initiated according to the periodic project steering phases.

On the other hand there are minor evolution cycles nested within a major evolution cycles. A minor evolution is initiated whenever portal services are enhanced or improved in details only.

### **3.3 Evolution Management for Portal Engineering**

According to the change identification and evolution process (cf. section 2, figure 1) every evolution process is triggered by feedback that comprises change proposals, bug reports or feature requests. For evolution management feedback has to be aggregated, categorized and evaluated to derive insights for the preparation of the next evolution cycle. While the majority of the feedback will be obtained during portal operation (i.e. user reported bugs or feature requests), feedback is also generated during portal development and of course following the rollout of a new portal release for example during training workshops. Note, that feedback should be regarded as desirable rather than as something that is unwanted. We believe that feedback is an indicator for actual system usage. In particular, feature requests can be regarded as indicators for the user's experience of the portal system as a *living* system that evolves over time according to the users need. Hence, to motivate the generation of user feedback, portal evolution management has to establish a process that first facilitates feedback reporting and second enables users to easily follow the status of their current requests.

Feedback that is accumulated over time has to be categorized and evaluated by the portal engineers. In general we distinguish between feature request for new applications, bug reports and change request. While we consider bug reports immediately in the next minor evolution cycle, feature and change requests must be evaluated in more detail. With regard to change requests, the developer of the application has to evaluate the redesign and implementation effort to decide on the priority of a change request and the initiator of this request should be notified on the decision. Small feature request are extensions to applications that depending on the request pipeline and the design and implementation effort can be addressed within minor evolution cycles. Major feature request often propose the development of completely new applications. The decision on the development and prioritisation is therefore a portal management level decision and handled respectively. Again the initiator of the request should be notified on the decisions. For the purpose of clear reference, in the following we use the term *issue* for any type of relevant feedback.

Figure 3 outlines the major stages of the portal evaluation management cycle with focus on the perspective of end-users as the primary source of relevant issues. Every evolution cycle starts



after the current batch of issues has been categorized and evaluated. Transparency as one key aspect to foster user participation in portal development requires the portal management to inform the portal users on the evaluation results of their reported issues. Relevant issues are processed in the subsequent development stage. During this stage, it is important to keep the users informed on the current processing status of their request. Once the requests have been implemented, the issue holder is involved in a limited introduction phase to evaluate the new developments. Upon approval, the issue is closed and the changes are introduced in a public release.

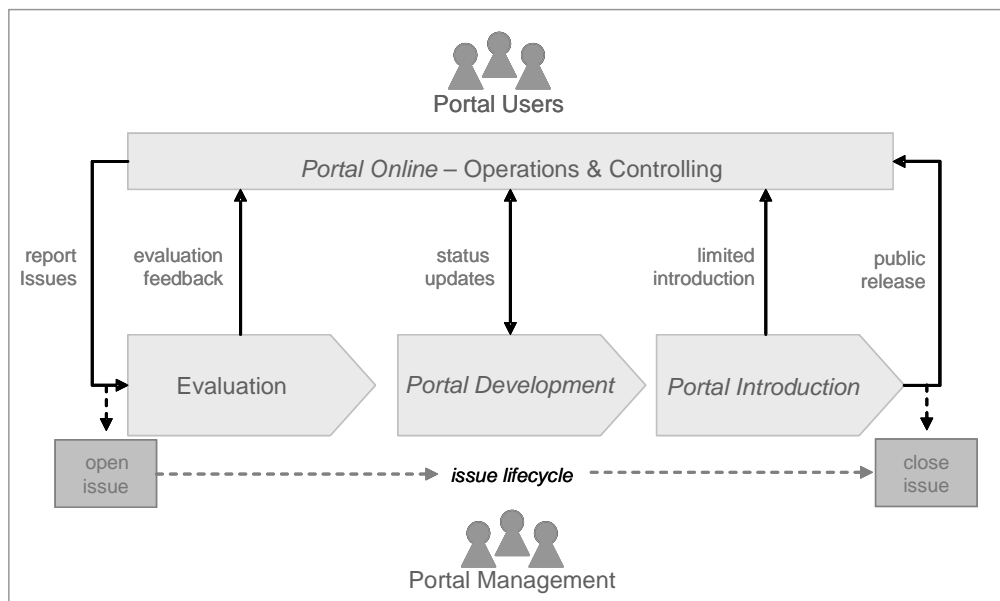


Figure 3: Portal evolution management cycle (issue life cycle)

In summary evolution management as proposed, centres around the management of an issue lifecycle starting with feedback collection, followed by issue categorization and evaluation to the final implementation of the requests. This process has to be supported by an issue management system that is tightly integrated with the issue processing stages. In the following sections, we present and discuss the implementation of the proposed evolution management process and the respective issue management system for Bayer's corporate financial portal.

## **4 Evolution and the Corporate Financial Portal**

### **4.1 Overview: The Corporate Financial Portal Project**

In this section we present the implementation of an issue management system in the Corporate Financial Portal (CoFiPot). The CoFiPot system is operated by the financial department of the Bayer AG. It was implemented with a few core financial services in 2001. Since then, the number of services provided by the system and the number of users has constantly grown. Today the portal is used by users from all over the world and is part of their daily work schedule. The goal for the following years is to extend the portal scope on further financial departments. For example the latest project focuses on providing services for the tax department partially based on their existing IT-solutions with the aim to greatly expand the range of services available to satisfy the information needs of the tax-accountants.

The portal system is based on Microsoft's .NET Framework and loosely on the IBuySpy<sup>1</sup> open source portal framework that at that time was introduced to demonstrate the development of personalized, component-based web applications using the just introduced ASP.NET technology. Portal development is coordinated by the financial department in cooperation with the IT-department. Right from the start the CoFiPot-project was accompanied by a research project offering the authors the possibility to follow the major stages of the corporate financial portal lifecycle.

### **4.2 The need for Evolution Management**

In the initial development stage of the portal, the structure of the project and the number of users and developers were of manageable size. At maximum three developers were working simultaneously on the project and only a small number of services was offered to the users. The assignment of incoming development requests worked straightforward and did not require much administrative effort. The development itself took place on an ad-hoc basis. The communication between users and developers usually took place directly via phone or email. Due to the small development team there was no pressing necessity for a dedicated management of requests. Requests were simply stored and managed in an Excel file accessible for all team-members. New features and changes to the portal system were brought to attention of the development

---

<sup>1</sup> Current open source portal frameworks like DotNetNuke are derived from the IBuySpy framework, which currently is discontinued.

team via email or in meetings. However, a real documentation about the change proposals and their current status did not exist. Notifications about new features to the users were issued infrequently via mail and often only directly to the target user group.

When the portal system started to further extend its services the number of users, feature requests, change proposals and bug reports consequently began to rise. Due to the growth of the project the development team size increased as well. The previous Excel-based issue management system reached the limit of its scalability. The development-process required a more sophisticated approach that would allow handling a large-scale web application project with a growing number of users and developers. Last but not least with the new portal evolution management process we wanted to offer the portal users a new level of transparency with not only the possibility to report new change proposals but also to monitor the current status of their proposals. The key points for the process development thus were:

- a clearly defined process for the collection and management of requests
- a traceable log of all development steps
- transparency to the users

An issue-management system to support the process was designed and implemented in the portal. This system and the underlying process are presented in the following.

### **4.3 Corporate Financial Portal Issue Management**

The main goal of the issue management system is to facilitate the process to collect and process incoming requests. On the one hand this requirement should enable the developers to keep an overview of all open issues and to minimize the effort to administrate them. Moreover, in order to facilitate planning for the whole project, the system should enable the team to categorize issues by their priority and impact. On the other hand the users of the portal should have the option to easily report issues. With the previous system at least they had to write an email or to call the developers to describe their issue. With the new system they are able to report an issue directly out of the portal system with little effort.

An important topic while designing the fundamentals of the issue management process was the question how to manage the status of a request throughout the development stages as shown in figure 3.

One of the initial questions when designing the issue management process for the Bayer system was how to handle multiple issues that refer to the same topic. In case of a bug in a component many users might report it as an issue. Therefore there is the requirement to link issues to each other so that the processing of multiple issues is combined in one process. The chosen solution contained the step to differentiate between incoming requests as issues and tickets as actual working orders. A ticket thereby combines any number of issues and has a clear key for identification. Issues only identify the original request and provide initial information about the task but they don't change any more, once they have been assigned to a ticket. While any new issue might deal with already recorded problems, each ticket handles a unique topic. If required the assignment of an issue to a ticket can change to another ticket.

The application of the core sequence as presented in figure 3 to the process for managing the CoFiPot system is shown in figure 4.

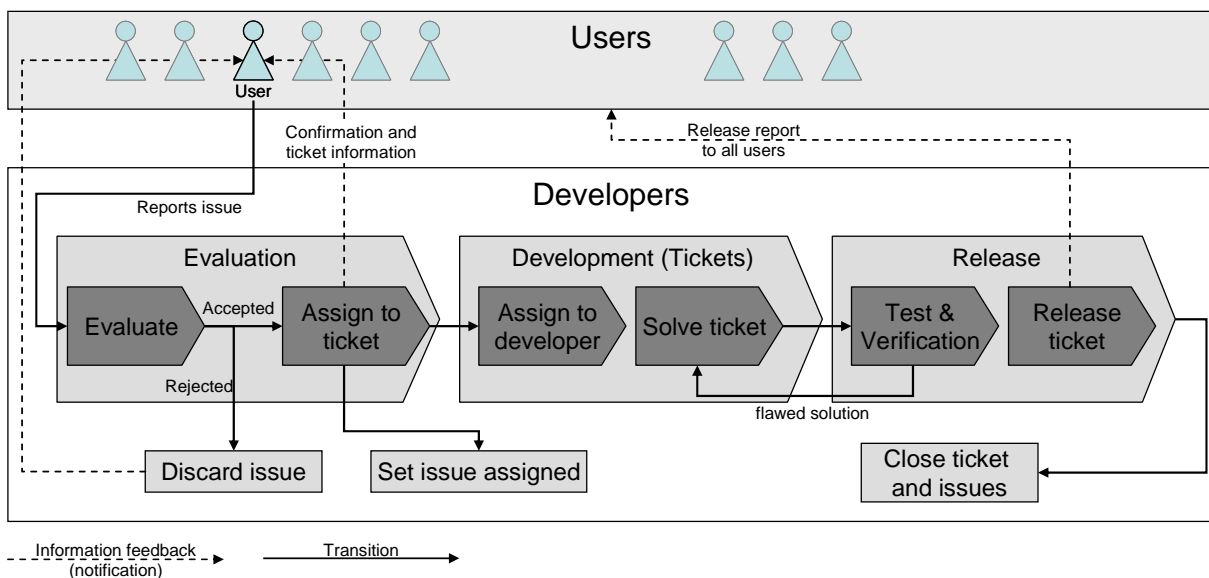


Figure 4: Issue life cycle with ticket handling

At the initial stage an issue is reported and stored in the database. The developers evaluate the request and decide whether to create a new ticket based on this issue, to assign it to an already existing ticket or to reject the topic. When the issue is accepted the resulting ticket will be categorized by priority and the required effort to solve it. In the development stage the ticket is assigned to a developer who will solve the case. When the developer sets the status of the ticket to *solved* the solution is to be tested and verified. Upon a successful evaluation the solution is released to the public and the ticket's status is set to *resolved* thus taking the ticket and all

related issues off the development list. Throughout all these stages the user who reported the initial issue will be informed upon major progresses.

In section 4.3.2. we will show the life-cycle of an issue as it is handled by the CoFiPot-portal in more detail.

Tickets are the actual foundation for the work of the development team. New tickets have the flag "open" and can be assigned to a responsible person. Throughout the working process, the information contained in a ticket can grow through the addition of comments and attachments. Once the developer marks it as resolved, preferably another member of the team verifies the solution and either reassigns the ticket for further work or finalizes the process by setting the ticket's status to *verified*. Every new release automatically will contain all verified tickets.

#### 4.3.1 End user integration

A further goal of the issue management system was to further integrate the users in the development process. First of all they should easily have the option to report bugs or propose changes to the system. Further more they should be able to follow the ongoing development process and learn about the progress of any issues that they have reported or that caught their attention.

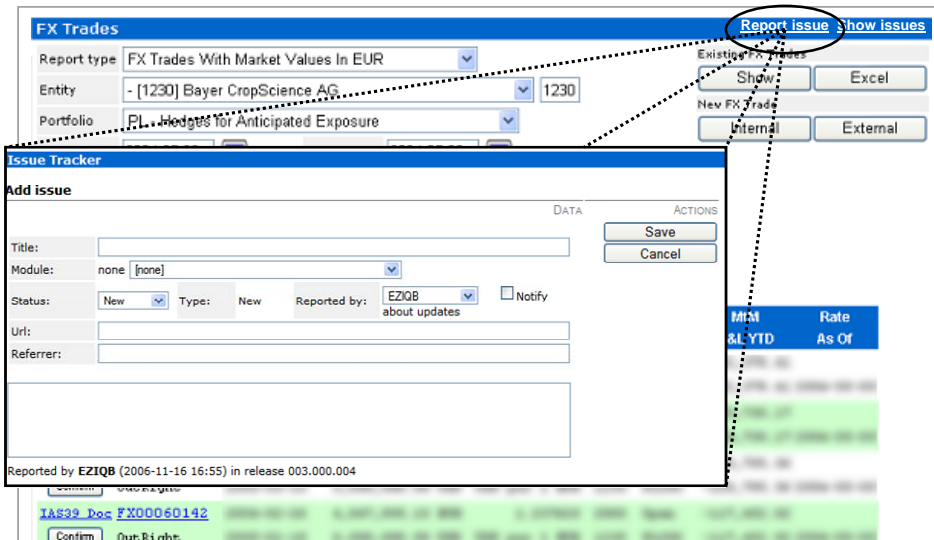


Figure 5: Report issue and module issues functionality on the CoFiPot live pages

The issue management system allows any user to directly report an issue through the portal system. Each module offers the option to directly report an issue or to view all current issues that apply to the module. Figure 5 shows a module with the described functionality and the form that is displayed to the user for reporting an issue.

Also, in case that an error occurs, an error report is automatically generated and stored as an issue. It is displayed to the user and provides input fields to add further information. For each reported issue the user can choose to be notified via email about its progress.

Notifications are sent upon the assignment of an issue to a ticket and when a resolved ticket is included in a release as shown in the process in figure 4. Through this notification service the users do not need to check the progress manually.

Further more the users have the option to view all Issues and Tickets of each component of the portal (see previous figure). Thus they can on the one hand learn which changes are planned and on the other hand follow up the past updates to the component. Thus the understanding of the components can increase. The users might even want to contribute more proposals for further improvements because they can see that issues are followed up.

#### 4.3.2 Example case of an issue live-cycle

In this section we shortly want to follow the stages of an issue and the resulting ticket as they are handled with the issue management system.

Once an issue has been entered as described in the previous section, it will appear in the overview list shown in figure 6. One member of the development team evaluates the issue and assigns to a new or an existing ticket. For the ticket various fields can be set to categorize it.

Key	Title	Module	Type	Status	Created	Ticket
<a href="#">003.000.003-D0004</a>	Missing chart content	Finance Charts	Defect	New	2006-11-14	---
<a href="#">003.000.003-D0003</a>	[BY7W84] Unexpected Error (LSUNH): /Desktopdefault.aspx?tabid=123] System.OverflowException	Planning Monitor	Defect	Assigned	2006-11-13	Missing validation for...
<a href="#">003.000.003-D0002</a>	Drill-Down fails	Financing Monitor	Defect	Assigned	2006-11-13	Drill-Down fails
<a href="#">003.000.003-D0001</a>	Excel download fails for most rate types	Official Bayer Rates	Defect	Assigned	2006-11-10	Excel download fails f...
<a href="#">003.000.002-D0002</a>	[BY7W84] Unexpected Error (KFCO): /DesktopDefault.aspx[System.ArgumentException	---	Defect	Assigned	2006-11-07	Fix minor bugs in Cofi...
<a href="#">003.000.002-D0001</a>	Logoff.aspx may cause System.InvalidCastException	---	Defect	Assigned	2006-11-07	Fix minor bugs in Cofi...

Figure 6: Issue overview for the developer-team

These fields define the priority, severity and the type of the ticket. With these settings, the next development steps of the portal can be identified. While tickets that describe major changes that lead to a major development cycle, minor issues such as bug fixes can be handled directly.

After a ticket has been assigned to a developer and it has been fixed and the solution has been tested and approved by another person, its status is changed to *verified* and it can be included in the next release. When a new release is planned the responsible administrator prepares it using the issue management system. Each release is stored in the system as a collection of all verified tickets. Upon creation a list of all these tickets is displayed as show in figure 7 including information about changes that need to be taken care of before the portal code can be released. Once the release has been published a list of all changes can be obtained through the system and is also accessible for all users of the portal.

The screenshot shows a web form titled "Edit release" with an "INFO" tab. The form contains the following fields:

- Key:** 003.000.004
- Name:** Release
- Comment:** (empty text area)
- Release date:** 2006-07-14

Below the form is a section titled "Assigned tickets" with a "TICKETS" tab. It contains a table with the following data:

Key	Title	Type	Priority	Status	Responsible	Module
<input type="checkbox"/> 003.000.003-0004	Missing validation for as-of date	Fix	Minor	Verified	KFRWO	Planning Monitor
<input type="checkbox"/> 003.000.003-0003	Generating Limit Report takes over 2 minutes	Performance	Minor	Verified	KFRWO	Commodity Monitor
<input type="checkbox"/> 003.000.003-0001	Excel download fails for most rate types	Fix	Major	Verified	PSMBO	Official Bayer Rates

At the bottom of the table are links for "check all" and "uncheck all". Below the table is a section for "Deployment notes".

Figure 7: Release preparation form with assigned tickets

#### 4.4 Lessons Learned

In the first months following the introduction of the issue management system, only a few selected users were allowed to access the features. But despite the restricted number, the new working process already had some significant influence on the development process.

Starting right from the beginning, the users filed all kinds of issues that they often had already had in mind for a longer time. Previously they would have needed to send an email or to directly tell it to one developer or even to several developers individually and than hope that one of them accepted or at least noted down the issue. Now they can add it to the list of open issues and know that the idea is at least in the list of open topics. Thus the barrier for reporting issues

turns out to be significantly lower than with the previous system. With the system, each issue can clearly be identified including information about its reporter and the creation date. This clear identification facilitated many talks between users and developers. They can refer to the issue and don't need to spend much effort on initially identify the problem and whether it was subject to discussion before.

Although the centralized collection of all issues significantly increased the number of open topics, it still had a positive effect for the work of the developers. First of all they do not need to enter each issue manually by themselves as they had to do with the previous Excel-based approach. Further more every user is now responsible for adding an issue to the system. The developers can ask every user that approaches them with a new issue, to report the issue in the issue management system themselves.

Comparing the number of resolved issues between the new system and the Excel-file, there is a significant difference. The old system required the developer to open the file and enter issue when it was resolved. Especially for minor changes the effort was seldom taken. There was also no immediate reason to enter each change. The new system requires each issue and resulting ticket to be processed. Thus each update is documented. For example if the developer forgets to set the status of a ticket to resolved, it will remain on his list of open tickets. Clearly he will try to reduce the number of tickets on the list and thus take care that he records each progress.

Not only did the quality of change-documentation improve but also could the work of the developers better be identified as for each ticket the actual time required to solve it is noted down. This also grants the possibility to analyse the development efforts and helps creating better estimates for new tickets.

The new process also improved the collaboration of the development team. Through the centralized system every team member can follow up all changes and open issues. The information gap between the members decreased. Through the clear assignment of tickets responsibilities became a more seldom topic of discussion. Each change and open task can now be triggered to one person. Time-consuming research to identify the right contact person is in most cases obsolete.

Future improvements will focus on further increasing the transparency of the development actions. The goal is to further encourage the users to observe ongoing issue developments. Thus they will learn more about features of the portal that might contribute to their work. Further on



they might be motivated to think about possible improvements to the system and thus contribute to its quality.

Another interesting topic for further analysis is the quality of issues who are added by the users through the portal. The question is what types of requests are made – whether they mainly describe minor issues or if they also include major change proposals. So far most reported issues did not contain the later but it must be considered, that the number of users was limited and that time for adaptation might be necessary before the users feel confident about adding more advanced issues.

In addition further analysis tools will be added to the issue management system to create reports about the development work that is performed. A long-term approach could lead to the integration of the ticket planning data into a project management application in order to improve the coordination of the developer team.

## **5 Conclusion**

In this work we addressed evolution management in the context of portal engineering. On the basis of a portal engineering process model, that is derived from the traditional software lifecycle process we identify two different evolution cycles: minor evolution cycles that are nested in major evolution cycles. While major evolution cycles require a run through the complete portal engineering process, minor evolution cycles take places within two major cycles and by nature address smaller changes in the current portal iteration (e.g. bug fixes or the introduction of on breaking changes). Both, minor and major evolution cycles are based on feature requests, change proposals and bug reports, which must be managed and evaluated within the scope of a portal evolution management concept. We discuss the core concepts underlying an evolution management approach in theory and prove the feasibility of our claims in practice on the basis of the evolution management procedure established for the corporate financial portal at Bayer. Of course, the validity of our statements is subject to the general limitation of a case study. We cannot prove whether the framework will also be applicable on other corporate portal initiatives. Still, we believe that the core insights can also be transferred to other cases as the evolution management process and the supporting tool was not designed with any functional or organizational specifics in mind.

## References

- [ACLÖ04] *Alt, Rainer; Cäsar, Marc A; Leser, Florian, Österle, Hubert; Puschmann, Thomas; Reichmayr, Christian; Zurmühlen, Rudolf*: Methode zur Entwicklung von Prozessportalen, Lösungen, Bausteine und Potenziale des Business Networking. Real-time Business. R. Alt und H. Österle., Berlin, Heidelberg, Springer 2004. p. 258-280.
- [AmRB04] *Amberger, Michael; Remus, Ulrich, Böhm, Martin*: Entwicklung von Unternehmensportalen. WISU 33(5), 2004, p. 658-665.
- [BrWa04] *Brown, Allen W.; Wallnau, Kurt C.*: Engineering of Component Based Systems. In: 2nd IEEE International Conference on Engineering of Complex Systems (ICECCS96), IEEE 1996.
- [FiAi00] *Finkelstein, Clive; Aiken, Peter*: Building Corporate Portals with XML. New York, McGraw-Hill 2000.
- [Gaed98] *Gaedke, Martin*: Web Composition: Ein Unterstützungssystem für das Web Engineering. In: GI Softwaretechnik-Trends 18(3) 1998, p. 20-25.
- [GHKV04] *Gurzki, Thorsten; Hinderer, Henning; Kirchhof, Anja; Vlachakis, Joannis*: Die Fraunhofer Portal Analyse und Design Methode (PADEM) - Der effiziente Weg vom Prozess zum Portal, Fraunhofer IAO 2004.
- [MDHG99] *Murugesan, San; Deshpande, Yogesh; Hansen, Steve; Ginige, Athula*: Web engineering: A New Discipline for Development of Web-Based Systems. In: First ICSE Workshop on Web Engineering, Los Angeles, Springer 1999, p. 1-9.
- [Powe98] *Powell, Thomas A.*: Web Site Engineering, Prentice Hall, 1998.
- [Remu06] *Remus, Ulrich*: Critical Success Factors of Implementing Enterprise Portals. In: 39th Hawaii International Conference on System Sciences 2006.
- [Schw00] *Schwickert, Axel C.*: Web Site Engineering. Stuttgart, Teubner, 2000.
- [Somm04] *Sommerville, Ian*: Software Engineering, Addison-Wesley 2004.

# **Einführung in den Track**

## **Supply Chain Management**

**Dr. Jens Gottlieb**

SAP AG

**Prof. Dr. Stefan Voß**

Universität Hamburg

**Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Peter Mertens**

Universität Erlangen-Nürnberg

Der Track fokussiert die folgenden Themengebiete:

- Erfahrungen mit Komponenten, z.B. SNP, ATP, CTP
- Entscheidungsunterstützende Systeme, Optimierung z.B. APS
- Modellierung von Supply Chains
- Agentenbasierte Koordination
- Electronic Procurement und Supply-Chain-Verträge
- Supply Chain Event Management
- Reverse Logistics
- Anbindung an Standardsoftware
- Vergleich von kommerzieller Software

**Programmkomitee:**

Prof. Robert Bixby, PhD, Rice University and ILOG Inc., Houston, USA

Prof. Dr. Andreas Fink, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Dr. Oliver Klaus, Arthur D. Little AG Zürich, Schweiz

Prof. Dr. Gerhard F. Knolmayer, Universität Bern, Schweiz

Prof. Dr. Herbert Meyr, Wirtschaftsuniversität Wien, Österreich

Dr. Sven Spieckermann, Simplan AG, Maintal/Main

Prof. Dr. Hartmut Stadtler, Universität Hamburg

Prof. David L. Woodruff, PhD, University of California at Davis, USA

# Regelbasierte Koordination von agentengestützten Transportprozessen

Mathias Petsch<sup>1</sup>, Dirk Pawlaszczyk<sup>2</sup>, Hagen Schorcht<sup>1</sup>

Institut für Wirtschaftsinformatik  
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik für Dienstleistung<sup>1</sup>  
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik für Industrie betriebe<sup>2</sup>  
Technische Universität Ilmenau  
98694 Ilmenau

{mathias.petsch, dirk.pawlaszczyk, hagen.schorcht}@tu-ilmenau.de

## Abstract

Die Planung und Gestaltung effizienter unternehmensübergreifender Transportnetze rückt zunehmend in den Fokus betriebswirtschaftlicher Betrachtungen. Für eine flexible überbetriebliche Koordination und informationstechnische Integration von Güterflüssen in Lieferketten wird dabei immer häufiger der Einsatz von Softwareagenten diskutiert. Zur Lösung des Koordinationsproblems innerhalb von Transportnetzen werden Allokationsmechanismen, beispielsweise Auktionsprotokolle, vorgeschlagen. Regeln kommt an dieser Stelle eine zentrale Bedeutung zu, da sie zur Lenkung des Verhaltens und als Ausdruck der Ziele von Akteuren dienen. Im vorliegenden Beitrag wird ein Ansatz zur regelbasierten Koordination agentengestützter Transportprozesse vorgestellt. Um eine Überwachung zwischenbetrieblicher Geschäftsprozesse zu ermöglichen, ist es notwendig technische und organisatorische Rahmenbedingungen auszuhandeln und verbindlich zu kodifizieren. Als Grundlage dient eine entsprechende Regelontologie, die zur Aushandlung gemeinsam abgestimmter Geschäftsregeln bzw. Prozessbedingungen genutzt werden kann und Rechte bzw. Pflichten der Agenten abbildet.

## 1 Einführung

Die Transportdisposition im Güterverkehr, genauer die Planung der Transportkapazitäten und die Feinabstimmung von Fahrplänen und Touren unterliegt naturgemäß einer hohen Dynamik.

Erschwerend kommt hinzu, dass Transportnetze grundsätzlich offene Systeme bilden, die durch Unsicherheiten und Informationsasymmetrien gekennzeichnet sind. Bei der Disposition von Transportaufträgen muss entsprechend häufig ad hoc - aus der Situation heraus - entschieden werden. Die raumzeitliche Verteilung und weitgehende Autonomie aller Akteure in solchen Netzwerken sowie die resultierende Koordinationskomplexität und die Notwendigkeit zur Gestaltung hoch skalierbarer Prozesse über das gesamte Netzwerk hinweg, erfordern gänzlich neue, weit über derzeit verfügbare Ansätze hinausgehende IT-Lösungen.

Das globale Verhalten derartiger Logistiksysteme ergibt sich aus der Interaktion einer Vielzahl von lokal agierenden, über nicht lineare Wechselwirkungen miteinander vernetzten Individuen. Die aus derart komplexen Beziehungsgefügen resultierenden Dynamiken können nur in Einzelfällen mathematisch exakt verstanden werden. Um dennoch mögliche Ordnungszustände in diesen Systemen analysieren und emergente Phänomene abbilden und kontrollieren zu können, werden zunehmend agentenbasierte Modelle genutzt. Die Subjekte des abzubildenden Objekts sind dabei durch Agenten, eine Form autonom agierender Softwareentitäten, innerhalb des Modells repräsentiert. Derartige Modelle finden insbesondere im Rahmen der Konzeption, Planung sowie Steuerung logistischer Systeme Anwendung ([GrGr05; DaHe04]). Mit dem Einsatz von Softwareagenten wird überdies eine höhere Flexibilität angestrebt, beispielsweise im Zusammenhang mit einer verbesserten Reaktionsfähigkeit auf Störeinflüsse innerhalb des Supply Chain Managements ([DaHe04; BBGL<sup>+</sup>04]).

Die Entitäten bzw. Akteure der softwaretechnisch abzubildenden Domäne werden durch technische und nichttechnische Agenten repräsentiert. So werden neben möglichen Entscheidungsträgern der beteiligten Organisationen (Auftraggeber, Disponenten, Empfänger) zumeist Transportmittel (LKW, Bahn), Verlade- und Umschlagplätze, mitunter selbst die zu befördernden Stückgüter durch Softwareagenten abgebildet.

Um die eigentliche Dynamik des Systems nachbilden zu können, beispielsweise die gemeinsame Durchführung von Transportaufträgen, müssen Agenten in Form von Agentengruppen, auch als Multiagentensystem (MAS) bezeichnet, zusammenarbeiten. Diese Systeme werden für die Durchführung einer gemeinsamen Aufgabe gebildet und sind durch den stetigen Ein- und Austritt von Agenten in oder aus dem Verbund gekennzeichnet. Trifft beispielsweise ein Transportagent an einem Umschlagplatz ein, so muss er spätestens bei seiner Ankunft die Modalitäten bzgl. Entladung oder möglicher Anschlusstouren mit einem entsprechenden Disponenten klären. Bis zu seiner Weiterfahrt ist der Transportagent, genauso wie alle anderen

ankommenden Transportagenten somit Teil des Multiagentensystems, welches durch den Umschlagplatz repräsentiert wird.

Die überwiegende Mehrzahl bestehender Beiträge zum Thema agentenbasierter Planung und Steuerung von Transportnetzen fokussiert auf Koordinationsaspekte, die sich durch die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Agenten ergeben, da diese das Systemverhalten und damit die Effizienz des Logistiksystems maßgeblich determinieren. Im Allgemeinen wird dies mit dem Einsatz entsprechender Allokationsmechanismen gleichgesetzt. Außer dem eigentlichen Verlade- und Transporttermin und der Zuweisung einer Route müssen die beteiligten Parteien gleichsam über verschiedene Rahmenbedingungen (Constraints) übereinkommen, deren Einhaltung überprüfbar sein muss. Dem Aspekt der Festschreibung dieser Constraints wird bisher wenig Beachtung geschenkt. Alle Mitglieder eines Multiagentensystems sind bestimmten Rechten und Pflichten unterworfen, die beispielsweise in der Ausführung von Aufgaben oder einer Beschränkung von Ressourcen bestehen können.

Regeln dienen hierbei zur Lenkung des Verhaltens und als Ausdruck der Ziele der Akteure. Sie haben auch die Funktion, andere Agenten auf ein gemeinsames Ziel auszurichten sowie Pflichten und Rechte zu vermitteln. Eventuelle Verletzungen der Regelmenge können systemintern durch Sicherheitsmechanismen, wie z.B. Reputationsmechanismen, überwacht und auftretende Verstöße durch Sanktionen geahndet werden. Regeln können somit das Verhalten des Agenten determinieren und koordinieren [TaWa02]. Durch das Festschreiben von verbindlichen Regeln können sich Agenten in offenen Systemen auf den verschiedensten Plattformen frei bewegen und mit „fremden“ Agenten kooperieren. Grundvoraussetzung hierfür bildet die Möglichkeit, Regeln automatisch zu prüfen, was eine geeignete maschinenverständliche Formalisierung voraussetzt.

In diesem Beitrag wird ein Konzept für die Aushandlung von Regeln betrachtet (Regelabgleich). Als Basis dient eine entsprechende Regelontologie, die als Grundlage für die Vereinbarung von Regeln fungiert. Nur wenn die Kooperationspartner diese kennen, verstehen und akzeptieren, ist eine erfolgreiche Zusammenarbeit möglich. Es werden verschiedene Regelarten unterschieden und mittels Object Constraint Language (OCL) formalisiert, mit dem Ziel, eine Überwachung agentenbasierter Geschäftsprozesse zu ermöglichen.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Agentenbegriff

Agenten können als Softwareartefakte verstanden werden, die fähig sind, ihr Umfeld wahrzunehmen und zu verändern [RuNo03]. Sie können mit anderen Agenten Informationen austauschen, wobei ihr Lebenszyklus nicht direkt von dem eines anderen Agenten abhängt: „Agents are situated in an environment, act autonomously, and are able to sense and to react to changes“ [KnTi99]. Neben Ihrer Autonomie sind Softwareagenten häufig durch soziale Eigenschaften charakterisiert, was sich u.a. in der Fähigkeit widerspiegelt, benachbarte Systeme zu erkennen und mit diesen zu kommunizieren [WoJe95]. Multiagentensysteme bestehen wiederum aus Agenten, die zum Zweck der Lösung einer gestellten Aufgabe mit anderen im System vorhandenen Agenten kooperieren. Durch den Einsatz der Agententechnologie kann eine Verbesserung der betrieblichen Flexibilität und Reduzierung von softwarespezifischen Kosten realisiert werden (vgl. [CoJe96; Buss98; Paru00; Anth03]). Komplexe realwirtschaftliche Problemstellungen werden somit effizient lösbar. Der Einsatz der Agententechnologie erscheint insbesondere dann sinnvoll, wenn (1) der betrachtete Anwendungsbereich durch eine natürliche verteilte Struktur charakterisiert ist, die nicht erst künstlich aus einer zentralen Struktur erzeugt werden muss, (2) eine dynamische Umwelt vorliegt, in der strukturelle Änderungen berücksichtigt und flexibel auf Änderungen reagiert werden muss und (3) die abzubildenden Interaktionsbeziehungen derart umfangreich sind, dass eine komplexe Koordination zwischen den einzelnen Entitäten unverzichtbar ist [Müll97].

Eine inhärente Verteilung und dezentrale Steuerung über unterschiedliche wirtschaftlich oft selbständig handelnde autonome Organisationen hinweg prägen den Anwendungsbereich der Transportnetze ebenso wie ein hoher Interaktionsbedarf, der durch die Vielzahl an unterschiedlichen Randbedingungen und dem damit verbundenen hohen Kommunikations- bzw. Koordinationsaufwand bedingt ist. Agenten bieten hier eine geeignete Metapher, um Handlungsträger und deren Interaktionsbeziehungen innerhalb eines solchen Modells abzubilden. Im Vergleich zu konventionellen Ansätzen des Operations Researchs ist die Agententechnologie stärker an den praktischen Anforderungen der Transportdisposition ausgerichtet und bietet ein adäquates Modell für die Abbildung der Transportdomäne.



## 2.2 Regeln

In der Informatik wird häufig der Policy-Ansatz für die Formulierung von Rahmenbedingungen und sicherheitsrelevanten Einschränkungen verwendet (z.B. Java). Das Java Policy-Konzept zeichnet sich dadurch aus, dass im Gegensatz zu den meisten Sicherheitsmechanismen von Betriebssystemen, bei denen der Zugriff auf Ressourcen und Daten offen ist und durch den Nutzer beschränkt werden muss, Zugriffsbeschränkungen bestehen und explizit freigegeben werden müssen [FrMu96]. Dabei sind Policies (insbesondere Java Policies) darauf beschränkt, Ressourcenzugriffe zu limitieren, d.h. Freigaben auf Daten, externe Programme oder Ressourcen einzuschränken bzw. zu erlauben. Der vorgeschlagene Ansatz der Verwendung von Geschäftsregeln beschränkt sich jedoch nicht auf die alleinige Freigabe von Ressourcen. Es ist vielmehr möglich zusätzlich organisatorische Anforderungen bzw. Regelungen, wie Zugehörigkeiten, institutionelle Beziehungen, Aufgabenanforderungen oder Kommunikations- und Interaktionsprotokolle einzuschließen. Folglich werden nicht nur reine Zugriffsbeschränkungen definiert, sondern es können auch organisatorische und institutionelle Regelungen spezifiziert werden, die über das Policy-Konzept hinausgehen.

In der Organisationstheorie wird die Gesamtheit aller formalen Regeln zur Arbeitsteilung und Koordination als formale Organisationsstruktur bezeichnet [KiKu92, 18]. Diese Regeln dienen neben dem Aspekt der Leistungs- auch der Herrschaftssicherung, d.h. die Mitglieder müssen im Rahmen der vertraglich geregelten Mitgliedschaftsbedingungen auch vorgegebene "Verfahrensvorschriften und Regeln" [KiKu92, 18] akzeptieren, die letztendlich die Hierarchie bestimmen. In Multiagentensystemen kann es notwendig sein, dass Agenten während der Laufzeit das MAS wechseln, d.h. ein MAS verlassen, um sich aus Gründen der verfügbaren Ressourcen bzw. Problemlösungsmöglichkeiten einem anderen Multiagentensystem anzuschließen. An o.g. Szenarios wird deutlich, dass der Transportagent jeweils Mitglied des MAS Umschlagplatz wird, die sowohl über eigene technologische (beispielsweise verwendete Kommunikations- und Interaktionsprotokolle), als auch organisatorische Regeln (beispielsweise verantwortlicher Disponent ist folgender Agent, Touren werden nach einem gewissen Modus vergeben, bestimmte Umschlagplätze sind nur für gewisse Frachten zugelassen usw.) verfügen können. Folglich sind MAS in unterschiedliche organisatorische Kontexte eingebunden, bzw. unterstützen trotz aller spezifizierten und implementierten Standards unterschiedliche Technologien, Protokolle etc. Dabei kann es notwendig werden, dass Agenten sich den in dem entsprechenden MAS vorherrschenden Regeln (zur Verwendung bestimmter Protokolle, organisatorischer

Regelungen o.ä.) unterwerfen müssen. In der Folge bedeutet das, dass Agenten ebenso gegebene Verfahrensvorschriften und Regeln innerhalb eines Multiagentensystems akzeptieren und befolgen müssen, d.h. die Beziehungen des Agenten zu dieser Organisation (MAS) sind vertraglich zu regeln, ohne dass jedoch die Autonomie (Individualität) des Individuums Agent nachhaltig negativ beeinflusst wird. Die Gesellschaft kennt zu diesem Zweck unter verschiedene Vertragsformen, die den Grad der Mitgliedschaft mit den jeweiligen Rechten und Pflichten regeln (z.B. Arbeitsvertrag; Werkvertrag, etc.).

Organisatorische Regeln müssen jedoch nicht explizit vorgegeben werden, sondern können sich dynamisch durch Koordination der Organisationsmitglieder untereinander bilden bzw. Ergebnis eines kollektiven Lernprozesses sein [KiKu92, 21]. Laut Scherer [Sche99, 1] werden Organisationen als System von expliziten und impliziten Regeln beschrieben, die einem bestimmten Zweck dienen und Erwartungen kommunizieren, sich in einer bestimmten Art und Weise zu verhalten. Diese Regeln können die Individuen normalerweise nicht beeinflussen und unterwerfen oder entziehen sich ihnen. Dabei müssen die Regeln interpretiert und in verschiedene Handlungen umgesetzt werden [Kies99, 303]. Um eine einheitliche Übereinstimmung der Interpretation zu erhalten, kommunizieren die Organisationsmitglieder untereinander.

Im Softwareengineering werden seit einigen Jahren Geschäftsregeln (auch Business Rules) zur Beschreibung von Bedingungen und Restriktionen von Geschäftsprozessen verwendet. Hierbei liegt der Fokus vor allem auf der Darstellung von Strukturen, deren Abhängigkeiten sowie Möglichkeiten der Steuerung und Kontrolle von Geschäftsprozessen im Rahmen der Gestaltung von Informationssystemen. Geschäftsregeln können als Beschreibung von Vorgaben und Restriktionen von Geschäftsprozessen sowie von deren Zuständen und Abläufen verstanden werden [HeKn94, 1]. Gemäß der Definition der Business Rules Group zu Geschäftsregeln [BrGr05], können zwei Perspektiven eingenommen werden (siehe Tab. 1):

	Definition
Business perspective	“...a business rule is a directive, intended to influence or guide business behavior, in support of business policy that has been formulated in response to an opportunity, threat, strength, or weakness.”
I/S perspective	“...a business rule is a statement that defines or constrains some aspect of the business. It is intended to assert business structure, or to control or influence the behavior of the business.”

Tab1: Business Rules [BrGr2005]

Durch diesen Ansatz konnte erstmalig die lange diskutierte Zusammenführung von Geschäftslogik, Präsentation und Speicherung von Daten realisiert werden. Hierbei werden

Geschäftsregeln jedoch weniger als eine Erweiterung der Modellierungsmöglichkeiten verstanden. Sie dienen vielmehr der Beschreibung, Formalisierung und Spezifizierung der Regeln von Agenten und des Multiagentensystems selbst.

Sie werden folglich ähnlich dem Java Policy-Konzept verwendet, wenn auch die Business Rules in ihren Restriktionen als auch Freiheitsgraden über Policies hinausgehen. Im Zusammenhang mit der Modellierung von Agenten, basierend auf Business Rules, entwickelten Taveter und Wagner die Definition „Business Rules are statements that express (certain parts of) a business policy, such as defining business terms, defining deontic assignments (of powers, rights and duties), and defining or constraining the operations of an enterprise, in a declarative manner“ [TaWa02, 528]. Dabei weisen Regeln nach Herbst und Knolmayer [HeKn94, 2], angelehnt an die Datenbanktheorie, folgende Struktur auf:

- Ereignis: Wann soll eine Regel überprüft werden?
- Bedingung: Was soll überprüft werden?
- Aktion: Wie soll reagiert werden?

Entsprechend dieser Struktur werden die Regeln operationalisiert und in die Software (Agenten, MAS) implementiert. Es ist folglich eine Regelsprache notwendig, die solche Konstrukte unterstützt, die beschreiben lässt, wann eine solche Regel ausgeführt bzw. betrachtet werden muss (als Reaktion auf eine Aktion bzw. innerhalb einer vorgegebenen temporären Struktur), welche Bedingungen erfüllt sein müssen damit eine entsprechende Regel angewandt werden kann und wie letztlich auf die so entstandene Situation durch eine Aktion reagiert wird.

### **3 Regelbasierter Ansatz**

Im Folgenden wird ein Ansatz beschrieben, der Werkzeuge zur Beschreibung von Regeln zur Verfügung stellt und in einer Verhandlung gegebenenfalls die Regeln zwischen den beteiligten Entitäten anzupassen. Im Ergebnis der Verhandlung wird die Mitgliedschaft eines Agenten zu einem MAS über Regeln in einer Art Vertrag fixiert.

#### **3.1 Regelontologie**

Notwendige Voraussetzung für die eindeutige Beschreibung dynamischen Regelwissens sind Ontologien. Eine Ontologie ist „...an explicit specification of a conceptualization“ [Grub93, 1].

Durch die Konzeptualisierung wird eine vereinfachte Sichtweise auf die Welt geschaffen, wobei mit Hilfe eines definierten Vokabulars eine Domäne oder ein Thema spezifiziert wird. Eine Ontologie ist im Kontext der Verteilten Künstlichen Intelligenz folglich eine Wissensbasis, die durch eine Menge von Begriffen definiert ist, indem Entitäten der Diskurswelt (Klassen, Objekte etc.) mit durch Menschen lesbarem Text bzw. Erklärungen verbunden werden. Gemäß Hage und Verheij [HaVe99] besteht Regelwissen aus Konstrukten der universellen Ontologie, die als Tatbestände bezeichnet werden. Eine Regel verbindet demnach zumindest zwei Sachverhalte: die Vorbedingung und das Ereignis. Ontologien bilden ein entscheidendes Konstrukt bei der Modellierung von Regeln, um die Interpretation von Regelwissen der beteiligten Agenten und Systeme zu ermöglichen.

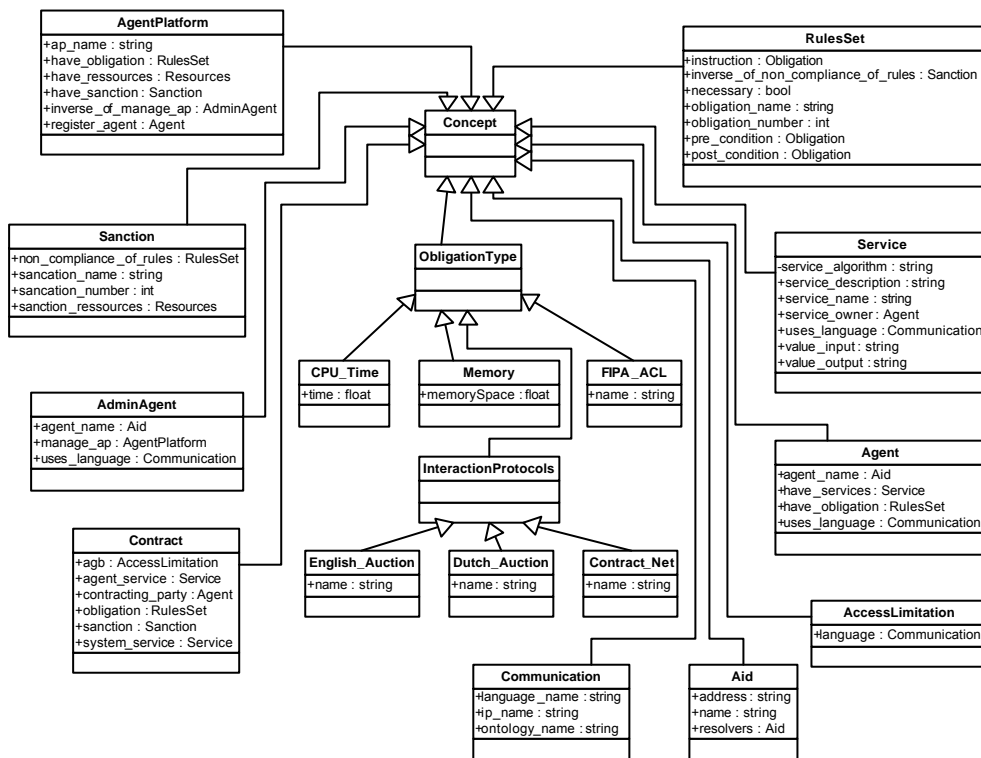


Abb. 1: Konzepte der Regelontologie

Um die semantische Korrektheit der regelbasierten Nachrichten zwischen den Agenten zu gewährleisten, wird eine Regelontologie eingeführt, die die wesentlichen Entitäten, Attribute und Aktionen zur Kommunikation und Interaktion über die Regelmenge definiert. Innerhalb der Ontologie wird zwischen Konzepten und Prädikaten unterschieden. Konzepte stellen dabei

Objekte dar, die die entsprechenden Daten der Kommunikation der Agenten beinhalten. In der praktischen Umsetzung (siehe Abb. 1) sind somit u.a. die Konzepte Contract (Vertrag zwischen dem Agenten und dem MAS), RulesSet (Menge der zu vereinbarenden Regeln), Obligation (die entsprechende Regel selbst) oder Sanction (Sanktion, welche bei einem Verstoß gegen eine Regel droht) definiert. Prädikate hingegen können als Methoden oder Funktionen betrachtet werden, die bestimmte Tätigkeiten eines Agenten beschreiben. So wurden u.a. die Prädikate searchForService (Suche nach einem Dienst, den ein potentiell zukünftiges Mitglied des MAS benötigt), askForRulesSet (Anfrage eines Agenten nach den Regeln eines Agenten), registerContract (Abschließen eines Vertrages zwischen Agent und System) oder leaveSystem (ein Agent beabsichtigt ein System zu verlassen) definiert.

Durch die oben beschriebenen Konzepte und Prädikate der Ontologie ist es nunmehr möglich, eine semantisch eindeutige Kommunikation zwischen Plattform und Agent über die Verhandlung einer Mitgliedschaft in einem Multiagentensystem zu gewährleisten. Die Ontologie ist generisch ausgelegt, beinhaltet folglich keine domänenspezifischen Elemente, die jedoch bei Bedarf noch hinzugefügt werden können. Die Ontologie bezieht sich allein auf die Regelverhandlung sowie Kontrolle der Einhaltung der Regeln und ist wenig oder nicht geeignet, anderweitige Problemklassen zu adressieren.

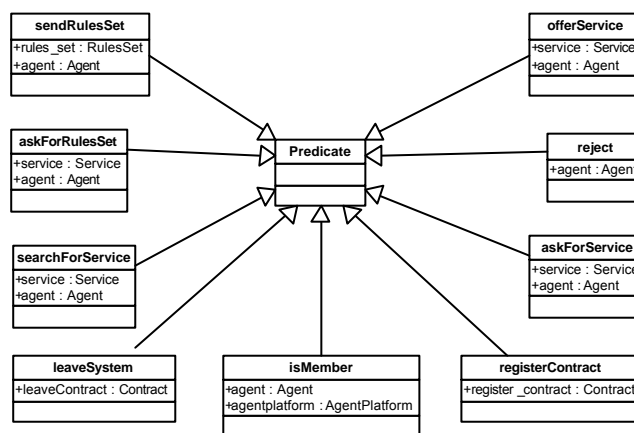


Abb. 2: Prädikate der Regelontologie

### 3.2 Regelmodell

Um eindeutige Regeln für Agenten und Multiagentensysteme modellieren und operationalisieren zu können, werden diese innerhalb eines Regelmodells abgebildet und definiert. Die Identifizierung und Modellierung von Regeln erfolgt mit Hilfe der Regelontologie, um die Eindeutigkeit der Regelkonstrukte zu gewährleisten. Die Formalisierung der Regeln erfolgt

durch die Object Constraint Language. OCL wurde durch die Object Management Group (OMG) zertifiziert und liegt derzeit in der Version 2.0 vor [OCL04]. Sie stellt eine Erweiterung der Modellierungssprache Unified Modeling Language (UML) dar. Notwendig wurde die Spracherweiterung, da herkömmliche Diagramme in UML keine Abhängigkeiten und Regeln abbilden können. OCL stellt eine Sprache dar, die neben der einfachen Verständlichkeit sehr eng an implementierungsnahen Methoden und Sprachen angesiedelt ist. Entsprechend codierte Regeln und Ausdrücke können daher ohne großen Anpassungsaufwand in objektorientierte Sprachen überführt werden. OCL stellt durch ihre bei der OMG erfolgte Spezifizierung eine verifizierte und in der Praxis erprobte Sprache dar.

Bei der Definition von Regeln kann zwischen domänenabhängigen Regeln, die in Abhängigkeit zur jeweils gegebenen Aufgabenstellung des Systems bzw. der Umwelt stehen und generischen Regeln, die keine Domänenspezifik besitzen und unabhängig von konkreten Aufgabenstellungen sind, unterschieden werden. Generische Regeln werden im Folgenden als statische Regeln bezeichnet, z.B.:

- Kommunikationsprotokolle im System (z.B. KQML, FIPA ACL);
- Koordinationsprotokolle (z.B. FIPA Dutch Auction, FIPA Contract Net);
- Inhaltsbeschreibungssprachen (z.B. Semantic Language (SL), KIF);
- Ontologien.

Domänenabhängige Regeln, die im Folgenden als dynamische Regeln bezeichnet werden, sind in Abhängigkeit von den gegebenen Aufgabenstellungen gestaltet, z.B.:

- Vertraulichkeit von Informationen;
- spezifische gesetzliche Bestimmung hinsichtlich Datenhaltung und Datenschutz;
- zu erbringender Anteil der Lösungskapazität eines Agenten in einem MAS und
- Anteil zu erbringender Kooperationsleistungen eines Agenten in einem System.

Weiterhin wird unterschieden zwischen Regeln, die unabdingbar (obligatorisch) und solchen, die optional für die Agenten und das Multiagentensystem sind (vgl. Tab. 2).

	Statisch	Dynamisch
Obligatorisch	Kommunikationssprache	Rollen, Ontologien
Optional	Interaktionsprotokolle	Zugriffsrechte, org. Regelungen

Tab. 2: Klassifizierung der Regeln von Multiagentensystemen

### 3.2.1 *Obligatorische statische Regeln*

Obligatorische statische Regeln definieren domänenunabhängige und zwingend notwendige Anforderungen, die das Funktionieren des Systems unmittelbar beeinflussen. Dazu gehören Anforderungen, die erfüllt sein müssen, um Kommunikation und Koordination in einem System überhaupt gewährleisten zu können. Diese werden für den Agenten und das MAS selbst festgelegt. Die Grundvoraussetzungen für die Interoperabilität von Agentensystemen sind innerhalb des FIPA-Standards definiert [FIPA06]. Dieser umfasst neben der Agentenkommunikationssprache ACL auch die Inhaltsbeschreibungssprachen (z.B. KIF und SLO). Obligatorische statische Regeln für Agenten im Kontext o.g. Szenarios können sein:

```
context agent inv:
  RulesSet.CommunicationLanguage = FIPA_ACL
  RulesSet.CommunicationLanguage.necessary = true
  RulesSet.ContentLanguage = FIPA_SLO
  RulesSet.ContentLanguage.necessary = true
```

Obligatorische statische Regeln für ein Multiagentensystem können sein:

```
context MAS inv:
  RulesSet.CommunicationLanguage = FIPA_ACL
  RulesSet.CommunicationLanguage.necessary = true
  RulesSet.ContentLanguage = FIPA_KIF
  RulesSet.ContentLanguage.necessary = true
```

Diese jeweils internen Regeln des Agenten sowie des MAS müssen hinsichtlich ihrer Vereinbarkeit überprüft werden. Bei obligatorischen Regeln ist eine Verhandlung über den Regelinhalt nicht möglich, d.h. eine Übereinstimmung ist zwingend notwendig, um die Grundvoraussetzungen für das Funktionieren des Systems zu schaffen.

Eine Überprüfung (oder in OCL die eigentliche Regel) würde wie folgt definiert werden:

```
MAS:: joinAgent(SystemRules: RulesSet, AgentRules: RulesSet) : boolean
  pre: SystemRules=AgentRules
  post: join=true
```

Dies würde einer trivialen Überprüfung bzw. einem Matching der Regeln entsprechen. Nur wenn die Regeln übereinstimmen, kann die Mitgliedschaft des Agenten bestätigt werden.

### 3.2.2 *Optionale statische Regeln*

Innerhalb optionaler statischer Regeln können vor allem Interaktionsprotokolle, wie das FIPA Kontrakt-Netz-Protokoll oder das FIPA Request-Protokoll definiert werden [FIPA06]. Interaktionsprotokolle sind zwar für die Kommunikation der Agenten nicht zwingend notwendig, sie sind aber unerlässlich um Koordination respektive Kooperation zwischen den Agenten zu gewährleisten. Gemäß dem eingeführten Szenario könnten optionale statische Regeln die unterschiedlichen Vergabekriterien von Transportaufträgen beinhalten, die beispielsweise über

Auktionen, oder aber über das FIPA Kontrakt-Netz Protokoll<sup>1</sup> durchgeführt werden können. Beim Abgleichen der Regelmenge des Agenten mit der des Multiagentensystems müsste das Eintrittskriterium so gestaltet werden, dass zumindest eines der durch den Agenten beherrschten Interaktionsprotokolle auch im System verfügbar ist und sich somit ein Transportagent überhaupt an der Vergabe von Transportaufträgen beteiligen kann. Eine OCL-konforme Formalisierung könnte wie folgt aussehen:

```

context agent inv:
  RulesSet.InteractionProtocol = FIPA_DUTCH_AUCTION;
  RulesSet.InteractionProtocol.necessary = false
RulesSet.InteractionProtocol = FIPA_ENGLISH_AUCTION;
  RulesSet.InteractionProtocol.necessary = false
RulesSet.InteractionProtocol = FIPA_CONTRACT_NET;
  RulesSet.InteractionProtocol.necessary = false

```

### 3.2.3 Obligatorische dynamische Regeln

Entsprechend dem Anwendungsszenario ist es erforderlich, domänenspezifische Regeln zu formulieren. So kann es geboten sein, spezielle Rollen innerhalb eines Multiagentensystems zu entwerfen (z.B. Agenten erfüllen spezielle Administrationsfunktionen oder fungieren als spezifische Schnittstellen zu existierenden IT-Systemen) oder aber Ontologien zu erstellen, die eine domänenspezifische Kommunikation unterstützen. Um ein inhaltliches Verständnis für die Kommunikation zu realisieren, kann als obligatorische Regel das Verwenden spezifischer Ontologien vorausgesetzt werden. Neben der vorgestellten Regelontologie, die generisch und somit domänenunabhängig verwendet werden kann, sind domänenspezifische Ontologien erforderlich, die die Begrifflichkeiten und Objekte der entsprechenden Domäne, im Beispiel eine Ontologie für logistische Sachverhalte (z.B. Agent.Enterprise Ontology<sup>2</sup>) definieren. Eine Formulierung der Regeln in OCL würde folgendermaßen gestaltet sein:

```

context agent inv:
  RulesSet.Ontology = RulesOntology;
  RulesSet.Ontology.necessary = true
RulesSet.Ontology = Agent.EnterpriseOntology;
  RulesSet.Ontology.necessary = true

```

Analog zu den obligatorischen statischen Regeln ist auch hier bei der Überprüfung der Regelmenge ein reines Matching, also Übereinstimmung der Regeln, erforderlich. Es wird also nur überprüft, ob die Regeln eines Agenten dem des Systems entsprechen bzw. ob der Agent bereit ist, falls er selbst nicht über die jeweiligen Regeln verfügt, die des Systems anzuerkennen.

---

<sup>1</sup> Innerhalb des FIPA Kontrakt-Netz Protokolls wird das Verfahren zur freihändigen Vergabe einer Aufgabe entsprechend der Fähigkeiten der verfügbaren Agenten spezifiziert.

<sup>2</sup> <http://www.agententerprise.net/>



### 3.2.4 Optionale dynamische Regeln

Optionale dynamische Regeln werden vorwiegend zur Formulierung organisatorischer Aspekte bzw. domänenspezifischer Anforderungen verwendet (z.B. Zugriffsrechte auf lokale Ressourcen wie Datenbanken, Speicherbereiche oder Dienste). Darüber hinaus können jedoch auch Regeln spezifiziert werden, die sich aus dem Anwendungskontext bzw. den organisatorischen Rahmenbedingungen ergeben können. Im Rahmen des Logistikszenarios ist es denkbar, dass die einzelnen Umschlagplätze bestehende Rahmenbedingungen definiert haben, die zum Beispiel den Zugriff auf lokale Ressourcen, wie Datenbanken, oder aber bei globalen Transportnetzen die jeweiligen gesetzlichen Bedingungen der entsprechenden Länder (beispielsweise Umgang mit Gefahrguttransporten, Ruhezeiten von Fahrern etc.) spezifizieren. Die Formulierung von eindeutigen, durch das System interpretierbaren Regeln erweist sich als verhältnismäßig komplex und lässt sich nur durch klar interpretierbare Ontologien erreichen. So könnte zum Beispiel eine Formulierung der Regeln in OCL wie folgt formuliert werden:

```
context MAS inv:
    RulesSet.Database.Login = "User";
    RulesSet.Database.Login.necessary = false
    RulesSet.Database.Password = "Guest";
    RulesSet.Database.Password.necessary = false
    RulesSet.DriverBreakAfter = "8h";
    RulesSet.necessary = true
```

Bei der Überprüfung wird nicht versucht, eine Übereinstimmung (Matching) der Regeln zwischen Agent und MAS zu erreichen, sondern die se müssen durch die jeweilig andere Entität akzeptiert und befolgt werden.

### 3.3 Regelabgleich/Mitgliedschaft

Der Anreiz für einen Agenten, Mitglied eines MAS zu werden, liegt entweder in den durch das System zur Verfügung gestellten Ressourcen, bzw. in Diensten, die durch Agenten des Systems bereitgestellt werden. Um Mitglied zu werden, muss der Agent mit dem System Regeln verhandeln, um die Interoperabilität und Koordinationsfähigkeit des Systems zu erhalten. Aus diesem Grund verfügen sowohl der Agent als auch das MAS über eine eigene Regelmenge, die neben technischen Spezifikationen (wie Protokolle und Sprachen) auch soziale und organisatorische Komponenten (Anforderungen an einen Agenten von Seiten seines Benutzers bzw. Anforderungen an das System in seinem sozialen Umfeld) beinhalten können.

Um einen Regelabgleich bzw. eine Verhandlung der Regelmenge durchführen zu können wird die Rete-Maschine [Forg82] von Jess (Java Expert System Shell [Jess06]) verwendet. Die

Regelmaschine von Jess besitzt eine Java-Schnittstelle, sodass Daten direkt aus dem Programm in Jess geschrieben und die Ergebnisse ausgelesen werden können.

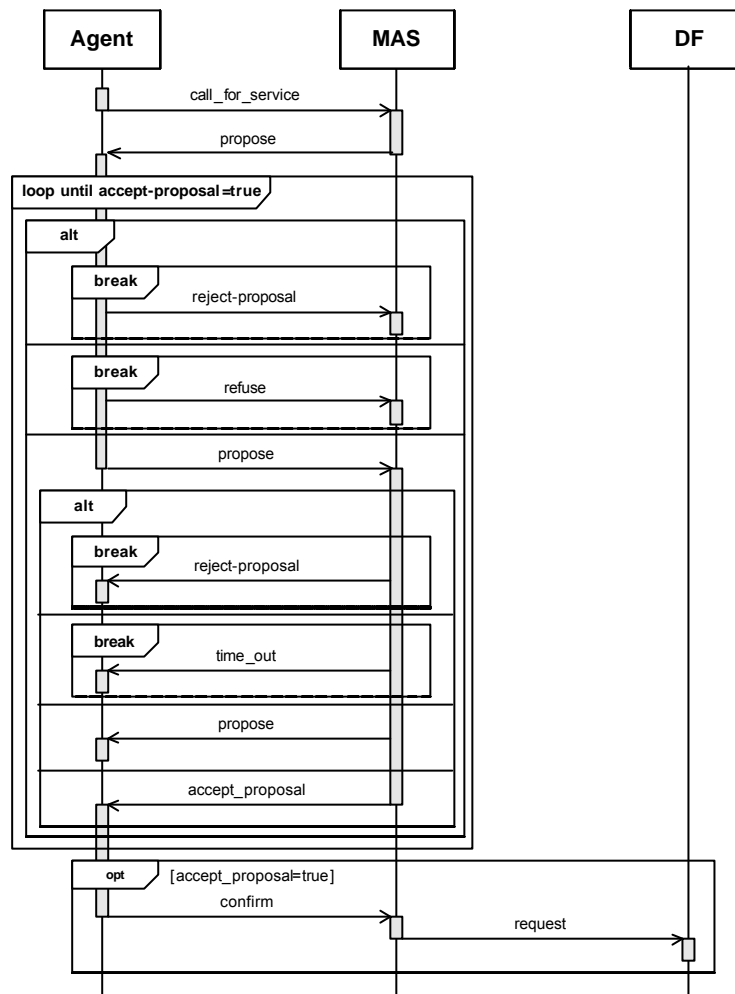


Abb. 3: Sequenzdiagramm des Interaktionsprotokolls zum Eintritt eines Agenten in ein MAS

Die Verhandlung zwischen dem System und dem Agent über eine mögliche Mitgliedschaft ist im Sequenzdiagramm (Abb. 3) dargestellt. Der Regelabgleich zwischen System und Agent ist im vorgestellten Prototyp gewichtungsabhängig realisiert. An einem verbesserten Algorithmus zum Regelabgleich auf Basis des Constraint Satisfaction Problem Verfahrens [RuNo03, 141], wird derzeit gearbeitet. Ist der Abgleich beendet, wird der Agent Mitglied des Systems, indem ein „Vertrag“ (Contract) durch das System und den Agenten vereinbart wird. Dieser Vertrag ist in einer zentralen Datenbasis gespeichert, um bei eventuell auftretenden späteren Verfehlungen darauf zurückgreifen zu können und gegebenenfalls Sanktionen zu verhängen, die von Ressourcenbeschränkungen bis hin zu einem Ausschluss eines Agenten aus einem System reichen

können. Für die Kontrolle der Einhaltung der Regelmenge durch den Agenten empfehlen sich Ansätze der s.g. Soft Security, wie zum Beispiel Reputationsmechanismen [Pado00].

#### 4 Prototyp

Der im Folgenden vorgestellte Prototyp ist das Ergebnis der Entwicklung einer agentenbasierten Transportnetzwerk-Simulation. Der Fokus hierbei liegt in der Untersuchung des dezentralen Koordinationskonzeptes in dem Bereich der Logistik. Im modellierten logistischen Netzwerk werden Stückgüter, Umschlagplätze und Fahrzeuge jeweils durch Softwareagenten repräsentiert. Das Stückgut erreicht einen Umschlagplatz an Bord eines Fahrzeuges und kann auf diesem beliebig umgruppiert werden. Die Entscheidung über die Beladung der Fahrzeuge erfolgt nach festgelegten Regeln durch direkte Verhandlungen zwischen den Stückgütern. Hierbei können Entscheidungen über den Weitertransport noch während der Fahrt auf den Fahrzeugen getroffen werden. Die Implementierung des Prototyps setzt auf eine weitgehende Trennung von Ablauf und Darstellung (Abb. 4).

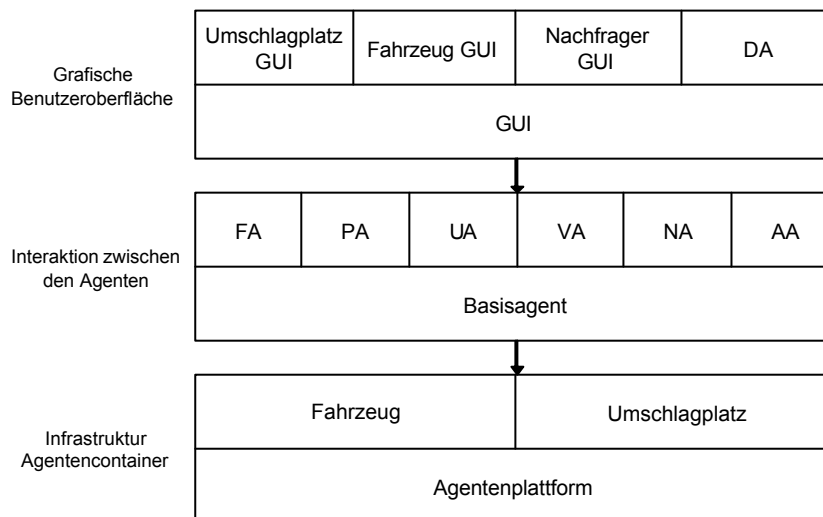


Abb. 4: Ebenen der Implementierung

Die unterste Ebene stellt die benötigte Infrastruktur und Basisdienste zur Verfügung. Auf der mittleren Ebene agieren und kommunizieren die Agenten untereinander. Hier sind die Funktionen und Eigenschaften der Agenten eingebunden. Graphical User Interfaces (GUI) für die einzelnen Agententypen werden auf der oberen Ebene repräsentiert.

Der Prototyp verfolgt die Strategie der dezentralen Koordination der logistischen Steuerelemente wie Fahrzeuge oder Stückgüter. Der Prototyp basiert auf dem *Java Agent Development Environment* (JADE) [JADE06]. JADE stellt eine Middleware auf Basis von Java dar und unterstützt die Entwicklung von Multiagentensystemen durch die Bereitstellung einer Agentenplattform den Rahmen für die Entwicklung von Agenten. Auf Grund der Konformität von JADE mit dem FIPA-Standard ist eine hohe Interoperabilität des Prototyps sichergestellt.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Unternehmensübergreifende Transportnetzwerke zeichnen sich durch eine zunehmende Komplexität und vor allem eine natürliche Verteiltheit der Ressourcen aus. Diese Charakteristiken lassen den Einsatz von Agenten zur Planung und Koordination der logistischen Prozesse als geeignet erscheinen. Dabei wurde der Ansatz der Verwendung von Regeln zur Beschreibung und Definition von Anforderungen und Rahmenbedingungen des logistischen Netzwerks, der zur Verfügung stehenden Plattformen und deren Akteuren bislang nur unzureichend betrachtet. Durch deren Definition ist es nun möglich, auch in einer weitgehend heterogenen Systemlandschaft, mit unterschiedlich verwendeten Protokollen, Interoperabilität und vor allem Koordinationsfähigkeit herzustellen. Dabei spielen nicht nur technische Aspekte eine Rolle, sondern es können auch organisatorische und soziale Sachverhalte definiert werden. Der Ansatz schließt damit die Lücke zwischen dem Ziel einer hohen Flexibilisierung logistischer Prozesse und dem Wunsch, die Einhaltung vereinbarter Geschäftsregeln zu überwachen. Die Formalisierung der Regeln erfolgte mittels der Object Constraint Language, die eine direkte Überführung in Programmcode erlaubt. Durch die aufgezeigte Regelontologie wird die semantische Klarheit der Kommunikation zur Vereinbarung von Regeln zwischen den Akteuren verbessert. Weiterhin wurde ein Ansatz zur Aushandlung von Regeln vorgestellt. Im dargestellten Prototyp sind die Ansätze implementiert.

Für die zukünftige Weiterentwicklung sind weitere domänenspezifische Ontologien geplant. Der Prozess der Verhandlung und des Abgleichs der Regeln wird flexibilisiert und vereinfacht. Abschließend kann festgestellt werden, dass das Regelkonzept in vorliegendem Papier zwar in Hinblick auf agentenbasierte Anwendungen entwickelt wurde, jedoch ebenso für weitere nicht agentenspezifische Systeme, wie zum Beispiel elektronische Märkte, denkbar ist.

## Literaturverzeichnis

- [Anth03] Anthes, G. H.: Agents of Change. [www.computerworld.com](http://www.computerworld.com), 2003.
- [BBGL+04] Benisch, M.; Greenwald, A.; Grypari, I.; Lederman, R.; Naroditskiy, V.; Tschantz, M.: Botticelli: A Supply Chain Management Agent. In: Proceedings of Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, ACM Press, 2004.
- [BrGr05] Business Rules Group, <http://www.businessrulesgroup.org>, 2005.
- [Buss98] Bussmann, S.: Agent-Oriented Programming of Manufacturing Control Tasks. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems. IEEE CS Press, 1998, S. 57 - 63.
- [CoJe96] Cockburn, D.; Jennings, N.R.: Archon: A Distributed Artificial Intelligence System for Industrial Applications. In: O'Hare, G.M.P.; Jennings, N.R. (Hrsg.): Foundations of Distributed Artificial Intelligence. John Wiley, 1996, S. 319-344.
- [DaHe04] Davidsson, P.; Henesey, L et al: Agent-Based Approaches to Transport Logistics. AAMAS Workshop on Agents in Traffic and Transportation, 2004.
- [FIPA06] [www.fipa.org](http://www.fipa.org), 2006, Abruf am 10. Juli 2006.
- [Forg82] Forgy, C.: Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem. Artificial Intelligence 13(1982)19, S 17-37.
- [FrMu96] Fritzing, J.; Mueller, M.: Java Security. White Paper, Sun Microsystems, 1996.
- [GrGr05] Gaudina, V.; Grundspenkis, J.: Technologies and Multi-Agent System Architectures for Transportation and Logistics Support: An Overview. In: International Conference on Computer systems and Technologies – CompSysTech IIIA.6-1 – IIIA.6-2, 2005.
- [Grub93] Gruber, T. R.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. In: Knowledge Acquisition 2 (1993) 5, S.199-220.
- [HaVe99] Hage, J., Verheij, B.: The law as a dynamic interconnected system of states of affairs – a legal top ontology. In: International Journal of Human - Computer Studies 6 (1999) 51, S. 1043-1078.
- [HeKn94] Herbst, H.; Knolmayer, G.: Arbeitsbericht Nr. 46 - Ansätze zur Klassifikation von Geschäftsregeln. Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Bern, 1994.
- [Jade06] Jade Agent Development Environment: <http://jade.cselt.it/>, 2006.

- [Jess06] Java Expert System Shell, 2006, <http://www.sandia.gov>, Abruf am 10. Juli 2006.
- [KiKu92] Kieser, A.; Kubicek, H.: Organisation. Walter de Gruyter, Berlin 1992.
- [Kies99] Kieser, A.: Konstruktivistische Ansätze. In: Kieser, A. (Hrsg.): Organisationstheorien. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart 1999, S. 287-318.
- [KnTi99] Knirsch, P.; Timm, I. J.: Adaptive Multiagent Systems Applied on Temporal Logistics Networks. In: Proceedings 4th International Symposium on Logistics, 1999.
- [Müll97] Müller, J.P.: Towards Agents Systems Engineering. International Journal on Data and Knowledge Engineering, In: Special Issue on Distributed Expertise 23. 1997.
- [OCL04] UML 2.0 OCL Specification. <http://www.omg.org/docs/ptc/03-10-14.pdf>, 2004, Abruf am 10. Juli 2006.
- [Pado00] Padovan, B.: Ein Vertrauens- und Reputationsmodell für Multi-Agenten Systeme. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2000.
- [Paru00] V.D. Parunak, H.: A Practitioners' Review of Industrial Agent Application. In: Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 3 (2000) 4, S. 389-407.
- [PLSP04] Perugini, D; Lambert, D.; Sterling, L.; Pearce, A.: Agent-Based Global Transportation Scheduling in Military Logistics. In: Proceedings of Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, ACM Press, 2004.
- [RuNo03] Russel, S.; Norvig, P.: Artificial Intelligence : a modern approach. 2. ed. Prentice-Hall, New Jersey 2003.
- [Sche99] Scherer, A.G.: Kritik der Organisation oder Organisation der Kritik? – Wissenschaftstheoretische Bemerkungen zum kritischen Umgang mit Organisationstheorien. In: Kieser, A. (Hrsg.): Organisationstheorien. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1999, S. 1-37.
- [TaWa02] Taveter, K.; Wagner, G.: Agent-Oriented Enterprise Modeling Based on Business Rules. In: Arisawa, H.; Kambayashi, Y. (Hrsg.): Conceptual modeling for new information systems technologies. Springer-Verlag, Berlin 2002.
- [WoJe95] Wooldridge, M.; Jennings, N.R.: Agent Theories, Architectures, and Languages: a Survey. In Wooldridge, M.; Jennings, N.R. (Hrsg.): Intelligent Agents. Springer-Verlag, Berlin 1995, S. 1-22.

# Distribution network design with postponement

Frank Schwartz, Stefan Voß

Institut für Wirtschaftsinformatik

Universität Hamburg

20146 Hamburg

fs@econ.uni-hamburg.de, stefan.voss@uni-hamburg.de

## Abstract

An important concern in supply chain management is about network design, involving factories, central warehouses, regional warehouses as well as customers. The best strategy has to be ascertained for distributing products within this network. The objective is to select the optimal numbers and locations of central and regional warehouses such that all customer demands are satisfied at minimum total costs of the network. An extension of existing approaches is to take into account aspects of postponement, in particular regarding the problem of postponing activities like assembling half-finished goods or packaging them. A mixed integer programming model is provided and it is demonstrated that the resulting formulation can be used to solve realistic problem instances with commercially available mathematical programming software.

## 1 Introduction

Designing the physical distribution network in a supply chain is an important strategic planning problem with undeniable implications towards tactical and operational planning success. In this paper we consider a distribution network made up of four tiers (factories, central warehouses, regional warehouses, and customer zones (demand points)), with the aim of defining the number and location of different types of facilities. Moreover, we consider certain postponement options motivated by some real-world cases. Aspects of postponement are a widely recognized approach to improve supply chains. However, up to now they have not yet been fully integrated in advanced planning tools [SkHa04], [Stad05]. Various postponement definitions can be found in literature. To some authors, postponement simply means delaying at least one differentiating step. To others, postponement rather means adding variety after receiving a customer order than

anticipating orders [ApGu05]. In the context of distribution network design postponing activities means that finishing products in factories is not mandatory. In lieu of this, performing activities like, e.g., assembling or packaging can be procrastinated. This requires the implementation of appropriate functions in central warehouses or regional warehouses for assembling or packaging goods, respectively.

In this paper a mixed integer linear programming (MILP) model for distribution network design is developed. This model permits decisions regarding the number and location of different types of potential facilities to be selected from a set of possible candidates. As an extension of existing models, decisions regarding the establishment of delayed functions to finish a product with respect to customer requirements are also taken into account. The objective in designing such a distribution network is to determine a least cost system design that satisfies the demands of all customers without exceeding the capacities of the factories, the warehouses including their implemented functions to finish a product as well as the capacities of the shipping routes between the facilities. The model belongs to the class of production-distribution allocation as well as facility-location allocation problems.

The remainder of the paper is organized as follows. In Section 2, a literature review on planning distribution networks as well as postponement is given. In Section 3, a specific distribution network incorporating postponement approaches is depicted in detail. Section 4 contains a mathematical formulation of the considered problem. In Section 5, some computational results for two test instances are reported indicating that respective models actually may prove useful in today's planning systems. A summary as well as an outlook to further research are given in Section 6.

## **2 Literature review**

Designing a distribution network in a multi-echelon environment for locating distribution facilities and allocating functions for finishing products regarding customer needs requires strategic decisions (where to locate facilities and implement functions) as well as tactical/operational decisions (distribution strategy from factories to customers via central as well as regional warehouses). In Operations Research, models and methods for distribution planning are available since its early years, in particular for locating warehouses, but also for more comprehensive design problems regarding multiple products, limited capacities, single source constraints or



nonlinear transportation costs (see, e.g., the reviews of [Aike85], [OwDa98] or [KIDr05]). [GeGr74] were among the first to investigate the use of intermediate distribution. They present a model to solve the problem of designing a distribution system with an optimal location of intermediate distribution facilities between factories and customers. [BrGH87] depict an optimization-based algorithm for a decision support system used to manage complex problems involving facility selection, equipment location and utilization, as well as manufacturing and distribution of products. A MILP formulation with the objective of maximizing the total after-tax profit for manufacturing facilities and distribution centers is presented by [CoLe89]. The model determines the optimal deployment of resources associated with a particular policy option. The considered product structure in the model encompasses three levels (major components, subassemblies, finished products). Extending the model of [CoLe89], [CoMo90] investigate effects of various parameters on supply chain costs and determine which manufacturing facilities and distribution centers should be established. [Chan93] uses a model that plans besides vehicle routes deliveries to customers based upon inventories at warehouses and distribution centers. Later, [ChFi94] consider the coordination of production and distribution planning. [Flei93] developed a multi-commodity three-stage network flow model with arbitrary nonlinear transport and warehouse costs which may include fixed costs. In contrast to common models, location decisions are not determined by integer programming or add/drop procedures, but result from the solution of a network flow problem. A MILP model presented by [Pool94] allows for deciding where to locate factories and depots, allocating the production as well as how to serve customers. A MILP global supply chain model presented by [ABHT95] determines the number and location of distribution centers, customer-distribution center assignments, the number of tiers, and the product-factory assignment. [CCDE97] developed an integer model for finding the location of distribution centers and to assign those selected to customer zones. [Amir06] presents a model that takes into consideration different capacity levels. A tri-echelon multi-commodity system incorporating production, transportation and distribution planning is considered by [PiJa96]. In a succeeding work, [JaPi01] present a model that determines the location of a number of production plants and distribution centers with the objective of minimizing the total operating costs for the distribution network. Further models of distribution networks with several layers are also presented in, e.g., [Klin85], [TsSP01] or [AmSc05]. A multi-objective approach is pointed out in [SaBe00]. A distribution network model taking into account mode selection, lead times as well as capacitated vehicle distribution centers is proposed in [EUPB05].

[KaMN03] develop a generic strategic planning and design model for global supply chains which captures essential elements of many industrial environments. Further papers concerning distribution networks can be found in comprehensive reviews of, e.g., [ViGo97], [GoVD02] and [BiOz04].

Postponement is widely regarded as an approach that may result in superior supply chains (e.g., [JoRi85] or [Coop93]), and it has been recognized as a growing trend in manufacturing and distribution [SkHa04]. According to [YaBu03], much has been written in the literature on the benefits of postponement, yet little is known about its implementation.

Extensive investigations of benefits of postponement as well as postponement strategies have been carried out in the context of marketing and logistics as well as supply chain management. Some papers in this context are [Alde50], [Buck65], [ZiBo88], [Coop93], [FeLe97], [PaCo98], [vHoe98], [vHoe01] and [YaBu03] as well as [MiSk04]. Whereas these studies are primarily qualitative, some recent papers focus on quantifying the benefits and criteria of various postponement strategies. See, e.g., [LeBC93], [GaTa97], [SwTa99], [ErKa00], [MaWL02], [YeYa03], [SkHa04] or [ApGu05].

None of the papers discussed above explicitly deals with the implementation of postponement strategies in the context of planning a distribution network, and there are only few papers, e.g., [CoLe89], [CoMo90] or [ABHT95] that rudimentary combine aspects of postponement and distribution network design.

### **3 Designing distribution networks allowing for aspects of postponement**

This work considers a distribution network with several facilities at different tiers of the network where different products are delivered from the plants to satisfy the requirements of several customer zones. Figure 1 shows a distribution network with factories, central warehouses, regional warehouses and customer zones. The arrows represent potential flows of the products from the factories up to the customer zones. Typically, the goods flow from factories to central warehouses, from central warehouses to regional warehouses and then to the customer zones. The locations of central and regional warehouses are unknown and have to be selected from a set of candidate locations. Furthermore, there is also the alternative to ship goods directly from factories to regional warehouses, from central warehouses to customer zones as well as from factories up to customer zones.

In the distribution network, different groups of finished or unfinished products are shipped to one or several central warehouses in order to be shipped in common from there. Regional warehouses serve as destinations of shipments from the factories or central warehouses, and as starting points for short-distance deliveries to customers. They permit to bundle the shipped goods over long distances, before splitting them into smaller quantities regarding customer orders. The customer zones comprise several customers within an enclosed area. Each customer zone has some demand for certain products, which has to be met by the distribution system.

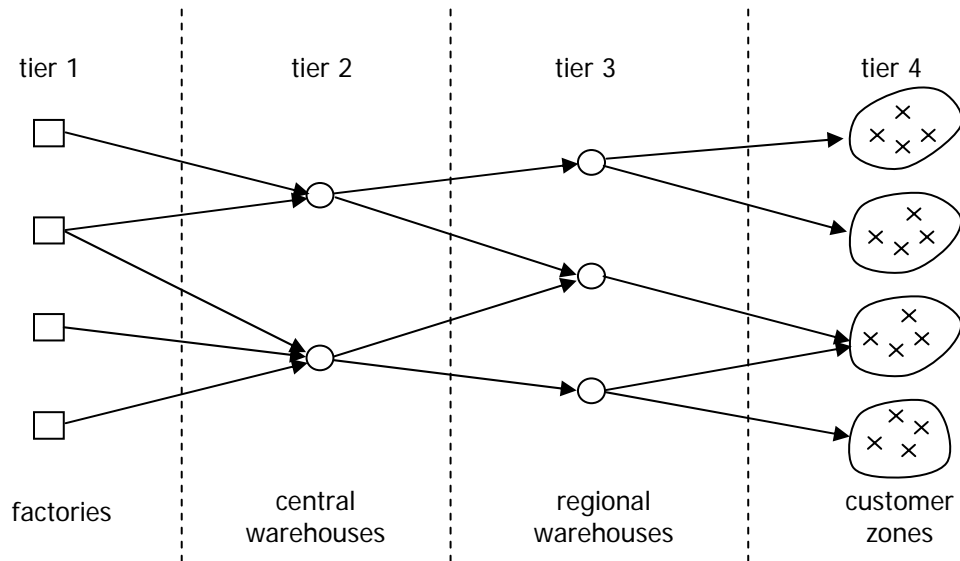


Figure 1: Distribution network with four tiers

Common models of distribution network planning assume that they comprise a flow of finished products from factories to customers. Here this assumption is relaxed such that activities to finish a product could be performed later, or rather postponed along the route from the factories up to the customers. Potential locations for postponed activities are both central and regional warehouses. [ZiBo88] describe five types of postponement that could be implemented in a distribution network: These types of postponement comprise labeling postponement, packaging postponement, assembly postponement, manufacturing postponement, and time postponement. Labeling postponement is an approach where standard products are stocked and labeled differently regarding the realized customer demand. In packaging postponement, products are not packaged into individual packs until final orders are received. Assembly and manufacturing postponement refer to situations where additional assembly or manufacturing may be performed in assembly facilities or at warehouses before shipping the products to customers after demand is realized. Finally, time postponement represents the concept that products are held at a central

warehouse and are shipped to customers directly, instead of shipping them in advance in virtue of corresponding forecasts to retail warehouses.

In the considered distribution network planning problem two types of postponement strategies are to be established: Packaging postponement as well as assembly postponement (see, e.g., [Coop93]). The motivation behind these postponements stems from the option to utilize respective degrees of freedom. That is, products may eventually be specified according to either the final assembly step or even the packaging. Especially for regions with large varieties in customer demands for one or the other product this may allow additional degrees of freedom. Regarding the implementation of the corresponding processes to assemble unfinished goods respectively to pack finished goods, the required resources can be installed on every tier of the distribution network, namely in the factories, in the central warehouses, or in the regional warehouses. Feasible routings through the distribution network are depicted in Figure 2.

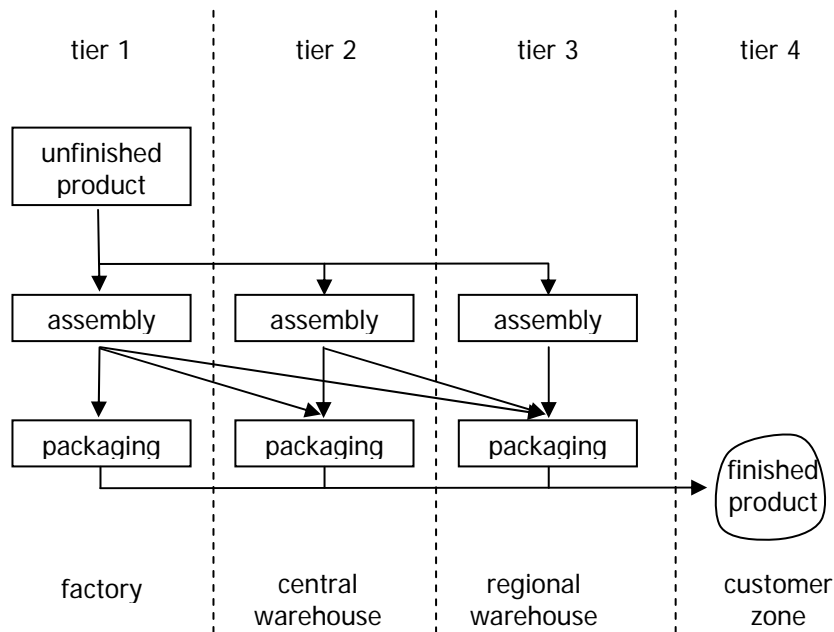


Figure 2: Feasible routings through the distribution network

Postponement may result in considerable cost tradeoffs. Regarding the considered assembly and packaging postponement strategies, processing costs for assembly respectively packaging increase and the transportation costs decrease. Increased per unit assembly costs as well as increased per unit packaging costs result from reduced economies of scale in the concerned warehouses in contrast to assembly respectively packaging in a central plant. Regarding unfinished products that have yet to be assembled, the reduction of transportation costs is typically due to a better density ratio of unassembled products compared to assembled products. In the context of

packaging products, a reduction of transportation costs results from bulk shipping finished, but not packed products from factories to central respectively regional warehouses or from central warehouses to regional warehouses.

The decisions to be determined in the presented distribution network design problem represent strategic decisions and include decisions concerning the number and location of potential central and regional warehouses to be established as well as the decision where to implement assembly and packaging functions in the distribution network. As mentioned above, possible locations for assembly and packaging functions are factories, central warehouses and regional warehouses. Furthermore, decisions regarding the quantity of products shipped between facilities have to be made. The objective is to minimize the combined total costs of the network for a given demand of several customers, taking into account both fixed infrastructure and variable operating costs. The developed model represents a steady-state form of the considered problem with time-invariant deterministic demands. The quantities determined by the optimization are considered to be time-averaged quantities.

Figure 3 represents a consolidated view of Figures 1 and 2. To ease comprehension of the mathematical model in the next section, the applied indices for different locations of facilities or customer zones ( $i$ ), functions ( $f$  and  $l$ ) and tiers ( $s$ ) are incorporated in Figure 3. Index  $l$  denotes different functions that could be implemented in a facility. Index  $f$  also distinguishes different functions that could be implemented. Furthermore, index  $f$  interprets identical functions that deal with products with different completion status as different functions. For reason of clarity there is only one facility displayed at each tier. Further potential facilities in alternative locations at a tier as well as the corresponding flows are omitted. The displayed flows in Figure 3 comprise flows between facilities (shipping goods from one location to another one) as well as flows within facilities (processing goods). On the one hand, the arrows between facilities represent feasible process-determined sequences of functions implemented at facilities that have to be applied to finish a product in the production-distribution process. On the other hand, they indicate the changeover from a facility at one location to a facility at another one at a subsequent tier. There are also some arrows included that represent bypassing one and two tiers respectively.

In every facility displayed in Figure 3, various functions that are allowed to be implemented are shown. These functions include the function “no action” that simply refers to handling products without performing any activities like, e.g., assembly or packaging. At the second tier, the activ-

ity “no action” is represented by three nodes. This is due to the requirement to distinguish products with different completion status in a facility. The ability to distinguish products with different completion status is needed again both to determine the allowed succeeding activity in the distribution network, and to calculate the correct capacity consumption in the corresponding facility.

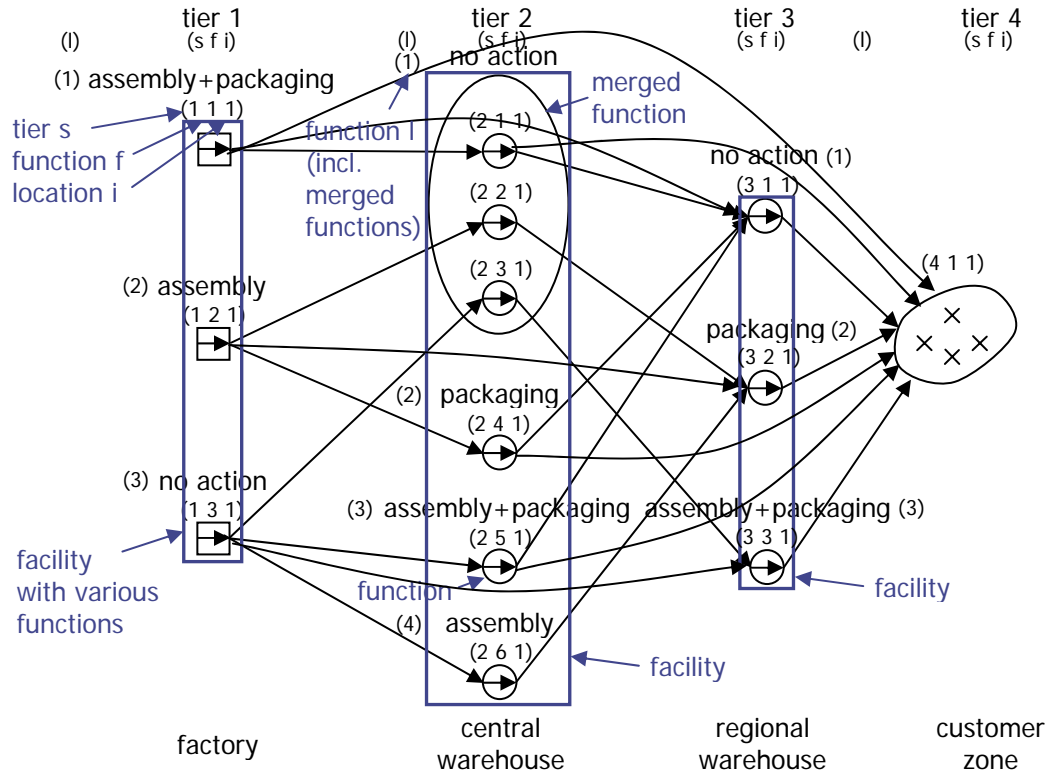


Figure 3: Distribution network with postponed activities

#### 4 Model formulation

The integrated mathematical model for distribution network planning with postponement represents a cost minimization problem. It is a steady state model with deterministic demands, and it is represented by a mixed integer programming formulation. The following notation is used in the formulation of the model:

- $S$  number of tiers
- $Z$  index set of products
- $L_s$  index set of different functions at tier  $s$
- $FCT_s$  index set of nodes of tier  $s$  that represents various functions for various degrees of a product’s completion

$LFCT_{sl}$  index set of nodes of tier  $s$  that represents the same function  $l \in L_s$  for various degrees of a product's completion

$LOC_s$  index set of potential locations of facilities at tier  $s$

$LINKFCT1S_s / LINKFCT2S_s / LINKFCT3S_s$  allowed sequences of potential consecutive functions at tiers  $s$  and  $s+1 / s+2 / s+3$

$LINKLOC1S_s / LINKLOC2S_s / LINKLOC3S_s$  allowed transportation links (facility/facility or facility/customer zone) at tiers  $s$  and  $s+1 / s+2 / s+3$

The decision variables are:

$x_{zsjfg}^{c1S} / x_{zsjfg}^{c2S} / x_{zsjfg}^{c3S}$  quantities of product  $z$  shipped from a facility at candidate location  $i$  at tier  $s$  to a facility at candidate location  $j$  at tier  $s+1$ , performing function  $f$  in facility  $i$  and function  $g$  in facility  $j$

$x_{zsjf}^i$  quantity of product  $z$  processed in a facility at candidate position  $i$  at tier  $s$  by the implemented function  $f$

$y_{sil}$  1, if function  $l$  is established in facility  $i$  at tier  $s$ ; 0 otherwise

The decision variables  $x_{zsjfg}^{c2S}$  and  $x_{zsjfg}^{c3S}$  represent a bypassing of facilities of one and two tiers respectively.

Furthermore, the following parameters are taken into account:

$c_{zsf}^c$  shipping cost per unit and per unit distance for a product  $z$  processed by function  $f$  at tier  $s$

$d_{sij}^{1S} / d_{sij}^{2S} / d_{sij}^{3S}$  distances between facility  $i$  at tier  $s$  and facility  $j$  at tier  $s+1 / s+2 / s+3$

$c_{zsjf}^i$  processing cost for product  $z$  of an implemented function  $f$  in a facility at candidate location  $i$  at tier  $s$

$c_{zsjf}^f$  fixed cost of establishing an implemented function  $f$  in a facility at candidate location  $i$  at tier  $s$

$U_{zsjf}^i$  maximum throughput quantity for product  $z$  (handling and inventory) at a facility in location  $i$  at tier  $s$  for the implemented function  $f$

$U_{zsjfg}^{c1S} / U_{zsjfg}^{c2S} / U_{zsjfg}^{c3S}$  maximum shipping quantities for product  $z$  from a facility in location  $i$  at tier  $s$  to a facility in location  $j$  at tier  $s+1 / s+2 / s+3$  after completing activity  $f$  implemented in  $i$

$Dem_{zi}$  demand of product  $z$  in customer zone  $i$

$Sup_{zi}$  supply of product  $z$  in factory  $i$

In terms of the above notation, the problem can be stated as follows:

Problem P:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_{\substack{z \in Z \\ s \in \{1,2,\dots,S-1\} \\ (i,j) \in LINKLOC1S_s \\ (f,g) \in LINKFCT1S_s}} c_{zsf}^{c1S} d_{sij}^{c1S} x_{zsjfg}^{c1S} + \sum_{\substack{z \in Z \\ s \in \{1,2,\dots,S-2\} \\ (i,j) \in LINKLOC2S_s \\ (f,g) \in LINKFCT2S_s}} c_{zsf}^{c2S} d_{sij}^{c2S} x_{zsjfg}^{c2S} + \sum_{\substack{z \in Z \\ s \in \{1,2,\dots,S-3\} \\ (i,j) \in LINKLOC3S_s \\ (f,g) \in LINKFCT3S_s}} c_{zsf}^{c3S} d_{sij}^{c3S} x_{zsjfg}^{c3S} \\
 & + \sum_{\substack{z \in Z \\ s \in \{1,2,\dots,S-1\} \\ i \in LOC_s \\ f \in FCT_s}} c_{zsf}^i x_{zsf}^i + \sum_{\substack{s \in \{1,2,\dots,S-1\} \\ i \in LOC_s \\ l \in L_s}} c_{sil}^f y_{sil}
 \end{aligned} \tag{1}$$

subject to:

Material balance constraints

Flows entering a facility

$$x_{zsjg}^i = \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC1S_{s-1} \\ (f,g) \in LINKFCT1S_{s-1}}} x_{z(s-1)ijfg}^{c1S} \quad \forall z \in Z, s = 2, j \in LOC_s, g \in FCT_s \tag{2}$$

$$x_{zsjg}^i = \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC1S_{s-1} \\ (f,g) \in LINKFCT1S_{s-1}}} x_{z(s-1)ijfg}^{c1S} + \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC2S_{s-2} \\ (f,g) \in LINKFCT2S_{s-2}}} x_{z(s-2)ijfg}^{c2S} \quad \forall z \in Z, s = 3, j \in LOC_s, g \in FCT_s \tag{3}$$

Demand

$$\begin{aligned}
 Dem_{zj} = & \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC1S_{s-1} \\ (f,g) \in LINKFCT1S_{s-1}}} x_{z(s-1)ijfg}^{c1S} + \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC2S_{s-2} \\ (f,g) \in LINKFCT2S_{s-2}}} x_{z(s-2)ijfg}^{c2S} + \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC3S_{s-3} \\ (f,g) \in LINKFCT3S_{s-3}}} x_{z(s-3)ijfg}^{c3S} \quad \forall z \in Z, s = 4, j \in LOC_s, \\
 & g \in FCT_s
 \end{aligned} \tag{4}$$

Flows leaving a facility

$$x_{zsf}^i = \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC1S_s \\ (f,g) \in LINKFCT1S_s}} x_{zsjfg}^{c1S} + \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC2S_s \\ (f,g) \in LINKFCT2S_s}} x_{zsjfg}^{c2S} + \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC3S_s \\ (f,g) \in LINKFCT3S_s}} x_{zsjfg}^{c3S} \quad \forall z \in Z, s = 1, i \in LOC_s, f \in FCT_s \tag{5}$$

$$x_{zsf}^i = \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC1S_s \\ (f,g) \in LINKFCT1S_s}} x_{zsjfg}^{c1S} + \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC2S_s \\ (f,g) \in LINKFCT2S_s}} x_{zsjfg}^{c2S} \quad \forall z \in Z, s = 2, i \in LOC_s, f \in FCT_s \tag{6}$$

$$x_{zsf}^i = \sum_{\substack{(i,j) \in LINKLOC1S_s \\ (f,g) \in LINKFCT1S_s}} x_{zsjfg}^{c1S} \quad \forall z \in Z, s = 3, i \in LOC_s, f \in FCT_s \tag{7}$$

Supply

$$Sup_{zi} \geq \sum_{f \in FCT_s} x_{zsf}^i \quad \forall z \in Z, s = 1, i \in LOC_s \tag{8}$$



## Capacity constraints

### Transport capacity

$$\sum_{z \in Z} \frac{x_{zsjfg}^{c1S}}{U_{zsjf}^{c1S}} \leq 1 \quad \forall s \in \{1, 2, \dots, S-1\}, (i, j) \in LINKLOC1S_s, (f, g) \in LINKFCT1S_s \quad (9)$$

$$\sum_{z \in Z} \frac{x_{zsjfg}^{c2S}}{U_{zsjf}^{c2S}} \leq 1 \quad \forall s \in \{1, 2, \dots, S-2\}, (i, j) \in LINKLOC2S_s, (f, g) \in LINKFCT2S_s \quad (10)$$

$$\sum_{z \in Z} \frac{x_{zsjfg}^{c3S}}{U_{zsjf}^{c3S}} \leq 1 \quad \forall s \in \{1, 2, \dots, S-3\}, (i, j) \in LINKLOC3S_s, (f, g) \in LINKFCT3S_s \quad (11)$$

### Facility capacity

$$\sum_{\substack{z \in Z \\ f \in LFCT_{st}}} \frac{x_{zsjf}^i}{U_{zsjf}^i} \leq y_{sil} \quad \forall s \in \{1, 2, \dots, S-1\}, i \in FCT_s, l \in L_s \quad (12)$$

### Non-negativity constraints

$$x_{zsjfg}^{c1S} \geq 0 \quad \forall z \in Z, s \in \{1, 2, \dots, S-1\}, (i, j) \in LINKLOC1S_s, (f, g) \in LINKFCT1S_s \quad (13)$$

$$x_{zsjfg}^{c2S} \geq 0 \quad \forall z \in Z, s \in \{1, 2, \dots, S-2\}, (i, j) \in LINKLOC2S_s, (f, g) \in LINKFCT2S_s \quad (14)$$

$$x_{zsjfg}^{c3S} \geq 0 \quad \forall z \in Z, s \in \{1, 2, \dots, S-3\}, (i, j) \in LINKLOC3S_s, (f, g) \in LINKFCT3S_s \quad (15)$$

$$x_{zsjf}^i \geq 0 \quad \forall z \in Z, s \in \{1, 2, \dots, S-1\}, i \in LOC_s, f \in FCT_s \quad (16)$$

### Binary constraints

$$y_{sil} \in \{0; 1\} \quad \forall s \in \{1, 2, \dots, S-1\}, i \in LOC_s, l \in L_s \quad (17)$$

Objective function (1) consists of three cost types. At first, the objective function encompasses variable shipping costs between the locations of facilities. The costs are assumed to be linear. Nonlinear shipping costs, taken into account, e.g., in [Flei93] or [TsSP01], could be incorporated into a more comprehensive model presented in a subsequent paper. A further type of costs in the objective function is induced by variable processing costs at the locations of the facilities. Activities taken into account that could be implemented at the considered facilities are assembly, packaging, both assembly and packaging in combination, as well as a simple handling of products in a facility without executing any further activities. The third cost type represents infrastructure costs with a fixed cost character for establishing the considered functions in the facilities. Constraint sets (2) and (3) represent material balances. The flow entering a facility must equal the quantity that is processed in this facility. Analogously, constraint sets (5), (6) and (7) declare material balances which ensure that the flow leaving a facility has to be as high as

the quantity that is processed there. Constraint set (4) assures that every customer's zone demand for each product type is met. Constraint set (8) restricts the material flows leaving the factories to their maximum quantity they are able to supply. With constraint sets (9) - (11), the maximum quantity of products that can be shipped from one location to another one is incorporated into the distribution network model. The total capacity consumption by shipping different products along the same link is calculated by a linear combination of the capacity consumption of individual products. Constraint set (12) represents a similar approach regarding the maximum quantity that can be processed by an implemented function within a facility. The binary variables in constraint set (12) indicate whether a specific function should be established in a facility or not. Furthermore, the constraints also permit calculating the capacity consumption in a facility if the products processed with the implemented function in the facility feature different completion status (see Figure 3 and its explanations in Section 3). Constraint sets (13) - (16) act for non-negativity constraints, constraint set (17) defines the binary variables.

## 5 Test problems

To illustrate the applicability of the mathematical formulation presented in this paper, two test instances for distribution networks with four tiers are examined. In the first instance representing a small-sized test instance, four manufacturing plants producing two products are incorporated. Product demands can be related to four customer zones. Furthermore, two potential central warehouses as well as three potential regional warehouses are taken into account. The second test instance represents a large problem incorporating two manufacturing plants, three locations of potential central warehouses, ten locations of potential regional warehouses as well as fifty customer zones. Forty products are considered. The decisions that have to be made in both instances regard the question where to implement assembly and packaging functions for enabling postponement in distribution networks. Potential locations are central and regional warehouses. Furthermore, implementations in factories are also incorporated. The latter case meets the traditional approach of distribution networks where only assembled and packaged products leave a factory.

The MILP problems were solved using CPLEX 8.1.0 in a reasonable time. After execution of a preprocessing, the first problem consists of 189 linear constraints with 458 linear and 29 binary variables as well as 1083 nonzeros. The linear objective function incorporates 487 nonzeros.

Using a Personal Computer (Pentium P4, 2.4 GHz, 1 GB main memory), the solution time is 0.016 seconds. The second problem includes 8506 linear constraints with 95200 linear and 48 binary variables as well as 284528 nonzeros. The linear objective function contains 93088 non-zeros, and the solution time on the same computer seems acceptable with 84.031 seconds.

The optimal solution of the first test instance is presented graphically. In Figure 4, the resulting distribution network is shown. The two numbers attached to the facilities as well as to the shipping links denote the quantity of flow regarding the two products taken into account. Both assembly and packaging (a+p) are postponed to the regional warehouses at the third tier. Thus, in virtue of the optimal solution semi-finished products have to be shipped from the factories to the central warehouses and from the central warehouses to the regional warehouses. However, this result depends highly on the applied data set. Some additionally tested data sets with different shipping, handling, assembly and packaging costs as well as different capacities result in totally different solutions regarding an optimal location of assembly and packaging activities.

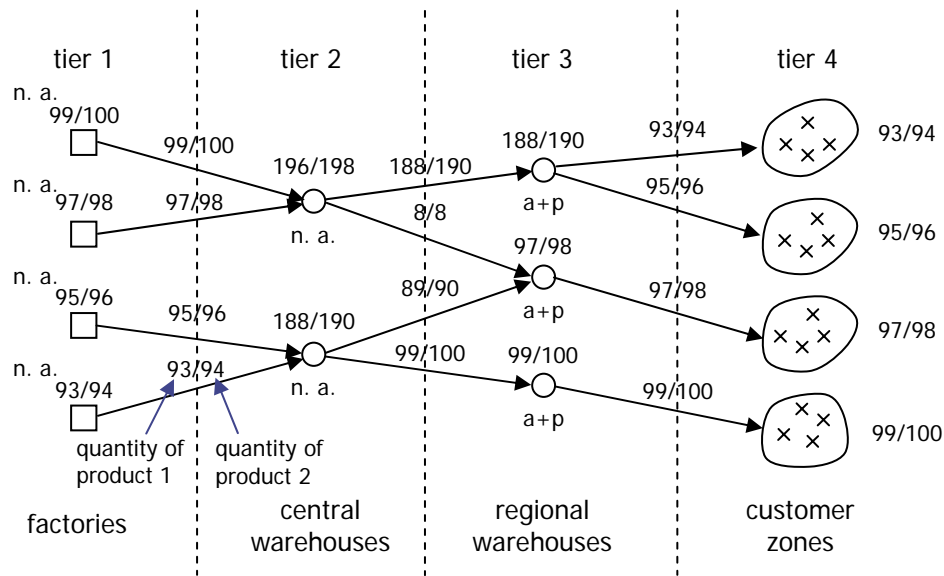


Figure 4: Optimal configuration of a distribution network (small-sized test instance)

## 6 Conclusions

In the presented paper the problem of designing a distribution network made up of four tiers taking into account aspects of postponement is studied. The developed mixed integer programming model enables the decision where to establish central and regional warehouses, where to implement potentially postponed functions for assembly and packaging in the distribution net-

work and which quantities should be shipped from one facility to another one. Two scenarios are conceived and the corresponding test instances are solved.

The proposed model can be regarded as a basis for further research. Thus, several aspects should be taken into account in future work, e.g., nonlinearities of costs, diverse capacity levels, alternative technologies for shipping as well as processing in the facilities, an observation across several periods (dynamic model) and thus considering inventories, explicitly taking into account means of transportation, or capital commitment, risk, as well as insurance contributions. Moreover, implications of incorporating our model into advanced planning systems need to be explored.

## References

- [Aike85] Aikens, C.H.: Facility location models for distribution planning. In: *European Journal of Operational Research* 22 (1985), S. 263-279.
- [Alde50] Alderson, W.: Market efficiency and the principle of postponement. In: *Cost and Profit Outlook* 3 (1950) September, S. 15-18.
- [AmSc05] Ambrosino, D.; Scutellà, M.G.: Distribution network design: New problems and related models. In: *European Journal of Operational Research* 165 (2005), S. 610-624.
- [Amir06] Amiri, A.: Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure. In: *European Journal of Operational Research* 171 (2006), S. 567-576.
- [ApGu05] Appelqvist, P.; Gubi, E.: Postponed variety creation: Case study in consumer electronics retail. In: *International Journal of Retail & Distribution Management* 33 (2005) 10, S. 734-748.
- [ABHT95] Arntzen, B.C.; Brown, G.G.; Harrison, T.P.; Tafton, L.L.: Global supply chain management at Digital Equipment Corporation. In: *Interfaces* 25 (1995) 1, S. 69-93.

- [BiOz04] Bilgen, B.; Ozkarahan, I.: Distribution planning problem: A survey. In: Ahr, D.; Fahrion, R.; Oswald, M.; Reinelt, G. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2003. Springer, Berlin 2004, S. 39-46.
- [BrGH87] Brown, G.G.; Graves, G.W.; Honczarenko, M.D.: Design and operation of a multicommodity production distribution system using primal goal decomposition. In: Management Science 33 (1987) 11, S. 1469-1480.
- [Buck65] Bucklin, L.P.: Postponement, speculation and structure of distribution channels. In: Journal of Marketing Research 2 (1965), S. 26-32.
- [CCDE97] Camm, J.D.; Chorman, T.E.; Dill, F.A.; Evans, J.R.; Sweeney, D.J.; Wegryn, G.W.: Blending OR/MS, judgment, and GIS: Restructuring P&G's supply chain. In: Interfaces 27 (1997) 1, S. 128-142.
- [Chan93] Chandra, P.: A dynamic distribution model with warehouse and customer replenishment requirements. In: Journal of the Operational Research Society 44 (1993), S. 681-692.
- [ChFi94] Chandra, P.; Fisher, M.L.: Coordination of production and distribution planning. In: European Journal of Operational Research 72 (1994), S. 503-517.
- [CoLe89] Cohen, M.; Lee, H.L.: Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks. In: Journal of Manufacturing and Operations Management 2 (1989), S. 81-104.
- [CoMo90] Cohen, M.A.; Moon, S.: Impact of production scale economies, manufacturing complexity, and transportation costs on supply chain facility networks. In: Journal of Manufacturing and Operations Management 3 (1990), S. 269-292.
- [Coop93] Cooper, J.C.: Logistics strategies for global business. In: International Journal of Physical Distribution and Logistics Management 23 (1993) 4, S. 12-23.
- [ErKa00] Ernst, R.; Kamrad, B.: Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. In: European Journal of Operational Research 124 (2000), S. 495-510.

- [EUPB05] Eskigun, E.; Uzsoy, R.; Preckel, P.V.; Beaujon, G.; Krishnan, S.; Tew, J.D.: Outbound supply chain network design with mode selection, lead times and capacitated vehicle distribution centers. In: *European Journal of Operational Research* 165 (2005), S. 182-206.
- [FeLe97] Feitzinger, E.; Lee, H.L.: Mass customization at Hewlett-Packard: The power of postponement. In: *Harvard Business Review* 75 (1997) 1, S. 116-121.
- [Flei93] Fleischmann, B.: Designing distribution systems with transportation economies of scale. In: *European Journal of Operational Research* 70 (1993), S. 31-42.
- [GaTa97] Garg, A.; Tang, C.S.: On postponement strategies for product families with multiple points of differentiation. In: *IIE Transactions* 29 (1997), S. 641-650.
- [GeGr74] Geoffrion, A.M.; Graves, G.W.: Multicommodity distribution system design by Benders decomposition. In: *Management Science* 20 (1974) 5, S. 822-844.
- [GoVD02] Goetschalckx, M.; Vidal, C.J.; Dogan, K.: Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms. In: *European Journal of Operational Research* 143 (2002), S. 1-18.
- [JaPi01] Jayaraman, V.; Pirkul, H.: Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. In: *European Journal of Operational Research* 133 (2001), S. 394-408.
- [JoRi85] Jones, T.C.; Riley, D.W.: Using inventory for competitive advantage through supply chain management. In: *International Journal of Physical Distribution and Materials Management* 15 (1985), S. 16-26.
- [KaMN03] Kalcsics, J.; Melo, M.T.; Nickel, S.: Mathematical programming models for strategic supply chain planning and design. In: Leopold-Wildburger, U.; Rendl, F.; Wäscher, G.: *Operations Research Proceedings 2002*. Springer, Berlin 2003, S. 108-113.
- [Klin85] Klincewicz, J.G.: A large-scale distribution and location model. In: *AT&T Technical Journal* 64 (1985) 7, S. 1705-1730.

- [KlDr05] Klose, A.; Drexl, A.: Facility location models for distribution system design. In: *European Journal of Operational Research* 162 (2005), S. 4-29.
- [LeBC93] Lee, H.L.; Billington, C.; Carter, B.: Hewlett-Packard gains control of inventory and service through design for localization. In: *Interfaces* 23 (1993) 4, S. 1-11.
- [MaWL02] Ma, S.; Wang, W.; Liu, L.: Commonality and postponement in multistage assembly systems. In: *European Journal of Operational Research* 142 (2002), S. 523-538.
- [MiSk04] Mikkola, J.H.; Skjøtt-Larsen, T.: Supply-chain integration: Implications for mass customization, modularization and postponement strategies. In: *Production Planning & Control* 15 (2004) 4, S. 352-361.
- [OwDa98] Owen, S.H.; Daskin, M.S.: Strategic facility location: A review. In: *European Journal of Operational Research* 111 (1998), S. 423-447.
- [PaCo98] Pagh, J.D.; Cooper, M.C.: Supply chain postponement and speculation strategies: How to choose the right strategy. In: *Journal of Business Logistics* 19 (1998) 2, S. 13-33.
- [PiJa96] Pirkul, H.; Jayaraman, V.: Production, transportation, and distribution planning in a multi-commodity tri-echelon system. In: *Transportation Science* 30 (1996) 4, S. 291-302.
- [Pool94] Pooley, J.: Integrated production and distribution facility planning at Ault Foods. In: *Interfaces* 24 (1994) 4, S. 113-121.
- [SaBe00] Sabri, E.H.; Beamon, B.M.: A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design. In: *Omega* 28 (2000) 5, S. 581-598.
- [SkHa04] Skipworth, H.; Harrison, A.: Implications of form postponement to manufacturing: A case study. In: *International Journal of Production Research* 42 (2004), S. 2063-2081.

- [Stad05] Stadler, H.: Supply chain management and advanced planning – basics, overview and challenges. In: *European Journal of Operational Research* 163 (2005), S. 575-588.
- [SwTa99] Swaminathan, J.M.; Tayur, S.R.: Managing design of assembly sequences for product lines that delay product differentiation. In: *IIE Transactions* 31 (1999), S. 1015-1026.
- [TsSP01] Tsiakis, P.; Shah, N.; Pantelides, C.C.: Design of multi-echelon supply chain networks under demand uncertainty. In: *Industrial & Engineering Chemistry Research* 40 (2001) 16, S. 3585-3604.
- [vHoe98] van Hoek, R.I.: Reconfiguring the supply chain to implement postponed manufacturing. In: *The International Journal of Logistics Management* 9 (1998) 1, S. 95-110.
- [vHoe01] van Hoek, R.I.: The rediscovery of postponement: A literature review and directions for research. In: *Journal of Operations Management* 19 (2001) 2, S. 161-184.
- [ViGo97] Vidal, C.J.; Goetschalckx, M.: Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. In: *European Journal of Operational Research* 98 (1997), S. 1-18.
- [YaBu03] Yang, B.; Burns, N.: Implications of postponement for the supply chain. In: *International Journal of Production Research* 41 (2003), S. 2075-2090.
- [YeYa03] Yeh, C.; Yang, H.-C.: A cost model for determining dyeing postponement in garment supply chain. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 22 (2003) 1-2, S. 134-140.
- [ZiBo88] Zinn, W.; Bowersox, D.J.: Planning physical distribution with the principle of postponement. In: *Journal of Business Logistics* 9 (1988) 2, S. 117-136.



# Order-driven planning in build-to-order scenarios

Thomas Volling, Thomas Spengler

Department of Production and Logistics Management  
Technical University Braunschweig  
38106 Braunschweig  
{t.volling, t.spengler}@tu-braunschweig.de

## Abstract

The adoption of build-to-order order fulfillment processes gives rise to a paradigm shift in production planning. Since all business is linked to customer orders, it is the order-driven planning activities that determine the success of operations. Therefore, a clear understanding of the associated planning tasks order promising and master production scheduling as well as their dynamic interaction is essential. Based on an analysis of the decision situation we provide a hierarchical framework comprising quantitative models for order promising and master production scheduling. The approach is evaluated using simulative analysis.

## 1 Introduction

The implementation of customer-oriented manufacturing strategies has frequently been associated with significant gains in profit and a competitive edge [GuNg05; ShLa05]. Yet, striving to serve high volume markets with individualized or customized products, new manufacturing concepts are needed. By switching to build-to-order (BTO) order fulfillment processes, companies seek to likewise benefit from characteristics like scale effects, standardized processes, and a high quality attributed to high volume make-to-stock strategies as well as from the high flexibility to adopt to diverse and changing market demand of make-to-order strategies [Pine99]. In doing so, mixed model assembly systems are the dominating production typology [BoFS06]. The constituting characteristic of this type is the coupling of assembly stations to flow-lines in a serial manner in accordance with the product structure. Mixed model assembly is thereby distinct from specialized flow-lines by the fact that a number of variants, or models respectively, is manufactured on the same production line. Facing heterogeneous production sequences, how-

ever, technological and organizational set-up efforts between consecutive models need to be reduced drastically. As a consequence, orders can be produced in lot sizes of one piece without loss of profitability [Scho99, 7].<sup>1</sup> Yet, considering the varying work content of different models at certain assembly stations, not every sequence is feasible given a line set-up. This problem of determining feasible production sequences is referred to as model-mix planning [WeKi64]. Sequence planning has attracted a lot of attention within the operations management community. The major implication of BTO, however, lies in the reduction of decoupling mechanisms against demand characteristics [GuNg05]. Production activities are thus subject to the induced variability and dynamics of the market. To be specific, these are characterized by the timing and characteristics of customer requests (i.e. the demand sequence), the resulting model-mix (demand structure), and the aggregated demand per period (demand level). At the same time, real-world production systems are characterized by a limited flexibility in terms of production and procurement capabilities. The synchronization of capacity with the volatility of the environment is therefore not viable. Instead, adequate control concepts are needed to match the supply of resources with the demand for products. These encompass policies for the determination of due dates in response to customer requests as well as for the consolidation of those promised orders into production plans. The associated planning tasks are referred to as order based planning. Commercial applications to support order based planning have been introduced by leading business software providers as integral part of advanced planning and scheduling systems (APS).<sup>2</sup> Yet, to our knowledge, there is no analysis available boldfacing the performance of such systems in dynamic environments such as BTO scenarios. The answer to this question is in particular important, since the decision situation in real-world settings can be described by the complex interaction of planning functions, a high number of potentially influential parameters as well as an unknown dynamic performance of the decision support systems. Against this background, the aim of this paper is to provide a hierarchical framework for order based planning in BTO scenarios, to develop mathematical programs for that framework and to evaluate the approach using simulation. The remainder is organized as follows: In section 2 we will highlight the decision situation of order based planning in BTO scenarios and review prior work on the subject. Based on that, models will be presented in section 3 and analyzed using simulation in section 4. Some concluding remarks are given in section 5.

---

<sup>1</sup> To be more specific, mixed-model flow lines typically require for an - on average - levelled load of their constituting stations. This prohibits extended sequences with similar capacity demand and therefore batch production.

<sup>2</sup> e.g. Real Time Positioning [SAP05], Global Order Promising [Orac05]

## 2 Decision Situation

Order based planning is distinct to its anticipative or push-based counterpart as to its reactive character (i.e. it regards orders placed instead of forecasted demand). The decision situation can thus be characterized as follows: In order to cope with the restricted capabilities to adjust capacities, the mid-term coordination on the basis of forecasts and orders at hand is essential. This results in aggregated production plans, which serve as cornerstones to synchronise further business functions like purchasing and capacity planning. The realisation of market demand in terms of customer orders requires for an adequate reaction. This function is usually denominated as *order promising* (OP) and comprises decisions about whether to accept or deny an order and which due date to promise [FIMe04]. Discrepancies between forecasting and orders placed as well as the potentially limited level of detail of OP might require for further adjustments to the plan. More specifically, promised due dates, instructions from the subordinate planning, characteristics of the production systems, and the ability to service new requests are to be taken into account. The resulting goal conflicts are to be resolved in the course of a second planning function called *master production scheduling* (MPS).

The complexity of the decision situation requires for an adequate structuring approach. In the following we will therefore present a hierarchical framework for order based planning in BTO scenarios. This lays the basis to reflect prior work in section 2.2 and to develop and evaluate decision models in sections 3 and 4.

### 2.1 Conceptual framework

Architectures of hierarchical planning systems are subject of numerous studies (e.g. [FIMe03; VBWJ05, 8]). However, these general frameworks need to be adopted in order to adequately fit decision models. Figure 1 depicts a framework for order-based planning in BTO scenarios and its interfaces to further planning tasks. The integral components are modules for OP and MPS.

Considering OP, requirements in terms of customer response time, the reliability and level of detail of the quoted offer as well as restrictions regarding the availability of resources have to be taken into account. Also, OP procedures usually have to cope with a high number of requests, which induce significant dynamics into planning. Finally, instructions from the subordinate demand planning (e.g. quotas regarding volumes dedicated to certain distribution channels) might need to be incorporated. The outcome is a pool of fully specified orders (in terms of product configuration and delivery date) which is transferred to MPS. More specifically, MPS

seeks to coordinate production, procurement, and sales on the short-run in order to facilitate efficient resource utilization [VBWJ05, 169; FlMe04]. Considering production and procurement, a leveled demand, i.e. a stable utilization of the resources (including demand for components) is to be achieved [EnZi98]. A specific objective could be to minimize deviations from specific levels of capacity utilization, which determine efficient operating points of the production line [Bola03]. The same holds true for component demand. Usually minimal and maximal levels are agreed on by means of mid-term supply contracts. With respect to sales, the ability to service newly arriving orders is of great importance. That means that MPS ought to minimize bottlenecks. Planning objects are specified orders, which are to be assigned to production lines and periods. Capacities are usually treated as fixed, as provided by the master production planning [Scho99, 111]. Executing MPS results in aggregated plans that are passed on to sequencing and material requirements planning for further detailing.

With an increasing number of orders becoming known as time progresses, the question of identifying adequate re-planning frequencies arises. A high frequency results in a high number of changes to the plan, which contradicts the aim of a stable coordination. A low frequency, on the contrary, potentially results in a delayed transfer of planning information. The integrated assessment of OP and MPS therefore seems to be inappropriate.

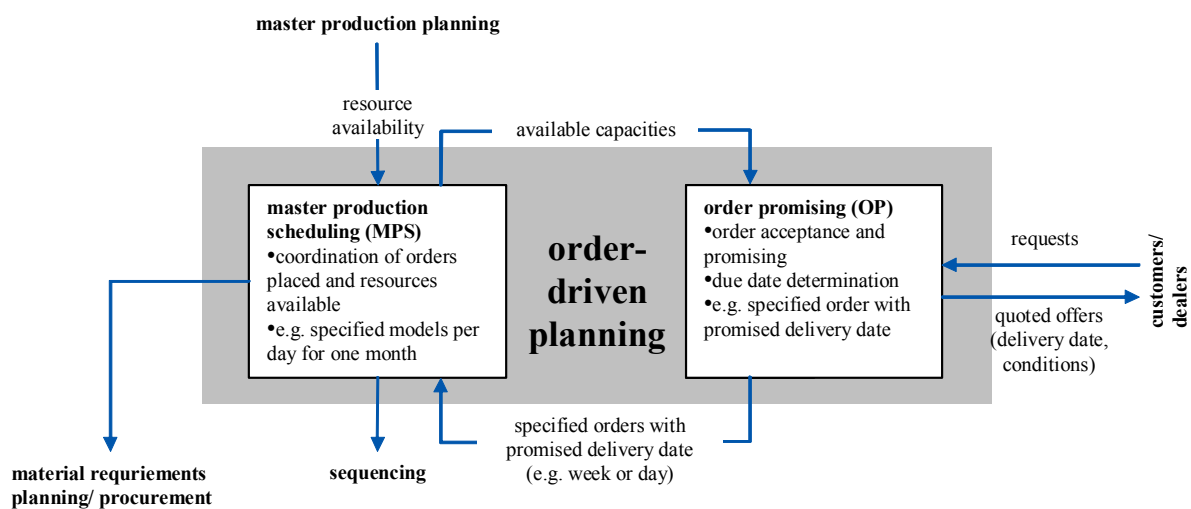


Figure 1: Framework for order based planning in BTO scenarios

Reconsidering the proposed framework, the decision situation can be interpreted as a hierarchical system composed of OP and MPS [SpVR06]. Referring to the work from [Schn03] this setting is called tactical-operational. More specifically, OP determines due dates for newly arriving orders (the so called factual instruction) considering the information available at the times of its execution (e.g. at each order arrival). In a second frequency, but usually at a later point in time,

MPS is executed, given the prior instructions, i.e. all promised orders up to that point in time, with the aim to assign these to planning periods (the final instruction). The decision of MPS is thereby dependent on that of OP, such that it constitutes the operational level within the horizontal hierarchy while OP demarks the tactical level. The final instruction, i.e. the aggregated production plan, depends on both decisions.

## 2.2 Related work

Approaches to order based planning in BTO scenarios are subject of two streams of research. These have on the one hand evolved from work on mixed-model assembly line balancing and sequencing and were on the other developed under the denomination available-to-promise (ATP) as part of work on hierarchical production planning and control systems (e.g. APS).

Regarding the former, aspects of order based planning have been incorporated into sequencing, i.e. the determination of optimal production sequences by means of model-mix planning. These approaches are, however, based on the assumption, that orders are exogenously given [Scho99, 107]. With respect to the framework introduced above, this means, that only the MPS-functionality is being investigated. Also, considering planning horizons needed for the reasonable leveling of production, the computational burden to solve the detailed sequencing problems is prohibitive.<sup>3</sup> Therefore aggregated models have been presented in recent contributions.

[Bola03] provides solution procedures for the problem to select orders to be produced in the upcoming period out of a pool of promised orders. The objective is to minimize delivery date dependent costs. Leveling aspects are incorporated in setting ranges for acceptable capacity utilization levels. Potential gains of a branch & bound procedure to solve the resulting multi-dimensional knapsack problem are illustrated by a numerical analysis. In a recent publication [Boys05] presents a model that explicitly incorporates desired due dates into MPS for mixed-model assembly. The objective is to minimize delivery dependent costs. Also extensions to line assignment and leveling are provided. Both approaches do not distinguish between OP and MPS. The requirements of order based planning are therefore only partly satisfied.

ATP approaches, on the contrary, focus on decision support for OP. In analogy to the approaches discussed before, *optimization based batch ATP* aims at processing a pool of specified but not yet promised orders at hand (i.e. either rejecting or quoting each order). The objective is to maximize profit. Results include promised due dates and delivery conditions. Optimizing

---

<sup>3</sup> Even the sequencing problem for single stations is NP-hard [Tsai95].

batch models have been discussed by [ChZB02] as well as [Pibe05]. These models seek to maximize contribution margin with respect to real (e.g. holding, production, and procurement costs) and ‘soft costs’ (e.g. costs for late delivery or for low capacity utilization). A central premise of those approaches is, that in the course of sequential approach, promised due dates and quantities are treated as fixed restrictions for subsequent planning cycles. Accordingly, good results have been numerically proven for rather large batching intervals. A reduction of the intervals, however, results in the significant deterioration of the planning performance. A similar model structure is introduced by [FlMe04]. To avoid the illustrated drawbacks of short batching intervals, the authors propose the coupling with MPS. They however do not elaborate on the consequences in terms of modeling and performance. *Rule based batch ATP* aims at defining decision rules for the acceptance of orders [KiSc05]. A hierarchical approach is provided by [JSJK02] for the case of LCD production. The authors differentiate between a rule-based OP routine and a heuristic to determine the unused capacity based on a detailed schedule in a job-shop setting. The approach, however, does not incorporate the specific characteristics of BTO as described above. This in particular holds true for the requirements of high variance flow-shop production. A drawback of batch approaches is that they do not support the interaction between customer and company. *Rule-based real-time approaches* in contrast build on an ad-hoc assessment of the ability to deliver at a certain point in time. A recent review is given by [MGGP04]. Various extensions incorporating sophisticated statistics as well as stochastic influences have been published (e.g. [WGHH04]). The aggregated assessment seems adequate for decoupled production systems. It in turn does not reflect aspects like leveling, which are special to BTO settings. *Optimization based real-time approaches* have to our knowledge only been presented for academic examples (e.g. [Kate94]). The objective is to quickly determine detailed schedules. Due to the complexity of the problem the scalability of the approach is limited. To sum up, knowledge on the performance of planning schemes, in particular regarding the interplay of OP and MPS, is limited. In the following we will therefore provide a mathematical program for order based planning in BTO scenarios.

### **3 Modeling**

An adequate model to support order based planning in BTO scenarios has to cope with the divergent requirements of the customer interaction on the one hand and resource related aspects

on the other. We therefore chose a hierarchical approach, comprising a real-time ATP model as well as a MPS model for mixed-model assembly planning on rolling horizons.

### 3.1 The order acceptance problem

Time is discretized in equidistance planning periods  $t=1,2,\dots,T^{\max}$ . Orders  $i$  ( $i=1,\dots,I$ ) arrive randomly and are evaluated individually upon their arrival. Evaluation thereby refers to the determination of a production period  $\tau$  ( $\tau = t, \dots, T^{\max}$ ), considering capacities available and starting from the first disposable period  $t$ . Production coefficients  $a_{ir}$  are used to transform each order's specific product configuration into capacity requirements for each resource  $r$ . They likewise reflect the demand for resource capacity of the production system ( $r \in \Omega^1$ ) as well as those of component availability usually referred to as ATP ( $r \in \Omega^2$ ). The cumulated index set of all resources will be referred to as  $\Omega$  ( $\Omega = \Omega^1 \cup \Omega^2$ ). We assume that all orders have been economically evaluated by means of a subordinate demand management and have positive contribution margins. Orders have been back scheduled with respect to their production and distribution lead times, such that the analyses can be restricted to the (planned) start of production. Alternative production facilities are not considered.

A bucketized model for the binary assignment of order  $i$  to planning period  $\tau$  is therefore given by (1)-(4). In the course of OP, each order is being assigned to a period within the planning horizon  $[t, T^{\max}]$ , such that the associated costs are minimized (1). Due to the real-time execution mode, each order is treated separately. This decision is modeled by the vector  $\mathbf{x}_i$  with the elements  $x_{i\tau}$ , which are set to 1 if the order is assigned to the particular period and 0 if otherwise. The relevant costs of an assignment  $c_{i\tau}$  reflect the customer preferences and are a function of the requested period and the promised period.<sup>4</sup> Inequalities (2) incorporate resource constraints into the model.  $ctp_{r\tau}$  thereby refers to the available capacity at the time of the order arrival and is updated with each order being processed. Equations (3) assure that the order is assigned to a period. The result of the OP procedure is a promised planning period, or the corresponding delivery date respectively, for a certain product configuration.

$$\text{Minimize} \quad C^{OP}(\mathbf{x}_i) = \sum_{\tau=t}^{T^{\max}} c_{i\tau} \cdot x_{i\tau} \quad (1)$$

$$x_{i\tau} \cdot a_{ir} \leq ctp_{r\tau} \quad \forall r \in \Omega, \tau = t, \dots, T^{\max} \quad (2)$$

<sup>4</sup> For an in-depth discussion of time dependent costs refer to [Bola03].

$$\sum_{\tau=t}^{T^{\max}} x_{i\tau} = 1 \quad (3)$$

$$x_{i\tau} \in \{0,1\} \quad \forall \tau = t, \dots, T^{\max} \quad (4)$$

### 3.2 The master production scheduling problem

The decision to come to in the course of the MPS procedure is to determine final planning periods for the set of promised but not finalized orders  $\Psi$ . The MPS is executed on rolling horizons once every planning period with a planning horizon of  $T$  periods. Accordingly only the first planning period is put into practice, while the others are being updated with respect to the new information available (i.e. the newly promised orders). Since both, restrictions of the production system as well as those regarding component availability have to be incorporated into the decision making to assure feasibility, we use a differentiated definition of capacity: considering a flow-shop, the maximum capacity per period  $\text{cap}_{\tau}^{\max}$  is given by the quotient of the overall production time  $Q_{\tau}$  and the cycle time  $W_{\tau}$ . In addition to that, model-mix restrictions have to be incorporated into the calculus to adequately reflect the sequencing limitations of the prevailing mixed-model production system. Therefore we reduce the overall capacity of the production system by means of a coefficient  $\alpha_r$  for each capacitated resource  $r \in \Omega^1$ .<sup>5</sup> The maximum aggregated capacity available per resource and period is hence given by  $\alpha_r \cdot \text{cap}_{\tau}^{\max}$ . Further resource restrictions ( $r \in \Omega^2$ ) regard maximum levels for the component availability in a planning period  $\text{cap}_{r\tau}^{\text{SM}}$ . These do not depend on the subsequent sequencing and can consequently be assumed exogenously given (e.g. by the subordinate planning). Accordingly, the maximum capacity of resource  $r$  in period  $\tau$  is given by:

$$\text{cap}_{r\tau}^{\max} = \begin{cases} \alpha_r \cdot \text{cap}_{\tau}^{\max} & \text{if } r \in \Omega^1, \\ \text{cap}_{r\tau}^{\text{SM}} & \text{if } r \in \Omega^2. \end{cases} \quad (5)$$

In order to reflect the divergent requirements discussed above we implemented two intervals for the objective function: the first interval ranges from  $t$  to  $k$  and the second one from  $k+1$  to the end of the planning horizon, with  $t \leq k \leq t + T - 1$ . Let further  $\text{ctp}_{r\tau}^{-}$  denote the standardized

---

<sup>5</sup> To determine  $\alpha_r$  so called  $H_0:N_0$ -rules have been used. The interpretation is, that no more than  $H_0$  units out of a sequence with length  $N_0$  may require an option  $o$  or a corresponding resource  $r$  respectively [DrKi01].



deviations to the target capacity consumption level  $cap_{r\tau}^{\min}$  and  $ctp_{r\tau}^+$  the capacity available  $ctp_{r\tau}$  standardized with respect to the maximum capacity level  $cap_{r\tau}^{\max}$ . We furthermore used the weighting functions  $P_{r\tau}^{\text{leveling}}(\cdot)$  to assess deviations to the targeted capacity utilization of resource  $r$  in period  $\tau$  (leveling aspects) and  $P_{r\tau}^{\text{service}}(\cdot)$  to assess the available capacity of resource  $r$  in period  $\tau$  (measure of the ability to service new orders). Finally,  $\bar{c}_{i\tau}$  denotes the cost of assigning order  $i$  to period  $\tau$ .<sup>6</sup> The program MPS is thus given as:

$$\text{Minimize } C^{MPS}(\bar{x}) = \sum_{\tau=tr \in \Omega}^{t+k} P_{r\tau}^{\text{leveling}}(ctp_{r\tau}^-) - \sum_{\tau=t+k+1}^{t+T-1} \sum_{r \in \Omega} P_{r\tau}^{\text{service}}(ctp_{r\tau}^+) + \sum_{\tau=ti \in \Psi}^{t+T-1} \bar{c}_{i\tau} \cdot \bar{x}_{i\tau} \quad (6)$$

w.r.t.

$$\frac{cap_{r\tau}^{\min} + ctp_{r\tau} - cap_{r\tau}^{\max}}{cap_{r\tau}^{\min}} \leq ctp_{r\tau}^- \quad \forall r \in \Omega; \tau = t, \dots, t+k \quad (7)$$

$$\frac{ctp_{r\tau}}{cap_{r\tau}^{\max}} \geq ctp_{r\tau}^+ \quad \forall r \in \Omega; \tau = t+k+1, \dots, t+T-1 \quad (8)$$

$$\sum_{i \in \Psi} \bar{x}_{i\tau} \cdot a_{i\tau} = cap_{r\tau}^{\max} - ctp_{r\tau} \quad \forall r \in \Omega; \tau = t, \dots, t+T-1 \quad (9)$$

$$\sum_{\tau=t}^{t+T-1} \bar{x}_{i\tau} = 1 \quad \forall i \in \Psi \quad (10)$$

$$ctp_{r\tau}, ctp_{r\tau}^-, ctp_{r\tau}^+ \geq 0 \quad \forall \tau = t, \dots, t+T-1 \quad (11)$$

$$\bar{x}_{i\tau} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \Psi, \tau = t, \dots, t+T-1 \quad (12)$$

The assignment is modeled by matrix  $\bar{x}$  with T-dimensional column vectors  $\bar{x}_i$ . Doing so, the binary vector elements  $\bar{x}_{i\tau}$  are set to 1 if an order  $i$  is assigned to period  $\tau$  in analogy to the OP procedure described above. The objective of the MIP (6)-(12) is then to minimize the relative deviations to the targeted utilization levels  $ctp_{r\tau}^-$  weighted by  $P_{r\tau}^{\text{leveling}}(\cdot)$  throughout the interval  $[t, t+k]$  and to maximize the weighted capacity available  $ctp_{r\tau}^+$  as given by  $P_{r\tau}^{\text{service}}(\cdot)$  throughout the interval  $[t+k+1, t+T-1]$ . In addition to that, service objectives are to be incorporated by means of the cost of assigning order  $i$  to period  $\tau$ . The figures for the first interval result from standardizing shortfalls on the targeted capacity utilization  $cap_{r\tau}^{\min}$  according to inequali-

<sup>6</sup> These are in contrast to  $c_{i\tau}$  a measure of bringing forward or delaying an order given a specified promised delivery date and therefore reflect e.g. holding costs or penalties respectively.

ties (7) (figure 2). Those of the second interval are calculated as given by inequalities (8). Constraints (9) assure feasibility with respect to resource capacities, whereas  $ctp_{rt}$  specifies the prevailing slack. Set coverage constraints (10) assure that each order is assigned to one period while constraints (11)-(12) define non-negativity and binary coding for the variables. The two models are coordinated by means of the coupling conditions (9) (bottom-up) and the service costs  $\bar{c}_{it}$  (top-down), since they depend on the promised period.

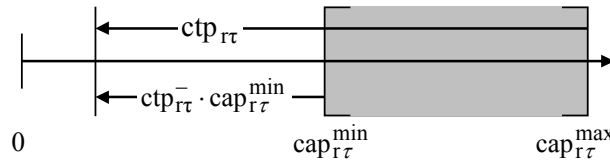


Figure 2. Determination of the standardized deviation to the targeted minimal capacity utilization

To demonstrate the meaning of the segmented objective function, refer to the illustrative example depicted in figure 3. The figure shows the distribution function and the expected number of customer orders placed  $y$  as a function of the period  $x$  within the planning horizon, given a demand of 20 orders per planning period and normal distributed ordering lead times with a mean of 10 and a standard deviation of 3 periods (i.e. considering the 10<sup>th</sup> period of the planning horizon, on average 50% of all customers demanding a product for that particular period will have placed their orders at the time of the MPS execution). Given a targeted level for the minimal capacity utilization of 80% (i.e. 16 orders per period) two intervals can be identified. For period 1 to 7, the expected orders transcend the critical level, while the opposite is true for periods 8 to 21. By segmenting the objective function, a stable resource utilization can be pursued in the first interval for which (on average) most orders have been placed, while at the same time bottlenecks can be avoided in the second one with a high (expected) inflow of new orders.

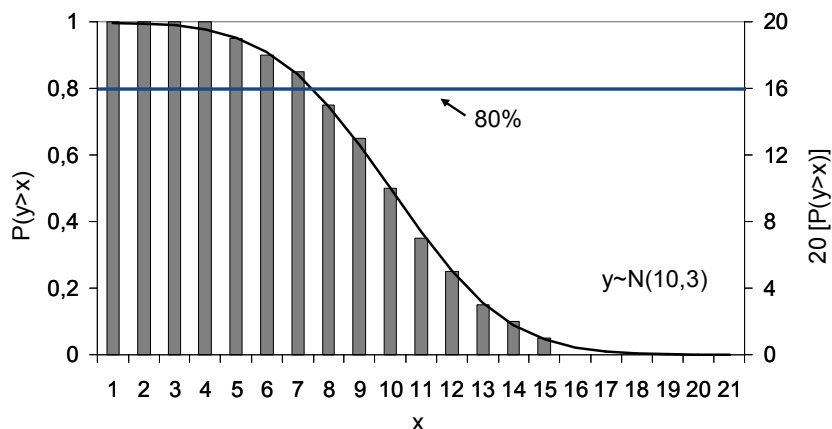


Figure 3: Illustrative order arrival pattern for  $y \sim N(10;3)$

The implementation of the objective function requires to economically assess the particular terms. Monetary consequences of an unbalanced model-mix include costs for extra staff, overtime, or a reduced productivity (e.g. due to slack) as well as additional procurement costs. Monetary consequences of a reduced responsiveness include lost revenues (i.e. opportunity costs) since newly arriving orders cannot be served (lost sales). The explicit determination of monetary consequences often raises difficulties in real-world settings, since data is not available in the sufficient quality or the computational complexity does not allow for an explicit determination. This essentially leads to a multi-criteria decision situation. For such settings, additive weighting functions have been used to identify compromise solutions [RoWa05].

The models introduced above are characterized by a high number of parameters influencing the static but in particular the dynamic performance, i.e the interplay of OP and MPS. For similar settings, simulation studies have been used successfully. In the remainder, we will evaluate the presented framework using discrete-event simulation.

## 4 Simulation experiments

The scope of the following evaluation is twofold: at first it is to be shown, that the structure of the MPS objective function controls the simulation response and, in doing so, to numerically proof the meaning of the two objective function intervals. A second objective is to analyze the performance of the presented approach. Therefore we will compare the performance of the proposed framework to a policy restricted to OP (i.e. no MPS execution). The analysis is performed in three steps. At first, a demand sequence is generated for each replication. More specifically, each sequence comprises a set of orders with a specific configuration, an order date, and a preferred delivery date. In a second step, this demand sequence is subject to the order based planning approach to be analyzed. Accordingly, each order is at first promised individually and secondly assigned to a production period in the course of a MPS procedure executed on rolling horizons. In a third step, the results are evaluated. For the implementation we used eM-Plant as simulation tool and the commercial solver Lingo to solve the mathematical programs.

### 4.1 Experimental Data and Performance Measures

We considered an autoregressive moving-average demand process to derive the aggregated demand level  $d_\tau$  of period  $\tau$  according to  $d_\tau = 20 + 0.8 \cdot (d_{\tau-1} - 20) - 0.1 \cdot \varepsilon_{\tau-1} + \varepsilon_\tau$  with

$\varepsilon_i \sim N(0;2)$ . In a second step, we calculated normal distributed lead times with a mean of 10 and a standard deviation of 3 periods and subtracted them from the designated production period to achieve individual order arrival times.<sup>7</sup> These arrival times were then used to synthesize the consolidated demand stream. Finally, capacity coefficients  $a_{ir}$  were derived according to take-rates  $take_r$  for each of the two resource  $r$  using a uniformly (0,1)-distributed random number  $rnd$  as suggested by [Boys05]:

$$a_{ir} = \begin{cases} 1 & \text{if } rnd \leq take_r, \\ 0 & \text{else.} \end{cases} \quad (13)$$

For the analysis we assumed  $take_1 = 0.7$  and  $take_2 = 0.3$ . Each simulation run covered 40 periods such that on average 800 orders were processed. MPS was executed once every period. In order to evaluate the effect of the capacity/demand ratio  $\lambda$ , we set the maximum capacity per resource and period to  $cap_{r\tau}^{\max} = \lambda \cdot take_r \cdot E[d_\tau]$ . The minimal targeted capacity utilization  $cap_{r\tau}^{\min}$  was set to 80% of the maximal capacity. We assumed a linear cost function to determine  $c_{it}$ : each period earlier than the requested added 1 unit to the costs while each period later than the requested added 5 units.  $\bar{c}_{it}$  was assumed to be the same as  $c_{it}$  for earliness; lateness was not allowed for. Accordingly, the following term was added to the MPS model.

$$\sum_{\tau=t}^{t+T-1} \tau \cdot (\bar{x}_{i\tau} - x_{i\tau}) \leq 0 \quad \forall i \in \Psi \quad (14)$$

(Piecewise) linear terms were implemented to evaluate the effect of the first two terms of the MPS objective function using the coefficients  $p_1$  and  $p_2$  ((15) and (16)). The interval parameter  $k$  was set to 6.

$$P_{r\tau}^{\text{leveling}}(\text{value}) = p_1 \cdot \text{value} \quad (15)$$

$$P_{r\tau}^{\text{service}}(\text{value}) = \begin{cases} 0 & \text{for value} < 0.5 \cdot cap_{r\tau}^{\max}, \\ p_2 \cdot \text{value} & \text{for value} \geq 0.5 \cdot cap_{r\tau}^{\max}. \end{cases} \quad (16)$$

We incorporated four objectives into the analysis. At first, the total under-utilization and the standard deviation of the utilization were evaluated as measures for the compliance with resource-oriented objectives. In addition to that, we analyzed the customer-oriented performance

<sup>7</sup> The reason for the differentiated approach is that the order behavior might be explained with the central limit theorem, since it reflects the behavior of a large number of independent entities (i.e. the customers). The demand level, however, underlies various influences which might cause auto correlation (e.g. hockey stick effect, marketing campaigns). Ongoing research seeks to build a more thorough understanding of the arrival process.

be means of the average costs of the assignment in the course of OP and the standard deviation of this figure. Figures were computed as given in the appendix.

## 4.2 Experimental Design

A full factorial design was used to evaluate the structure of the MPS objective function. The aim was to deduce the importance of the two objective function intervals in terms of their main effects and interactions. Since the performance of order based planning was expected to depend on the capacity/demand ratio, we added it as another experimental factor. Using two levels for each factor (i.e.  $2^k$ -factor design) cumulated in  $2^3=8$  configurations (called scenarios in the following). 80 replications were run for each scenario. Since we expected all performance measures to strongly correlate with the demand scenario (i.e. number of orders, preferred lead time, and model-mix), we used a common random number approach. Table 1 summarizes the factors and levels used for the analysis.

factor	denomination	levels	degrees of freedom
weighting of the leveling term	$p_1$	10-10,000	1
weighting of the service term	$p_2$	10-10,000	1
capacity/demand ratio	lambda	1.0-1.2	1

Table 1: Factorial design

## 4.3 Numerical Results

The results of the analysis are shown in the subsequent profile plots (figure 4 and 5). Depicted are the estimated means for the particular scenarios as compared to the performance of the policy restricted to OP (baseline policy in the following).<sup>8</sup> The slope can be interpreted as the (main) effect of changing  $p_2$  from its low level to its high level, while the offset is attributed to the level of  $p_1$ . A change in the offset indicates interaction effects between the factors. Hence, the findings can be summarized as follows.  $p_1$  affects all performance measures positively. The effect is in particular relevant for the resource-oriented objectives and a high capacity/demand ratio. This finding seems intuitively clear, since the first interval explicitly seeks to minimize deviations to the minimal targeted capacity.  $p_2$  positively affects both the customer and the resource-oriented performance measures for tight capacity scenarios while the opposite is true for the customer-oriented figures and a high capacity/demand ratio, yet on a very low (absolute)

<sup>8</sup> Doing so, we standardized the difference between each scenario's results and the baseline policy's with respect to the baseline policy. Accordingly, higher values indicate a better performance.

level. There is no effect of  $p_2$  regarding the resource-oriented objectives for a high capacity/demand ratio. The analysis does not show any major interaction effects.

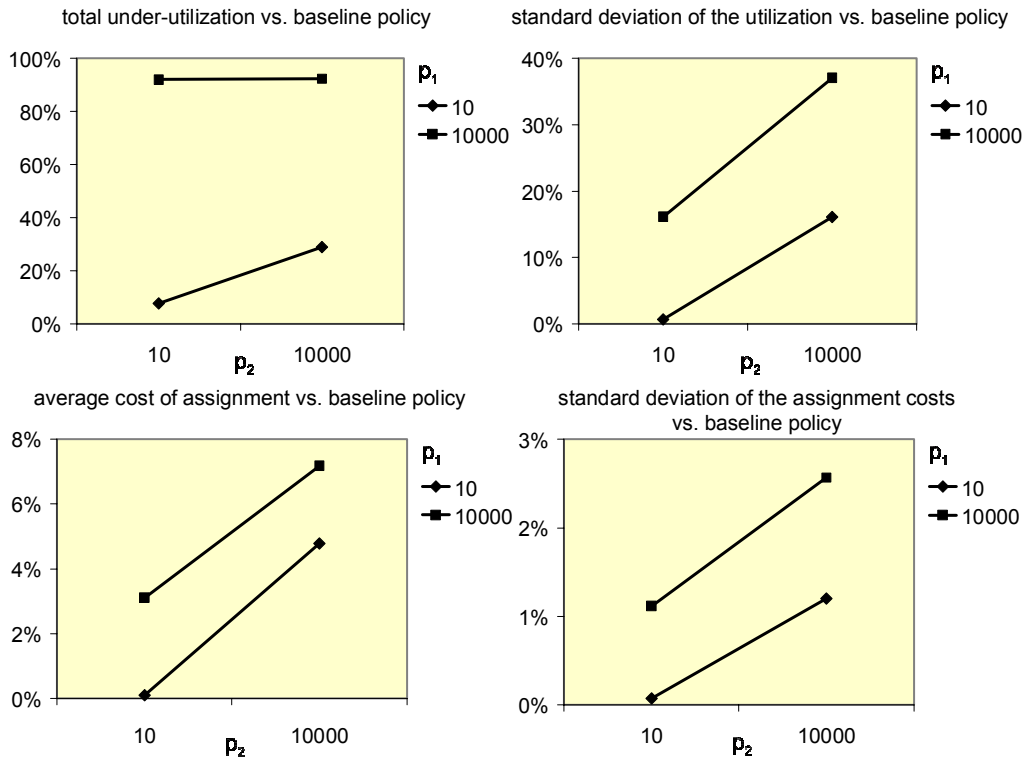


Figure 4: Profile plots for capacity/demand ratio 1.0 (all figures are standardized with respect to the baseline policy)

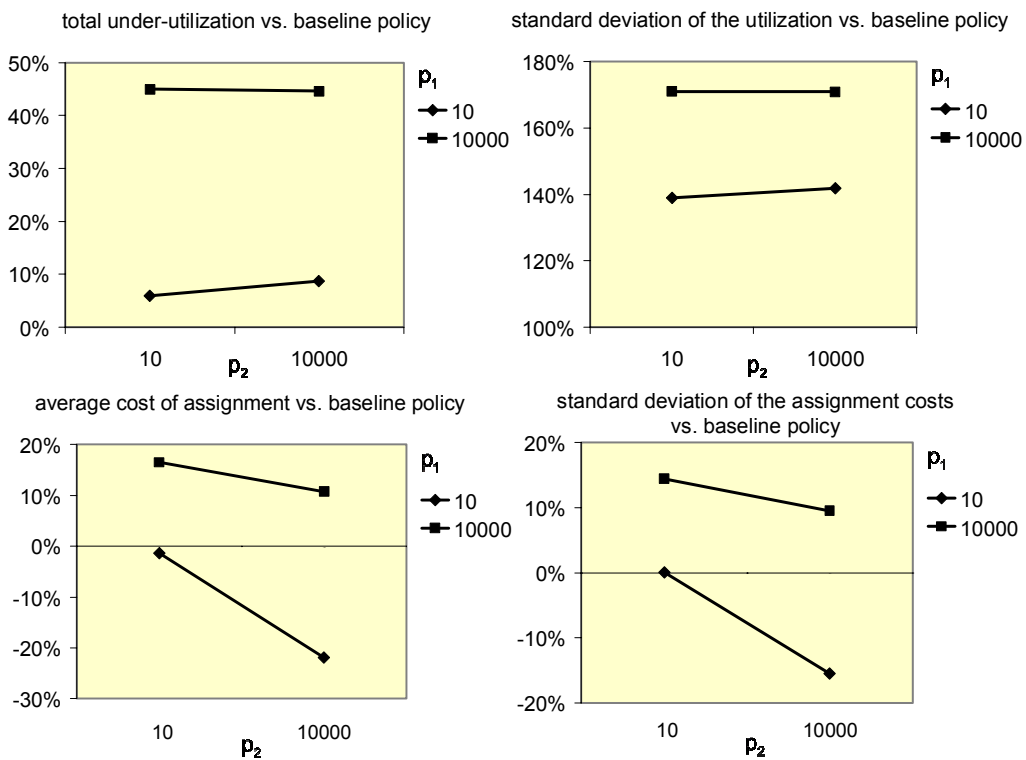


Figure 5: Profile plots for capacity/demand ratio 1.2 (all figures are standardized with respect to the baseline policy)

Overall, the average absolute levels of the customer-oriented objectives for the low capacity/demand ratio by far exceed those for the high capacity/demand ratio (18 times for the average costs and 6 times for the standard deviation) while the opposite is true for the resource-oriented ones (10 times for the under-utilization and 2 times for the standard deviation). This indicates an increased relevance of customer-oriented objectives if capacity is tight and of resource-oriented for excess capacity settings vice versa. Considering the factor combinations with  $p_1$  and  $p_2$  likewise being on their low and high levels respectively, discrepancies in the performance measures are caused by the relative importance as compared to the third term of the MPS objective function, i.e. the cost of the assignment.

## 5 Conclusions

Changing to BTO strategies, companies face an increased exposure to market dynamics. Since all business is linked to customer orders, it is the order-driven planning activities that determine the success of operations. Therefore, a clear understanding of the associated planning tasks OP and MPS as well as their dynamic interaction is essential. In this paper we provided an analysis of the decision situation of order based planning in BTO scenarios by means of a hierarchical framework, developed distinct models for OP and MPS and evaluated these using simulation.

Following the analysis, the presented approach seems promising to improve order based planning in BTO scenarios. The performance in both, customer and resource-oriented objectives is significantly controlled by the interplay of MPS and OP as well as the structure of the MPS objective function. As compared to a policy restricted to OP, improvements of 7% regarding the average cost of assignment and 45% regarding the total under-utilization can be achieved. Also, by decomposing OP and MPS, customers benefit from an instantaneous response to their requests and can thus evaluate different configurations with respect to their delivery date before placing their order. The production system on the contrary benefits from a stable coordination which is facilitated by MPS.

The scope of this study was on rather general insights into the dynamic behavior of order based planning. Consequently, the models are thought to be just as specific as to reflect the general characteristics of BTO scenarios. More work is needed to improve the empirical basis of the approach and to deepen the understanding of the dynamic performance as to provide guidance for the configuration of the presented models for specific settings.

## Appendix

Table 2: Performance measures (Asteroids indicate the factual or final assignment (i.e. the promised period and the final date of production);  $T^*$  denominates the simulation run length)

	total under-utilization	$\sum_{r \in \Omega} \sum_{\tau=1}^{T^*} \left( \max \left( \text{cap}_{r\tau}^{\min} + \sum_{i \in \Psi} \bar{x}_{i\tau}^* \cdot a_{ir} - \text{cap}_{r\tau}^{\max}; 0 \right) / \text{cap}_{r\tau}^{\min} \right)$
resource-oriented	standard deviation of the utilization	$\sum_{r \in \Omega} \sqrt{\sum_{\tau=1}^{T^*} \left( \text{ctp}_{r\tau}^+ - (\text{ctp}_{r\tau}^+)^* \right)^2 / T^* - 1} /  \Omega $ , with $(\text{ctp}_{r\tau}^+)^* = \left( \sum_{i \in \Psi} \bar{x}_{i\tau}^* \cdot a_{ir} \right) / \text{cap}_{r\tau}^{\max} \quad \forall r \in \Omega; \tau = 1, \dots, T^*$ $(\text{ctp}^+)^* = \left( \sum_{\tau=1}^{T^*} \sum_{r \in \Omega} (\text{ctp}_{r\tau}^+)^* \right) /  \Omega  \cdot T^*$
customer-oriented	average cost of assignment	$(C^{OP})^* = \sum_{i \in \Psi} \sum_{\tau=1}^{T^*} c_{i\tau} \cdot x_{i\tau}^* /  \Psi $
	standard deviation of the assignment costs	$\sqrt{\left( \left( \sum_{i \in \Psi} \sum_{\tau=1}^{T^*} c_{i\tau} \cdot x_{i\tau}^* \right) - (C^{OP})^* \right)^2 /  \Psi  - 1}$

## References

- [Bola03] *Bolat, Ahmet*: A mathematical model for selecting mixed models with due dates. In: International Journal of Production Research 41 (2003) 5, p. 897-918.
- [BoFS06] *Boysen, Nils; Fliedner, Malte; Scholl, Armin*: A classification of assembly line balancing problems. Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Jena 2006.
- [Boys05] *Boysen, Nils*: Produktionsprogrammplanung bei Variantenfließfertigung. In: Zeitschrift für Planung und Unternehmenssteuerung 16 (2005) 1, p. 53-72.
- [ChZB02] *Chen, Chien-Yu; Zhao, Zhenying; Ball, Michael O.*: A model for batch advanced available-to-promise. In: POM 11 (2002) 4, p. 424-440.
- [DrKi01] *Drexel, Andreas; Kimms, Alf*: Sequencing JIT mixed-model assembly lines under station-load and part-usage constraints. In: Mgt. Sci. 47 (2001) 3, p. 480-491.



- [EnZi98] *Engel, Christoph; Zimmermann, Jürgen*: Objectives for order-sequencing in automobile production. In: Drexl, A.; Kimms, A. (eds.): Beyond manufacturing resource planning, Springer, Berlin 1998, p. 307-331.
- [FlMe03] *Fleischmann, Bernhard; Meyr, Herbert*: Planning hierarchy, modeling and advanced planning systems. In: de Kok, A.; Graves, S. (eds.): Supply chain management, Elsevier, Amsterdam 2003, p. 457-523.
- [FlMe04] *Fleischmann, Bernhard; Meyr, Herbert*: Customer orientation in advanced planning systems. In: Dyckhoff, H.; Lackes, R.; Reese, J. (eds.): Supply chain management and reverse logistics, Springer, Berlin 2004, p. 297-321.
- [GuNg05] *Gunasekaran, A.; Ngai, Eric W.T.*: Build-to-order supply chain management. In: Journal of Operations Management 23 (2005) 5, p. 423-451.
- [JSJK02] *Jeong, Bongju; Sim, Seung-Bae; Jeong, Ho-Sang; Kim, Si-Won*: An available-to-promise system for TFT LCD manufacturing in supply chain. In: Computers Industrial Engineering 43 (2002) 1, p. 191-212.
- [Kate94] *ten Kate, Hans A.*: Towards a better understanding of order acceptance. In: International Journal of Production Economics 37 (1994) 1, p. 139-152.
- [KiSc05] *Kilger, Christoph; Schneeweiss, Lorenz*: Demand fulfilment and ATP. In: Stadler, H.; Kilger, C. (eds.): Supply chain management and advanced planning, Springer, Berlin 2005, p. 179-195.
- [MGGP04] *Moses, S.; Grant, H.; Gruenwald, L.; Pulat, S.*: Real-time due-date promising by build-to-order environments. In: IRPR 42 (2004) 20, p. 4353-4376.
- [Orac05] Oracle: Fact Sheet Global Order Promising 10i.10. Redwood Shores, CA, 2005
- [Piber05] *Pibernik, Richard*: Advanced available-to-promise. In: International journal of production economics 93-94 (2005), p. 239-252.
- [Pine99] *Pine, B. Joseph*: Mass customization: the new frontier in business competition. Harvard Business School Press, Boston, Mass. 1999.

- [RoWa05] *Rohde, Jens; Wagner, Michael*: Master planning. In: *Stadtler, H.; Kilger, C.* (eds.): *Supply chain management and advanced planning*, Springer, Berlin 2005, p. 159-177.
- [SAP05] *SAP*: “Managing the e-supply chain in der Automobilindustrie mit mySAP Automotive”, Walldorf, 2005.
- [Schn03] *Schneeweiß, Christoph A.*: *Distributed decision making*. Springer, Berlin 2003.
- [Scho99] *Scholl, Armin*: *Balancing and sequencing of assembly lines*. Physica, Heidelberg 1999.
- [ShLa05] *Sharma, Arun; Laplaca, Peter*: Marketing in the emerging era of build-to-order manufacturing. In: *Industrial Marketing Management* 34 (2005) 5, p. 476-486.
- [SpVR06] *Spengler, Thomas; Volling, Thomas; Rehkopf, Stefan*: Taktisch-operative Planung bei variantenreicher Serienfertigung. In: *Jacquemin, M.; Pibernik, R.; Sucky, E.* (eds.): *Quantitative Methoden der Logistik und des Supply Chain Management*, Dr. Kovac, Hamburg 2006, p. 183-210.
- [Tsai95] *Tsai, Li-Hui*: Mixed-model sequencing to minimize utility work and the risk of conveyor stoppage. In: *Management Science* 41 (1995) 3, p. 485-495.
- [VBWJ05] *Vollmann, Thomas E.; Berry, William L.; Whybark, D. C.; Jacobs, F. Robert*: *Manufacturing planning and control systems for supply chain management*. McGraw-Hill, New York, NY 2005.
- [WeKi64] *Wester, L.; Kilbridge, M.*: The assembly line mixed model sequencing problem. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on OR* (1964) p. 247-260.
- [WGHH04] *Wullink, G.; Gademann, A.J.R.M.; Hans, E.W.; van Harten, A.*: Scenario-based approach for flexible resource loading under uncertainty. In: *International Journal of Production Research* 42 (2004) 24, p. 5079-5098.

## **Einführung in den Track**

### **Techniken des Operations Research in der Wirtschaftsinformatik**

**Dr. Peter Korevaar**

IBM Deutschland GmbH

**Prof. Dr. Leena Suhl**

Universität Paderborn

**Prof. Dr. Dirk Mattfeld**

TU Braunschweig

Quantitative Methoden und Techniken des Operations Research bilden den Kern vieler betrieblicher Anwendungssysteme, insbesondere wenn es um den effizienten Einsatz von beschränkten Ressourcen oder Minimierung von Kosten bzw. Maximierung von Gewinn geht. Optimierungs- und Simulationstechniken kommen häufig bei der Produktionsplanung, Supply Chain Management, Transport- und Tourenplanung, Verschnitt und Verpackung, Energie- und Wassernetzen, Telekommunikation, Projektplanung, Medienwirtschaft etc. zum Einsatz. Im Rahmen stochastischer Modelle können Unsicherheiten der realen Welt in betrieblichen Anwendungssystemen modelliert werden. Clusteringverfahren strukturieren große Datenmengen, um klare Grundlagen zur Entscheidungsunterstützung zu erzeugen. Heute können OR-Modelle in der Anwendung auch dynamisch konfiguriert werden, um flexibel auf Änderungen reagieren zu können.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Michael Breitner, Universität Hannover

Prof. Dr. Andreas Fink, HSU Hamburg

Dr. Armin Fügenschuh, TU Darmstadt

Jun.-Prof. Dr. Natalia Kliewer, Universität Paderborn

Prof. Dr. Taieb Mellouli, Universität Halle-Wittenberg

Dr. Torsten Reiners, Universität Hamburg

Dr. Franz Rothlauf, Universität Mannheim

# A Fast Look-ahead Heuristic for the Multi-depot Vehicle Routing Problem

J. Branke<sup>1</sup>, C. Schmidt<sup>2</sup>, M. Withopf<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institute AIFB, University of Karlsruhe, Germany  
branke@aifb.uni-karlsruhe.de

<sup>2</sup> Locom Software GmbH, Karlsruhe, Germany  
christian.schmidt@locom.de

## Abstract

The multi-depot vehicle routing problem (MDVRP) is a very challenging part of supply chain optimization. We propose here a simple yet powerful heuristic for the MDVRP with an integrated look-ahead. Compared to other state-of-the-art approaches, our heuristic is significantly faster, but yields competitive results and even found several new best solutions on a set of standard benchmark problems.

## 1 Introduction

The share of logistics and transportation in the overall cost of a product is increasing. Subsequently, there is a growing pressure in the logistics industry for optimization and cost reduction. In this paper, we look at the multi-depot vehicle routing problem as a typical optimization problem in modern logistics: Given some customers and their demands, three questions have to be answered:

1. From which depot a customer is served
2. On which route/truck a customer is served
3. The sequence in which the customers are served on the route.

All these aspects are interdependent. Nevertheless, many approaches split the problem into two stages to reduce the complexity: first, customers are assigned to depots, and then a classical vehicle routing problem (VRP) is solved for each depot.

The heuristic we propose in this paper also works in stages. It uses a simple construction heuristic for assigning customers to depots, followed by a savings algorithm to solve the resulting VRP for each depot. The savings algorithm uses a look-ahead procedure to approximate the effect a decision has on the final solution quality. Finally, our method applies some simple local improvement heuristics to fine-tune the solution. The overall heuristic is not only competitive to other state-of-the-art heuristics and finds several new best solutions, but it is also very fast.

The paper is structured as follows. First, we provide a more detailed definition of the MDVRP in Section 2. A short overview of related work is provided in Section 3. Section 4 describes the proposed heuristic in detail. Empirical results are summarized in Section 5. The paper concludes with a summary and some ideas for future work.

## 2 The multi-depot vehicle routing problem

The standard VRP is described as follows:  $n$  customers must be serviced from a unique depot. Each customer  $i$  has a given demand  $d_i$  for goods. Vehicles used for delivery have a maximal capacity  $C$  and can drive a maximal distance  $D$  before they have to be back at the depot. The goal is to minimize the total transportation cost which is often equated with the total distance driven. A solution to the VRP is a collection of tours starting and ending at the depot, where each customer is assigned to exactly one tour, each tour has length at most  $D$ , and the total demand for each tour is at most  $C$ .

The multi-depot vehicle routing problem (MDVRP) considered here differs from the standard VRP by having several depots. Tours have to be assigned to depots, i.e. they can start at any depot, but have to return to the same depot they started from. This is a common scenario in logistics. The VRP as well as the MDVRP are NP-complete problems [TV01].

Note that the benchmarks most commonly used in the literature [HEC] have an additional constraint on maximal the number of vehicles per depot.

### 3 Related work

Since the MDVRP is NP-complete, it is unlikely that exact polynomial time algorithms exist. For this reason, we concentrate on heuristic approaches in this section. The heuristics found in the literature can be roughly categorized into three groups: simple heuristics that attempt to solve the whole problem simultaneously, and heuristics that first assign customers to depots, and then solve a classical VRP problem for each depot in a second stage. As a third group, metaheuristics are discussed.

#### 3.1 Single stage methods

For single-depot VRPs, the savings method is one of the best fast heuristics available [CW64]. Several authors have adapted this method to multi-depot VRPs. In this case, savings additionally depend on the depot the tour is assigned to. A particular difficulty is that the savings values may change when tours are combined. Different authors have addressed this problem either by only allowing combinations that do not change the savings values [Til69], or by re-calculating the savings values when necessary [Weu83, Mat78]. As expected, the latter yields better results but requires more computational effort.

In [TH71], the multi-depot savings method is extended by a look-ahead procedure: For every decision, all possible alternatives are considered on the first level, the 3 best (according to savings values) for the second level, and the single best alternative for the third level. Then the decision on the first level is fixed which allows to realize the highest sum of savings values on the considered three levels. The authors conclude that the improvements obtained by integrating the look-ahead “are marginal and these occur at the expense of greatly increased computer times”.

#### 3.2 Two-stage and multi-stage methods

The simplest two-stage procedure assigns each customer to the closest depot, and then solves a VRP for each depot [Mat78]. Gillet and Johnson [GJ76] supplement this idea with local improvement steps moving a customer from one depot to another. Ashour and Bhatt [AB75] construct a minimum spanning tree over all depots and customers and use

this to assign customers to depots.

Salhi and Sari [SS97] proposed a rather complex multi-stage heuristic. We discuss this heuristic in more detail, as it is the basis for the assignment phase of our approach. First, customers are divided into core customers and borderline customers by looking at the ratio between the distance to their nearest depot and the distance to the second-nearest depot. If this ratio is smaller than some parameter  $\epsilon$  (i.e. the nearest depot is much closer than the second-nearest), the customer is terminally assigned to the nearest depot as core customer. Otherwise, the two closest depots have a similar distance, and the assignment is left open. Note that by varying  $\epsilon$  between 0 and 1, the percentage of customers assigned to depots as core customers may be varied from 0% to 100%. In a second step, VRPs are solved for each depot with the core customers only. In Step 3, borderline customers are inserted one by one in the order of decreasing opportunity cost, where opportunity cost is the absolute difference between inserting the customer into a tour starting at the closest depot, and inserting the customer into a tour starting at the second closest depot (thereby, the customer can be inserted into an existing tour or a new tour can be created to serve the customer directly from the depot). The customer is inserted where the additional cost is minimal, and the tours are updated. Note that only insertions are allowed that keep the tour valid.

After all customers have been inserted, a multitude of local improvement heuristics are applied, including the removal of tours and reinsertion of its customers elsewhere, the move of a single customers from one tour to another, the swapping of customers between tours etc.

### 3.3 Metaheuristics

The probably best methods for the MDVRP to date are Tabu Search (TS) metaheuristics (for a general introduction to TS see e.g. [GL98]). The different variants mainly differ in the neighborhood used: In [RLB96], a  $\lambda$ -interchange neighborhood is used. [CGL97] move customers from one tour to another. This may result in infeasible solutions which are then penalized. Finally, the variant proposed in [Sch04] allows to move or swap subsets of customers from one tour to another. The last two variants are responsible for all of



the best known solutions of the 23 standard benchmark problems from [HEC] ([CGL97] found 17 best known solutions, [Sch04] found 6). Evolutionary algorithms have been used in [TS01] and [OH04].

## 4 Look-ahead Assignment and Routing Heuristic

In this section, we present a new fast two-stage heuristic with look-ahead. In the following, we denote this heuristic as Look-ahead Assignment and Routing (LAR).

The first stage is closely inspired by the complex multi-stage heuristic from Salhi and Sari [SS97]. We start by dividing the customers into core customers and borderline customers depending on the parameter  $\epsilon$  as described in Section 3 and generate initial tours with only the core customers. The insertion of the borderline customers differs in two major ways: first, we not only consider the two closest depots as potential sources for a customer, but all depots  $j$  with  $w_c/w_j > \epsilon$ , where  $w_c$  is the distance to the closest depot, and  $w_j$  is the distance to depot  $j$ . Second, and more importantly, we allow tours to become infeasible with respect to tour length and/or capacity restrictions when greedily inserting customers.

After all customers have been assigned to depots, we discard the constructed tours and solve a VRP for each depot from scratch, using a savings algorithm with look-ahead. The use of look-ahead is inspired by the use of look-ahead in the multi-depot savings method proposed in [TH71].

In order to make a decision in the current iteration, the look-ahead procedure constructs a decision tree, looking several stages into the future for several alternative choices. Our look-ahead procedure has four configuration parameters:

1.  $a_1$ , the number of alternatives considered on the first level,
2.  $a_2$ , the number of alternatives considered on the second level,
3.  $r$ , the decrease in the number of alternatives considered from one level to the next after stage two. Together with  $a_2$ , this determines the number of alternatives considered in level  $i$ , as  $a_i = \max\{1, a_2 - (i - 2)r\}$ .

4.  $m$ , the maximum number of levels considered.

So, while the standard savings algorithm in each iteration connects the two tours with the largest savings value, the look-ahead savings algorithm considers the  $a_1$  alternatives with the largest savings value. For each of these, it tries the  $a_2$  alternatives with then largest savings value, and so on for  $m$  levels. Finally, out of the  $a_1$  alternatives, it selects the one that allowed to achieve the largest total savings. An example is given in Figure 1.

After the VRPs are solved, we use three simple local improvement heuristics to generate the final solution. These improvement heuristics are 2-opt and 3-opt applied to individual tours, and an inter-tour swap operator that attempts to swap some customers between two tours. Thereby, all possible sub-tours of length at most 3 are examined and it is tested, whether an insertion into any other tour at any possible location would be feasible and better. These local improvement steps are iterated three times.

As mentioned above, the most commonly used MDVRP benchmark problems [HEC] additionally restrict the number of vehicles per depot. LAR can not handle such a constraint explicitly, because the assignment may assign more customers to a depot than can be handled by the vehicles, and because the savings heuristic does not allow to restrict the resulting number of vehicles. However, a simple twist allowed us to generate feasible solutions for all cases: We simply limit the capacity of a depot in the assignment step to a fraction  $p$  of its maximal capacity (i.e. the maximal number of vehicles times vehicle capacity). Once the assigned customers reach the depot's capacity, it is no longer considered as a potential source for the remaining customers. The fraction  $p$  is an additional parameter, but a default setting of  $p = 0.975$  seemed to work well in most cases.

## 5 Empirical results

### 5.1 Experimental setup

In order to evaluate the quality of our LAR procedure, we tested it on 33 standard benchmarks from the literature, all publicly available at [HEC].

The first 23 test instances are classical benchmarks from the literature. Instances 1-7 are based on some single-depot VRPs described in [CE69], instances 8-11 are proposed in

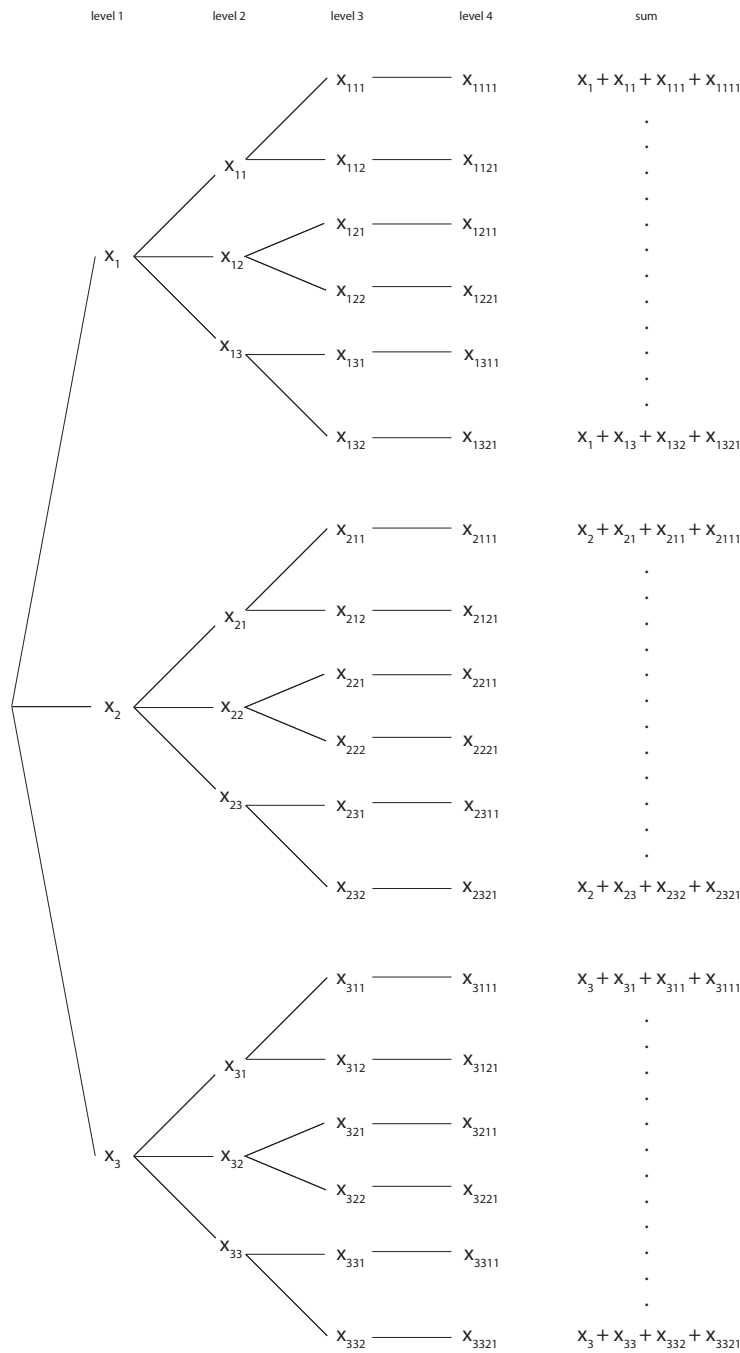


Figure 1: Decision tree for parameters  $a_1 = 3, a_2 = 3, r = 1, m = 3$ . The variable  $x$  denotes the savings realized by certain choices, e.g.,  $x_{ij}$  denotes the savings realized if the  $i$ th highest savings value is selected in the first step, and the  $j$ th highest savings value is selected in the second step.

[GJ76], and instances 12-23 are from [CGW93]. The last ten instances have been proposed more recently in [CGL97]. Some characteristics of the test problems are summarized in Table 1. All instances are based on Euclidean distances.

Our parameter settings for the algorithm were as follows: For parameter  $\epsilon$  used during assignment, all values in  $\{0.4, 0.5, 0.6, \dots 1.0\}$  were used (i.e. we ran the algorithm 7 times and report on the best found value here). For look-ahead, we set  $a_1 = 20, a_2 = 1, r = 0, m = 50$ . To keep the number of vehicles within the allowed limits, we set  $p = 0.975$ .

## 5.2 Results on standard benchmarks

The results for the first 23 instances are summarized in Table 2, reporting on the running time (T) and the deviation from the best known solution ( $\Delta$ ) for different algorithms from the literature. The last column (“Best”) reports on the quality of the best known solution, and where this solution has been published. Note that [CGL97] report on two types of results: The runs with default parameter setting listed in columns 4/5 of the table, and results obtained by “playing around” with algorithm parameters, e.g. increasing the number of iterations, often resulting in the best known solution listed in the last column. Of all the approaches reported, only those from [CGL97, Sch04, TS01] take into account the constraint on the number of vehicles per depot. In [RLB96, SS97, OH04], this constraint is simply ignored.

As can be seen, the solution found by LAR is generally very close to the best known solution. For problem instance 8, we even found a new best solution, which is quite remarkable given that these problems have been thoroughly tested by many researchers. Although a direct comparison of the runtimes of the different heuristics is difficult due to differences in hardware (see footnote in Table 2 for underlying hardware specifications), it is obvious that LAR is very fast (5 seconds runtime on average).

Table 1: Characteristics of test instances.

Problem	# Customers	# Depots	Vehicle restrictions			Utilization <sup>c</sup>
			Capacity	Distance <sup>a</sup>	#Vehicles <sup>b</sup>	
1	50	4	80	$\infty$	4	60,70%
2	50	4	160	$\infty$	2	60,70%
3	75	2	140	$\infty$	3	64,95%
4	100	2	100	$\infty$	8	91,13%
5	100	2	200	$\infty$	5	72,90%
6	100	3	100	$\infty$	6	81,00%
7	100	4	100	$\infty$	4	91,13%
8	249	2	500	310	14	86,47%
9	249	3	500	310	12	67,26%
10	249	4	500	310	8	75,66%
11	249	5	500	310	6	80,71%
12	80	2	60	$\infty$	5	72,00%
13	80	2	60	200	5	72,00%
14	80	2	60	180	5	72,00%
15	160	4	60	$\infty$	5	72,00%
16	160	4	60	200	5	72,00%
17	160	4	60	180	5	72,00%
18	240	6	60	$\infty$	5	72,00%
19	240	6	60	200	5	72,00%
20	240	6	60	180	5	72,00%
21	360	9	60	$\infty$	5	72,00%
22	360	9	60	200	5	72,00%
23	360	9	60	180	5	72,00%
24	48	4	200	500	1	82,13%
25	96	4	195	480	2	78,21%
26	144	4	190	460	3	78,42%
27	192	4	185	440	4	83,68%
28	240	4	180	420	5	93,08%
29	288	4	175	400	6	87,40%
30	72	6	200	500	1	79,00%
31	144	6	190	475	2	87,98%
32	216	6	180	450	3	84,44%
33	288	6	170	425	4	94,36%

<sup>a</sup>  $\infty$ : no tour length restriction

<sup>b</sup> max. number of vehicles per depot

<sup>c</sup>  $Utilisation = \frac{total\ demand\ of\ all\ customers}{\#Depots \cdot \#Vehicles \cdot Capacity}$

Table 2: Performance comparison of several methods

Problem	[RLB96]		[CGL97]		[SS97]		[TS01]		[OH04]		LAR		Best <sup>a</sup> c(s*)
	$\Delta$	T <sup>b</sup>	$\Delta$	T <sup>b</sup>	$\Delta$	T <sup>b</sup>	$\Delta$	T <sup>b</sup>	$\Delta$	T <sup>b</sup>	$\Delta$	T <sup>b</sup>	
1	<b>0.00%</b>	03:12	<b>0.00%</b>	03:14	1.89%	00:06	2.58%	05:36	4.77%	00:01	0.87%	00:01	576.87
2	<b>0.00%</b>	04:48	0.07%	03:28	2.34%	00:06	1.79%	03:06	1.37%	00:01	1.37%	00:01	473.533
3	<b>0.00%</b>	05:48	0.62%	05:40	0.74%	00:06	8.31%	04:24	10.25%	00:01	1.61%	00:01	641.186
4	<b>0.24%</b>	11:24	0.52%	07:47	4.64%	01:18	6.08%	08:24	2.33%	00:03	4.28%	00:03	1001.47
5	<b>0.03%</b>	12:48	0.44%	08:13	3.62%	00:18	0.64%	10:18	4.68%	00:03	2.33%	00:03	750.029
6	<b>0.00%</b>	08:24	0.15%	07:39	1.38%	00:18	11.35%	09:42	3.69%	00:01	1.38%	00:01	876.5
7	0.89%	06:48	<b>0.82%</b>	07:43	3.87%	01:54	10.38%	07:24	3.77%	00:01	4.25%	00:01	884.664
8	1.17%	09:24	1.11%	25:26	1.80%	14:06	8.55%	41:48	5.79%	<b>-0.14%</b>	00:21	00:21	4433.31
9	1.56%	41:12	<b>1.12%</b>	26:44	3.30%	07:06	10.50%	31:24	9.35%	1.64%	00:15	00:15	3877.37
10	<b>0.39%</b>	43:00	1.63%	25:30	4.64%	04:30	17.41%	45:30	9.02%	2.78%	00:12	00:12	3655.18
11	2.67%	36:24	<b>0.75%</b>	25:55	4.51%	04:06	15.15%	37:24	9.19%	3.09%	00:07	00:07	3554.18
12	<b>0.00%</b>	05:24	<b>0.00%</b>	05:34	0.60%	00:18	7.81%	04:48	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	00:02	00:02	1318.95
13	<b>0.00%</b>	04:48	<b>0.00%</b>	05:35	<b>0.00%</b>	00:18	<b>0.00%</b>	05:18	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	00:01	00:01	1318.95
14	0.41%	02:36	<b>0.00%</b>	05:26	<b>0.00%</b>	00:18	<b>0.00%</b>	05:48	0.41%	0.41%	00:02	00:02	1360.12
15	1.84%	15:30	<b>1.15%</b>	14:04	3.24%	01:06	22.10%	07:54	2.95%	2.52%	00:03	00:03	2505.42
16	<b>0.00%</b>	11:06	<b>0.00%</b>	14:03	0.48%	01:06	5.74%	09:54	0.61%	0.19%	00:03	00:03	2572.23
17	0.82%	05:48	<b>0.41%</b>	13:42	<b>0.41%</b>	00:42	6.85%	11:48	0.82%	0.82%	00:03	00:03	2709.09
18	2.11%	23:12	<b>0.21%</b>	24:51	4.06%	01:54	47.53%	20:18	5.43%	3.11%	00:05	00:05	3702.84
19	<b>0.00%</b>	22:00	<b>0.00%</b>	25:12	1.07%	01:54	3.39%	28:18	1.92%	0.21%	00:05	00:05	3827.06
20	0.96%	10:00	<b>0.00%</b>	24:43	0.41%	01:24	7.07%	31:48	0.96%	0.96%	00:05	00:05	4058.07
21	3.32%	48:42	<b>1.12%</b>	48:10	5.73%	03:36	25.52%	24:42	8.25%	3.73%	00:08	00:08	5474.83
22	0.28%	33:30	0.24%	48:54	0.71%	03:42	4.97%	27:24	3.71%	<b>0.14%</b>	00:08	00:08	5702.15
23	0.82%	17:18	0.73%	47:52	<b>0.18%</b>	03:18	3.16%	29:42	0.82%	0.82%	00:08	00:08	6095.46
<b>Avg.</b>	<b>0.76%</b>	<b>19:16</b>	<b>0.48%</b>	<b>18:30</b>	<b>2.16%</b>	<b>02:20</b>	<b>9.86%</b>	<b>17:57</b>	<b>3.92%</b>	<b>1.58%</b>	<b>00:05</b>	<b>00:05</b>	

<sup>a</sup> Origin of best known solution: C [CGL97] with tuned parameters and longer runtime, S [Sch04]

<sup>b</sup> Runtime in minutes on the following hardware: Sun 4/370 [RLB96], Sun Sparcstation 10 [CGL97], VAX 4000-500 [SS97], DEC Alpha [TS01], and Pentium4/2.8 GHz for LAR

Table 3: Performance comparison of LAR with the Tabu search algorithm proposed by Cordeau et al. [CGL97] on the benchmarks proposed there.

Problem	[CGL97]	LAR		
	c(s)	c(s)	$\Delta$	T
24	861,32	861,319	0,00%	00:00
25	1307,61	1349,92	3,24%	00:01
26	1806,60	1805,7	<b>-0,05%</b>	00:02
27	2072,52	2172,05	4,80%	00:05
28	2385,77	2428,23	1,78%	00:09
29	2723,27	2710,39	<b>-0,47%</b>	00:13
30	1089,56	1116,19	2,44%	00:00
31	1666,60	1804,08	8,25%	00:01
32	2153,10	2217,94	3,01%	00:04
33	2921,85	3228,52	10,50%	00:08
<b>Avg.</b>			<b>3,35%</b>	<b>00:04</b>

The results for the 10 instances proposed in [CGL97] can be found in Table 3. On these test problems, we improved on the best known solutions for 2 out of the 10 problem instances. On average, LAR performed 3.35% worse than the Tabu search algorithm used in [CGL97], which is mainly due to the bad performance on Problem 31 and 33.

Over all 33 test instances, LAR has a deviation from the best known solution of 2.11%. While this is worse than the 0.33% obtained by the TS used in [CGL97], LAR is significantly faster (based on the running times observed in Table 2 – the running time for Tabu search on problem instances 24-33 was not reported in [CGL97]).

### 5.3 Design choices

In this section, we examine for some algorithm design choices their effect on solution quality. For this purpose, we compare three algorithmic variants:

1. Our proposed LAR
2. LAR where we require feasibility of tours when assigning borderline customers to depots (as in the heuristic from Salhi and Sari [SS97])

3. A method which requires feasibility of tours when assigning borderline customers to depots, and then takes the resulting tours and applies local improvement. This is similar to the heuristic proposed by Salhi and Sari [SS97], although they had some more local improvement heuristics.

All these algorithms are followed by the usual three iterations of our local improvement heuristics 2-opt, 3-opt and Swap.

As summarized above, in these tests, LAR achieved an average deviation from the best known solution of 2.11%. If we insist on feasible tours during the assignment stage (as in [SS97]), the deviation increases to 2.77%. If we additionally omit the re-planning of tours with the look-ahead savings algorithm and only apply local improvement (as in [SS97]), the deviation increases further to 5.27%. On the other hand, omitting the re-planning of tours reduces the running time by approximately 50%.

#### 5.4 Parameter sensitivity

In this subsection, we have a closer look at the influence of the parameter settings. Figure 2 looks at the influence of the number of first-level alternatives in the look-ahead procedure on the solution quality. As can be seen, considering only slightly more than just the best alternative improves performance significantly. After about 5 considered alternatives, additional alternatives improve the results only slightly, while the running time keeps increasing linearly.

Similarly, looking some stages ahead can help a lot, while after about 50 stages, the additional effect becomes negligible, see Figure 3

Overall, the heuristic seems to be fairly robust with respect to parameter settings. Also, note that we always used the same parameter settings for all 33 problems, which differ significantly in size and structure.

We also tested what solution quality we could obtain by tuning the parameters for each problem separately. To this end, we tested all combinations of the following parameter settings:  $a_1 \in \{1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100\}$ ,  $a_2 \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ ,  $m \in \{1, 5, 10, 20, 30, 40, 50\}$ ,  $p \in \{0.8, 0.9, 0.95, 0.975, 1.0\}$ . The best parameter settings for



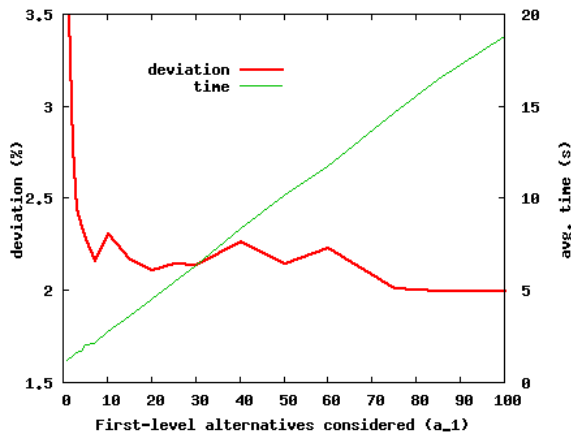


Figure 2: Average deviation over all 33 test problems depending on maximal number of alternatives considered by look-ahead procedure on first level,  $a_1$ .  $m = 50$ .

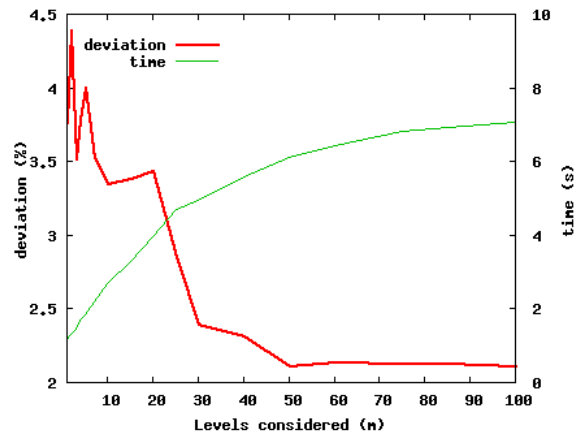


Figure 3: Average deviation over all 33 test problems depending on maximal number of levels for look-ahead,  $m$ .  $a_1 = 20$ .

each problem, together with the best solution found, are summarized in Table 4. Parameter fine-tuning further improved performance from an average error of 2.11% with standard parameter settings to an average error of 1.15%. Furthermore, in addition two of the three new best solutions reported above could be further improved, and for two more problems new best solutions were found (making a total of 5 new best solutions).

Table 4: Best results obtained with different parameter settings

Problem	Best		LAR							
	c(s*)		$\epsilon$	$a_1$	$a_2$	$r$	$m$	$p$	c(s)	$\Delta$
1	576,87	C	0,5	10	1	1	20	0,80	577,46	0,10%
2	473,533	C	1,0	20	1	1	50	1,00	480,04	1,37%
3	641,186	C	0,9	20	1	1	50	1,00	651,479	1,61%
4	1001,47	S	0,4	100	5	1	50	1,00	1023,35	2,18%
5	750,029	C	0,3	100	5	1	50	1,00	762,58	1,67%
6	876,5	C	0,5	70	4	1	50	1,00	885,91	1,07%
7	884,664	S	0,8	100	1	1	100	0,98	912,198	3,11%
8	4433,31	S	1,0	20	1	1	50	1,00	4427,16	<b>-0,14%</b>
9	3877,37	S	0,8	100	1	1	100	0,98	3922,21	1,16%
10	3655,18	S	0,8	20	1	1	50	1,00	3749,17	2,57%
11	3554,18	C	0,8	5	3	1	50	1,00	3627,00	2,05%
12	1318,95	C	1,0	2	1	1	5	1,00	1318,95	0,00%
13	1318,95	C	1,0	2	1	1	5	1,00	1318,95	0,00%
14	1360,12	C	1,0	1	1	1	1	1,00	1365,69	0,41%
15	2505,42	C	1,0	2	1	1	5	1,00	2568,50	2,52%
16	2572,23	C	1,0	20	1	1	5	1,00	2577,12	0,19%
17	2709,09	C	1,0	1	1	1	1	1,00	2731,37	0,82%
18	3702,84	S	0,1	30	1	1	50	0,90	3818,05	3,11%
19	3827,06	C	1,0	2	1	1	2	1,00	3835,28	0,21%
20	4058,07	C	1,0	1	1	1	1	1,00	4097,05	0,96%
21	5474,83	C	0,4	20	1	1	50	1,00	5681,03	3,77%
22	5702,15	C	1,0	2	1	1	5	1,00	5710,38	0,14%
23	6095,46	C	1,0	1	1	1	1	1,00	6145,58	0,82%
24	861,32	C	0,4	100	1	1	100	0,98	861,32	0,00%
25	1307,61	C	0,1	150	1	1	150	0,98	1302,77	<b>-0,37%</b>
26	1806,6	C	0,7	100	1	1	100	0,98	1792,62	<b>-0,77%</b>
27	2072,52	C	0,6	100	1	1	100	0,95	2091,01	0,89%
28	2385,77	C	0,7	150	1	1	150	0,98	2374,41	<b>-0,48%</b>
29	2723,27	C	0,6	100	1	1	50	0,95	2697,85	<b>-0,93%</b>
30	1089,56	C	0,5	100	1	1	100	0,85	1102,45	1,18%
31	1666,6	C	0,6	100	1	1	100	0,98	1731,77	3,91%
32	2153,1	C	0,8	150	1	1	150	0,98	2165,64	0,58%
33	2921,85	C	0,8	150	1	1	150	0,98	3048,79	4,34%
<b>1,15%<sup>b</sup></b>										

<sup>a</sup> avg. deviation on problem instances 1 to 23

<sup>b</sup> avg. deviation over all 33 problem instances

## 6 Conclusion

In this paper, we have considered the multi-depot vehicle routing problem (MDVRP), which extends the standard vehicle routing problem (VRP) by allowing servicing a customer from one of several depots, which is a common scenario in practical transportation problems. To solve this problem, we have proposed a new heuristic which first assigns customers to depots, and then uses a savings heuristic with integrated look-ahead to solve the VRP for each depot. An extensive empirical comparison on 33 standard benchmark problems showed that our method is not only competitive with other state-of-the-art procedures, but also much faster. For 5 out of the 33 benchmark problems, new best solutions have been found.

Overall, we conclude that our proposed method is a very fast and simple yet very effective heuristic for the MDVRP. As a next step, we are working on hybridizing this heuristic with an evolutionary algorithm to obtain even better results.

## References

- [AB75] S. Ashour and P. Bhatt. A graph-theoretical approach for delivery problems. Technical report, unpublished, 1975.
- [CE69] N. Christofides and S. Eilon. An algorithm for the vehicle-dispatching problem. *Operational Research Quarterly*, 20(3):309–318, 1969.
- [CGL97] J.F. Cordeau, M. Gendreau, and G. Laporte. A tabu search heuristic for periodic and multi-depot vehicle routing problems. *Networks*, 30:105–119, 1997.
- [CGW93] I-M. Chao, B. Golden, and E. Wasil. A new heuristic for the multi-depot vehicle routing problem that improves upon best-known solutions. *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, 13(3):371–406, 1993.
- [CW64] G. Clarke and J.W. Wright. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12:568–581, 1964.

- [GJ76] B.E. Gillet and J.G. Johnson. Multi-terminal vehicle-dispatch algorithm. *Omega*, 4:711–718, 1976.
- [GL98] F. Glover and M. Laguna. *Tabu Search*. Kluwer, 1998.
- [HEC] <http://www.hec.ca/chairedistributique/data/>.
- [Mat78] F. Matthus. *Tourenplanung - Verfahren zur Einsatzdisposition von Fuhrparks*. S.Toeche-Mittler Verlag, Darmstadt, 1978.
- [OH04] B. Ombuki and F. Hanshar. An effective genetic algorithm for the multi-depot vehicle routing problem. Technical report, Brock University Ontario, 2004.
- [RLB96] J. Renaud, G. Laporte, and F. F. Boctor. A tabu search heuristic for the multi-depot vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 23:229–235, 1996.
- [Sch04] S. Scheuerer. *Neue Tabusuche-Heuristiken für die logistische Tourenplanung bei restringierendem Anhängereinsatz, mehreren Depots und Planungsperioden*. PhD thesis, Universität Regensburg, 2004.
- [SS97] S. Salhi and M. Sari. A multi-level composite heuristic for the multi-depot vehicle fleet mix problem. *European Journal of Operational Research*, 103:95–112, 1997.
- [TH71] F. A. Tillman and R. W. Hering. A study of a look-ahead procedure for solving the multiterminal delivery problem. *Transportation Research*, 5:225–229, 1971.
- [Til69] F.A. Tillman. The multiple terminal delivery problem with probabilistic demands. *Transportation Science*, 3:192–204, 1969.
- [TS01] S.R. Thanghia and S. Salhi. Genetic clustering: An adaptive heuristic for the multidepot vehicle routing problem. *Applied Artificial Intelligence*, 15:361–383, 2001.

- [TV01] P. Toth and D. Vigo. *The vehicle routing problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2001.
- [Weu83] H.-K. Weuthen. *Tourenplanung - Lösungsverfahren für Mehrdepot - Probleme*. PhD thesis, Universität Karlsruhe TH, 1983.



# **Progress in solving large scale multi-depot multi-vehicle-type bus scheduling problems with integer programming**

Uwe H. Suhl, Swantje Friedrich and Veronika Waue

Institut für Produktion, Wirtschaftsinformatik und Operations Research

Freie Universität Berlin  
D-14195 Berlin

suhl@wiwiss.fu-berlin.de

## **Abstract**

This paper discusses *solution methods* of multi-depot, multi-vehicle-type bus scheduling problems (MDVSP), involving multiple depots for vehicles and different vehicle types for timetabled trips. All models are from real-life applications. Key elements of the application are a mixed-integer model based on time-space-based networks for MDVSP modeling and a customized version of the mathematical optimization system MOPS to solve the very large mixed integer optimization models. The modeling approach was already described in several other publications. This paper focuses on the solution methods critical to solve the very large integer optimization models. We discuss aspects to solve the initial LP and the selection of the starting heuristic. Real life applications with over one million integer variables and about 160000 constraints were solved by the optimizer MOPS. A key role plays also the architecture of new Windows workstations with Intel 64 bit processors. We present numerical results on some large scale models and a brief comparison to another state-of-the-art mathematical programming system. The presented research results have been developed in cooperation with the Decision Support & OR Lab of the university Paderborn which was responsible for the development of the MDVSP-model and the application software.

## 1 Introduction

Public transportation companies are under high cost pressures, because market prices for suburban transportation are not cost covering and traditional subsidies from municipalities are decreasing. The companies must therefore focus on efficient use of resources, especially vehicles and drivers.

We consider the scheduling of vehicles under constraints and objectives arising in urban and suburban public transport. Each timetabled trip can be served by a vehicle belonging to a given set of vehicle types. Each vehicle has to start and end its work day in one of the given depots. After serving one timetabled (loaded) trip, each bus can serve one of the trips starting later from the station where the vehicle is standing, or it can change its location by moving unloaded to another station (deadhead trip) in order to serve the next loaded trip starting there.

The cost components include fixed costs for required vehicles as well as variable operational costs. The variable costs consist of distance-dependent travel costs and time-dependent costs for time spent outside the depot – the case where a driver is obliged to stay with the bus. All cost components depend on vehicle type. Since the fixed vehicle cost components are usually orders of magnitude higher than the operational costs, the optimal solution always involves the minimal number of vehicles.

The combinatorial complexity of the multi-depot bus scheduling problem (MDVSP) is determined by numerous possibilities to assign vehicle type to each trip, to build sequences of trips for particular buses, and to assign buses to certain depots. To represent these sequences of trips, exact modeling approaches known in the literature consider explicitly all possible connections - pairs of trips that can be served successively.

It is well known that the general MDVSP-model is NP-hard [BeCG87]. The practical complexity of instances of the MDVSP depends on factors such as:

- the number of timetabled trips,
- the number of depots, or more precisely, the average number of depot-vehicle type combinations per timetabled trip,



- the number of possible unloaded trips, which can vary depending on the completeness of the distance matrix for stop points.

Since real life MDVSP-models result in a very large number of integer variables and constraints there have been numerous modeling and optimization approaches to solve such models. There are three different approaches among the existing modeling techniques:

- Path-oriented - leading to set partitioning formulation [RiSo94],
- Arc-oriented - leading to multi-commodity flow formulation [FoHW94],
- Combinations of these two approaches [CDFT89].

For an overview of the various modeling and optimization techniques see [KIMS06].

In all these models the possible trip connections are considered explicitly and the number of such connections, corresponding to the number of integer variables, grows quadratic as a function of the number of loaded trips. Therefore, models with several thousand scheduled trips become too large to be solved in a reasonable amount of time by standard integer programming software. Various techniques to reduce the number of possible connections have been proposed in the literature. Some approaches discard arcs with too long waiting times; others generate arcs applying the column generation idea to the network flow representation.

The model used in this paper is based on a time-space network based modeling approach described in [MeIKI02, GiKS05, KIMS06]. For completeness we will describe in the following section the underlying mathematical model in its simplest form.

## **2 The multi-depot multi-vehicle type scheduling problem (MDVSP)**

We define the vehicle scheduling problem (VSP), arising in public bus transportation, as the task of building an optimal set of rotations (vehicle schedule), such that each trip of a given timetable is covered by exactly one rotation. For each trip the timetable specifies a departure time and an arrival time with start and end stations respectively.

Within a bus tour consisting of several (loaded) service trips chained with each other, the use of deadhead trips (unloaded trips between two end stations) often provides an improvement in

order to serve all trips of a given timetable by a minimum number of buses. Thus a work day for a given bus is defined as a sequence of trips, deadheads, waiting times at stations (parking stops) and pull-out/pull-in trips from/to the assigned depot. Since deadhead trips mean an additional cost factor, minimization of this cost and minimization of waiting time cost are important optimization goals.

There are several variations of the bus scheduling problem involving different side constraints or numbers of depots and / or of bus types. The constraints and optimization criteria may differ from one problem setting to another. The presented model can be modified such that several practical side constraints such as outsourcing of the parts of timetables to private bus companies or return trips to different depots can be handled.

The multi-depot vehicle scheduling problem involves several depots, so that a vehicle has to return in the evening to the same depot from which it started in the morning.

A multi-vehicle-type VSP copes with a heterogeneous fleet of vehicles. For a given trip we define a group of vehicle types this trip can be served by. In a feasible solution each rotation is assigned to exactly one depot and to one vehicle type. Furthermore, it is possible to state capacity constraints for depots to consider the number of parking slots for buses. Other kinds of capacity constraints set a limit for the number of available vehicles of certain bus types and for the number of certain type vehicles in a given depot.

Time-space network (TSN) models have been proposed for routing problems in airline scheduling [HBJM95], because they are advantageous in modeling possible connections between arriving and departing flights. In a time-space network, connections within a location are realized by using a time line that connects all possible landing and takeoff events within the location. Thus, there is no need to explicitly model connections for each feasible pair of events within a location. Time-space network models were not used for bus scheduling problems until now, because, compared to airline scheduling where deadheading is generally not allowed, bus scheduling permits unrestricted deadheading. Thus the advantages given by TSN remained negligible, because of too many deadhead arcs.

However, as was shown in [MelKI02, GiKS05, KIMS06] a new modeling technique exploits the advantages of TSN models for bus scheduling problems. A crucial modeling technique is aggregation of possible trip matches, which allows a drastic reduction in model size. This

modeling technique allows the solution of large practical MDVSP models with exact solution algorithms such as integer programming.

Let  $N = \{1,2,\dots,n\}$  be the set of trips, and let  $D$  be the set of depots. The depot is here defined as a combination of a depot and a vehicle type. The vehicle scheduling network  $G^d = (V^d, A^d)$  corresponding to depot  $d$  is defined as an acyclic directed graph with nodes  $V^d$  and arcs  $A^d$ . Let  $c_{ij}^d$  be the vehicle cost of arc  $(i,j) \in A^d$ , which can be a function of travel and idle time. The vehicle cost of arcs representing idle time activity in the depot is 0. Furthermore, a fixed cost for using a vehicle is set on the circulation arc. Let  $N^d(t) \in A^d$  be the arc corresponding to trip  $t$  in the vehicle scheduling network  $G^d$ . Decision variable  $x_{ij}^d$  indicates whether an arc  $(i,j)$  is used and assigned to the depot  $d$  or not. An upper bound  $u_{ij}^d$  is defined for each decision variable as follows:

$$u_{ij}^d = \begin{cases} 1, & \text{if } x_{ij}^d \text{ corresponds to a timetable trip} \\ u^d, & \text{if } x_{ij}^d \text{ corresponds to a circulation arc where } u^d \text{ is the capacity for depot } d \\ M, & \text{otherwise, where } M \text{ is the maximum number of available vehicles.} \end{cases}$$

The MDVSP model can now be formulated as

$$\min \sum_{d \in D} \sum_{(i,j) \in A^d} c_{ij}^d x_{ij}^d \quad (1)$$

$$\sum_{\{j:(i,j) \in A^d\}} x_{ij}^d - \sum_{\{j:(j,i) \in A^d\}} x_{ji}^d = 0, \quad \forall i \in V^d, \forall d \in D \quad (2)$$

$$\sum_{d \in D, (i,j) \in N^d(n)} x_{ij}^d = 1, \quad \forall n \in N \quad (3)$$

$$0 \leq x_{ij}^d \leq u_{ij}^d, \quad \forall (i,j) \in A^d, \forall d \in D \quad (4)$$

$$x_{ij}^d \text{ integer}, \quad \forall (i,j) \in A^d, \forall d \in D \quad (5)$$

The objective (1) is to minimize the sum of total vehicle costs. Constraints (2) are flow conservation constraints, indicating that the flow into each node equals the flow out of each

node, while constraints (3) assure that each trip must be covered by exactly one vehicle. This is a time-space network model based on a multi-commodity flow formulation. It should be mentioned that some integer variables in the MDVSP model can be declared as continuous variables. They obtain automatically integer values in a feasible integer solution.

### 3 Solving the Linear Programming relaxation of MDVSP-models

Real life MDVSP-models are usually very large. The following table represents real life models of the PTV AG and the Decision Support & OR Lab of the university Paderborn. The number of depots is actually depot-vehicle-type combinations, as mentioned above, and thus corresponds to the terminology in [Löbe99].

MDVSP model instances					Integer model sizes			
City	#trips	#stations	#v. types	#depots	rows	variables	Int. vars.	nonzeros
Halle1	2047	21	3	2	14997	53249	40387	113069
Halle2	2047	21	3	3	21939	87128	67367	184111
Halle3	2047	21	3	4	29031	118768	91957	250675
Mun1	1808	76	1	19	52303	478823	429088	981163
Mun2	3054	49	1	9	61254	573300	515530	1174095
Mun3	11062	161	12	19	163142	1479833	1330580	3031285

Table 1: MDVSP model instances and corresponding integer model sizes

All successful solution methods to solve general integer optimization methods are based on a branch-and-bound / cut approach. A key role plays the solution of the LP-relaxations: the initial LP and the LPs corresponding to subproblems (nodes) in the branch-and-bound / cut tree.

There are three competitive solution algorithms to solve general LP-models [Bixb02]:

- primal simplex method, the oldest simplex solution algorithm [Dant63]
- dual simplex method, which has become a strong contender over the years [Lemk54, Bixb02, Kobe05, KoSu07]
- Interior point algorithms, also called barrier algorithms [Karm84, Mehr92, Mész96].

It is well known, that there are problem classes where each of those algorithms works best. Furthermore each method has fundamental advantages and disadvantages:

A fundamental advantage of the simplex methods is that an optimal LP solution is a basic solution. This means that only basic variables may have values between their bounds. Nonbasic variables (except free variables) have values at their lower or upper bound. Most lower bounds of practical models are zero. Therefore, an optimal basic solution has typically a smaller number of nonzero activities than an optimal solution produced by an interior point method. A basic solution exploits furthermore a tight linear programming relaxation of an integer model. The simplex method has in addition very good warm start capabilities if an LP-model is slightly modified and a nearly optimal basic solution is available. The simplex method is therefore the method of choice for solving LPs during branch and bound / cut algorithms. State-of-the-art dual simplex codes are in general superior to primal simplex codes. However both codes are dependant on each other that is the dual requires frequently the primal to remove a cost perturbation and the primal requires frequently the dual simplex code to remove a bound perturbation [KoSu07].

Recent interior point technology is based on primal-dual methods [Mehr92, Mész96]. There are large LP-models which can be solved much faster than with the best simplex codes. The number of iterations for an interior point method is typically relatively small (20-80) and independent of the size of the problem. The main work of an iteration is the solution of a symmetric, positive definite system of linear equations. A symbolic Cholesky factorization can be computed once by using an ordering algorithm [GeLi81]. The number of nonzeros in the Cholesky factorization is a key factor for the performance of the interior point method and is strongly influenced by the ordering algorithm used to compute the pivot sequence. It is therefore important, in particular for very large LP-models, to experiment with the different ordering heuristics for a given model class. The Cholesky factorization has in general much more nonzeros than LU-factorizations in a simplex type algorithm. The use of an interior point method therefore requires a much larger amount of main memory than the simplex method. This behavior rules out the use of interior point methods for very large models on some system platforms such as a classical Windows XP-system with 2 GB address limit (see Table 2).

Another disadvantage is a very limited warm start capability which is required during branch-and-bound / cut because the similarity of LP subproblems can be exploited by the simplex method but not by the interior point method.

Interior point methods do generally not produce a basic solution. In many situations (integer programming, tight linear programming relaxations, save / restore of basis) basic solutions are necessary. There are “cross over” algorithms, also called (optimal) basis identification which can be used to produce an optimal basic solution from an optimal interior point solution [Ande99]. These algorithms are specialized simplex algorithms. The crossover method used in MOPS uses the numerical kernels of the simplex method.

The optimization system MOPS [MOPS06, Suhl94] contains three state-of-the-art engines which were tested on the MDVSP models. The interior point method in MOPS is based on the work of C. Mészáros [Mész98]. The dual simplex method was recently completely new designed and implemented [Kobe05, KoSu07] and is one of the best implementation according to our benchmarks. A key question was initially which engine is best suited to solve the initial LP. It was clear from the beginning that the primal simplex method will probably not be competitive to the other methods on the MDVSP problems. The numerical experiments with the smallest model Halle1 in Table 1 shows the expected results (see Table 2). We ran a comparison against Cplex 9.1 [ILOG06] and it shows the same behavior. As a consequence the larger models were only tested with dual simplex and barrier with crossover (x-over). The smallest models Halle1 and Halle2 were solved faster with the dual simplex. When model sizes get larger the barrier code outperforms the dual simplex. This observation is in line with the fundamental advantage in computational complexity of the barrier code compared to a simplex code. The following numerical results are based on a typical Windows XP Workstation with a 32-Bit Pentium Processor. This machine has a maximum virtual address space limit of 2 Gigabytes (GB). Under certain conditions an address limit of 3 GB is possible. This type of workstation is frequently used in practice for running such applications. As can be seen in Table 2 model Mun3 cannot be solved with the barrier code on such a machine, because the required virtual memory exceeds 3 GB. We were also not able to solve that model with the 32-Bit barrier code of Cplex 9.1 on this machine.

Name	MOPS times (secs) on PIV (3,4 GHz, WinXP) to solve the initial LP		
	Primal simplex	Dual simplex	Barrier + x-over
Halle1	281.69	21.28	33.19
Halle2	Nt	61.38	73.06
Halle3	Nt	176.05	108.81
Mun1	Nt	3051.58	1519.33
Mun2	Nt	4266.36	798.24
Mun3	Nt	15012.08	nem

nt: not tested, nem: not enough (virtual) memory, i.e. > 2 GB

Table 2: LP Solution times on a 32 Bit Windows workstation with MOPS (32)

Model Mun3 was also solved by Cplex 9.1 on the same 32 bit workstation. The barrier code of Cplex 9.1 was also not able to solve this model due to insufficient memory. The dual simplex engine of Cplex 9.1 solved the initial LP of Mun3 in 14832.17 secs. The purpose of this paper is not to make a comparison between Cplex and MOPS. The test just shows that the current state-of-the-art system Cplex required also several hours computing to solve this model.

A recent development for Windows / Intel workstations are processor and memory architectures which allow 64 bit addressing and integer arithmetic. Microsoft provides the operating system WindowsXP (x64). Intel offers C++ and FORTRAN compilers which generate 64 bit code for such machines. This development is very important from a practical point of view because Intel / Windows system platforms are used predominantly in industry. Virtually all 32-bit software systems run unchanged on such 64 bit systems allowing the parallel use of 32 bit and 64 bit software systems.

It was a straightforward task to recompile MOPS using the Intel Compilers and generating a 64 bit library. The following numerical results with MOPS are based on a workstation with Intel Xeon processor (3.4 GHz) with Intel 64 bit memory technology 64MT, 4 GB of main memory. Both CPUs are Xeon Processors with a clock speed of 3.4 GHz. The internal data caches are identical with 16 KB. The 32 Bit CPU has an on board L2 cache with a size of 1 MB ECC whereas the 64 Bit CPU has an on board L2 cache with a size of 2 MB ECC resulting in a much higher memory bandwidth of the 64 Bit CPU. Furthermore the 64 Bit CPU has more registers and additional instructions. Despite of the same compiler releases one can expect some differences in the compiled code.

Name	MOPS (64) times (secs) on Xeon (3,4 GHz, Win x64 to solve initial LP	
	Dual simplex	Barrier + x-over
Mun1	2895.09	1496.81
Mun2	4106.36	778.24
Mun3	11336.45	3490.20

Table 3: LP Solution times on a 64 Bit Windows workstation with MOPS64

One surprise was the result with the dual on Mun3. The time was nearly 4000 secs faster than the result for the 32 bit version. It is not clear which of the possible influence factors (compiler, cache size and architecture) was responsible for this result.

A key influence on the running time of the interior point code has the ordering heuristic used for the Cholesky factorization. There are several well known ordering heuristics such as minimum degree, minimum local fill-in, and nested dissection [GeLi81] and more recent orderings such as multisection [AsLi98, Mész98] which are used in MOPS. In the default ordering we perform the minimum degree and the nested dissection ordering and compare the computed number of nonzeros; then we select the better ordering i.e. with the fewer number of nonzeros. However the best results for the MDVSP-models are based on the multisection ordering which was used throughout in the benchmarks. The following table contains a comparison of two ordering heuristics with respect to the number of nonzeros and solution times of three models of Table 1 on the Xeon (3.4) and Winx64. Note, that most other LP-models are solved faster with the default ordering.

Name	default ordering		multisection ordering	
	Nonzeros in Cholesky	Barrier time (sec)	Nonzeros in Cholesky	Barrier time (sec)
Mun1	63,648,566	3567.72	45,470,777	1496.81
Mun2	26,887,134	1206.81	22,688,525	778.24
Mun3	84,710,597	5689.22	71,388,781	3490.20

Table 4: LP Solution times and Cholesky nonzeros with the MOPS barrier code and two ordering heuristics

#### 4 Solving the MDVSP-models

The time-space network based models presented above have automatically a very tight LP-relaxation. The relative gap between the value of the LP-relaxation after IP-Preprocessing and an optimal integer value is extremely small, sometimes zero. Almost all variables have integer values in the optimal basic solution of the LP-relaxation. Due to the aggregation of possible connections, the mathematical model tends to use one general integer variable instead of several



binary variables. The optimal vehicle schedule is computed in the post-processing phase from the optimal network flow via flow decomposition [KIMS06].

The normal IP-Preprocessing [SuSz94] to tighten the LP-relaxation does not produce any significant improvements. Neither lifted cover cuts [SuWa04] nor clique or implication cuts are violated in the LP-relaxation(s). Only Gomory mixed integer cuts are able to tighten the LP-relaxation on some MDVSP-models, reducing the fractionality of the LP-solution. However the Gomory cuts can be quite dense. The number of nonzeros depends on the density of row  $k$  of the inverse. Therefore inserting the cut may produce significant fill in the following LU-factorizations of the modified basis matrices reducing the iteration speed in the branch-and-bound / cut algorithm. Therefore the decision whether a cut is actually appended to the original model is crucial, in particular for very large models. This aspect is under further investigation and is not discussed here.

An initial heuristic is used to find good integer solutions quickly. MOPS contains different heuristics prior to the branch-and-cut algorithm. We use the relaxation-based search space (RSS) heuristic for solving the MDVSP-models which produces the overall best results.

The RSS heuristic distinguishes between basic and nonbasic integer variables of the current LP solution after the initial IP-Preprocessing. Let  $nb$  the number of nonbasic variables in the LP-solution and  $\delta$  a parameter between 0 and 1 (default is 0.7). The  $\delta \cdot nb$  nonbasic variables with the largest magnitude of their reduced costs  $d_j$  are fixed to the corresponding lower or upper bound depending on the sign of  $d_j$ .

We define two rounding intervals  $[0,rl]$  and  $[ru,1]$  where  $0 \leq rl < ru \leq 1$ . The default values are  $rl = 0.1$  and  $ru = 0.9$ . For a basic integer variable  $j \in J_I$  with a value  $\bar{x}_j = \lfloor \bar{x}_j \rfloor + f_j$ ,  $f_j$  specifies its fractional part, where  $0 \leq f_j < 1$ . Variable  $x_j$  is rounded to  $\lfloor \bar{x}_j \rfloor$  if  $f_j \in [0,rl]$  and to  $\lceil \bar{x}_j \rceil$  if  $f_j \in [ru,1]$ . In other words “quasi integer” basic variables are rounded to the next integer value. The LP relaxation is solved after rounding all quasi integer variables. Several rounding iterations can be done as long as the LP solution is feasible, not integer and variables are rounded. In case of infeasibility the last rounding step is undone. The rounding intervals can be enlarged if no variable can be fixed in the first pass of rounding and reduced, if the LP-relaxation is infeasible in the first rounding pass or the LP-relaxation is integer.

---

**Basic Algorithm of rounding process**

---

```
1  For i=1 to number of rounding iterations do
2    For j=1 to number of all variable do
3      If variable is fixed or continuous cycle
4       $f_j = \bar{x}_j - \lfloor \bar{x}_j \rfloor$ 
5      If  $f_j \leq rl$  then
6        Fix variable to  $\lfloor \bar{x}_j \rfloor$ 
7      Else if  $f_j \geq ru$  then
8        Fix variable to  $\lceil \bar{x}_j \rceil$ 
9      End if
10     Perform bound reduction on all variables
11     If problem is infeasible then
12       Clear settings of last rounding pass
13       If first rounding pass then reduce rounding intervals
14       Exit
15     End if
16   End for
17   If problem is infeasible then
18     If first rounding pass then
19       Cycle
20     Else
21       Exit
22     End if
23   End if
24   If no variables are rounded in this pass then
25     If first rounding pass then
26       Enlarge rounding interval
27     Cycle
28     Else
29       Exit
30     End if
31   End if
32   Solve LP
33   If problem is infeasible then
34     Clear settings of last rounding pass
35     If first rounding pass then
36       Reduce rounding intervals
37     Cycle
38     End if
39     Exit
40   Else if problem is integer then
41     Clear all settings
42     Reduce rounding intervals
43   End if
44 End for
```

The branch-and-bound engine of MOPS is called after rounding. If the search in the restricted search space is ended before one of the termination criteria (see below) is satisfied, the rounding intervals are reduced and the rounding procedure is repeated. The RSS heuristic is terminated if

- a given node limit is reached (default 50 nodes)
- the relative gap between the value of an integer solution found in the heuristic and the value of the LP relaxation after IP-Preprocessing is less than a threshold (default is 5%, i.e. 0.05)
- a time limit is reached (default is model size dependant).

---

**Basic Algorithm of RSS heuristic prior to the branch-and-bound-algorithm**

---

- 1 Solve LP after IP-Preprocessing
- 2 Fix the  $\delta$ \*nb variables with the maximum magnitude of reduced costs to the corresponding lower or upper bound
- 3 **Do**
- 4     Perform Basic Algorithm of rounding process
- 5     Use branch-and-bound algorithm until node limit, time limit or gap is reached
- 6     Clear settings
- 7     **If** termination criterion is reached **Exit**
- 8     Reduce size of rounding intervals
- 9 **Enddo**

## 5 Numerical results on real life models

Table 5 summarizes the computational results of the test problems presented in Table 1. Since the heuristic is also a specialized branch-and-bound-algorithm where the main work is to solve an LP at given node the nodes are not distinguished between heuristic and branch-and-bound algorithm. The heuristic is executed at most 50 nodes. The branch-and-bound algorithm is used thereafter to prove optimality.

Name	initial LP time (sec)	Nodes in heuristic + b&b	Total time (sec)
Halle1	33.19	0	33.77
Halle2	73.06	0	73.19
Halle3	108.81	0	115.81
Mun1	1527.81	0	1665.34
Mun2	798.24	10	879.13
Mun3	3490.20	0	3586.45

Table 5: Solution times on a 64 Bit Windows workstation with MOPS64

With the proposed modeling approach in [KIMS06] we were able to solve quite large problems in an acceptable amount of time. This required the selection of the: proper LP-engine, ordering heuristic for the Cholesky factorization, starting heuristic, branching and node selection strategies.

One remark on “acceptable” solution times is in order. Running times of a couple of hours do not seem ideal. However, the MDVSP-models are not solved on a daily basis. It is therefore acceptable to run such models over night.

## **6 Conclusion**

MDVSP models from real life applications as modeled by time-space network flow models [MeiK102, GiKS05, KIMS06] can now be solved efficiently by a customized version of the optimizer MOPS. Customization requires only the setting of a few parameters. The progress in solution times is based on several improvements of the computational engines, an improved heuristic and the use of 64 bit platforms (Windows XP x64). Many of these instances were not solvable with the existing approaches or the running time was too long. It should be mentioned that the improvements in algorithms and implementation are also beneficial to many other applications based on linear mixed-integer programming models.

## References

- [Ande99] Andersen, E.D.: On exploiting problem structure in a basis identification procedure for linear programming, In: *INFORMS Journal on Computing* 11 (1999) 1, S. 95-103.
- [AsLi98] Ashcraft, C. and Liu, J.W.: Robust Ordering of Sparse Matrices using Multisection, In: *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications* 19 (1998) 3, S. 816 – 832.
- [BeCG87] Bertossi, I., Carraresi, P., Gallo, G.: On some matching problems arising in vehicle scheduling models, In: *Networks* 17 (1987), S. 271-281.
- [Bixb02] Bixby, R. E.: Solving real-world linear programs: a decade and more of progress, In: *Operations Research* 50 (2002) 1, S. 3-15.
- [CDFT89] Carpaneto, G., Dell’Amico, M., Fischetti, M., Toth, P.: A branch and bound algorithm for the multiple depot vehicle scheduling problem, In: *Networks* 19 (1989), S. 531-548.
- [Dant63] Dantzig, G.: *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton (1963).
- [FoHW94] Forbes, M. A., Holt, J. N., Watts, A. M.: An exact algorithm for multi-depot bus scheduling, In: *European Journal of Operational Research* 72 (1994), S. 115-124.
- [GeLi81] George, A. and Liu, J.W.: *Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems*, Prentice-Hall Inc. (1981).
- [GiKS05] Gintner V., Kliewer N. and Suhl L.: Solving large multiple-depot multiple-vehicle-type bus scheduling problems in practice, In: *OR Spektrum* 27 (2005), S. 507-523.

- 
- [HBJM95] Hane, C., Barnhart, C., Johnson, E.L., Marsten, R.E., Nemhauser, G.L., Sigismondi, G., The Fleet Assignment Problem: Solving A Large Integer Program, In: Mathematical Programming, 70 (1995) 2, S. 211-232.
- [ILOG06] ILOG homepage: <http://www.ilog.com/>
- [Karm84] Karmakar, N.: A new polynomial time algorithm for linear programming, In: Combinatorica 4 (1984), S. 373-395.
- [Kliw05] Kliewer, N.: Optimierung des Fahrzeugeinsatzes im öffentlichen Personennahverkehr, PhD-Thesis at the University of Paderborn, II - Fakultät für Wirtschaftswissenschaften / Department Wirtschaftsinformatik, (2005)
- [KIMS06] Kliewer, N.; Mellouli T. and Suhl L.: A time-space network based exact optimization model for multi-depot bus scheduling, In: European Journal of Operational Research 175 (2006), S. 1616-1627
- [Kobe05] Koberstein, A.: The Dual Simplex Method: Techniques for a fast and stable implementation, PhD-Thesis at the University of Paderborn, II - Fakultät für Wirtschaftswissenschaften / Department Wirtschaftsinformatik, (2005)
- [KoSu07] Koberstein, A. and Suhl U.H.: Progress in the Dual Simplex Algorithm for solving large scale LP problems: Practical dual phase 1 algorithms, to appear 2007 in Computational Optimization and Applications
- [Lemk54] Lemke, C.E.: The Dual Method of Solving the Linear Programming Problem, In: Naval Research Logistics Quarterly 1 (1954), S. 36-47.
- [Löbe99] Löbel, A.: Solving Large-Scale Multiple-Depot Vehicle Scheduling Problems, In: Computer-Aided Transit Scheduling 471 (1999), S. 193-220.
- [Mehr92] Mehrotra, S.: On the implementation of a primal-dual interior point method, In: SIAM Journal on Optimization 2 (1992) 4, S. 575-601.
- [MelK102] Mellouli, T. und Kliewer, N.: Umlaufplanung im öffentlichen Verkehr mit mehreren Depots und Fahrzeugtypen: Neue Lösungsmodelle und praktische

Aspekte, In: Tagungsbericht der HEUREKA'02 (Optimierung in Verkehr und Transport), FGSV-Verlag, Köln (2002), S. 63-76.

- [Mell03] Mellouli T.: Scheduling and Routing Systems in Public Transport Systems: Modeling, Optimization, and Decision Support, Habilitationsschrift, Universität Paderborn (2003).
- [Mész96] Mészáros, Cs.: Fast Cholesky Factorization for Interior Point Methods of Linear Programming, In: Computers & Mathematics with Applications 31 (1996), S. 49-51.
- [Mész98] Mészáros, Cs.: Ordering heuristics in interior point LP methods, In: New Trends in Mathematical Programming, (Eds.: F Gianessi, S. Komlósi und T. Rapcsák), Kluwer Academic Publishers (1998), S. 203-221.
- [MOPS06] MOPS - Mathematical Optimization System homepage: <http://www.mops-optimizer.com>.
- [RiSo94] Ribeiro, C., Soumis, F.: A column generation approach to the multiple-depot vehicle scheduling problem, In: Operations research 42 (1994) 1, S. 41-52.
- [Suhl94] Suhl, U.H.: MOPS - Mathematical OPTimization System, In: European Journal of Operational Research 72 (1994), S. 312-322.
- [SuSz94] Suhl, U.H. and Szymanski R.: Supernode Processing of Mixed-Integer Models, In: Computational Optimization and Applications 3 (1994), S. 317-331.
- [SuWa04] Suhl, U.H. und Waue V.: Fortschritte bei der Lösung gemischt-ganzzahliger Optimierungsmodelle, In: Quantitative Methoden in ERP und SCM, (Eds.: L. Suhl und S. Voss), DSOR Beiträge zur Wirtschaftsinformatik (2004), S. 35-53.





# Optimierungssysteme für die Dienstplanung im ÖPNV

Leena Suhl, Natalia Kliewer, Ingmar Steinzen

Universität Paderborn, Decision Support&OR Lab und  
International Graduate School for Dynamic Intelligent Systems  
Warburger Str. 100, D-33098 Paderborn  
E-Mail: {suhl, kliewer, steinzen}@dsor.de

## Abstract

Die Einsatzplanung von Bussen und die Dienstplanung von Busfahrern im städtischen öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) sind sehr komplex und erfordern eine Unterstützung durch computerbasierte Planungssysteme. Softwarepakete für die Planung im ÖPNV bieten traditionell eine graphisch-interaktive Benutzeroberfläche, die eine interaktive, prinzipiell manuelle Planung ermöglicht. In den letzten Jahren ist es jedoch durch die rasante Entwicklung der mathematischen Optimierungssoftware möglich geworden, komplexe Planungsmodelle im ÖPNV optimal zu lösen. Solche Modelle sollten daher in Planungssysteme für die praktische Arbeit integriert werden.

In diesem Beitrag werden Optimierungsmodelle für die Dienstplanung im ÖPNV und deren Einbettung in Planungssysteme diskutiert. Insbesondere werden Möglichkeiten und Grenzen von Set-Partitioning-Modellen sowie deren Erweiterung für mehrere Zielkriterien unter Nutzung von Metaheuristiken betrachtet. Einige der beschriebenen Algorithmen sind in der kommerziellen Software Interplan der PTV AG integriert.

## 1 Computergestützte Planungsprozesse im ÖPNV

Der Planungsprozess im öffentlichen Personennahverkehr lässt sich grundlegend in strategische und operative Planung unterteilen (s. Abb. 1). Die Planung ist aufgrund zahlreicher Anforderungen, die es zu berücksichtigen gilt, ein komplexer Prozess. Das Ziel dieser Planung ist eine möglichst kostengünstige und trotzdem qualitativ hochwertige Bedienung der Reisewünsche von Fahrgästen im Nahverkehr.

Nach einer Bedarfsermittlung werden im Rahmen der strategischen ÖPNV-Planung die Passagierströme geschätzt und es wird eine grobe Angebotsplanung vorgenommen. Die anschließende Netzplanung legt die Infrastruktur des Nahverkehrsnetzes fest. In der ersten Stufe der operativen Planung werden die zu bedienenden Linien festgelegt, die anschließend im Rahmen der Fahrplanerstellung mit genauen Zeitangaben für jede Linienfahrt versehen werden. Diese Aufgaben sowie die Steuerung des Vergabeverfahrens von Linien und Fahrten des ÖPNV liegen normalerweise in der kommunalen Hand.

Der Planer im Verkehrsunternehmen steht einer schwierigen Aufgabe gegenüber. Die von ihm erstellten Pläne müssen in sich schlüssig, also fahrbar sein, und dabei einen möglichst effizienten Ressourceneinsatz ermöglichen. Die Fahrzeugumläufe und Fahrerdienste sind dabei so zu planen, dass alle Linienfahrten des Unternehmens mit möglichst geringen Fahrzeug- und Personalkosten bedient werden.

Verkehrsunternehmen müssen somit im Rahmen des Planungsprozesses die genauen Umlaufverläufe ihrer Fahrzeuge festlegen und die Arbeitspläne für die benötigten Fahrer erstellen. Bei der Planung spielen jedoch nicht nur die Kostenaspekte eine Rolle. Es gibt viele zu beachtende Nebenbedingungen, wie z.B. gesetzliche sowie tarifvertragliche Regelungen, welche die Länge der Pausen oder der Arbeitszeiten der Fahrer festsetzen, oder technische Bedingungen, beispielsweise Wartungsintervalle und Geschwindigkeit der Transportmittel.

Um eine gesamtkostenoptimale ÖPNV-Planung unter Beachtung aller Nebenbedingungen durchzuführen, wäre es nötig, alle Teilaufgaben des Planungsprozesses, wie Linien-, Fahrplan-, Umlauf- und Dienstplanung simultan zu lösen. Da dies aber auf Grund der komplexen Datenlage nicht möglich ist, wird der Planungsprozess in kleinere Teilprobleme zerlegt, die dann sequentiell gelöst werden (s. Abb. 1). In diesem Prozess kann allerdings eine Wiederholung eines vorherigen Planungsschrittes nötig werden. Dies geschieht dann, wenn das Ergebnis von einem Teilprozess in Bezug auf die Gesamtplanung nicht den Wünschen entspricht, oder gar eine Lösung des nachfolgenden Teilproblems hierdurch unmöglich wird. Wird z.B. durch die Festlegung der Fahrzeugumläufe eine zu große Anzahl an Fahrern benötigt, um diese zu bedienen, so kann es sinnvoll sein, die Fahrzeugplanung zu revidieren, so dass weniger Fahrer ausreichen würden. Zwar ist dann die Lösung des Fahrzeugumlaufplanungsproblems nicht mehr optimal im Sinne des für diese Aufgabe ursprünglich festgelegten Optimalitätskriteriums, aber die damit entstandenen Kosten können durch Einsparungen bei der Fahrereinsatzplanung kompensiert werden.

Eine mögliche grobe Zerlegung der gesamten operativen Planung beinhaltet die Teilaufgaben Linienplanung, Fahrplanerstellung sowie Fahrzeugumlauf- und Dienstplanung. Letztere wird in der Regel in zwei Stufen durchgeführt: zunächst werden anonyme Tagesschichten gebildet und erst in der nachfolgenden Dienstreihenfolgeplanung der eigentliche (personalisierte) Dienstplan. In der Praxis wird üblicherweise hierarchisch in der genannten Reihenfolge geplant.

## **2 Schritte der operativen Planung**

Als Schwerpunkt der operativen Planung wird in diesem Beitrag die Dienstbildungsaufgabe für Busfahrer angesehen. Diese Planungsaufgabe ist natürlich immer im Kontext der gesamten operativen Planung zu sehen, da die einzelnen Planungsschritte aufeinander aufbauen und somit nicht losgelöst voneinander betrachtet werden können. Nachfolgend werden in diesem Zusammenhang die operativen Planungsschritte kurz vorgestellt.

### **2.1 Linienplanung**

Im Rahmen der Linienplanung werden die Grundrouten und Fahrzeitprofile (Zeitbedarfe für die einzelnen Fahrtabschnitte einer Linie) der zu bedienenden Linien bestimmt. Das Ziel dieses Planungsschrittes ist es, mit einer begrenzten Anzahl von Linien ein Maximum an Direktverbindungen (d.h. Verbindungen ohne Umsteigen) anzubieten.

Unter dem Begriff *Linie* wird eine Folge von Haltestellen bzw. Wegpunkten verstanden, die nacheinander bedient werden sollen. Unter dem Begriff *Liniennetz* wird die Gesamtheit der erzeugten Linien mit ihren Haltestellen, Pausenräumen und Depots verstanden. In einem Liniennetz werden alle Linien erfasst, die zu bedienen sind. Abbildung 2 beinhaltet einen Ausschnitt des Liniennetzes des PaderSprinter in Paderborn.

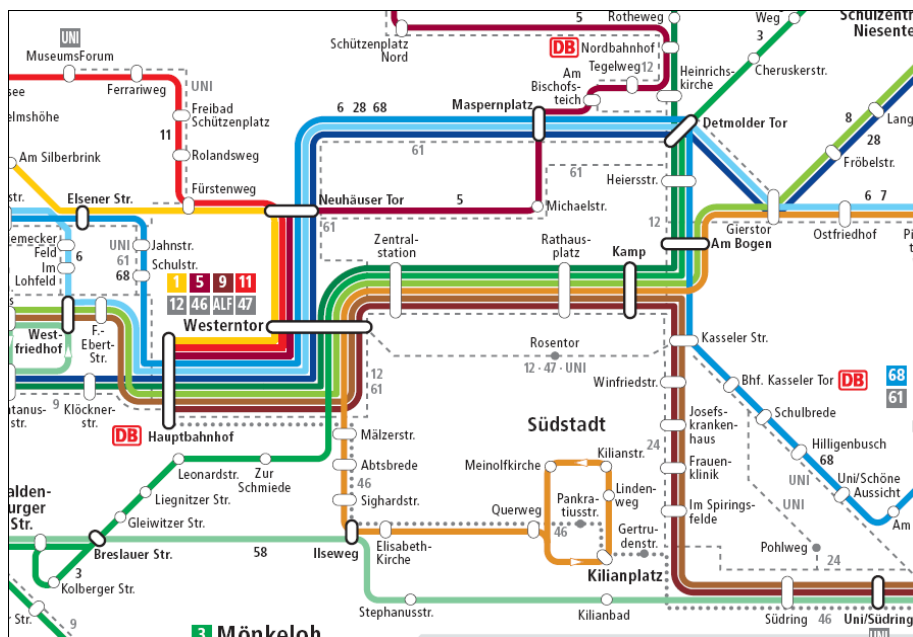


Abb. 2: Ausschnitt aus einem Liniennetz von PaderSprinter, Paderborn

Ausgangspunkt für diesen Planungsschritt sind die Ergebnisse der strategischen Planung, insbesondere die Schätzungen über die Nachfrage an benötigten Verkehrsverbindungen. Basierend auf dem geschätzten Beförderungsbedarf und auf einem vorgegebenen Streckennetz wird der Verlauf einzelner Linien festgelegt. Die Anzahl der Linien ist in der Regel begrenzt. Sie sollen so geplant werden, dass möglichst viele Direktverbindungen zustande kommen. Falls erforderlich, wird für jede Linie eine *Fahrzeugtypgruppe* bestimmt, die alle für die Fahrten dieser Linie geeignete Fahrzeugtypen enthält.

Die Aufgabe der Linienplanung kann mit Optimierungsmethoden unterstützt werden. Einige Modellierungsansätze findet man z.B. in [BoLW04] und speziell zu der Planung der Linienverläufe im schienengebundenen Verkehr in [BuZi97].

## 2.2 Fahrplanerstellung

Durch die Festlegung des Linienverlaufs ist zwar der Zeitbedarf für die einzelnen Linien festgelegt, die Taktfrequenz der Linie und die Abfahrtszeitpunkte für jede Linienfahrt müssen jedoch noch bestimmt werden. Dies geschieht im Rahmen der Fahrplanerstellung. Die möglichen Wartezeiten der Fahrgäste beim Umsteigen werden dabei minimiert, so dass möglichst nur „verträgliche“ (also weder zu lange noch zu kurze) Wartezeiten entstehen. An dieser Stelle im Planungsprozess kommen wieder die zugrunde gelegten Daten der geschätzten Verkehrsverbindungen zum Tragen. In dieser Planungsaufgabe wird beispielsweise darauf geachtet, dass es bei Straßenbahnen nicht möglich ist, ein Gleis zur gleichen Zeit doppelt zu

nutzen. Bei der Festlegung der Abfahrtszeiten müssen auch solche Nebenbedingungen zusätzlich beachtet werden.

Bei der Fahrplanerstellung wird also die räumliche Struktur eines Liniennetzes mit der zeitlichen Struktur des Fahrplans überlagert. Dabei werden Linien in Personenbeförderungsfahrten zwischen zwei Endhaltestellen zerlegt. Das Ziel der Fahrplanerstellung ist die Vermeidung bzw. Minimierung der gegenseitigen Behinderung von Fahrplanfahrten auf gemeinsam benutzten Straßen und eine optimale Ergänzung der Fahrten im Gesamtverkehrssystem. In dieser Planungsphase werden auch die Mengen der zulässigen Fahrzeugtypen für die einzelnen Fahrten festgelegt, falls sie nicht für alle Fahrten einer Linie gleich sein sollen.

### **2.3 Fahrzeugumlaufplanung**

In der Fahrzeugumlaufplanung (auch als Umlaufplanung bezeichnet) wird entschieden, welche Fahrzeugtypen bzw. Fahrzeuge auf den zuvor definierten Linien verkehren. In dieser Teilaufgabe der Planung werden die vom Fahrplan vorgegebenen Personenbeförderungsfahrten den vorhandenen Fahrzeugen zugeordnet. Bei der Zuordnung können ein oder mehrere Ziele angestrebt werden. Es kann eine Minimierung der Anzahl einzusetzender Fahrzeuge oder die Minimierung der Leerfahrtzeiten und/oder die Einhaltung bestimmter Vorgaben, wie die Begrenzung der maximalen Anzahl von Linienwechsel pro Umlauf, sein.

Für eine mathematische Formulierung des Umlaufplanungsproblems mit mehreren Depots (MDVSP) verweisen wir auf [KIMS06], [Kliew05] und [GiKS05], die eine Mehrgüterflussmodellierung vorschlagen und damit reale Instanzen mit über 10.000 Fahrten und 18 Depots lösen. Das MDVSP ist NP-hart [BeCG87].

### **2.4 Dienstplanung**

Bei der Dienstplanung geht es um die Planung des Personaleinsatzes zur Bedienung der im Rahmen der Umlaufplanung festgelegter Fahrzeugumläufe. Dabei werden mehrere Teilaufgaben, insbesondere Tagesdienstbildung (engl.: *crew scheduling*) und Dienstreihenfolgeplanung (engl.: *crew rostering*), sequentiell durchgeführt. Die Tagesdienstplanung liefert eine Menge anonymer Dienste, die in der Dienstreihenfolgeplanung zu persönlich zugeordneten Wochendiensten zusammengefasst werden. Nachfolgend werden diese beiden Teilaufgaben der Dienstplanung beschrieben.

Für die Tagesdienstplanung werden die Fahrzeug-Umläufe an gegebenen *Ablösepunkten* geteilt und die so entstandenen *Dienstelemente* Diensten kostenminimal zugeordnet. Eine Lösung des Dienstplanungsproblems ist genau dann zulässig, wenn jedes Dienstelement ausgeführt wird und jeder Dienst die gesetzlichen sowie betrieblichen Regelungen erfüllt.

Ein *Dienststück* ist eine Abfolge von Dienstelementen, die ein Fahrer an einem Fahrzeug ohne Pausenunterbrechung bedient. Ein Dienst besteht aus einem oder mehreren solcher Dienststücke unterteilt durch anrechenbare Pausen.

## 2.5 Tagesdienstplanung

Die ermittelten Dienste werden zunächst als „anonyme“ Tagesdienste erstellt, die nicht auf bestimmte Personen bezogen sind. Die Dienstaktivitäten (oder Dienstelemente) werden durch ein manuelles oder automatisches Schneiden der Fahrzeugumläufe in Teilumläufe gebildet. Diese Aktivitäten werden anschließend auf Einzeldienste bestimmter Dienstklassen grafisch- interaktiv oder automatisch zugeordnet.

Beim Schneiden von Diensten oder Dienststücken aus den Fahrzeugumläufen müssen unterschiedliche Randbedingungen berücksichtigt werden. Dies sind beispielsweise die minimale bzw. maximale Länge eines Dienstes oder Dienststückes, die Zeitintervalle für Dienstbeginn und -ende oder die Länge der entstehenden Reststücke, um so unverplanbare Reststücke zu vermeiden. Eine wichtige Nebenbedingung ist die Einhaltung tarifvertraglicher Anforderungen.

Die meisten Entscheidungsunterstützungssysteme zur Dienstplanung beinhalten ein grafisch- interaktives Bilden von Dienststücken und Diensten mit anschließendem automatischem Kombinieren der Dienststücke zu zulässigen Diensten. Beim Generieren von Einzeldiensten wird ein Ausgangsumlaufstück mit sinnvoll kombinierbaren weiteren Stücken zu einem Dienstvorschlag erweitert und bewertet. Der Planer entscheidet, welchen dieser alternativen Vorschläge er als Dienst akzeptiert.

Bei vorgegebenen Dienstklassen, wie Früh-, Mittel- oder Spätdienste, muss, soweit möglich, eine definierte Anzahl unterschiedlicher Dienste einer Klasse generiert und bewertet werden, die den Rahmenbedingungen entsprechen. Falls ein Optimierungsverfahren eingesetzt wird, wird aus der Gesamtmenge möglicher Dienste eine Teilmenge ausgewählt, die alle Dienstaktivitäten abdeckt und bestimmte Zielsetzungen, wie die Kostenminimierung, am besten erfüllt. Diese Tagesdienste werden an die Dienstreihenfolgeplanung weitergegeben.

## **2.6 Dienstreihenfolgeplanung**

Anschließend werden die Dienstpläne der verschiedenen Wochentage unter Berücksichtigung von Mindestruhezeiten (auch für Feiertagsübergänge), durchschnittlichen Wochenarbeitszeiten und vorgebbaren Turnusfolgen von Arbeits- bzw. arbeitsfreien Tagen erstellt. Dabei werden mehrere Tagesdienste zu Wochen-Dienstplänen zusammengefasst, so dass sie hintereinander ausgeführt werden können, ohne dass Bedingungen wie die minimale Ruhezeit zwischen zwei Diensten verletzt werden. Danach erfolgt schließlich die Zuweisung der Dienstpläne zu den einzelnen Fahrern. Erst dann wird die Anonymität der Dienstpläne aufgegeben.

## **2.7 Das Forschungsproblem**

Als Ziel der Planung im Rahmen des öffentlichen Personennahverkehrs kann eine möglichst günstige Bedienung des Beförderungsbedarfs der Kunden angesehen werden. Allerdings darf der Kostenpunkt dabei nicht allein betrachtet werden, da es viele andere – sowohl gesetzliche als auch tarifvertragliche – Rahmenbedingungen gibt. Dazu zählen die Arbeitszeitrestriktionen für Fahrer, die technischen Bedingungen für Fahrzeuge oder auch eine Vorschrift zur Bedienung unrentabler Verbindungen.

In den nachfolgenden Abschnitten wird speziell das Dienstplanungsproblem betrachtet. Prinzipiell soll dabei eine Menge von Diensten konstruiert werden, so dass alle Fahrten durch einen Fahrer bedient werden, alle Restriktionen erfüllt sind und die Gesamtkosten dabei minimiert werden. Wegen der hohen kombinatorischen Komplexität sind Dienstplanungsmodelle praktischer Größenordnung heute nicht optimal lösbar. Im Folgenden werden Methoden vorgestellt, die helfen, möglichst gute – wenn auch nicht optimale – Lösungen zu generieren. Ein solcher Ansatz basiert auf einem Column-Generation-Verfahren und nutzt bei der Lösung der entstehenden Unterprobleme eine neue effiziente Time-Space-Formulierung. Ein weiterer Ansatz berücksichtigt nicht nur die reine Kostenminimierung als Zielfunktion, sondern auch weitere Ziele und nutzt Metaheuristiken zur Lösung der multikriteriellen Modelle.

## **3 Optimierungsmodelle für das Dienstplanungsproblem**

Nachdem exakte Optimierungsmodelle zur Lösung des Dienstplanungsproblems in Fluggesellschaften seit über drei Jahrzehnten genutzt werden, haben diese in den letzten Jahren

den Einzug auch in die Praxis des ÖPNV gefunden. Einige Optimierungssoftwarepakete (vgl. Hastus, Interplan) beinhalten heute Optimierungskomponenten, wobei zur Lösung sowohl exakte Methoden als auch Heuristiken eingesetzt werden.

Das Dienstplanungsproblem wird meist als ein *Set Partitioning Problem (SPP)* formuliert und mit Hilfe eines *Column Generation*-Verfahrens gelöst (z.B. [DeSo89], [GrBL03]).

Das Basismodell des SPP ist in (3.1)-(3.3) dargestellt, wobei die binären Entscheidungsvariablen  $x_k$  den berücksichtigten Diensten als Spalten entsprechen: der Wert  $x_k = 1$  bedeutet, dass der Dienst ausgewählt wurde und  $x_k = 0$ , dass der Dienst nicht ausgewählt wurde. Die Menge  $I$  beschreibt alle Dienstelemente, die durchgeführt werden müssen und  $K(i)$  die Menge der Dienste die das Dienstelement  $i$  beinhalten.

$$\sum_{k \in K} c_k x_k \longrightarrow \min \tag{3.1}$$

$$\sum_{k \in K(i)} x_k = 1 \quad \forall i \in I \tag{3.2}$$

$$x_k \in \{0,1\} \tag{3.3}$$

Das Optimierungsverfahren sucht unter den vorgegebenen Diensten nach einer kostenoptimalen Kombination (3.1), so dass alle Dienstelemente mit adäquater Besetzung durchgeführt werden (3.2). Weil die Anzahl der zulässigen Dienste bereits für kleine Modelle Millionen beträgt, können nicht alle möglichen Dienste als Spalten der Koeffizientenmatrix von vornherein generiert werden. Zuerst wird eine begrenzte Anzahl von Diensten generiert und das entsprechende Optimierungsmodell als lineares Programm gelöst. Danach werden solche neuen Dienste als Spalten generiert, die negative reduzierte Kosten besitzen und somit tendenziell die Lösung verbessern können. Das Verfahren beinhaltet somit abwechselnd die Lösung eines Masterproblems als LP und die Lösung eines Unterproblems (Pricing) zur Generierung vorteilhafter neuer Spalten. Das LP-Verfahren endet, wenn keine vorteilhaften Spalten mehr existieren oder wenn die vorgegebene Lösungszeit verbraucht ist. Danach muss noch eine ganzzahlige Lösung bestimmt werden.

Zur Lösung der des Master-Problems wird nach unserer Vorgehensweise zuerst eine primale und duale LP-Lösung berechnet. Statt des klassischen Simplex-Verfahrens wird hier der sogenannte Volume-Algorithmus eingesetzt [BaAn00], der schnell approximative Lösungen berechnet und somit insgesamt Rechenzeit einspart.

In einem zweistufigen Pricing-Prozess bestimmen wir mit der so errechneten dualen Lösung neue Spalten mit negativen reduzierten Kosten und fügen sie dem Master-Problem hinzu.



Weiterhin verwenden wir die primalen und dualen Informationen zum Spaltenmanagement im beschränkten Master-Problem. Wenn keine neuen Spalten im Pricing-Problem gefunden werden können, berechnen wir eine ganzzahlige Lösung.

Das Unterproblem im Pricing-Prozess kann als ein Resource-Constrained-Shortest-Path-Modell (RCSP) formuliert werden, wobei unterschiedliche Netzwerkrepräsentationen möglich sind. Unsere Formulierung basiert auf dem gerichteten Graphen  $G=(N,A)$ , in dem die Knoten  $N$  den Ablösepunkten  $J$ , der Quelle  $s$  und Senke  $t$  entsprechen. Kanten in  $A$  repräsentieren Leerfahrten (Fahrten ohne Passagiere), Dienstelemente, Ein- und Ausrücken aus dem Depot sowie Pausen. Da jeder Ablösepunkt einen Zeitpunkt darstellt und wir die Knoten nach (aufsteigenden) Zeitpunkten sortieren, ist das Netzwerk azyklisch. Jede Kante  $(i,j) \in A$  ist mit Kosten  $c'_{ij}$  und einem Ressourcenverbrauch  $d_{ij}^r \geq 0$  für jede Ressource  $r \in R$  assoziiert. Die Kosten sind so definiert, dass die Kosten eines Pfads mit den reduzierten Kosten des entsprechenden Dienstes übereinstimmen. Sei  $\lambda_i$  der mit Restriktion (3.2) assoziierte duale Wert für Dienstelement  $i$ , dann sind die reduzierten Kosten  $c'_{ij}$  für alle Dienstelement-Kanten  $c'_{ij} = c_{ij} - \lambda_i$ . Für alle übrigen Kanten in  $A$  gilt  $c'_{ij} = c_{ij}$ . Liegt der Ressourcenverbrauch eines Pfads  $P = \sum_{(i,j) \in P} d_{ij}^r$  von  $s$  nach  $t$  für alle  $r \in R$  und alle Kanten in dem Intervall  $[u^r, o^r]$ , so handelt es sich um einen zulässigen Dienst.  $u^r$  gibt dabei den minimalen und  $o^r$  den maximalen erlaubten Verbrauch der Ressource  $r$  an. Einen Überblick über verschiedene Netzwerkformulierungen für das Dienstplanungsproblem und die Modellierung komplexer Regeln geben [DGSS92], [StGS06]. Die Formeln (3.4)-(3.7) zeigen die mathematische Formulierung von RCSP.

$$\sum_{(i,j) \in A} c'_{ij} x_{ij} \longrightarrow \min \quad (3.4)$$

$$\sum_{\{i|j \in A\}} x_{ij} - \sum_{\{i|(j,i) \in A\}} x_{ji} = 0 \quad \forall i \in N \setminus \{s, t\} \quad (3.5)$$

$$u^r \leq \sum_{(j,i) \in A} d_{ij}^r x_{ji} \leq o^r \quad \forall r \in R \quad (3.6)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i, j) \in A \quad (3.7)$$

Die binären Flussvariablen  $x_{ij}$  (3.7) geben an, ob ein Fluss auf Kante  $(i,j) \in A$  existiert. Die Flusserhaltungsbedingungen (3.5) erzeugen einen zulässigen Fluss mit Ausnahme von Quelle und Senke. Die Ressourcenbedingungen (3.6) stellen sicher, dass jeder Dienst zulässig ist. Es ist zu beachten, dass nicht jede beliebige in der Praxis auftretenden Restriktion mit den Nebenbedingungen (3.6) modelliert werden kann. Es ist bekannt, dass RCSP schon für  $|R| \geq 1$

ein NP-hartes Problem ist [HaZa80]. RCSP muss dabei nicht in jeder Column-Generation-Iteration bis zur Optimalität gelöst werden, da es ausreicht, entweder eine Menge von Pfaden negativer Länge zu erzeugen oder zu zeigen, dass solche Pfade nicht existieren.

#### **4 Berücksichtigung mehrerer Zielfunktionen**

Weil die klassische Zielsetzung von Betrieben im ÖPNV die Minimierung von Kosten unter einem gegebenen Servicegrad ist, berücksichtigt das oben erläuterte Optimierungsmodell die Kosten als alleiniges Hauptziel in der Zielfunktion. Neben der reinen Kostenminimierung müssen in der Praxis jedoch auch weitere Ziele berücksichtigt werden, die heute in der Regel entweder als Restriktionen formuliert werden oder bei der Optimierung außer Acht gelassen werden. Im Folgenden werden solche praxisrelevante Ziele kurz charakterisiert.

Ein wichtiger Aspekt ist die Zahl der Linienwechsel eines Fahrers pro Tag, d.h. wie oft wechselt der Fahrer auf eine andere Linie, die eine andere Route im Stadtgebiet hat, so dass Kenntnisse aus mehreren geographischen Bereichen erforderlich sind. Es wird häufig gewünscht, dass die Zahl der Linienwechsel pro Fahrer und Tag gering ist bzw. eine gegebene Zahl (z.B. 3) nicht überschreitet [KIGS06], [Kliew05]. Allerdings ist dies nicht in allen Verkehrsbetrieben der Fall. Es gibt aber auch Städte, deren Verkehrsbetriebe Linienwechsel sogar begrüßen, weil der Tagesablauf eines Fahrers dadurch interessanter und vielseitiger wird.

Die gesamte Anzahl von unterschiedlichen Diensten, die gefahren werden sollen, soll bei einigen Anwendern minimiert bzw. nach unten beschränkt werden. Man verspricht sich davon einen einfacheren Planungsablauf und Umsetzung [LoPP01].

Dienste, die nur aus einem Dienststück bestehen, sind in der Regel unerwünscht, weil der Busfahrer in diesem Fall nur für einen Teil des Tages im Einsatz ist. Allerdings ist es häufig nicht erforderlich, diese Restriktion explizit zu formulieren, weil sie über Kostenaspekte bereits in der Zielfunktion berücksichtigt werden.

Beim ÖPNV ist es heute üblich, im Rahmen von Outsourcing einen Teil der Fahrten an einen externen Dienstleister zu vergeben. In diesem Fall müssen nicht alle Fahrten durch einen Bus und Fahrer des eigenen Betriebs abgedeckt werden. Man sucht somit nach einer optimale Kombination der Fahrten, die extern vergeben werden. Weiterhin ist es (im Rahmen von sogenannten Set-Covering-Modellen) möglich, dass ein Dienstelement mehr als einem Busfahrer zugewiesen wird.

Die veröffentlichten Fahrpläne im ÖPNV sind normalerweise täglich identisch, mit Ausnahmen von Wochenenden und Feiertagen. Ein Unternehmen führt jedoch häufig auch weitere Fahrten aus (Sonderfahrten), die nicht in den öffentlichen Fahrplänen enthalten sind.

Nach unserer Erfahrung können bis zu 5% der Fahrplanmasse eines Tages unregelmäßige Fahrten sein, wie z.B. Schul-, Bäder- oder Werksfahrten. Durch Feiertage oder Schulferien werden diese Ausnahmefahrten wiederum oft nicht über die gesamte Fahrplanperiode durchgängig ausgeführt. Fahrpläne weisen somit oft auch keine wöchentliche Regelmäßigkeit auf. Mit traditionellen Optimierungsansätzen für die Umlauf- und Dienstplanung entstehen zwar kostenminimale, aber in der Praxis unerwünschte unregelmäßige Dienstpläne. Regelmäßige Dienstpläne sind in der Praxis wichtig, da diese einfacher einzuführen und zu handhaben sind. Busunternehmen versuchen bislang heuristisch, Regelmäßigkeit durch das Lösen eines zweistufigen Problems zu erreichen. Der Planer identifiziert erst alle regelmäßigen Fahrten einer Periode und berechnet mit einem traditionellen Ansatz einen zulässigen Umlauf- und Dienstplan. Danach fixiert er manuell eine Teilmenge der regelmäßigen Dienste und löst ein zweites Problem mit allen verbleibenden Fahrten. Das zweite Problem beinhaltet im Allgemeinen sehr verstreute Fahrten, die nur mit Hilfe vieler Leerfahrten abgedeckt werden können und daher sogar in der optimalen Lösung hohe operative Kosten besitzen.

## 5 Ein bikriterielles Optimierungsmodell

Im Folgenden betrachten wir daher das Umlauf- und Dienstplanungsproblem im Regionalverkehr für unregelmäßige, sich wöchentlich nicht wiederholende Fahrpläne. Wir zeigen, dass durch das hier vorgeschlagene zweistufige Verfahren im Bezug auf Regelmäßigkeit bessere Dienstpläne bei geringer Erhöhung der operativen Gesamtkosten erzeugt werden können.

Um die Regelmäßigkeit bewerten zu können, ist zuerst ein Maß für die Distanz zwischen zwei Dienstplänen zu definieren. Das Maß soll für zwei identische Dienstpläne gleich 0 sein und soll weiterhin gemeinsame Fahrtsequenzen zwischen den Plänen berücksichtigen: zwei Pläne sind sich ähnlich, wenn diese viele identische Fahrtsequenzen (Folgen von Fahrten) beinhalten. Das folgende Maß für die Distanz eines Dienstes  $D_i$  zu einem Referenzplan  $R$  berücksichtigt diese Anforderung und hat sich für Praxisdaten bewährt:

$$\delta_{D_i}^R = |F_i| - \sum_{S \in \bar{S}(R, D_i)} |S| \quad (3.8)$$

wobei

- $R$ : Referenz-Dienstplan,
- $S$ : Fahrten, die Teil der gemeinsame Sequenz sind,
- $\bar{S}$ : Menge aller gemeinsamen Sequenzen,
- $D_i$ : Dienst  $i$  und
- $F_i$ : Menge der Fahrten, die durch Dienst  $i$  abgedeckt werden,

ist. Das Maß gibt also an, wie viele Fahrten eines Dienstes nicht Teil einer Sequenz sind. Es ist Null, wenn der Dienst  $D_i$  komplett im Referenzplan enthalten ist.

Seien  $c_k$  die operativen Kosten eines Dienstes  $k \in K$  mit  $K$  als Menge aller zulässigen Dienste und definiere  $K(i) \in K$  als Menge der Dienste, die Dienstelement  $i \in I$  abdecken. Die binären Entscheidungsvariablen  $x_k$  geben an, ob ein Dienst  $k$  für die Lösung ausgewählt wurde oder nicht.

Die Betrachtung der Ziele Kosten- und Distanzminimierung führt zu dem bikriteriellen Optimierungsproblem (3.10)-(3.12) (2ICSP):

$$\sum_{k \in K} c_k x_k \longrightarrow \min \quad (3.10)$$

$$\sum_{k \in K} \delta_k^R x_k \longrightarrow \min \quad (3.11)$$

s.t. 
$$\sum_{k \in K(i)} x_k = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.12)$$

$$x_k \in \{0,1\}.$$

Die binäre Entscheidungsvariable  $x_k$  bekommt den Wert 1, wenn der Dienst  $k$  ausgewählt wird, und 0 sonst. Die Distanz eines Dienstes  $k$  zum Referenzplan  $R$  wird mit  $\delta_k^R$  bezeichnet (s. oben).

Bei einem bikriteriellen Optimierungsproblem existiert in der Regel keine eindeutige optimale Lösung. Vielmehr gibt es eine Menge von effizienten Lösungen, die nicht verbessert werden können, ohne dass mindestens eine der Zielfunktionen sich verschlechtert. Die Menge der effizienten Lösungen kann prinzipiell mit der  $\epsilon$ -constraint-Methode bestimmt werden (vgl. (Ehrgott 2000)). Dabei wird zunächst das Optimum  $c^{opt}$  bzgl. eines Zielkriteriums nach einer gegebenen Rangordnung bestimmt. Danach wird im Modell  $\epsilon$ ICSP (3.13)-(3.15) das Optimum

für das zweite Kriterium bestimmt, so dass das erste Zielkriterium unter einer Schwelle  $\varepsilon = (1+\alpha) c^{opt}$  mit  $\alpha \geq 0$  bleibt.

$$\sum_{k \in K} \delta_k^R x_k \longrightarrow \min \tag{3.13}$$

s.t. 
$$\sum_{k \in K(i)} x_k = 1 \quad \forall i \in I \tag{3.14}$$

$$\sum_{k \in K} c_k x_k \leq \varepsilon \tag{3.15}$$

$$x_k \in \{0,1\}.$$

Für das Dienstplanungsproblem mit Daten aus der Praxis konnte das Zielkriterium Regelmäßigkeit unter der Verschlechterung von höchstens  $\alpha=2\%$  des Zielkriteriums Kosten wesentlich verbessert werden (s. Tabelle 1).

instance	ICSP				$\varepsilon$ ICSP			
	#cg_iter	ip_obj	gap	cpu_time	#cg_iter	ip_obj	gap	cps_time
real421	94	72510	0.1	03:36:25	3	49	0.0	00:03:33
real436	92	71121	0.1	03:44:29	2	32	0.0	00:00:43
avg.				03:40:27				00:02:08

Tabelle 1: Ergebnisse zum Lösungsverfahren mit der  $\varepsilon$ -Constraint-Methode

instance	#EQDR		%EQDR		$\emptyset$ SEQLEN		%SEQLEN	
	ICSP	$\varepsilon$ ICSP	ICSP	$\varepsilon$ ICSP	ICSP	$\varepsilon$ ICSP	ICSP	$\varepsilon$ ICSP
real421	4	13	8.5	27.7	2.04	3.72	26.2	47.8
real436	5	24	11.4	54.6	2.44	5	28.5	58.5
avg.			9.9	41.1			27.4	53.1

Tabelle 2: Ergebnisse zur Regelmäßigkeit der Lösungen von ICSP und  $\varepsilon$ ICSP

Ziel der zweiten Optimierungsstufe nach Regelmäßigkeit ist es, möglichst viele Sequenzen der kostenoptimalen Lösung beizubehalten, so dass der Kostenwert sich nicht mehr als 2% verschlechtert. Tabelle 2 zeigt, dass sowohl die Anzahl der unveränderten Dienste (#EQDR) als auch deren prozentuale Anteil (%EQDR) für Testmodelle aus der Praxis wesentlich erhöht werden konnten. Dasselbe gilt für die Anzahl und die durchschnittliche Länge der gemeinsamen Sequenzen ( $\emptyset$ SEQLEN bzw. %SEQLEN).

Durch systematische Untersuchungen mit unterschiedlichen  $\varepsilon$ -Werten können prinzipiell alle effizienten Lösungen bestimmt werden. Welche Lösung für die Realisierung ausgewählt wird, sollte der Entscheidungsträger interaktiv entscheiden. Dafür ist es hilfreich, eine graphische Darstellung in Form eines Decision Support Systems zu erzeugen (Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für zwei Kriterien).

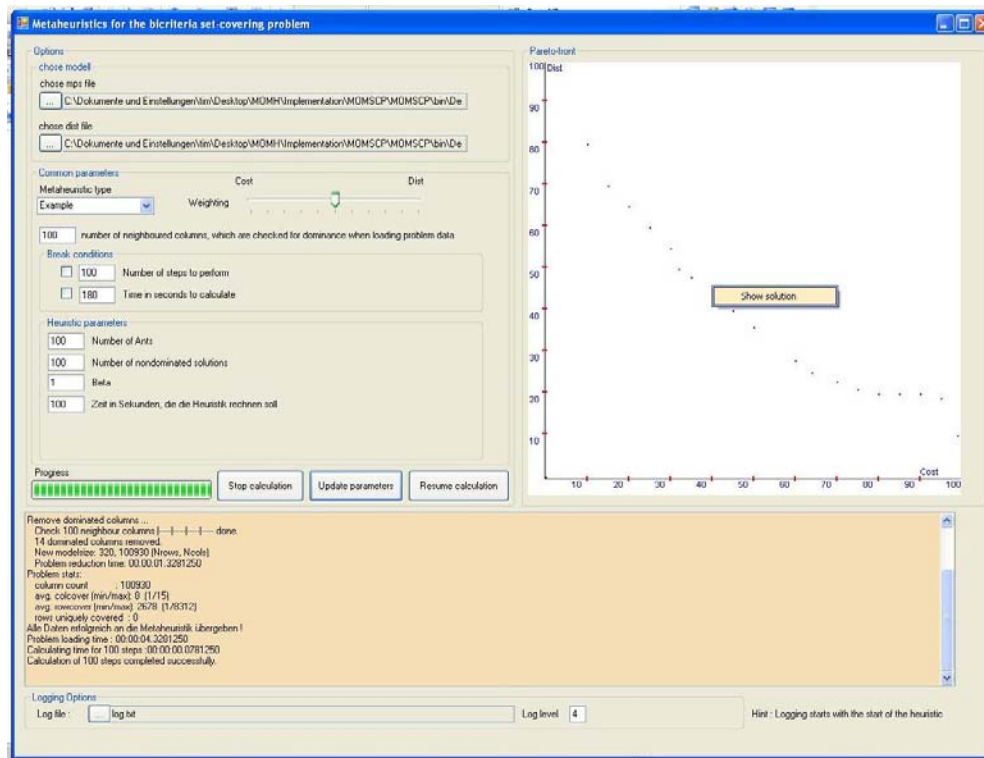


Abb. 3: Visuelle Darstellung der effizienten Lösungen

## 6 Kombination von exakten und heuristischen Lösungsmethoden

Bei der Lösung des Pricing-Problems beim Column-Generation-Verfahren wird in der Regel eine große Anzahl Spalten explizit oder implizit im Rahmen des Pricing-Prozesses generiert. Nur solche Spalten werden in das Mastermodell aufgenommen, die negative reduzierte Kosten im Hinblick auf die ursprüngliche Zielfunktion haben. Weil jedoch auch andere Ziele von Bedeutung sind, können die generierten Spalten mit wenig Aufwand im Sinne der weiteren Zielfunktionen bewertet werden. Da die exakte Lösung von kombinatorischen Optimierungsmodellen mit Hilfe der mathematischen Programmierung i.d.R. sehr zeitaufwändig ist, wäre es nicht sinnvoll zu versuchen, das Modell bzgl. weiterer Zielfunktionen exakt zu lösen. Durch die Nutzung der generierten Dienste als Ausgangspunkt für Metaheuristiken kann somit eine Menge an möglichen guten Lösungen schnell generiert und dem Planer zur Auswahl gestellt werden.

Unter Metaheuristiken versteht man eine Familie von allgemeinen Problemlösungs- und Suchmethoden, die insbesondere für kombinatorische Optimierungsmodelle geeignet sind. Eine für bestimmte Aufgabenstellung angepasste Metaheuristik findet i.d.R. schnell gültige

Lösungen, die im weiteren Verlauf verbessert werden können. Es kann keine Garantie der Lösungsoptimalität gegeben und weiterhin auch keine Aussage über die Lösungsqualität gemacht werden.

In einem laufenden Forschungsprojekt werden folgende Metaheuristiken für das bikriterielle Dienstplanungsproblem 2ICSP implementiert und mit dem Ziel getestet, möglichst gute Pareto-Fronten zu bestimmen:

- der genetische Algorithmus SPEA2 nach [ZiLT01],
- Simulated Annealing u.a. nach [CzJa98],
- Tabu Search nach [LoPP01] und
- Ameisenalgorithmen (ACO) nach [GuMi03].

Für einen ersten Vergleich der Heuristiken wurden nach dem Verfahren von [HuFW05] Fahrpläne mit 320 bis 800 Fahrten generiert. Sie beinhalten jeweils ein Depot, das gleichzeitig einziger Ablösepunkt ist, um ein typisches Szenario aus dem Regionalverkehr abzubilden. Mit Hilfe des beschriebenen Column Generation Verfahrens werden Dienste generiert, die den Ausgangspunkt für die Optimierung durch die Metaheuristiken darstellen. Wir erlauben dabei genauso wie im Vergleich der Heuristiken die Mehrfachüberdeckung von Dienstelementen.

Tabelle 3 stellt die Größe der verwendeten Testinstanzen dar.

Name	Zeilen	Variablen (Dienste)	Nicht-Null-Elemente
320-1	320	100.944	958.159
320-2	320	60.128	444.606
400-1	400	72.673	532.579
400-2	400	57.769	410.361
640-1	640	156.044	1.383.364
640-2	640	104.595	747.708
800-1	800	135.572	987.909
800-2	800	155.146	1.230.629

Tabelle 3: Größe der Testinstanzen zum Vergleich der Metaheuristiken

Die vier Metaheuristiken wurden anhand des sog. Hypervolumens (vgl. [ZiTh98]) bewertet. Das Hypervolume ermöglicht es, eine Menge von Lösungen (bspw. die Pareto-Front) auf ein Skalar abzubilden, welches ein Maß für die Qualität der gefundenen Lösungen ist. Je größer das Hypervolume, desto höher ist auch die Qualität der Pareto-Front. Es handelt sich allerdings um ein ordinales Kriterium, das keine Aussage über die Stärke der Merkmalsausprägung oder die Größe der Merkmalsunterschiede erlaubt. Tabelle 4 stellt die Hypervolumen der gefundenen Pareto-Fronten der vier Metaheuristiken für die Testinstanzen nach 10 Minuten Rechenzeit auf einem PC (Intel P4 3.0 GHz, 2GB) dar.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit dem evolutionären Algorithmus SPEA2 für alle Testinstanzen die besten Pareto-Fronten bestimmt werden konnten. Die gefundenen Fronten bieten viele Lösungen und verteilen sich gut über den Suchraum. Der ACO Algorithmus konnte zwar nur wenige gute Lösungen finden, diese verteilten sich jedoch gut über den Suchraum. Im Gegensatz dazu konnten mit Tabu Search und Simulated Annealing nur wenige, nah beieinander liegende Lösungen gefunden werden.

Instanz	Simulated Annealing	Tabu Search	SPEA2	Ant Colony Optimization
320-1	18.201.164	18.262.251	20.072.003	19.120.189
320-2	29.887.737	29.809.664	31.589.976	30.007.990
400-1	71.836.269	71.740.288	75.745.072	74.281.816
400-2	89.681.239	89.746.885	94.141.782	90.036.482
640-1	199.034.704	199.575.139	216.579.504	203.016.853
640-2	271.548.362	270.471.248	286.592.522	275.709.660
800-1	511.536.389	517.875.331	548.948.336	528.818.610
800-2	350.059.120	346.716.776	376.969.363	361.932.510

Tabelle 4: Hypervolumen der Metaheuristiken

Weiterhin hat der Entscheider im Rahmen eines interaktiven Entscheidungsunterstützungssystems (vgl. Abbildung 3) die Möglichkeit, in den Lösungsprozesses steuernd einzugreifen.

## 7 Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt den Stand der Technik und eigene Entwicklungen für die multikriterielle Optimierung bei der Dienstplanung im ÖPNV. Durch die jüngsten Entwicklungen bei der Software zur Lösung von exakten Optimierungsmodellen können sehr schwierige Praxismodelle mit Hilfe der Set-Partitioning-Formulierung und Nutzung eines Column-Generation-Verfahrens nahezu optimal gelöst werden. Ein entscheidender Aspekt ist dabei die Modellierung des Unterproblems als ein Resource-Constrained-Shortest-Path-Modell.

Die beim Column-Generation-Verfahren generierten zahlreichen gültigen Dienste können mit wenig Aufwand im Hinblick auf weitere Ziele untersucht werden. Durch den Einsatz von Metaheuristiken werden diese in mehrere Zielrichtungen verbessert, so dass eine Menge gültiger Lösungen entsteht. Diese werden im Rahmen eines interaktiven Entscheidungsunterstützungssystems dem menschlichen Entscheidungsträger visualisiert.



## Literaturverzeichnis

- [BaAn00] Barahona F., Anbil R. (2000) The volume algorithm: producing primal solutions with a subgradient method. *Mathematical Programming* 87(3):385-399.
- [BeCG87] Bertossi A., Carraresi P., Gallo G. (1987) On some matching problems arising in vehicle scheduling models. *Networks* 17:271-281.
- [BoLW04] Borndörfer R., Löbel A., Weider S. (2004) A bundle method for integrated multi-depot Vehicle and Duty Scheduling in Public Transit. ZIB Report 04-14, Berlin.
- [BuZi97] Bussieck, M., Zimmermann, U. (1997). Optimale Linienführung und Routenplanung in Verkehrssystemen. Technical Report, TU Braunschweig.
- [CzJa98] Czyzak P., Jaskiewicz A. (1998) Pareto Simulated Annealing – a metaheuristic technique for multiple-objective combinatorial optimisation. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 7:34-47.
- [DGSS92] Desrochers M., Gilbert J., Sauvé M., Soumis F. (1992) Crew-Opt: Subproblem Modeling in a Column Generation Approach to Urban Crew Scheduling. In: Desrochers M., Rousseau J. (Hrsg) *Computer-Aided Scheduling, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 386, Springer, Berlin.
- [DeSo89] Desrochers M., Soumis F. (1989) A Column Generation Approach to the Urban Transit Crew Scheduling Problem. *Transportation Science* 23:1–13.
- [Ehrg00] Ehrgott M. (2000) *Multicriteria Optimization*. Springer, Berlin.
- [GiKS05] Gintner V., Kliewer N., Suhl L. (2005) Solving large multiple-depot multiple-vehicle-type bus scheduling problems in practice. *OR Spectrum* 27(4):507-523.
- [GrBL03] Grötschel M., Borndörfer R., Löbel A. (2003) Duty Scheduling in Public Transit. In: *Mathematics - key technologies for the future*. Springer, Berlin.

- [GuMi03] Guntzsch M., Middendorf M. (2003) Solving Multi-Criteria Optimization Problems with Population-based ACO. In: Proc. of the Second Intern. Conf. on Evolutionary Multi-Criterion Optimization (EMO03), Springer, Berlin.
- [HaZa80] Handler G., Zang I. (1980) A Dual Algorithm for the Constrained Shortest Path Problem. *Networks* 10:293-310.
- [HuFW05] Huisman D., Freling R., Wagelmans A. (2005) Multiple-Depot Integrated Vehicle and Crew Scheduling. *Transportation Science* 39:491-502.
- [KIMS06] Kliewer N., Mellouli T., Suhl L. (2006) A time-space network based exact optimization model for the multi-depot bus scheduling. *European Journal of Operational Research*, 175(3): 1616-1627.
- [Kliew05] Kliewer N. (2005) Optimierung des Fahrzeugeinsatzes im öffentlichen Personennahverkehr. Dissertation, Universität Paderborn, DS & OR Lab.
- [KIGS06] Kliewer N., Gintner V., Suhl L. (2006) Line change considerations within a time-space network based multi-depot bus scheduling model. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (LNEMS), Computer-Aided Scheduling of Public Transportation (CASPT 2004)*, Springer, Berlin.
- [LoPP01] Lourenço H.R., Paixão J.O., Portugal R. (2001) Multiobjective Metaheuristics for the Bus Driver Scheduling Problem. *Transportation Science*, Vol. 35(3): 33.
- [StGS06] Steinzen I., Gintner V., Suhl L. (2006) Network models for a decomposed pricing problem. 10th International Conference on Computer-Aided Scheduling of Public Transport, Leeds, UK, 21.-23. Juni 2006.
- [ZiLT01] Zitzler E., Laumanns M., Thiele L. (2001) SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm for Multiobjective Optimization. In: *Evolutionary Methods for Design, Optimisation and Control*, Barcelona, Spain.
- [ZiTh98] Zitzler E., Thiele L. (1998) Multiobjective optimization using evolutionary algorithms - a comparative case study. In: *Proc. of the Fifth International Conference on Parallel Problem Solving from Nature*, Berlin, Germany.

# **Barwertorientierte Projektplanung mit mehreren Akteuren mittels eines verhandlungsbasierten Koordinationsmechanismus**

Andreas Fink

Professur für BWL, insbes. Wirtschaftsinformatik  
Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg  
Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg  
andreas.fink@hsu-hamburg.de

## **Abstract**

In dem Beitrag werden Projektplanungsprobleme mit mehreren autonomen Entscheidungsträgern betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass die Aktivitäten eines hinsichtlich der Struktur bereits determinierten Projektes mit Ressourcenbeschränkungen durch eine Menge von Akteuren durchgeführt werden. Die Akteure verfolgen eigene Interessen hinsichtlich der zeitlichen Lage der ihnen zugeordneten Aktivitäten, die jeweils mit Zahlungen bei Aktivitätsabschluss verbunden sind. Jeder Akteur verfolgt eine individuelle Barwertmaximierung. Für das resultierende Koordinationsproblem mit autonomen Akteuren und Informationsasymmetrie wird ein generischer verhandlungsbasierter Koordinationsmechanismus ausgestaltet, angewendet und analysiert. Die beschriebenen Ergebnisse belegen die Effektivität des verwendeten Verfahrens hinsichtlich der Ermittlung hochwertiger gemeinsamer Projektpläne.

## 1 Einleitung

Die Wirtschaftsinformatik befasst sich mit soziotechnischen Informationssystemen und entsprechenden Informationsverarbeitungsaufgaben in Wirtschaft und Verwaltung [WKWI94]. Hinsichtlich der Lenkung des betrieblichen Geschehens nehmen hierunter Planungsaufgaben einen großen Anteil ein, deren Lösung primär Gegenstand der Operations Research ist. Im Kontext der von Mertens propagierten Langfristzielsetzung „sinnhafte Vollautomation“ [Mert95] ist für die Wirtschaftsinformatik die (Teil-)Automatisierung der Erfüllung von Planungsaufgaben im Rahmen softwaretechnischer Entscheidungsunterstützungssysteme ebenfalls von Relevanz. Damit ergeben sich deutliche Überschneidungen und fruchtbare Ergänzungen zwischen Erkenntnissen und Methoden von Wirtschaftsinformatik und Operations Research.

In diesem Beitrag werden Projektplanungsprobleme mit mehreren autonomen Entscheidungsträgern betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass die Aktivitäten eines hinsichtlich der Struktur bereits determinierten Projektes durch eine Menge von Akteuren durchgeführt werden (z.B. ein Bauprojekt, in dem verschiedene Gewerke bestimmten Bauunternehmen zugeordnet sind). Die Akteure verfolgen eigene Interessen hinsichtlich der zeitlichen Lage jeweiliger Aktivitäten. Demzufolge ist ein zentralistisches Entscheidungsmodell mit symmetrischer Informationsverfügbarkeit nicht unbedingt angemessen, da von Entscheidungsträgern mit konkurrierenden Zielen und asymmetrischer Informationsverteilung auszugehen ist. Klassische Verfahren der multikriteriellen Optimierung sind damit nicht direkt anwendbar, was unter Berücksichtigung der Randbedingungen autonomer Entscheidungsträger in diesem Beitrag zur Ausgestaltung, Anwendung und Analyse eines verhandlungsbasierten Koordinationsmechanismus führt.

Im Folgenden werden zunächst die Problemstellung und Anforderungen an entsprechende Lösungskonzepte diskutiert (Abschnitt 2). Anschließend wird ein generischer verhandlungsbasierter Koordinationsmechanismus beschrieben und für die betrachtete Problemstellung konkretisiert (Abschnitt 3). Das verfolgte Lösungskonzept wird mittels experimenteller Berechnungen analysiert, die in Abschnitt 4 dokumentiert sind. Die beschriebenen Ergebnisse belegen die Effektivität des verwendeten Verfahrens hinsichtlich der Ermittlung hochwertiger gemeinsamer Projektpläne, was abschließend in einem Fazit zusammengefasst wird (Abschnitt 5).

## 2 Problemstellung

### 2.1 Barwertorientierte Projektplanung mit mehreren Akteuren

Das in diesem Beitrag betrachtete Projektplanungsproblem ist folgendermaßen definiert: Das Projekt besteht aus einer endlichen Menge von zeit- und ressourcenbeanspruchenden Aktivitäten mit jeweils einem fixen Modus, der die Dauer und Ressourcenbeanspruchung einer Aktivität bestimmt. Jede Aktivität  $j \in A = \{1, \dots, J\}$  ist mit einer Ausführungsdauer  $d_j$  verbunden; die Ausführung einer Aktivität darf nicht unterbrochen werden. Aufgrund technischer oder organisatorischer Restriktionen bestehen zwischen bestimmten Aktivitäten zeitliche Zusammenhänge, wobei hier lediglich schlichte Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen angenommen werden derart, dass für eine Aktivität  $j$  alle Aktivitäten aus der jeweiligen Vorgängermenge  $v_j$  abgeschlossen sein müssen, bevor die Aktivität  $j$  durchgeführt werden kann. Der Projektbeginn und das Projektende werden durch zwei Sonderaktivitäten 1 bzw.  $J$  repräsentiert mit  $d_1 = d_J = 0$ ,  $v_1 = \emptyset$  und  $v_J = \{j \mid j = 1, \dots, J-1\}$ . Für den Projektbeginn wird eine untere Schranke von 0 angenommen, während gegebenenfalls eine obere Schranke das Projektende nach oben begrenzt.

Zur Durchführung von Aktivitäten werden Ressourcen bestimmter Ressourcentypen benötigt. Hier werden nur erneuerbare Ressourcen berücksichtigt, die für jeden Zeitpunkt im Planungshorizont in einer festen Menge zur Verfügung stehen (z.B. verschiedene Maschinen). Ausgehend von einer Menge  $R$  von Ressourcentypen und einer Verfügbarkeit  $K_m$  einer Ressource  $m \in R$  pro Zeiteinheit repräsentiert  $k_{j,m}$  den Ressourcenbedarf einer Aktivität  $j$  bezogen auf die Ressource  $m$  pro Zeiteinheit.

Ein zulässiger Projektplan weist jeder Aktivität einen Startzeitpunkt zu und berücksichtigt dabei die zeitlichen und ressourcenbezogenen Nebenbedingungen. Die Menge der zulässigen Projektpläne konstituiert den Lösungsraum, der im Zusammenhang mit mehreren beteiligten Akteuren im Folgenden auch als Vertragsraum bezeichnet wird.

Ziel der Projektplanung ist die Ermittlung eines zulässigen Projektplans im Hinblick auf eine von den Startzeitpunkten abhängige Zielsetzung. In der Literatur wird häufig die Minimierung der Projektdauer zugrunde gelegt (Resource Constrained Projekt Scheduling Problem (RCPSP); vgl. z.B. [BDM+99]), während bei einer ökonomischen Betrachtung insbesondere barwertorientierte Zielsetzungen relevant sind, wovon auch im Folgenden ausgegangen wird. Hierbei ist jede Aktivität  $j$  mit einem Zahlungswert  $z_j$  verbunden, wobei die jeweilige Ein- oder Auszahlung mit Abschluss der jeweiligen Aktivität anfällt. Unter Annahme eines Abzinsungsfaktors  $p$  werden

die Zahlungen in Abhängigkeit von der zeitlichen Einplanung auf den Zeitpunkt 0 abgezinst. Bei einer Gesamtplanung ist das Ziel die Maximierung der Summe der abgezinsten Zahlungen aller Aktivitäten (Resource Constrained Projekt Scheduling Problem with Discounted Cash Flows (RCPS-DC), vgl. z.B. [HeDD97; Koli97; VaDH01]). Die entsprechende einkriterielle Problemstellung stellt als Verallgemeinerung des RCPS-DC ein *NP*-schweres Problem dar.

Das Projekt wird durch eine Menge  $P = \{ 1, \dots, n \}$  von Akteuren kooperativ durchgeführt. Die Aktivitäten sind eindeutig bestimmten Akteuren zugeordnet. Das heißt, ein Akteur  $i \in P$  ist für die Durchführung einer jeweiligen Menge  $A_i$  zugeordneter Aktivitäten zuständig, wobei die Aktivitätenmenge  $A$  vollständig und disjunkt auf die Akteure aufgeteilt ist. Jeder Akteur verfolgt im Rahmen zulässiger Projektpläne gewinnorientiert das Ziel, die Barwertsumme der ihm zugeordneten Aktivitäten zu maximieren.

## 2.2 Anforderungen an einen Koordinationsmechanismus

Im Zusammenhang mit überbetrieblichen Transaktionen ist im Allgemeinen von autonomen Akteuren mit konkurrierenden Zielen und gewissen Informationsasymmetrien auszugehen. So wird auch hier für die oben beschriebene Problemstellung angenommen, dass zwar die Projektstruktur einschließlich der zeitlichen und ressourcenbezogenen Bedingungen allen Projektbeteiligten bekannt ist, andererseits aber allein die einzelnen Akteure Informationen zu den Zahlungswerten der ihnen zugeordneten Aktivitäten besitzen. Hieraus ergibt sich im Sinne der Institutionenökonomie die Aufgabe, die Ausschöpfung möglicher, aber gefährdeter Kooperationsvorteile durch zweckmäßige Koordinationsmechanismen zu unterstützen. Das heißt, es stellt sich die Frage, inwieweit ein zu entwickelndes Verfahren, das den Eigensinn der Akteure und deren private Informationen berücksichtigt, das Ergebnis einer hypothetischen integrierten Projektplanung mit einer Maximierung des Gesamtbarwerts erreichen kann und wie Kooperationsvorteile auf die Akteure verteilt werden.

Die generellen Anforderungen an einen problemunabhängigen Mechanismus zur Koordination autonomer Akteure, deren Entscheidungsinterdependenzen im Rahmen einer operativen Planungsebene formal beschrieben werden können, sind in [Fink06, Abschnitt 2] näher beschrieben. Es wird davon ausgegangen, dass die Akteure einen Koordinationsmechanismus dann akzeptieren, wenn eine hohe „Ergebnisqualität“ erreicht wird und das Verfahren durch eine gewisse „Fairness“ ausgezeichnet ist. Eine Konkretisierung dieser zunächst nur begrifflichen Krite-

rien kann unter Rückgriff auf entsprechende Erkenntnisse der Entscheidungstheorie bzw. kooperativen Spieltheorie [Fren88; Nash50; Nash53] erfolgen (vgl. bzgl. Fairness die ersten beiden folgenden Kriterien sowie das dritte Kriterium bzgl. Qualität):

- Das erzielte Ergebnis sollte invariant hinsichtlich positiv-affiner Transformationen der Nutzenfunktion sein; das heißt, ein Akteur sollte nicht durch eine hinsichtlich Ursprung und Skalierung willkürliche Veränderung seiner Nutzenfunktion im Rahmen seiner Präferenzen profitieren können.
- Das erzielte Ergebnis sollte unabhängig von der Nummerierung der Akteure sein (Symmetrie); das heißt, dass allein die Präferenzen der Akteure relevant sein sollten.
- Das erzielte Ergebnis sollte Pareto-optimal sein; das heißt, kein Akteur sollte besser gestellt werden können, ohne dabei einen anderen Akteur schlechter zu stellen.

Das dritte Kriterium kann als Optimierungsziel formuliert werden, indem die Minimierung einer zu definierenden Distanz von dem effizienten Rand (der Menge aller Pareto-optimalen Ergebnisse) angestrebt wird.

Neben diesen grundsätzlichen Anforderungen erscheinen als Verfahrensanforderungen außerdem von Relevanz (vgl. [Sand99]): Einfachheit und Universalität, effiziente Berechenbarkeit, geringe Ansprüche an die Offenlegung von Informationen der Akteure sowie hinsichtlich der Strategiewahl der Akteure das Vorhandensein eines eindeutigen Nash-Gleichgewichts und Anreizkompatibilität.

### **3 Verhandlungsbasierte Ermittlung von Projektplänen**

Zur Lösung klassischer multikriterieller Problemstellungen mit einem zentralen Entscheidungsträger und Informationssymmetrie wurden vielfältige Verfahren entwickelt (vgl. z.B. [Ehrg05]). Hierzu zählen Erweiterungen von Metaheuristiken, die sich im Kern als iterative Suchprozesse auffassen lassen (vgl. z.B. [GSST05]). Das Konzept der iterativen Suche wurde auch auf Koordinationsprobleme mit mehreren Entscheidungsträgern und Informationsasymmetrie erweitert, wobei jeder Schritt eines auf lokaler Suche basierenden Ablaufs auf einer Abstimmung zwischen den Akteuren basiert [KFSB03a; KFSB03b]. Dieses Konzept, welches als ein vollautomatischer Verhandlungsmechanismus mit komplexen Vertragsräumen aufgefasst werden kann, wurde erweitert und differenzierter ausgestaltet und dabei für Problemstellungen aus dem Supply Chain Management validiert [Fink04; Fink06]. In den folgenden beiden Unterabschnit-

ten werden der entsprechende Koordinationsmechanismus zunächst allgemein kurz rekapituliert und anschließend die Konkretisierung für die hier betrachtete barwertorientierte Projektplanung mit mehreren Akteuren beschrieben.

### 3.1 Generischer Koordinationsmechanismus

Der grundsätzliche Koordinationsmechanismus, welcher als ein Verhandlungsprotokoll aufgefasst werden kann, ist in Abb. 1 beschrieben. Dieser Mechanismus ist generisch, wobei neben einem problemspezifischen Vertragsraum  $C$  eine problemspezifische Nachbarschaftsrelation  $N$  vorausgesetzt wird, die für jeden Vertrag eine Menge als benachbart geltender weiterer Verträge bestimmt.

Eingabe: Akteure  $1, \dots, n$ ; Vertragsraum  $C$ ; Nachbarschaftsrelation  $N : C \rightarrow 2^C$

Zufallsbasierte Erzeugung eines ersten aktiven Vertrags  $c := c_0 \in C$ .

Wiederhole für eine festgelegte Anzahl von Verhandlungsrunden:

Zufallsbasierte Erzeugung eines Vertragsvorschlags  $c' \in N(c)$ .

Jeder Akteur  $i \in P$  beurteilt  $c'$  und äußert „Ja“ oder „Nein“.

Falls alle Akteure mit „Ja“ antworten:

Anpassung des aktiven Vertrags  $c := c'$ .

Ausgabe: Letzter aktiver Vertrag  $c$  als Ergebnis.

Abb. 1: Generischer Koordinationsmechanismus

In jedem Schritt wird ausgehend von dem jeweils vor diesem Schritt allseits vorläufig akzeptierten Vertrag (aktiver Vertrag) ein Vertragsvorschlag aus der jeweiligen Nachbarschaft zufallsbasiert ermittelt und den beteiligten Akteuren vorgelegt. Nur falls alle Akteure dem Wechsel vom bislang aktiven Vertrag zu dem Vertragsvorschlag zustimmen, wird aus dem Vertragsvorschlag der nun allseits vorläufig akzeptierte aktive Vertrag nach dem entsprechenden Schritt. Der nach dem letzten Schritt akzeptierte aktive Vertrag stellt als finale Übereinkunft das Ergebnis des Verfahrens dar.

Die Erzeugung von Vertragsvorschlägen hat in unparteiischer Form und unter Berücksichtigung der Privatheit von Informationen zur individuellen Qualität von Verträgen für die Akteure zu erfolgen. Demzufolge bietet sich die gleichverteilt zufällige Erzeugung sowohl von der Startlösung als auch von Nachbarlösungen (als jeweilige Vertragsvorschläge) an. Dies kann mittels



eines entsprechenden offen gelegten Algorithmus in Verbindung mit einem offen gelegten Zufallszahlengenerator erfolgen.

Sofern so genannte gierige Akteure vorgelegte Vertragsvorschläge eigensinnig nur dann akzeptieren, falls sich keine individuelle Verschlechterung des jeweiligen Barwerts ergibt, ist mit einem schnellen Stocken des Verfahrensablaufs und damit in der Regel einem relativ schlechten Endergebnis zu rechnen. Erfahrungen zu iterativen Suchprozessen für klassische ein- sowie multikriterielle Problemstellungen zeigen, dass im Verfahrensablauf die gelegentliche Inkaufnahme von Verschlechterungen vorteilhaft sein kann, um aus so genannten lokalen Optima und entsprechenden Regionen im Suchraum auszubrechen.

Dementsprechend wird das Verhandlungsprotokoll um eine Regel ergänzt, die die Akteure zwingt, in bestimmten Phasen des Verfahrensablaufs gewisse Mindestakzeptanzraten (bezüglich des Anteils der individuell akzeptierten Vertragsvorschläge) zu gewährleisten; diese Mindestakzeptanzraten nehmen zweckmäßigerweise im Verfahrensablauf ab. Da die Akzeptanzentscheidungen allseits beobachtbar sind, ist diese Regel verifizierbar und damit praktikabel. Akteure, die die gesetzten Mindestakzeptanzraten einhalten, werden als kooperativ bezeichnet.

Indessen stellt sich für die Akteure die Frage nach einer individuell vorteilhaften Entscheidungsstrategie, die einer vorgegebenen Mindestakzeptanzrate gerecht wird. Hierfür bietet sich der Rückgriff auf das probabilistische Akzeptanzkriterium der Metaheuristik Simulated Annealing an („Metropolis-Kriterium“), in dem die Wahrscheinlichkeit  $P_T(\Delta)$  für eine Akzeptanz einer Verschlechterung um den Wert  $\Delta$  exponentiell vom Ausmaß der Verschlechterung abhängt [KiGV83]:

$$P_T(\Delta) = e^{-\Delta/T}$$

Dieses Akzeptanzkriterium beinhaltet einen so genannten Temperaturparameterwert  $T$ . Mittels einer simulativen Verfahrensweise können die Akteure einen individuellen Temperaturparameterwert näherungsweise so bestimmen, dass eine entsprechende Anwendung zum Einhalten einer bestimmten Mindestakzeptanzrate führt. Für eine detaillierte Beschreibung und Diskussion des Verfahrens sei auf [Fink06] verwiesen.

Im Zusammenhang mit den in Abschnitt 2.2 formulierten Anforderungen ist hinsichtlich Fairness anzumerken, dass für alle Akteure die gleichen Mindestakzeptanzraten gelten und mögliche positiv-affine Transformationen der Nutzenfunktion durch das Akzeptanzkriterium in Verbindung mit dem ermittelten Temperaturparameter ausgeglichen werden. Die Ergebnisqualität ist Gegenstand der experimentellen Untersuchungen in Abschnitt 4.

### **3.2 Konkretisierung des Koordinationsmechanismus für die barwertorientierte Projektplanung mit mehreren Akteuren**

Die Menge der zulässigen Projektpläne konstituiert den zugrunde gelegten Vertragsraum für die Projektplanung. Ein Vertrag kann grundsätzlich als ein Tupel zulässiger Startzeitpunkte für die einzelnen Aktivitäten aufgefasst werden. Da die direkte Ableitung zulässiger Vertragsvorschläge als Modifikationen des Startzeitpunkt-Tupels des aktiven Vertrags nicht einfach möglich ist, wird hier mit einer indirekten Repräsentation gearbeitet: Eine Permutation der Aktivitäten definiert eine Reihenfolge oder Priorisierung, die im Rahmen eines Generierungsschemas die Auswahl einplanbarer Aktivitäten bestimmt. Hierbei werden ein serielles und ein paralleles Generierungsschema verwendet (vgl. z.B. [Koli96; KoHa99]).

Bei dem seriellen Generierungsschema wird schrittweise eine einplanbare Aktivität (mit bereits eingeplanten direkten Vorgänger-Aktivitäten), zu einem für diese Aktivität frühesten zeit- und ressourcenzulässigen Zeitpunkt eingeplant. Hierbei wird in der Reihenfolge gemäß der indirekten Repräsentation mittels einer Permutation vorgegangen, wobei in der Permutation die vorliegenden Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen eingehalten sein müssen.

Beim parallelen Generierungsschema wird zeitlich aufsteigend geplant. Zu einem jeweils betrachteten Zeitpunkt wird aus allen Aktivitäten mit bereits abgeschlossenen direkten Vorgänger-Aktivitäten, die ressourcenzulässig einplanbar sind, ausgewählt. Die Auswahl aus einer gegebenenfalls nicht einelementigen Menge einplanbarer Aktivitäten erfolgt hierbei gemäß der Priorisierung entsprechend der Permutation der Aktivitäten als indirekter Repräsentation.

Die mit dem seriellen und parallelen Generierungsschema erzeugten Projektpläne gehören zur Menge der so genannten aktiven bzw. unverzögerten Pläne, wobei die Menge der unverzögerten Pläne eine Teilmenge der Menge der aktiven Pläne ist [SpKD95]. Damit ist der Suchraum, der beim parallelen Generierungsschema zugrunde gelegt wird, in der Regel kleiner als beim seriellen Generierungsschema. Es ist weiterhin zu anmerken, dass aus einer Permutation der Aktivitäten durch ein Generierungsschema zwar ein eindeutiger Projektplan abgeleitet wird, während durchaus verschiedene Permutationen der Aktivitäten zu einem identischen Projektplan führen können.

Im Zusammenhang mit der Vertragsrepräsentation durch eine Permutation der Aktivitäten werden auf Verschiebungen von Aktivitäten basierende Nachbarschaftsrelationen verwendet. Für das parallele Generierungsschema wird schlicht eine zufällige Verschiebung einer Aktivität an eine andere Stelle verwendet, wodurch sich die Priorisierung entsprechend verändert. Das se-

rielle Generierungsschema kann ohne Modifikation nur im Zusammenhang mit einer Permutation angewendet werden, in der Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen eingehalten werden. Deshalb wird hierfür nach einer zufälligen Verschiebung einer Aktivität an eine andere Stelle gegebenenfalls eine „Reparatur“ verletzter Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen gemäß [FlHi04] angewendet, wobei betroffene Vorgänger und Nachfolger der verschobenen Aktivität wieder vor bzw. hinter die verschobene Aktivität verschoben werden; sofern hierbei die Ausgangspermutation wieder hergestellt wird, wird eine andere zufällige Verschiebung verwendet (gegebenenfalls wiederholt).

## 4 Experimentelle Untersuchung

Die Implementierung und Untersuchung der oben beschriebenen Verfahren erfolgte mittels C++ und ist teilweise in [Mora05] beschrieben. Hierbei wurde auf dem Metaheuristik-Framework HotFrame [FiVo02] aufgebaut (etwa bezüglich Komponenten zur Repräsentation des Vertragsraums und Nachbarschaftsrelationen). Im Folgenden werden zunächst die verwendeten Probleminstanzen sowie dann die erzielten Rechenergebnisse dargestellt.

### 4.1 Probleminstanzen

Die Probleminstanzen bauen auf den RCPSP-Benchmark-Datensätzen der PSPLIB auf (für nähere Information sei auf [KoSp96] sowie <http://129.187.106.231/psplib/> verwiesen). Die hier verwendeten 36 Probleminstanzen zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- Anzahl der Aktivitäten: 30, 60, 120
- Netzwerk-Komplexität (mittlere nicht-redundante Anzahl von Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen einer Aktivität): 1,5; 1,8; 2,1
- 4 Ressourcentypen
- Ressourcen-Faktor (mittlere Nachfrage nach Ressourcen durch eine Aktivität): 0,25; 0,5; 0,75; 1
- Ressourcen-Stärke (mittlere Ressourcenverfügbarkeit pro Zeiteinheit): 0,5

Die Probleminstanzen mussten um die Aufteilung von Aktivitäten auf mehrere Akteure sowie um Zahlungswerte je Aktivität ergänzt werden. Hierbei wurde von zwei Akteuren ausgegangen. Die Aktivitäten wurden zufällig auf die beiden Akteure aufgeteilt. Zahlungswerte wurden so

ermittelt, dass Auszahlungen eher am Anfang und Einzahlungen eher am Ende des Projekts anfallen sowie insgesamt je Akteur ein positiver Barwert resultiert. Hierzu wurden je Akteur die Aktivitäten nach ihrer Nummer, die die Position im Rahmen des Projekts grob widerspiegelt, sortiert und dann der ersten Hälfte negative sowie der zweiten Hälfte positive Zahlungswerte zugewiesen. Die Auszahlungen wurden zufällig gleichverteilt aus dem Intervall [-50; -100] ausgewählt. Der doppelte absolute Mittelwert der entsprechenden Auszahlungen wurde als untere Schranke für das Intervall für die zufällig gleichverteilte Auswahl der Einzahlungswerte verwendet; für die obere Schranke wurde 50 zu dieser unteren Schranke addiert. Der Abzinsungsfaktor wird auf 1% je Zeiteinheit festgelegt.

## 4.2 Ergebnisse

Im Folgenden wird die individuelle Qualität eines Vertrags (Projektplans) für einen Akteur durch die Abweichung von einem approximativ ermittelten Bestwert für einen Projektplan unter Berücksichtigung von allein den Zahlungswerten des entsprechenden Akteurs angegeben. Diese hypothetischen Referenzwerte wurden durch die Anwendung von Simulated Annealing in der in [JAMS89] beschriebenen Form auf die entsprechenden einkriteriellen Probleme ermittelt. Die auf dieser Grundlage angegebenen prozentualen Abweichungen stellen jeweils Mittelwerte einer zehnfach wiederholten Simulation entsprechender Verhandlungsprozesse (mit unterschiedlichen Zufallszahlenfolgen) je Konfiguration dar. Die Berechnungen nehmen jeweils wenige Sekunden auf einem Standard-PC in Anspruch, wobei die Verhandlungen sowohl für 5000 als auch für 15000 Runden simuliert wurden.

Um zu untersuchen, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaß die eingeführten Mindestakzeptanzraten (mit entsprechend kooperativen Spielern) zu besseren Ergebnissen führen als das Zusammentreffen von Spielern, die nur individuell jeweils nicht verschlechternde Vorschläge akzeptieren (gierige Spieler), wurden beide Spielstrategien in unterschiedlichen Kombinationen untersucht. Kooperative Strategien wurden mit Mindestakzeptanzraten von 20% und 4% für die anfängliche bzw. letzte Verhandlungsphase verbunden; diese Parameterwertkombination hat sich bereits für verschiedene Problemstellungen als vorteilhaft herausgestellt hat (vgl. [Fink04; Fink06]).

In Tabelle 1 wird die Anwendung der beiden verwendeten Generierungsschemas im Zusammenhang mit einer homogenen Strategiewahl der Akteure verglichen. Das serielle Generierungsschema führt hier zu besseren Ergebnissen als das parallele Generierungsschema, was sich

mit ähnlichen Erkenntnissen für das klassische RCPSP deckt [KoHa99]. Dementsprechend wird im Folgenden auf die Darstellung von Ergebnissen für das parallele Generierungsschema verzichtet.

		5000 Runden		15.000 Runden	
		Akteur 1	Akteur 2	Akteur 1	Akteur 2
Seriell Generierungsschema	gierig	6,11 %	5,50 %	5,71 %	5,16 %
	kooperativ	5,36 %	4,56 %	4,69 %	4,23 %
Paralleles Generierungsschema	gierig	7,51 %	7,40 %	7,11 %	7,07 %
	kooperativ	7,02 %	6,76 %	6,68 %	6,40 %

Tab. 1: Ergebnisse für unterschiedliche Generierungsschemas

Die Tabellen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse beim Aufeinandertreffen zweier gieriger Akteure bzw. zweier kooperativer Akteure für die verschiedenen Probleminstanzen. Die durchschnittlichen Verhandlungsergebnisse für die kooperative Strategie und die hiermit verbundene Mindestakzeptanzratenregel erscheinen signifikant besser als bei gierigen Agenten. Dies wird durch einen statistischen t-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% belegt.

Bei einem hypothetischen Zusammentreffen zweier Akteure mit unterschiedlichem Verhalten profitiert der gierige Akteur erwartungsgemäß deutlich vom kooperativen Verhalten des anderen Akteurs, wobei sich das Ungleichverhältnis mit steigender Rundenzahl verstärkt. Beispielsweise ergeben sich bei 5000 und 15.000 Runden durchschnittliche Abweichungen von 3,46% (gierig) vs. 8,08% (kooperativ) bzw. 2,58% (gierig) vs. 8,47% (kooperativ).

Die in [Fink04] dargestellte und auch hier zutreffende spieltheoretische Analyse würde bei einer freien Strategiewahl der Akteure zur Kombination zweier gieriger Akteure als eindeutiges Nash-Gleichgewicht führen. Damit würde in gleicher Weise wie beim so genannten „Gefangenendilemma“ die einzige dominierte Lösung als das Verhandlungsergebnis resultieren und sich keine effektive Kooperation eigennütziger Akteure herausbilden [Axel84]. Dieses Dilemma wurde durch die oben beschriebene Einführung von Mindestakzeptanzraten aufgelöst, was die Akteure zu einem in diesem Sinne kooperativen Verhalten zwingt und damit beiden Akteuren bessere Resultate erbringt. Die entsprechenden Ergebnisse sind hochwertig, wie ein Vergleich mit den Ergebnissen einer Anwendung von Simulated Annealing für das hypothetische integrierte Gesamtproblem zeigt; es ergeben sich im Mittel Abweichungen der Barwertsummen von weniger als einem Prozent.

Anzahl Aktivitäten	Netzwerk- Komplexität	Ressourcen- Faktor	5000 Runden		15.000 Runden	
			Akteur 1	Akteur 2	Akteur 1	Akteur 2
30	1,5	0,25	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,50	4,28%	5,16%	4,28%	5,16%
		0,75	1,12%	5,63%	1,04%	5,63%
		1,00	1,33%	2,93%	1,33%	2,93%
	1,8	0,25	0,45%	1,61%	0,45%	1,61%
		0,50	0,87%	1,55%	0,81%	1,09%
		0,75	2,18%	4,68%	2,18%	4,68%
		1,00	5,08%	3,48%	5,08%	3,48%
	2,1	0,25	5,28%	1,12%	5,28%	1,12%
		0,50	2,21%	2,80%	2,21%	2,80%
		0,75	0,64%	0,92%	0,64%	0,92%
		1,00	2,60%	3,06%	2,52%	2,95%
60	1,5	0,25	3,26%	1,37%	3,26%	1,37%
		0,50	5,14%	7,25%	4,72%	6,47%
		0,75	12,15%	8,24%	10,98%	7,65%
		1,00	6,35%	6,25%	5,98%	6,04%
	1,8	0,25	2,37%	3,48%	2,37%	3,48%
		0,50	2,37%	5,13%	2,37%	5,13%
		0,75	8,51%	8,25%	8,48%	8,13%
		1,00	10,28%	4,52%	9,64%	4,35%
	2,1	0,25	2,56%	1,98%	2,56%	1,98%
		0,50	2,72%	4,63%	2,60%	4,38%
		0,75	5,15%	7,14%	5,12%	7,09%
		1,00	11,68%	6,48%	11,32%	6,37%
120	1,5	0,25	3,51%	1,74%	3,49%	1,69%
		0,50	9,35%	9,43%	8,13%	8,64%
		0,75	12,90%	8,55%	11,84%	7,86%
		1,00	18,35%	13,04%	17,46%	12,29%
	1,8	0,25	3,36%	1,10%	3,14%	1,06%
		0,50	8,82%	12,06%	6,83%	9,41%
		0,75	8,66%	7,03%	7,24%	6,18%
		1,00	11,07%	12,61%	10,27%	12,08%
	2,1	0,25	6,33%	3,83%	6,01%	3,66%
		0,50	2,94%	3,83%	2,81%	3,62%
		0,75	21,15%	10,10%	19,78%	8,75%
		1,00	14,76%	17,10%	13,51%	15,84%
Durchschnitt			6,11%	5,50%	5,71%	5,16%

Tab. 2: Ergebnisse bei beiderseitig gieriger Strategie

Anzahl Aktivitäten	Netzwerk- Komplexität	Ressourcen- Faktor	5000 Runden		15.000 Runden	
			Akteur 1	Akteur 2	Akteur 1	Akteur 2
30	1,5	0,25	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
		0,50	4,01%	4,49%	4,92%	3,72%
		0,75	1,69%	2,47%	1,68%	2,58%
		1,00	1,39%	2,20%	1,58%	1,77%
	1,8	0,25	1,05%	0,69%	1,49%	0,00%
		0,50	1,50%	0,66%	1,00%	0,75%
		0,75	2,04%	3,81%	1,92%	2,55%
		1,00	4,78%	4,02%	4,26%	3,46%
	2,1	0,25	1,82%	0,39%	1,82%	0,39%
		0,50	1,55%	3,35%	0,14%	4,34%
		0,75	0,62%	0,94%	0,62%	0,93%
		1,00	1,82%	3,34%	1,93%	3,12%
60	1,5	0,25	2,23%	1,83%	1,68%	1,85%
		0,50	6,23%	5,37%	6,33%	5,79%
		0,75	11,00%	7,51%	11,66%	5,13%
		1,00	6,32%	5,03%	4,43%	6,38%
	1,8	0,25	2,17%	2,49%	2,42%	2,20%
		0,50	2,55%	3,59%	2,64%	3,10%
		0,75	6,97%	8,14%	7,27%	6,98%
		1,00	7,85%	4,34%	8,50%	3,09%
	2,1	0,25	2,45%	0,92%	2,57%	0,95%
		0,50	3,23%	2,58%	2,72%	2,57%
		0,75	6,35%	6,04%	5,58%	6,55%
		1,00	11,93%	4,46%	8,49%	7,23%
120	1,5	0,25	3,01%	1,99%	2,54%	2,19%
		0,50	7,92%	10,74%	7,29%	7,25%
		0,75	11,43%	7,11%	8,44%	6,89%
		1,00	16,87%	11,29%	12,49%	12,10%
	1,8	0,25	1,64%	1,23%	1,45%	0,95%
		0,50	5,79%	8,40%	5,83%	5,77%
		0,75	6,74%	6,42%	4,74%	6,29%
		1,00	8,26%	11,44%	7,47%	10,10%
	2,1	0,25	5,32%	3,53%	4,05%	3,31%
		0,50	3,10%	2,92%	3,07%	2,67%
		0,75	16,22%	7,36%	14,25%	7,65%
		1,00	14,97%	12,93%	11,62%	11,57%
Durchschnitt			5,36%	4,56%	4,69%	4,23%

Tab. 3: Ergebnisse bei beiderseitig kooperativer Strategie

Im Folgenden werden die Verhandlungsergebnisse in Abhängigkeit vom Ressourcen-Faktor näher betrachtet. Es ist zu erwarten, dass bei einem höheren Ressourcen-Faktor, welcher mit der Nachfrage nach Ressourcen wächst, zwischen den Akteuren eine stärkere Konkurrenz um individuell günstige Einplanungszeiten im Projektplan entsteht und damit die Abweichungen insgesamt steigen. Dies wird durch die in den Tabellen 4 und 5 dargestellten Ergebnisse, die für den Fall einer beiderseitig kooperativen Strategie bei 5000 Verhandlungsrunden in Abb. 2 visualisiert sind, bestätigt.

Ressourcen-Faktor	5000 Runden		15.000 Runden	
	Akteur 1	Akteur 2	Akteur 1	Akteur 2
0,25	3,01 %	1,80 %	2,95 %	1,77 %
0,50	4,30 %	5,76 %	3,86 %	5,19 %
0,75	8,05 %	6,73 %	7,48 %	6,32 %
1,00	9,06 %	7,72 %	8,57 %	7,37 %

Tab. 4: Ergebnisse in Abhängigkeit vom Ressourcen-Faktor bei beiderseitig gieriger Strategie

Ressourcen-Faktor	5000 Runden		15.000 Runden	
	Akteur 1	Akteur 2	Akteur 1	Akteur 2
0,25	2,19 %	1,45 %	2,00 %	1,32 %
0,50	3,99 %	4,68 %	3,77 %	3,99 %
0,75	7,01 %	5,53 %	6,24 %	5,06 %
1,00	8,24 %	6,56 %	6,75 %	6,54 %

Tab. 5: Ergebnisse in Abhängigkeit vom Ressourcen-Faktor bei beiderseitig kooperativer Strategie

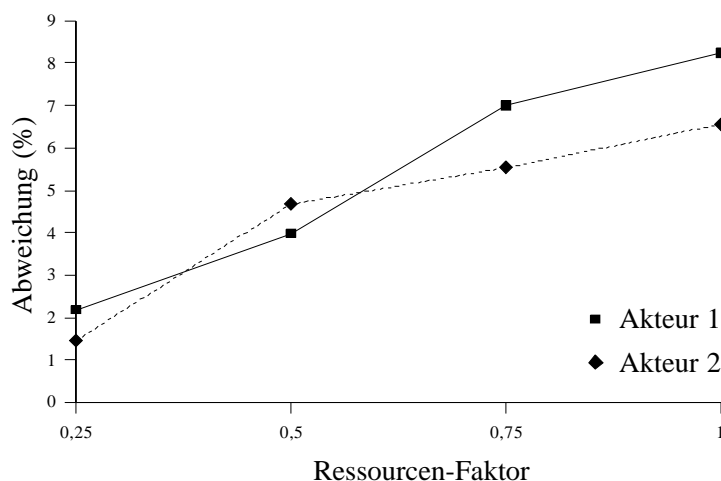


Abb. 2: Ergebnisse in Abhängigkeit vom Ressourcen-Faktor bei beiderseitig kooperativer Strategie



## 5 Fazit

In diesem Beitrag wurde für eine komplexe Projektplanungsproblemstellung mit eigensinnigen Akteuren und Informationsasymmetrie ein automatischer Koordinationsmechanismus beschrieben und angewendet. Dieser ermöglicht eine ertragsorientierte Ablaufgestaltung von Projekten mit mehreren beteiligten Akteuren. Die experimentellen Ergebnisse belegen die Effektivität des Verfahrens im betrachteten Kontext. Eine Anwendung und Validierung des Mechanismus für Problemstellungen aus dem Supply Chain Management mit auch mehr als zwei Akteuren ist in [Fink06] beschrieben.

Für die betrachtete Projektplanungsproblemstellung bietet es sich an, näher zu untersuchen, in welchem Maße der beschriebene und ausgestaltete Koordinationsmechanismus die vollständige Ausschöpfung theoretisch möglicher, aber gefährdeter Kooperationsvorteile leistet. Hierzu wäre einerseits etwa der effiziente Rand (die Menge aller Pareto-optimalen Ergebnisse) zu ermitteln und eine entsprechende Abweichung zu bewerten. Aufgrund der Tatsache, dass das zugrunde liegende einkriterielle Problem bereits *NP*-schwer ist, erscheinen hierfür nur approximative Vorgehensweisen anwendbar. Andererseits erscheint die Verbesserung der Generierungsschemas im Hinblick auf die Barwertmaximierungszielsetzung denkbar, insofern einzelne Aktivitäten mit unabhängigen Pufferzeiten verbunden sein können, was eine beschränkte individuelle Verschiebung einzelner Aktivitäten ermöglichen kann; allerdings sind hierbei die Wechselwirkungen mehrerer Verschiebungen unter Berücksichtigung der Ressourcenbeschränkung zu berücksichtigen.

Der beschriebene verhandlungsbasierte Koordinationsmechanismus ist prinzipiell für alle verteilten Entscheidungsprobleme anwendbar, bei denen der Verhandlungsgegenstand und damit der entsprechende Suchraum formal definierbar sind. Durch die vollautomatische Umsetzbarkeit des Verfahrens ist dann eine laufzeiteffiziente und damit praxistaugliche Anwendung möglich. Die individuelle Bewertung einzelner Verträge liegt allein bei den beteiligten Akteuren. Dabei erfolgt keine Offenlegung der individuellen Nutzenfunktionen und es wird kein interpersoneller Nutzenvergleich vorausgesetzt. Der Koordinationsmechanismus erzwingt damit unter Berücksichtigung praxisbezogener Randbedingungen nur in geringem Maße eine Offenlegung von Informationen.

## Literaturverzeichnis

- [Axel84] *Axelrod, R.*: The Evolution of Cooperation. Basic Books, New York 1984.
- [BDM+99] *Brucker, P.; Drexl, A.; Möhring, R.; Neumann, K.; Pesch, E.*: Ressource-constrained Project Scheduling: Notation, Classification, Models, and Methods. European Journal of Operational Research 112 (1999), S. 3–41.
- [Ehrg05] *Ehrgott, M.*: Multicriteria Optimization, 2. Auflage. Springer, Berlin 2005.
- [Fink04] *Fink, A.*: Supply Chain Coordination by Means of Automated Negotiations. Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-37). IEEE 2004.
- [Fink06] *Fink, A.*: Supply Chain Coordination by Means of Automated Negotiation Between Autonomous Agents. In: *Chaib-draa, B.; Müller, J.* (Hrsg.): Multiagent-Based Supply Chain Management, Studies in Computational Intelligence Vol. 28. Springer, Berlin 2006, S. 351–372.
- [FiVo02] *Fink, A.; Voß, S.*: HotFrame: A Heuristic Optimization Framework. In: *Voß, S.; Woodruff, D.L.* (Hrsg.): Optimization Software Class Libraries, Kluwer, Boston 2002, S. 81–154.
- [FlHi04] *Fleszar, K.; Hindi, K.S.*: Solving the Resource-constrained Project Scheduling Problem by a Variable Neighbourhood Search. European Journal of Operational Research 155 (2004), S. 402–413.
- [Fren88] *French, S.*: Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality. Ellis Horwood, Chichester 1988.
- [GSST05] *Gandibleux, X.; Sevaux, M.; Sörensen, K.; T'kindt, V.* (Hrsg.): Metaheuristics for Multiobjective Optimisation. Springer, Berlin 2005.

- [HeDD97] *Herroelen, W.S.; Dommelen, P.V.; Demeulemeester, E.L.*: Project Network Models with Discounted Cash Flows – A Guided Tour Through Recent Developments. *European Journal of Operational Research* 100 (1997), S. 3–41.
- [JAMS89] *Johnson, D.S.; Aragon, C.R.; McGeoch, L.A.; and Schevon, C.*: Optimization by Simulated Annealing: An Experimental Evaluation; Part 1, Graph Partitioning. *Operations Research* 37 (1989), S. 865–892.
- [KiGV83] *Kirkpatrick, S.; Gelatt Jr., C.D.; Vecchi, M.P.*: Optimization by Simulated Annealing. *Science* 220 (1983), S. 671–680.
- [KFSB03a] *Klein, M.; Faratin, P.; Sayama, H.; Bar-Yam, Y.*: Negotiating Complex Contracts. *Group Decision and Negotiation* 12 (2003), S. 111–125.
- [KFSB03b] *Klein, M.; Faratin, P.; Sayama, H.; Bar-Yam, Y.*: Protocols for Negotiating Complex Contracts. *IEEE Intelligent Systems* 18 (6) (2003), S. 32–38.
- [Koli96] *Kolisch, R.*: Serial and Parallel Resource-constrained Project Scheduling Methods Revisited: Theory and Computation. *European Journal of Operational Research* 90 (1996), S. 320–333.
- [Koli97] *Kolisch, R.*: Investitionsplanung in Netzwerken. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 67 (1997), S. 1057–1071.
- [KoHa99] *Kolisch, R.; Hartmann, S.*: Heuristic Algorithms for Solving the Resource-constrained Project Scheduling Problem: Classification and Computational Analyses. In: *Weglarz, J. (Hrsg.): Handbook on Recent Advances in Project Scheduling*. Kluwer, Boston 1999, S. 147–178.
- [KoSp96] *Kolisch, R.; Sprecher, A.*: PSPLIB – A Project Scheduling Library. *European Journal of Operational Research* 96 (1996), S. 205–216.
- [Mert95] *Mertens, P.*: Wirtschaftsinformatik: Von den Moden zum Trend. In: *König, W. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik '95*, Physica, Heidelberg 1995, S. 25–64.

- [Mora05] *Morales, M.*: Anwendung eines automatisierten Verhandlungsmechanismus zur Koordination der Projektplanung autonomer, gewinnmaximierender Beteiligter. Diplomarbeit, Universität Hamburg, 2005.
- [Nash50] *Nash, J.F.*: The Bargaining Problem. *Econometrica* 18 (1950), S. 155–162.
- [Nash53] *Nash, J.F.*: Two-person Cooperative Bargaining Games. *Econometrica* 21 (1953), S. 128–140.
- [Sand99] *Sandholm, T.W.*: Distributed and Rational Decision Making. In: Weiss, G. (Hrsg.): *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. MIT Press, Cambridge MA 1999, S. 201–258.
- [SpKD95] *Sprecher, A.; Kolisch, R.; Drexel, A.*: Semi-active, Active, and Non-delay Schedules for the Resource-constrained Project Scheduling Problem. *European Journal of Operational Research* 80 (1995), S. 94–102.
- [VaDH01] *Vanhoucke, M.; Demeulemeester, E.; Herroelen, W.*: On Maximizing the Net Present Value of a Project Under Renewable Resource Constraints. *Management Science* 47 (2001), S. 1113–1121.
- [WKWI94] *WKWI (Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik im Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft)*: Profil der Wirtschaftsinformatik. *Wirtschaftsinformatik* 36 (1994), S. 80–81.

# Konzeption und Implementierung eines Planungssystems für Schnittstellentests

Franz Rothlauf

Lehrstuhl für ABWL und Wirtschaftsinformatik, Universität Mannheim  
rothlauf@uni-mannheim.de

## Abstract

Bei der Erstellung von komponentenbasierten, betrieblichen Informationssystemen ist es eine Aufgabe der Qualitätssicherung sicherzustellen, dass die Schnittstellen zwischen den einzelnen Komponenten keine Fehler aufweisen. Der vorliegende Beitrag beschreibt die Konzeption und Umsetzung eines Entscheidungsunterstützungssystems (EUS), welches die Qualitätssicherungsabteilung eines Softwareherstellers bei der Aufstellung eines Zeitplans für die zentrale Durchführung von Schnittstellentests unterstützt. Wichtigstes Element des EUS ist ein metaheuristikbasiertes Planungssystem, welches dem Entscheider qualitativ gute Zeitpläne vorschlägt. Das Planungssystem berücksichtigt sowohl unterschiedliche Planungsziele, als auch relevante Problemrestriktionen durch eine geeignete Wahl der Problemkodierung, einer geschickten Erzeugung des Zeitplans aus der Problemkodierung sowie einer geeigneten Initialisierung.

## 1 Einleitung

Bei der Erstellung von komponentenbasierten, betrieblichen Informationssystemen stellt sich das Problem, dass im Rahmen der Qualitätssicherung sowohl die Funktionalität der einzelnen Softwarekomponenten, als auch deren Zusammenspiel überprüft werden müssen. Die Funktions- und Qualitätskontrolle der Komponenten wird hierbei in der Regel durch die einzelnen Fachabteilungen selbst durchgeführt und nur die Endkontrolle durch eine zentrale Qualitätssicherungsabteilung vorgenommen. Bei der Überprüfung des korrekten Zusammenspiels sind eine Vielzahl von unterschiedlichen Fachabteilungen involviert, welche durch eine dedizierte Qualitätssicherungsabteilung organisiert und koordiniert werden. Hierbei stellt sich die Aufgabe, dass Schnittstellentests an zentraler Stelle durchgeführt werden und ein entsprechender Zeit-

plan für die Durchführung der Schnittstellentests erstellt werden muss. Das Aufstellen eines Zeitplans ist aufwendig, da eine Menge unterschiedlicher Ziele existieren und zusätzliche Restriktionen bezüglich der zeitlichen Verfügbarkeit von Ressourcen und Personen sowie Unverträglichkeiten zwischen einzelnen Softwarekomponenten berücksichtigt werden müssen.

Das Problem der Erzeugung von Zeitplänen für die Durchführung von Schnittstellentests gehört zur Klasse der resource-constrained project scheduling Probleme [Bruc99] und ist vergleichbar mit Maschinenbelegungs- oder Stundenplanbelegungsproblemen. Derartige Probleme gehören zu den traditionellen Forschungsgebieten der Betriebswirtschaftslehre und es existieren eine Vielzahl von exakten Methoden, welche hierfür optimale Lösungen ermitteln können [Brü95]. Aufgrund der Komplexität der zugrundeliegenden Planungsprobleme sind diese allerdings auf viele realistische Problemstellungen oft nicht anwendbar, so dass in zunehmenden Maße Metaheuristiken zur Lösung komplexer Planungsprobleme eingesetzt werden [Zäpf94, KäTe04]. Mit deren Hilfe können auch manche Planungsprobleme gelöst werden, welche klassischen, exakten Methoden nicht zugänglich sind [SWM95, ScMe00].

Der vorliegende Beitrag stellt die Konzeption und Umsetzung eines EUS für die Planung von Schnittstellentests vor. Das EUS wurde in Zusammenarbeit mit einem großen deutschen Softwarehersteller im Bereich Steuer- und Buchführungssoftware konzipiert und implementiert und wird mittlerweile mit Erfolg in der Qualitätssicherung eingesetzt. Das im EUS integrierte Planungssystem erstellt mit Hilfe einer Metaheuristik Zeitpläne für die Durchführung von Schnittstellentests und berücksichtigt hierbei unterschiedliche Ziele und Nebenbedingungen. Die verschiedenen Ziele und einzuhaltenden Restriktionen werden durch die Konzeption einer geeigneten Methode zur Kodierung und Bewertung von Zeitplänen sowie durch eine geschickte Erzeugung von Startlösungen für die Metaheuristik berücksichtigt.

## **2 Erstellung von Zeitplänen für Schnittstellentests**

Bei der komponentenbasierten Erstellung von Informationssystemen wird die Funktionalität der zu erstellenden Software in einzelne Komponenten zerlegt. Wichtig bei der Entwicklung komponentenbasierter Software ist, dass verbindliche und klar definierte Schnittstellen zwischen den Softwarekomponenten festgelegt werden. Es ist Aufgabe der Qualitätssicherung die Einhaltung der entsprechenden Schnittstellenspezifikationen zu überprüfen und Fehler im Zusammenspiel unterschiedlicher Komponenten aufzudecken.

Bei der vorliegenden Problemstellung wird der Schnittstellentest durch die Qualitätssicherung organisiert und entsprechende Spezialisten und Entwickler aus den einzelnen Fachabteilungen hinzugezogen. Die eigentlichen Tests werden zentral bei der Abteilung für Qualitätssicherung zeitlich parallel auf einer Menge von Testsystemen (ca. 5-8), welche jeweils aus zwei Rechnern bestehen, durchgeführt. Der Test einer Schnittstelle wird immer durch einen oder zwei Ansprechpartner (Tester) aus den jeweiligen Fachabteilungen, welche für die beteiligten Komponenten zuständig sind, durchgeführt. Für die Durchführung der Tests ist ein Zeitplan aufzustellen, welcher festlegt, wann welche Schnittstellentests auf welchen Testsystemen durchgeführt werden sollen. Durch den Zeitplan wird auch bestimmt, welche Ansprechpartner (ca. 20-50 verschiedene) wann welche Schnittstellentests durchführen. Obwohl die einzelnen Schnittstellentests in recht kurzer Zeit durchgeführt werden können (30 bzw. 60 Minuten) ist aufgrund der Vielzahl der zu testenden Schnittstellen (üblicherweise zwischen 300 und 500) der gesamte Zeitaufwand (ca. 4-7 Tage) für die Durchführung aller Tests hoch. Üblicherweise werden die Schnittstellentests erst kurz vor dem nächsten Softwareveröffentlichungstermin durchgeführt, sodass der vorgegebene Zeitrahmen für die Durchführung der Tests beschränkt ist.

## **2.1. Ziele des Planungsprozesses**

Die folgenden konfligierenden Zielsetzungen wurden im Rahmen des Projektes in Zusammenarbeit mit der Qualitätssicherungsabteilung ausgearbeitet.

**Zusammenhängende Testzeiträume für einzelne Tester:** Bei der Durchführung von Schnittstellentests muss für jede Schnittstelle je ein Ansprechpartner (Tester) für jede der beteiligten Komponenten vor Ort sein. Ziel der Planung soll es sein, dass jeder Tester jeweils eine möglichst große Menge von Tests am Stück, das heißt zeitlich nacheinander, durchführen kann. Die Tests können hierbei auch an unterschiedlichen Testsystemen durchgeführt werden, aber es sollten keine Lücken im Testplan des jeweiligen Ansprechpartners entstehen.

**Frühzeitiger Test von Komponenten mit Basisfunktionalität:** Die zu testenden Komponenten lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: Basiskomponenten realisieren grundlegende Basisfunktionalitäten des Softwaresystems und werden von anderen Komponenten wiederverwendet. Auf diese Basiskomponenten (z. B. Stammdatenverwaltung) setzen dann Zusatzkomponenten (z. B. Auskunftssystem) auf, welche die durch Basiskomponenten zur Verfügung gestellte Funktionalitäten nutzen und zusätzliche Funktionalität zur Verfügung stellen.

Bei der Durchführung der Tests sollen Basiskomponenten vor Zusatzkomponenten getestet werden. Falls Basiskomponenten vorher getestet werden, kann eindeutig bestimmt werden, welche Fehler auf Basiskomponenten und welche auf Zusatzkomponenten zurückzuführen sind.

**Minimierung der Installationszeiten:** Für die Durchführung von Schnittstellentests ist es notwendig, dass die jeweils zu testenden Softwarekomponenten auf den Testsystemen installiert werden. Üblicherweise werden die Installationen durch die Abteilung Qualitätssicherung vor der Testphase durchgeführt und für die eigentlichen Tests werden die schon installierten Komponentenversionen verwendet. In der Regel müssen allerdings bei der Aufstellung eines Zeitplans zusätzliche Installationszeiten für Komponenten berücksichtigt werden. Beim erstmaligen Test einer Schnittstelle auf einem der vorhandenen Testsysteme muss dann die entsprechende Komponente installiert werden. Die dafür notwendige Zeit muss bei der Erstellung des Zeitplans berücksichtigt werden. Ziel des Planungsprozesses ist es, die Gesamtinstallationszeiten zu minimieren, was z. B. dadurch realisiert wird, dass die entsprechenden Komponenten auf einer möglichst geringen Anzahl an Testsystemen installiert werden.

## 2.2. Bei der Planung einzuhaltende Nebenbedingungen

Neben der Vorgabe von Planungszielen existieren auch Nebenbedingungen, welche durch ein automatisiertes Planungssystem berücksichtigt werden müssen.

**(1) Einhaltung des vorgegebenen Gesamtzeitraums für die Durchführung der Schnittstellentests:** Eine wichtige Nebenbedingung bei der Aufstellung eines Zeitplans ist die Einhaltung des vorgegebenen Gesamtzeitraums (in Tagen gemessen), welcher für die Durchführung aller Schnittstellentests angesetzt wird. Üblicherweise werden nur wenige Tage für die Durchführung der Tests eingeplant, da die Tests möglichst schnell abgeschlossen werden sollen, um genügend Zeit für die Behebung der bei den Tests aufgedeckten Probleme zu haben.

**(2) Keine gleichzeitige Durchführung von verschiedenen Schnittstellentests auf einem Testsystem:** Auf jedem der unterschiedlichen Testsysteme kann immer nur genau eine Schnittstelle getestet werden, und es ist keine gleichzeitige Durchführung von unterschiedlichen Tests auf einem Testsystem möglich. Darüber hinaus sind die einzelnen Schnittstellentests nicht aufteilbar, sondern müssen immer am Stück durchgeführt werden.

**(3) Tester können nur jeweils eine Schnittstelle gleichzeitig testen:** Es ist nicht möglich, dass ein Tester mehrere Schnittstellen auf unterschiedlichen Testsystemen zur gleichen Zeit testet, sondern jeder Tester beschäftigt sich für die gesamte Dauer eines Tests nur mit dieser einen Schnittstelle. Die Einhaltung dieser Restriktion ist schwierig, da ein Tester i.d.R. für mehrere



Schnittstellen zuständig ist (einzelne Tester sind für bis zu 50 Schnittstellen zuständig) und sichergestellt werden muss, dass nicht zwei von ihm zu testende Schnittstellen zur gleichen Zeit auf unterschiedlichen Testsystemen eingeplant werden.

**(4) Zeitrestriktionen für Tester:** Manche Tester weisen zeitliche Restriktionen bezüglich ihrer Verfügbarkeit auf und können nicht beliebig für Schnittstellentests eingeplant werden.

**(5) Interdependenzen zwischen Testsystem und zu testender Komponente:** Die einzelnen Schnittstellentests werden auf unterschiedlichen Testsystemen durchgeführt. Für einen Teil der Schnittstellentests können allerdings nur ausgewählte Testsysteme verwendet werden, da z. B. ein Teil der Softwarekomponenten hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der verwendeten Rechner stellen bzw. manche Komponenten auch auf leistungsschwächeren Testsystemen noch zuverlässig und mit akzeptabler Geschwindigkeit funktionieren müssen. Dies führt dazu, dass die zugehörigen Schnittstellen nicht auf beliebigen Testsystemen getestet werden können, sondern Interdependenzen zwischen Testsystem und installierter Komponente bestehen.

**(6) Inkompatibilitäten zwischen einzelnen Komponenten:** Eine ähnliche Nebenbedingung liegt in der Unverträglichkeit von Komponenten. Im Produktportfolio des Softwareherstellers existieren unterschiedliche Produktlinien, welche aber teilweise zueinander inkompatibel sind. Daher können bestimmte Komponenten nicht gleichzeitig auf dem gleichen Testsystem installiert und getestet werden, sondern Tests von zueinander inkompatiblen Komponenten müssen auf jeweils unterschiedlichen Testsystemen durchgeführt werden.

**(7) Zeitliche Restriktionen:** Für die einzelnen Tester müssen die vorgegebene Stundenanzahl pro Tag, Mittagspausen sowie Wochenenden und Feiertage berücksichtigt werden.

### 3 Mögliche Lösungsansätze für das Planungsproblem

Aufgabe des zu erstellenden Planungssystems ist es, den menschlichen Planer bei der Erstellung eines Zeitplans für die Durchführung der Schnittstellentests zu unterstützen. Hierbei ist die Erstellung eines zulässigen Testplans, welcher die meisten der Nebenbedingungen und Restriktionen berücksichtigt, trivial. Ein Testplan kann z.B. dadurch erzeugt werden, dass zufällig alle Schnittstellentests auf den einzelnen Testsystemen eingeplant werden. Anschließend werden iterativ die Nebenbedingungen (2)-(7) berücksichtigt und Schnittstellentests, welche gegen bestimmte Restriktionen verstoßen, einfach am Ende des Planungszeitraums eingeplant.

Das Problem einer derartigen Vorgehensweise ist allerdings, dass der so ermittelte Testplan i.d.R. sowohl gegen Restriktion (1) verstößt als auch die vorgegebenen Planungsziele außer Acht lässt. Bei einem derartigen Zeitplan existieren keine zusammenhängende Testzeiträume für die einzelnen Tester und auch der Gesamtzeitraum für die Durchführung der Tests ist inakzeptabel. In der Praxis einsetzbare und von den Testern akzeptierte Testpläne müssen alle Restriktionen erfüllen, als auch möglichst gut bezüglich der aufgeführten Zielfunktionen sein. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über mögliche Lösungsansätze gegeben.

### **3.1. Gegenwärtiger Lösungsansatz**

Beim Partnerunternehmen wurde die Aufstellung eines Zeitplans bisher durch einen menschlichen Planer mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms (Excel) durchgeführt. Der Planungsprozess besteht aus der Ermittlung aller zu planenden Schnittstellen und der manuellen Einplanung aller Tests. Der menschliche Planer geht so vor, dass er zu Beginn des Planungsprozesses Komponenten mit vielen Schnittstellen so am Stück eingeplant, dass alle Restriktionen berücksichtigt werden und darüber hinaus der entsprechende Tester möglichst am Stück testet. Anschließend plant er die anderen Schnittstellentests iterativ durch Versuch und Irrtum ein. Hierbei wird immer wieder manuell überprüft, ob nicht eine Restriktion verletzt wird und gleichzeitig versucht, die Planungsziele aus Abschnitt 2.1 möglichst gut zu erreichen.

Das Hauptproblem bei der gegenwärtigen Planungsmethode liegt im hohen Aufwand, welcher mit der Erstellung eines Testplans verbunden ist. Im Moment benötigt ein erfahrener Planer für die Aufstellung eines durchschnittlichen Testplans (ca. 300-500 zu planende Schnittstellen) ca. zwei bis drei Tage, wobei der resultierende Plan in der Regel immer gegen einige wenige Restriktionen verstößt. Da gegenwärtig ca. 10 Testpläne pro Jahr erstellt werden, ist der Aufwand alleine für die Erstellung der entsprechenden Testpläne recht hoch.

### **3.2. Exakte Verfahren**

Es existiert eine Reihe von unterschiedlichen exakten Planungsverfahren, welche nach entsprechenden Anpassungen auch für das hier vorliegende Schnittstellenplanungsproblem eingesetzt werden können [Zäpf94,KäTe04]. Das Schnittstellenplanungsproblem kann hierbei als eine Variante des Maschinenbelegungsproblems formuliert werden. Hierbei müssen Jobs (Schnittstellen) so auf unterschiedlichen Maschinen (Testsystemen) eingeplant werden, dass sowohl die Restriktionen eingehalten als auch die vorgegebenen Zielfunktionen minimiert werden. Als Lösungsverfahren für derartige Probleme können z. B. vollständige Enumeration, Entschei-

dungsbaumsuchverfahren, begrenzte Enumeration, Cut-Verfahren oder Branch-and-Bound Ansätze verwendet werden. Das Hauptproblem bei der Verwendung von exakten Verfahren liegt in der Komplexität und Größe des vorliegenden Schnittstellenplanungsproblems. Da das Problem auf ein resource-constrained project scheduling Problem [Bruc99] zurückgeführt werden kann, können exakte Verfahren oft nur für kleine Probleminstanzen mit akzeptablem Aufwand eingesetzt werden.

### **3.3. Lösungsheuristiken**

Ein anderer Weg wird durch Lösungsheuristiken beschritten. Lösungsheuristiken (oft auch als Heuristiken bezeichnet) sind Verfahren, bei denen explizit auf die Sicherstellung der Ermittlung der optimalen Lösung verzichtet wird. Heuristiken werden oft in Anlehnung an praktisch handhabbare oder plausibel erscheinende Vorgehensweisen so konstruiert, dass sie Planungsprobleme schnell und mit vertretbarer Lösungsqualität lösen. Das Hauptproblem derartiger Verfahren liegt in der Ermittlung geeigneter heuristischer Vorgehensweisen, welche in akzeptabler Zeit eine gute Lösung bezüglich vorgegebener Zielkriterien liefern (vgl. z. B. [Brü95]).

Ein möglicher Ansatzpunkt für die Ableitung einer geeigneten Lösungsheuristik für das Planungsproblem stellt das in Abschnitt 3.1 beschriebene, gegenwärtig eingesetzte, manuelle Planungsverfahren dar. Es wurde folglich im Rahmen der Entwicklung eines Planungssystems versucht, „Daumenregeln“ aus dem Einplanungsverhalten des menschlichen Planers zu extrahieren und diese dann als Heuristiken zu formulieren. Hierbei konnten zwar grundlegende Handlungsstrukturen des menschlichen Planers erkannt werden (z. B. „plane zuerst Komponenten mit vielen Schnittstellen am Stück ein“ oder „erzeuge zuerst zufälligen Plan und löse anschließend Restriktionsverletzungen so auf, dass alle unbelegten Zeitslots, welche größer sind als der zu verschiebende Zeitslot, überprüft werden und die entsprechenden Tests an die Stelle verschoben werden, welche am besten die Zielfunktionen aus Abschnitt 2.1 erfüllt“), es ist aber nicht gelungen, diese so zu beschreiben und miteinander zu kombinieren, dass eine daraus resultierende Heuristik zu zufrieden stellenden Ergebnissen geführt hätte.

### **3.4. Metaheuristiken**

Metaheuristiken (engl. „metaheuristics“) bauen auf Heuristiken auf und verwenden einfache, oft der Natur oder der Physik entlehnte Optimierungs- und Planungsprinzipien („naturinspiriert“). Oft ermöglichen sie eine zügige Modellierung und effiziente Lösung von Planungsproblemen.

Beispiele für Metaheuristiken sind lokale Suchverfahren (z. B. „Simulated Annealing“ oder „Tabu Search“), Evolutionäre Algorithmen [Gold89] oder auch kombinierte Verfahren (z. B. COSA [Wend95]). Derartige Verfahren wurden in den letzten Jahren mit Erfolg in der Produktionsfeinplanung [KuRo95, KSS95, ScMe00, WaZä00], bei der Erstellung von Zeitplänen [AaLe97] sowie anderen Anwendungsbereichen (vgl. [BiNi95, Voss+99, Alan00]) eingesetzt.

Metaheuristiken lösen ein Planungsproblem dadurch, dass sie mit Hilfe von geeigneten Suchoperatoren iterativ neue, zufällige Lösungen generieren und sich bei der Suche durch den Lösungsraum auf gute Lösungen (bezüglich einer vorgegebenen Zielfunktion) fokussieren. Für den Einsatz ist es notwendig, dass vollständige Lösungen des Planungsproblems (z. B. komplette Zeitpläne) so kodiert werden, dass geeignete Suchoperatoren angewandt und die vollständigen Lösungen bezüglich ihrer Qualität bewertet werden können.

Metaheuristiken lassen sich bezüglich der eingesetzten Suchoperatoren sowie der Anzahl der jeweils gleichzeitig betrachteten Lösungen charakterisieren. Eine grobe Charakterisierung unterscheidet zwischen lokalen und rekombinationsbasierten Verfahren. Bei den meisten lokalen Suchverfahren wird in jeder Iteration jeweils nur eine einzige Lösung betrachtet und im nächsten Suchschritt durch eine geringe Veränderung eine neue Lösung mit ähnlichen Eigenschaften erzeugt. Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren liegen in der Definition des entsprechenden Suchoperators und in der Steuerung der Suche. Im Gegensatz hierzu wird bei rekombinationsbasierten Metaheuristiken (z. B. Genetische Algorithmen oder „Scatter Search“) üblicherweise eine Menge von Lösungen (Population) verwendet und neue Lösungen iterativ mit Hilfe von Rekombination erzeugt. Rekombinationsoperatoren erzeugen aus einer Menge von Ausgangslösungen neue Lösungen durch die Kombination von Teilen der Ausgangslösungen.

Metaheuristiken zeichnen sich dadurch aus, dass sie universell einsetzbar sind und deswegen sehr einfach und flexibel auf unterschiedliche Problemstellungen angepasst werden können. Darüber hinaus sind die Anforderungen an die Struktur der zu lösenden Probleme sehr gering (es muss nur möglich sein, die Lösungsqualität von unterschiedlichen Lösungen zu bestimmen) und sie können auch für nichtlineare, nichtdifferenzierbare oder nichtstetige Probleme eingesetzt werden. Als Nachteile sind zu sehen, dass Standard-Metaheuristiken nur für kleine Probleme gute Ergebnisse liefern und größere Probleme nur durch speziell angepasste Verfahren sowie einer problemadäquaten Auswahl und Einstellung der jeweiligen Methodenparameter gelöst werden können. Darüber hinaus ist aufgrund des zufälligen Charakters der Suche nicht

sichergestellt, dass die optimale Lösung gefunden wird und der rechentechnische Aufwand für das Finden von guten Lösungen oft recht hoch.

## 4 Konzeption eines metaheuristikbasierten Planungssystems

Im Rahmen der Überlegungen zur Auswahl eines geeigneten Ansatzes für die Lösung des Schnittstellenplanungsproblems wurde ein Genetischer Algorithmus (GA) ausgewählt. Darüber hinaus wurde im Rahmen von konzeptionellen Vorstudien versucht, geeignete Heuristiken zur Lösung des Problems zu entwickeln (vgl. Abschnitt 3.3). Die praktische Anwendung zeigte jedoch, dass entweder die Qualität der damit erzeugten Testpläne unzureichend war oder nicht alle Nebenbedingungen ausreichend erfüllt wurden.

### 4.1. Testplankodierung und Testplanerzeugung

Wie in Abschnitt 3.4 beschrieben, muss beim Einsatz von Metaheuristiken ein gültiger und vollständiger Testplan so kodiert werden, dass Suchoperatoren darauf angewendet werden können (vgl. [Roth06]). Dies bedeutet, dass vollständige Lösungen Informationen darüber enthalten müssen, welche Schnittstellentests zu welchen Zeiten auf welchen Testsystemen durchgeführt werden. Da jeder Softwarekomponente genau ein Tester zugeordnet ist, muss keine zusätzliche Zuordnung zwischen Schnittstelle und Ansprechpartner (Tester) vorgenommen werden und es ist ausreichend, nur die jeweilige Schnittstelle bei der Planung zu betrachten. Für das vorliegende Schnittstellenplanungsproblem wurde eine gewichtete Kodierung [Bean92] zur Kodierung eines Zeitplans eingesetzt. Gewichtete Kodierungen können für Permutationsprobleme verwendet werden und wurden bisher für Maschinenbelegungs-, Fahrzeugrouting-, Kapazitätszuordnungs-, Netzwerk- und „Travelling-Salesperson“-Probleme verwendet. Für einen Überblick über den Einsatz von gewichteten Kodierungen vergleiche [Norm95, RaJu00, Roth06].

Beim Einsatz einer gewichteten Kodierung wird durch einen Vektor  $r$  aus  $n$  zufälligen reellwertigen Zahlen  $r_i \in [0, k[$  mit  $r_i \neq r_j \forall i \neq j$  beschrieben, in welcher Reihenfolge die  $n$  Schnittstellen auf den  $k$  Testsystemen eingeplant werden. Hierbei wird jede einzuplanende Schnittstelle mit einer eindeutigen Nummer  $i \in \{0, 1, \dots, n-1\}$  und jedes Testsystem mit einer eindeutigen Nummer  $j \in \{0, 1, \dots, k-1\}$  versehen. Die zeitliche Abfolge der Tests wird durch die Position und die relativen Werte der einzelnen Elemente  $r_i$  des Vektors bestimmt. Darüber hinaus wird bei

der Erzeugung des Testplans Schnittstelle  $i$  jeweils auf dem Testsystem  $j = \lfloor r_i \rfloor$  eingeplant. Die Reihenfolge, in der die jeweiligen Tests durchgeführt werden, wird durch die Positionen der einzelnen Elemente des Vektors entsprechend ihres Wertes in absteigender Ordnung festgelegt.

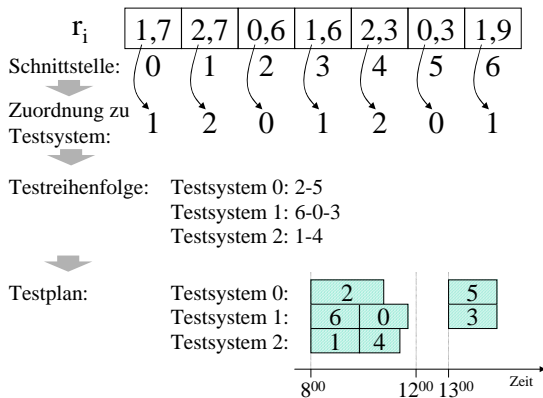


Abbildung 1: Erzeugung eines Zeitplans aus einer kodierten Lösung

Abbildung 1: Erzeugung eines Zeitplans aus einer kodierten Lösung folge 2-5 ( $r_2 > r_3$ ) eingeplant. Auf Testsystem 1 werden die Schnittstellen 0 ( $r_0 = 1,7$ ), 3 ( $r_3 = 1,6$ ) und 6 ( $r_6 = 1,9$ ) in der Reihenfolge 6-0-3 ( $r_6 > r_0 > r_3$ ) getestet. Weiterhin werden auf Testsystem 2 die Schnittstellen 1 ( $r_1 = 2,7$ ) und 4 ( $r_4 = 2,3$ ) in der Reihenfolge 1-4 ( $r_1 > r_4$ ) eingeplant.

Entsprechend dieser Vorgehensweise kann aus jedem gewichteten Vektor  $r$  der Länge  $n$  mit  $r_i \in [0, k[$  eine zulässige Reihenfolge der Schnittstellentests auf den  $k$  Testsystemen gewonnen werden. Durch eine derartige Kodierung wird ein Teil der Nebenbedingungen berücksichtigt. Da bei der Verwendung einer gewichteten Kodierung jede Schnittstelle nur ein einziges Mal eingeplant werden kann, wird jeder Schnittstellentest auch genau nur ein einziges Mal durchgeführt. Darüber hinaus kann auf einer Maschine zum gleichen Zeitpunkt auch nie mehr als ein Test durchgeführt werden, sodass automatisch Nebenbedingung (2) eingehalten wird.

Nachdem durch die Kodierung festgelegt worden ist, in welcher Reihenfolge die Tests auf den jeweiligen Testsystemen eingeplant werden, muss in einem zweiten Schritt aus der Reihenfolge ein Zeitplan erstellt werden. Bei dessen Erstellung werden die Restriktionen (7) wie z. B. maximale tägliche Arbeitszeit, Mittagspause oder Wochenenden berücksichtigt (vgl. Abbildung 1). Am Ende des Konstruktionsprozesses steht ein Zeitplan, welcher Nebenbedingungen (2) und (7) berücksichtigt.

## 4.2. Testplanbewertung

Ein mögliches Beispiel für einen gewichteten Vektor stellt  $r = (1,7; 2,7; 0,6; 1,6; 2,3; 0,3; 1,9)$  mit  $n = 7$  und  $k = 3$  dar (vgl. Abbildung 1). Es werden also sieben Schnittstellen (Vektor hat sieben Elemente) auf drei Testsystemen (die drei möglichen „Vorkommaziffern“ sind 0, 1 oder 2) eingeplant. Im Zeitplan werden daher die Schnittstellen mit der Nummer 2 ( $r_2 = 0,6$ ) und 5 ( $r_5 = 0,3$ ) auf Testsystem 0 in der Reihen-

Beim Einsatz von Metaheuristiken muss die Qualität eines Testplans mithilfe einer Bewertungsfunktion bewertet werden. Aufgrund der vorhandenen unterschiedlichen Ziele liegt ein multikriterielles Problem vor [Ehr05], bei dem paretooptimale Lösungen bezüglich der vorgegebenen Planungsziele ermittelt werden können. Prinzipiell sind populationsbasierte Metaheuristiken gut für die Lösung von multikriteriellen Problemen geeignet [Deb01], allerdings ist ein größerer Aufwand für die Ermittlung von guten Lösungen notwendig. Da für die Lösung des vorliegenden Planungsproblems keine Menge von paretooptimalen Lösungen benötigt wird, wird daher eine additive Bewertungsfunktion verwendet, bei der ein Zeitplan einzeln bezüglich der vorgegebenen Ziele und Restriktionen bewertet wird und die sich daraus ergebenden Teilbewertungen

Ziel / Restriktion	Teilbonus (U)
Frühzeitiger Test von Basis-Produkten	500
Einhalten der vorgegebenen Testtage	500
Unterebrechungsfreies Testen	8000
Einhalten von Personen-Ausschlusszeiten	1500
Wenig Installationen beim Test	1000
Überschneidungsfreiheit der Termine	10000

Abbildung 2: Gewichtungen für Zeitplanbewertung und Parameter für GA

gen additiv zusammengefasst werden.

Die Bewertung eines Zeitplans setzt sich somit aus Teilbewertungen zusammen, welche vom Erreichen der unterschiedlichen Planungsziele aus Abschnitt 2.1 und dem Grad der Einhaltung der Nebenbedingungen aus Abschnitt 2.2 abhängen. Die jeweiligen Gewichtungen  $U$  für die einzelnen Ziele und Restriktionen werden durch den Entscheider vorgegeben (vgl. Abbildung 2) und beeinflussen die Qualität der durch die Metaheuristik erzeugten Zeitpläne. Je größer

die jeweilige Gewichtung gewählt wird, desto stärker wird dieses Ziel bzw. die Einhaltung einer Restriktion berücksichtigt. Die Bewertung eines Zeitplans hängt von folgenden Kriterien ab:

**Zusammenhängende Testzeiträume/Unterbrechungsfreies Testen:** Die Bewertung eines Zeitplans wird um  $B_{\text{testzeitraum}} = U_{\text{testzeitraum}} (l_{\text{testzeitraum}} / n)$  erhöht, wobei  $l_{\text{testzeitraum}}$  die kumulierte Anzahl der Schnittstellen bezeichnet, welche jeweils ohne Unterbrechung durch einen Tester getestet werden können, und  $n$  die Gesamtanzahl der einzuplanenden Schnittstellen angibt.

$U_{\text{testzeitraum}}$  kann durch den Entscheider vorgegeben werden (vgl. Abbildung 2).

**Frühzeitiger Test von Basiskomponenten:** Die Bewertung eines Zeitplans wird um die Teilbewertung  $B_{\text{basis}} = U_{\text{basis}} (1/l_{\text{basis}} \sum_{\text{Basiskomp.}} (1 - (pos_i / n)))$  erhöht, wobei  $l_{\text{basis}}$  die Anzahl der Basiskomponenten und  $pos_i$  die Position der Basiskomponente  $i$  im Zeitplan bezeichnet.

**Minimierung der Installationszeiten:** Die Bewertung eines Zeitplans wird um  $B_{install} = U_{install} (m_{install} / (n_{install} k))$  erhöht, wobei  $m_{install}$  die Anzahl der im Zeitplan geplanten Installationen,  $n_{install}$  die Anzahl der notwendigen Installationen und  $k$  die Anzahl der Testsysteme bezeichnet.

Analog zu den Zielen wird der Grad der Nichtberücksichtigung von Nebenbedingungen ebenfalls bei der Planbewertung berücksichtigt:

**Anzahl benötigter Testtage:** Falls die Anzahl der vorgegebenen Testtage eingehalten wird, wird die Bewertung eines Zeitplans um  $B_{testtage} = U_{testtage}^{fix}$  erhöht. Ansonsten gilt  $B_{testtage} = U_{testtage}^{teil} (2 - (t - t_{min}))$ , wobei  $t_{min}$  die minimal mögliche Anzahl an Testtagen und  $t$  die aus dem Zeitplan resultierende Anzahl an Testtagen bezeichnet.

**Gleichzeitiger Test:** Falls keine Überschneidungen auftreten, wird die Bewertung eines Zeitplans um  $B_{Überschneidung} = U_{Überschneidung}^{fix}$  erhöht. Ansonsten gilt  $B_{Überschneidung} = U_{Überschneidung}^{teil} (1 - (n_{ii} / n))$ , wobei  $n_{ii}$  die Gesamtanzahl der Überschneidungen bezeichnet.

**Zeitrestriktionen für Tester:** Falls keine Zeitrestriktionen verletzt werden, gilt  $B_{Zeit} = U_{Zeit}^{fix}$ . Ansonsten ergibt sich  $B_{Zeit} = U_{Zeit}^{teil} (1 - (n_z / m_z))$ , wobei  $n_z$  die Anzahl der Schnittstellen im Zeitplan bezeichnet, bei denen Zeitrestriktionen verletzt werden, und  $m_z$  die Gesamtanzahl der Schnittstellen darstellt, an denen Tester mit Zeitrestriktionen beteiligt sind.

Die Gesamtbewertung für einen Zeitplan berechnet sich somit als  $B_{gesamt} = B_{testzeitraum} + B_{basis} + B_{install} + B_{testtage} + B_{Überschneidung} + B_{Zeit}$ . Durch die Wahl entsprechender  $U$  werden die einzelnen Ziele und Restriktionen unterschiedlich stark gewichtet und dementsprechend mögliche Lösungen (Zeitpläne) unterschiedlich gut bewertet.

### 4.3. Initialisierung von Startlösungen

Bei der Verwendung von Metaheuristiken werden die Startlösungen üblicherweise zufällig erzeugt. Auch im vorliegenden Fall wird eine Menge von Zeitplänen dadurch zufällig erzeugt, dass unterschiedliche Vektoren  $r$  mit jeweils zufälligen Elementen  $r_i \in [0, k[$  mit  $r_i \neq r_j, \forall i \neq j$  ermittelt werden. Darüber hinaus können bei einer geschickten Initialisierung sowohl vorhandenes Vorwissen über Eigenschaften von qualitativ guten Lösungen als auch bestehende Nebenbedingungen berücksichtigt werden. Von beiden Möglichkeiten wurde bei der Lösung des Schnittstellenplanungsproblems Gebrauch gemacht.



Bei der Untersuchung des Verhaltens von menschlichen Planern (vgl. Abschnitt 3.1) hat sich gezeigt, dass bei guten Lösungen Tester immer eine große Menge an Schnittstellen ohne Unterbrechungen testen und nur geringe Lücken im Zeitplan auftreten. Dieses Vorwissen über die Struktur von guten Zeitplänen wurde bei der Initialisierung der Startpopulation berücksichtigt und Tester mit vielen Schnittstellen jeweils ohne zeitliche Unterbrechungen im Zeitplan eingeplant. Dies wurde so realisiert, dass nach der zufälligen Initialisierung alle Schnittstellen ermittelt wurden, welche durch einen bestimmten Tester getestet werden. Anschließend wurden die den einzelnen Schnittstellen zugeordneten Elemente  $r_i$  im kodierten Zeitplan so gewählt, dass diese untereinander nur geringe Unterschiede aufweisen (jeweils nur um 0.001 unterschiedlich). Dadurch, dass alle Schnittstellen eines Testers sehr ähnliche Gewichte  $r_i$  im Vektor  $r$  aufweisen, werden sie bei der Testplanerzeugung nacheinander im Zeitplan eingeplant und der entsprechende Tester kann ohne Unterbrechungen testen. Entsprechend dieser Vorgehensweise wurden alle Schnittstellen der zehn Tester mit der größten Anzahl an zu testenden Schnittstellen modifiziert. Da allerdings jeder Schnittstelle zwei verschiedene Tester zugeordnet sind, kann dieses Vorgehen nur für eine kleine Anzahl an Testern (jeweils mit der höchsten Anzahl an zu testenden Schnittstellen) eingesetzt werden und darüber hinaus können bei diesem Vorgehen auch schon modifizierte Schnittstellen abermals verändert werden.

Neben der Berücksichtigung von Vorwissen über die Struktur von guten Lösungen werden bei der Initialisierung auch schon die Nebenbedingungen (5) und (6) berücksichtigt. Zur Erfüllung dieser Nebenbedingungen ist es notwendig, dass manche Schnittstellen nur auf bestimmten Testsystemen getestet werden. Daher werden nach dem zufälligen Erzeugen der Startlösungen und der stückweisen Einplanung von Schnittstellen (vgl. vorherigen Absatz) in einem nächsten Schritt alle Schnittstellen betrachtet, welche Nebenbedingungen (5) oder (6) verletzen. Bei allen derartigen Schnittstellen  $i$  wird das entsprechende Element  $r_i$  des Lösungsvektors so abgeändert (die Vorkommastelle modifiziert), dass keine Verstöße gegen die zwei Nebenbedingungen mehr auftreten.

Ursprünglich ist im Rahmen des Projektes davon ausgegangen worden, dass es möglich ist, einen lückenlosen Testplan zu finden, bei dem keine Verletzungen von Nebenbedingungen auftreten. Es hat sich allerdings bei der Realisierung des Planungssystems schnell gezeigt, dass die Anzahl der Restriktionen so hoch ist, dass ein lückenloser Testplan nicht möglich ist sondern - ähnlich wie bei manuell erstellen Testplänen - zusätzliche Lücken im Testplan eingeführt werden müssen. Daher wurde zu den schon vorhandenen Schnittstellen zusätzliche „Leerschnittstel-

len" hinzugefügt (üblicherweise ca. 15-20%), welche analog zu den real existierenden Schnittstellen behandelt werden, aber keine Restriktionen verletzen und auch keinen Ansprechpartner besitzen. Dadurch erhöht sich die Anzahl der zu planenden Schnittstellen (real existierende Schnittstellen plus Lücken im Testplan) und die Länge  $n$  der kodierten Lösungen muss entsprechend erhöht werden.

#### 4.4. Suchoperatoren und Steuerung der Suche

Als Metaheuristik zur Steuerung der Suche wurde ein GA [Gold89] gewählt. GA wenden Suchoperatoren (Rekombination und Mutation) auf eine Menge (Population) von Problemlösungen (Individuen) über mehrere Iterationen (Generationen) an. Die Verwendung von Rekombinations- und Mutationsoperatoren führt hierbei zu einer höheren Diversität der Lösungen, wohin gehend Selektion zu einer Intensivierung der Suche führt. GA wurden schon mit Erfolg für ähnliche Planungsprobleme eingesetzt [KSS95, KuRo95, WaZä00] und sind einfach anwend-

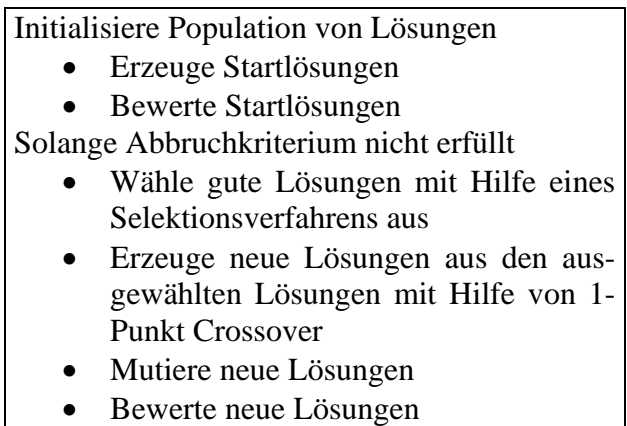


Abbildung 3: Ablaufschema eines GA

bar. Das Ablaufschema des verwendeten GA ist in Abbildung 3 dargestellt. Als Abbruchkriterium wurde eine maximale Anzahl an Suchschritten bzw. eine maximal zur Verfügung stehende Rechenzeit gewählt (vgl. hierzu Abbildung 2).

Als Rekombinationsverfahren wurde 1-Punkt Crossover mit Wahrscheinlichkeit  $P_{cross}$  gewählt. Als Mutationsoperator wird eine zufällige Veränderung von  $r_i$  durchgeführt. Das bedeutet also, dass die Einplanung (sowohl Testsystem, als auch Reihenfolge) der Schnittstelle  $i$  zufällig verändert wird. Bei der Durchführung einer Mutation wird sichergestellt, dass Restriktionen (5) und (6) berücksichtigt werden. Für den Ablauf des GA wurde als Wahrscheinlichkeit für Crossover  $P_{cross} \approx 0,8$  und für Mutation  $P_{mut} \approx 2/n$  gewählt. Als Selektionsverfahren wurde eine  $\mu + \lambda$ -Strategie gewählt (üblicherweise  $\mu = 200$  und  $\lambda = 800$ ). Dies bedeutet, dass aus  $\mu$  Ausgangslösungen jeweils  $\lambda$  neue Lösungen erzeugt werden. Anschließend werden aus den  $\mu + \lambda$  Lösungen dann wieder die  $\mu$  besten Lösungen ausgewählt.

## 5 Einsatz und Praxiserfahrungen

Das im vorherigen Abschnitt beschriebene Konzept eines Planungssystems wurde in enger Zusammenarbeit mit der Qualitätssicherungsabteilung konzipiert und vollständig innerhalb des Unternehmens mit Hilfe von Visual Basic implementiert. Visual Basic wurde aus Gründen der Homogenität zu den schon vorhandenen Anwendungen in der Qualitätssicherung eingesetzt. Abbildung 5 zeigt den Hauptdialog der entstandenen Anwendung.

Neben dem eigentlichen Planungssystem zur Ermittlung geeigneter Zeitpläne wurden zusätzliche Funktionalitäten im Rahmen des EUS realisiert. So werden die für die Planung jeweils benötigten Daten automatisch aus den entsprechenden Datenbanken (MS-Access) ausgelesen, dargestellt und verwaltet. Weiterhin kann der durch das metaheuristikbasierte Planungssystem ermittelte Testplan durch den Entscheider noch manuell verändert werden und basierend auf dem endgültigen Testplan sowohl automatisch Einladungen an die jeweiligen Tester verschickt als auch Testpläne für die Durchführung der Tests ausgedruckt werden.

Aufgrund der Komplexität des Planungsproblems und der großen Menge an Nebenbedingungen sind die Rechenzeiten für die Ermittlung von guten Zeitplänen hoch. Im praktischen Einsatz werden bei einer bevorstehenden Qualitätssicherungsphase üblicherweise zwei Planungsläufe auf zwei unterschiedlichen Arbeitsplatzrechnern über Nacht (ca. 8-10 Std.) durchgeführt. Die während dieser Zeit ermittelten Zeitpläne entsprechen den Anforderungen des Planers und es werden in den allermeisten Fällen nur minimale Änderungen am so ermittelten Zeitplan vorgenommen. Ursprünglich wurde geplant, Laufzeitverbesserungen durch genauere Untersuchungen der jeweils am besten geeigneten GA-Parameter zu versuchen und darüber hinaus die Implementierung (Visual Basic mit vielen Datenbankzugriffen) der Verfahren effizienter zu gestalten. Da allerdings die gegenwärtigen Rechenzeiten sowohl aus der Sicht des Unternehmens als auch aus Sicht der Qualitätssicherungsabteilung unproblematisch sind, wurde darauf verzichtet.

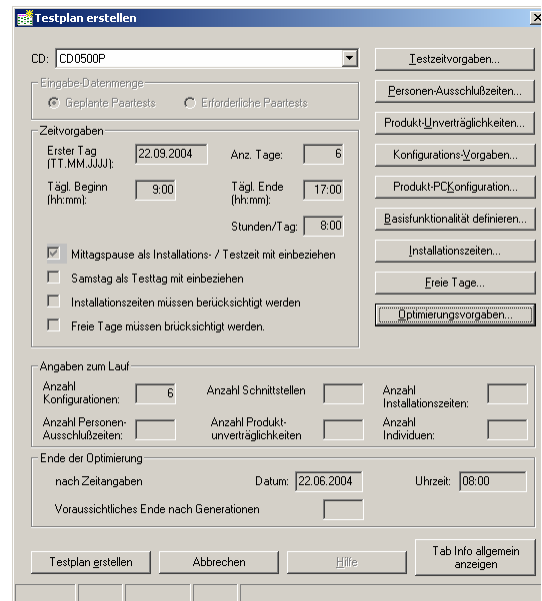


Abbildung 4: Hauptdialog Planungswerkzeug

## 6 Zusammenfassung

Bei der Erstellung von komponentenbasierten Informationssystemen muss im Rahmen der Qualitätssicherung nicht nur die Funktionalität der einzelnen Komponenten sondern auch das korrekte Zusammenspiel unterschiedlicher Komponenten überprüft werden. Hierzu müssen Schnittstellentests an zentraler Stelle durchgeführt und ein entsprechender Zeitplan für die Durchführung dieser Tests aufgestellt werden. Das Aufstellen eines derartigen Zeitplans ist aufgrund der Komplexität des Planungsproblems und einer Vielzahl von Zielkriterien und Restriktionen sehr aufwendig und wurde bisher durch einen menschlichen Planer durchgeführt.

Das Ziel des Beitrags ist die Beschreibung der Konzeption und Umsetzung eines Entscheidungsunterstützungssystems, welches den menschlichen Planer bei der Planung von Schnittstellentests in der Qualitätssicherung unterstützt. Wichtigstes Element des EUS ist ein automatisiertes Planungssystem, welches Zeitpläne für die Durchführung der Schnittstellentests erzeugt. Im Rahmen des Beitrags wird zuerst eine genaue Beschreibung des zu lösenden Planungsproblems vorgenommen. Es ist ein Zeitplan für die Durchführung von Schnittstellentests zu ermitteln, welcher festlegt wann und auf welchen Testsystemen die einzelnen Schnittstellen getestet werden sollen. Es wird aufgezeigt, welche Planungsziele existieren und welche Nebenbedingungen dabei berücksichtigt werden müssen. Nach der Diskussion von möglichen Lösungsansätzen für das Problem wird ein metaheuristikbasiertes Planungssystem zur Erstellung von Zeitplänen entwickelt. Dieses wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Partnerunternehmen konzipiert und umgesetzt. Bei der Konzeption des Planungsverfahrens sind die kritischen Erfolgsfaktoren die Kodierung und Erzeugung von Zeitplänen, die Bewertung der Qualität von Testplänen und die Erzeugung von Startlösungen. Als Metaheuristik für die automatisierte Zeitplanerzeugung wird ein GA eingesetzt. Das resultierende Planungssystem wurde in ein EUS mit zusätzlichen Funktionalitäten zur Verwaltung und Durchführung von Schnittstellentests integriert und wird im Rahmen der Qualitätssicherung mit Erfolg eingesetzt.

## Literaturverzeichnis

- [AaLE97] Aarts, E., Lenstra, J. K.. Local Search in Combinatorial Optimization. John Wiley & Sons; New York, 1997.

- [Alan00] Alander, J. T.: Indexed bibliography of genetic algorithms in economics. University of Vaasa, Department of Information Technology and Production Economics, 94-1-ECO, 2000.
- [Bean92] Bean, J. C.: Genetics and random keys for sequencing and optimization (Technical Report 92-43). Ann Arbor, MI: Department of Industrial and Operations Engineering, University of Michigan, 1992.
- [BiNi95] Biethahn, J.; Nissen, V.: Evolutionary Algorithms in Management Applications. Springer-Verlag, Berlin, 1995.
- [Bruc99] Brucker, P.; Drexl, A.; Möhring, R.; Neumann, K.; Pesch, E.: Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods, European Journal of Operational Research 112, 1999, S. 3-41.
- [Brü95] Brüggemann, W.: Ausgewählte Probleme der Produktionsplanung: Modellierung, Komplexität und neuere Lösungsmöglichkeiten. Physica, Heidelberg, 1995.
- [Deb01] Deb, K.: Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2001.
- [Ehrg05] Ehrgott, M.: Multicriteria Optimization. Springer, Berlin, 2005.
- [Gold89] Goldberg, D. E.: Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Addison-Wesley, Reading, 1989.
- [KäTe04] Käschel, J.; Teich, T.: Produktionswirtschaft Band 1: Grundlagen, Produktionsplanung und -steuerung. GUC Verlag, Chemnitz, 2004
- [KSS95] Kurbel, K.; Schneider, B.; Singh, K.: Parallelization of Hybrid Simulated Annealing and Genetic Algorithm for Short-term Production Scheduling. In Zhong, E. (Hrsg.): Proc. of the Int. Symp. on Intelligence, Knowledge and Integration for Manufacturing, S. 321-326, Nanjing, China, 1995.

- [KuRo95] Kurbel, K.; Rohmann, T.: Ein Vergleich von Verfahren zur Maschinenbelegungsplanung: Simulated Annealing, Genetische Algorithmen und mathematische Optimierung, *Wirtschaftsinformatik* 36(6), 1995, S. 581-593.
- [Norm95] Norman, B. A.: Scheduling using the random keys genetic algorithm. Unveröffentlichte Dissertation, University of Michigan. Ann Arbor, Michigan, 1995.
- [RaJu00] Raidl, G. R.; Julstrom, B. A.: A weighted coding in a genetic algorithm for the degree-constrained minimum spanning tree problem. In *Proceedings of the 2000 ACM Symposium on Applied Computing*. ACM Press, 2000, S. 440–445.
- [Roth06] Rothlauf, F.: Representations for genetic and evolutionary algorithms. 2. Auflage, Heidelberg, Springer, 2006.
- [SWM95] Schultz, J.; Weigelt, M.; Mertens, P.: Verfahren für die rechnergestützte Produktionsfeinplanung – ein Überblick, *Wirtschaftsinformatik* 37(6), 1995, S. 594-608.
- [ScMe00] Schultz, J.; Mertens, P.: Untersuchung wissensbasierter und weiterer ausgewählter Ansätze zur Unterstützung der Produktionsfeinplanung - ein Methodenvergleich, *Wirtschaftsinformatik* 42(1), 2000, S. 56-65.
- [Voss+99] Voß, S.; Martello, S.; Osman, I. H.; Roucairol C.: *Advances and Trends in Local Search Paradigms for Optimization*, Kluwer, Boston, 1999.
- [WaZä00] Wasner, M.; Zäpfel, G.: A heuristic solution concept for a generalized machine sequencing problem with an application to radiator manufacturing, *International Journal of Production Economics* 68, 2000, S. 199-213.
- [Wend95] Wendt, O.: Tourenplanung durch Einsatz naturanaloger Verfahren. Promotion. Wiesbaden, Gabler, 1995.
- [Zäpf94] Zäpfel, G.: Entwicklungsstand und –tendenzen in PPS-Systemen. In: *Handbuch Produktionsmanagement*. Hrsg.: Corsten, H., Gabler, Wiesbaden, 1994, S. 719-745.

# Water Contamination Detection

Armin Fügenschuh

Fachbereich Mathematik  
Technische Universität Darmstadt  
64289 Darmstadt  
fuegenschuh@mathematik.tu-darmstadt.de

Simone Göttlich, Michael Herty

Fachbereich Mathematik  
Technische Universität Kaiserslautern  
67653 Kaiserslautern  
{goettlich,herty}@mathematik.uni-kl.de

## Abstract

For the detection of contaminations in urban water supply networks we introduce a continuous optimal control model governed by partial differential equations. We derive a linear mixed-integer model by discretization of the dynamics of the partial differential equations and by approximations to the cost functional. Finally, we present numerical results for artificial and real-world networks.

## 1 Introduction

Since the early days of Newton and Leibnitz, phenomena involving physical laws such as growth and decay, transport of mass, or conservation of energy are described by differential equations. In our days, continuous models based on partial differential equations (PDEs) are used in various areas of applications, for example, in the simulation of production processes, the understanding of traffic flow in street networks, or the simulation and control of the energy transport from power plants to customers. PDEs provide the finest level of description for many

physical and economical processes. In particular, for simulations of large quantities, only the continuous formulations of the PDE models can provide an accurate description of the underlying physical process. Usually, these models rely on quantities such as density (parts per length) and flux (parts per time unit), where the involved parts are not considered individually, but as a continuum. Moreover, we distinguish between simulation and optimization in the following sense. The *simulation* of a physical process is given by a solution to the PDE model under some fixed parameters, e.g., workload of machines, state of compressors in gas networks or demands in water pipeline systems. Thus, simulation means just solving the PDE model, which in itself can be difficult and time-consuming. On the other hand, the *optimization* of processes which are described by a continuous PDE model tries to identify an optimal set of parameters or optimal states in the system, with respect to an objective function or functional. There are now several approaches to achieve this task. The perhaps most simple one is the so-called black-box approach, which is applicable to any simulation process. It consists in successively simulating the PDE model and afterwards gradually changing the input parameters until an “optimal” solution is found. Of course, this heuristic only leads to local optimal solutions without any solution guarantee. Additionally, this approach can be very time consuming in practice.

The new aspect of our work is to introduce a relationship between continuous models and mixed integer programming (MIP) models. The advantage of this MIP approach to PDE models is twofold. First, in many cases MIPs can be solved even for large scale instances in reasonable time by state-of-the-art numerical solvers. Second, the solutions come with a quality warranty, that is, either optimality is proven or an estimation of the optimality gap for the best-known solution is returned. Linear mixed-integer programming can be applied in many ways to continuous PDE models. Below we present a case study related to water quality management. There, we derive a simple PDE model including all major effects and achieve a linear mixed-integer reformulation by a discretization of the PDE model.

The article is organized as follows. We introduce to water quality management in Section 2. We present in Section 3 the continuous water contamination model and in Section 4 the corresponding MIP model. Numerical results for the MIP model are given in Section 5. In Section 6 other areas of application are described. We end up with conclusions in Section 7.



## 2 Water quality management

Water quality management has many facets. Here we consider the transport of a containment in water networks. Water networks can be understood in a broad sense ranging from municipal water networks supplying a major city up to networks of rivers. Since water is the source of life, the control of water quality has always been a topic of interest. Possible threats to water quality are intentional or accidental contaminations by industry, farms or individual persons. We discuss the problem of identifying sources of containments from given measurements. The networks under investigation are of large scale, which makes it impossible to prevent containments by physical security. We also assume that the measure stations are expensive, such that only a small number of sensors exists throughout the network, which provide information on possible containments. Based on this information we want to identify the origin of the containment. A fast and reliable determination of the sources allows to start activities to prevent further containment. To this end, we present a model for simulating the spreading of the containment within the network, and extend it to an optimization problem for identifying the sources' locations.

The literature on propagation of water and containments through pipes and networks is rich and mathematical approaches for simulation can be found, for example, in [GuLe2003], [GLS2003], [RBA1993], and the references therein. The first researchers who studied the inverse problem, i.e., finding the sources and transient inflow profiles that correspond to given measurements, were Laird, Biegler, and van Bloemen Waanders (see [LBV2006a], [LBV2006b], [LBVB2005]). They formulate the problem as a continuous optimization problem which is similar to our approach. The main difference to the approach presented in the sequel is that they solve the problem using non-linear optimization techniques. Since the resulting non-linear programming problems are of enormous size, only small instances can be solved to optimality.

## 3 The Continuous PDE Model

Before we introduce the source detection problem, we provide a model for transport of containment inside the network, similar to the model presented in [LBVB2005].

### 3.1 Simulation

We model the water network as a finite graph  $(\mathcal{V}, \mathcal{A})$  with node set  $\mathcal{V}$  and arc set  $\mathcal{A}$ . We cannot consider each atom of the containment individually, since there are too many of them. Hence it is natural to analyze the flux  $f^j$  of the contamination on arc  $j$ . *Flux* means the amount of containment per unit time. The flux depends on the *density* (or *concentration*)  $c^j$  of the containment, i.e., the amount of containment per unit length. We assume that the containment is totally dissolved in water. If  $w^j$  denotes the *velocity* (or *speed*) of water in arc  $j$  (in length per time), then the flux of containment is given by  $w^j \cdot c^j$ . Since the whole water network system is dynamic, the density itself is not a constant, but depending on and changing with the time  $t$ . It is also depending on the space, because the density of the containment can be different in different parts of the network (it can even vary within one arc). If we model the arcs as one-dimensional (i.e., the atoms of the containment cannot overtake each other), then a single coordinate  $x \in [a^j, b^j]$  is sufficient to uniquely determine every location within the arc. Hence we have  $c^j = c^j(x, t)$  and  $w^j = w^j(x, t)$ , and thus

$$f^j(c^j(x, t)) = w^j(x, t) \cdot c^j(x, t). \quad (1)$$

$c^j(x, t)$  describes the concentration of the containment at position  $x$  at time  $t$ , and  $w^j(x, t)$  describes the velocity, also depending on the position and the time. Note that the signum of  $w^j(x, t)$  indicates the direction of the flow. For  $w^j(x, t) > 0$  the flow is in direction of the arc, for  $w^j(x, t) < 0$  the water flows in the opposite direction. We assume that for every time step  $t$  we either have  $w^j(x, t) \geq 0$  or  $w^j(x, t) \leq 0$ , that means, the direction of the flow does not change within the arc.

At time  $t$  the amount of containment in a section of some arc  $j$  between positions  $x_1$  and  $x_2$  is given by

$$\int_{x_1}^{x_2} c^j(x, t) dx = \text{amount of containment between } x_1 \text{ and } x_2 \text{ at time } t. \quad (2)$$

In the same way, we can express how many containment flows through position  $x$  during a time interval from  $t_1$  to  $t_2$ :

$$\int_{t_1}^{t_2} f^j(c^j(x, t)) dt = \text{amount of containment passing position } x \text{ during } t_1 \text{ and } t_2. \quad (3)$$

Now we have a *mass balance*, that is, the amount of containment on the arc between  $x_1$  and  $x_2$  at time  $t_2$  equals the amount of containment in this section at time  $t_1$  plus the *inflow* at  $x_1$  minus the *outflow* at  $x_2$  during the time interval from  $t_1$  to  $t_2$ . We assume that no water is lost or produced during the transport. Expressed as an equation, the material balance can be stated as

$$\int_{x_1}^{x_2} c^j(x, t_2) dx = \int_{x_1}^{x_2} c^j(x, t_1) dx + \int_{t_1}^{t_2} f^j(c^j(x_1, t)) dt - \int_{t_1}^{t_2} f^j(c^j(x_2, t)) dt. \quad (4)$$

From the *fundamental theorem of calculus* we obtain

$$c^j(x, t_2) - c^j(x, t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial}{\partial t} c^j(x, t) dt, \quad (5)$$

$$f^j(c^j(x_1, t)) - f^j(c^j(x_2, t)) = - \int_{x_1}^{x_2} \frac{\partial}{\partial x} f^j(c^j(x, t)) dx, \quad (6)$$

which implies

$$\int_{x_1}^{x_2} c^j(x, t_2) dx - \int_{x_1}^{x_2} c^j(x, t_1) dx = \int_{x_1}^{x_2} \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial}{\partial t} c^j(x, t) dt dx, \quad (7)$$

$$\int_{t_1}^{t_2} f^j(c^j(x_1, t)) dt - \int_{t_1}^{t_2} f^j(c^j(x_2, t)) dt = - \int_{t_1}^{t_2} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\partial}{\partial x} f^j(c^j(x, t)) dx dt. \quad (8)$$

Combining these results with the material balance equation (4) yields

$$\int_{x_1}^{x_2} \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial}{\partial t} c^j(x, t) dt dx + \int_{t_1}^{t_2} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\partial}{\partial x} f^j(c^j(x, t)) dx dt = 0. \quad (9)$$

If we assume that equality (9) holds for every segment  $x_1, x_2$  in the processor and for each time interval  $t_1, t_2$ , and if the function  $c^j(x, t)$  and its partial derivatives of order one are continuous functions, then from an elementary integration property of continuous functions we obtain that

$$\frac{\partial}{\partial t} c^j(x, t) + \frac{\partial}{\partial x} f^j(c^j(x, t)) = 0. \quad (10)$$

Moreover, the containment can react with the surrounding according to some chemical laws expressed for the sake of simplicity in an additional equation as

$$\frac{\partial}{\partial t} c^j(x, t) = R^j(c^j(x, t)), \quad (11)$$

where  $R^j$  is a function depending only on the density of the containment and the arc (i.e., the size of the water pipe's cross section). In the case under consideration we use a decay of containment over time and, to be more precise, we assume that

$$\frac{\partial}{\partial t} c^j(x, t) = -r c^j(x, t), \quad (12)$$

for some constant  $r \ll 1$ .

It remains to prescribe the coupling of the network pipes at nodes  $v \in \mathcal{V}$ . Denote by  $A^j$  the cross section area of the water pipe. Denote by

$$\delta^+(v, t) := \{(w, v) \in \mathcal{A} : u^{(w,v)}(x, t) > 0\} \cup \{(v, w) \in \mathcal{A} : u^{(v,w)}(x, t) < 0\} \quad (13)$$

the set of incoming arcs to  $v$ , and by

$$\delta^-(v, t) := \{(v, w) \in \mathcal{A} : u^{(v,w)}(x, t) > 0\} \cup \{(w, v) \in \mathcal{A} : u^{(w,v)}(x, t) < 0\} \quad (14)$$

the set of outgoing arcs. By  $e^j(t)$  we denote the coordinate of the arc's outflow end, that is,  $e^j(t) := b^j$  for  $u^j(x, t) > 0$  and  $e^j(t) := a^j$  for  $u^j(x, t) < 0$ . The amount of water leaving the arc is proportional to the cross section area and the velocity, that is, it is proportional to  $A^j |u^j(e^j(t), t)|$ . We assume that at each node  $v$  the total incoming flux

$$\sum_{j \in \delta^+(v, t)} A^j |u^j(e^j(t), t)| \quad (15)$$

is distributed proportional to the ratio of the outgoing fluxes

$$\frac{A^i |u^i(e^i(t), t)|}{\sum_{j \in \delta^-(v, t)} A^j |u^j(e^j(t), t)|}, \quad \forall i \in \delta^-(v, t). \quad (16)$$

That is, in the simplest possible case of water pipes of the same diameter and having the same velocity, we would observe a distribution with the same flow on each outgoing pipe. Since the containment is dissolved in the water, it is natural to assume that the concentration traveling along with the water flow is distributed exactly as the water flow itself. At the node  $v \in \mathcal{V}$  we prescribe the inflow of the containment by functions  $q^v(t)$ . Hence, we obtain

$$c^i(e^i(t), t) = \frac{q^v(t) + \sum_{j \in \delta^+(v, t)} A^j |u^j(e^j(t), t)| c^j(e^j(t), t)}{\sum_{j \in \delta^-(v, t)} A^j |u^j(e^j(t), t)|}, \quad \forall i \in \delta^-(v, t). \quad (17)$$

This setting guarantees conservation of the containment through nodes, because adding all incoming arcs  $i \in \delta^-(v, t)$  yields the flow conservation condition

$$q^v(t) + \sum_{j \in \delta^+(v, t)} A^j |u_j(e^j(t), t)| c^j(e^j(t), t) = \sum_{j \in \delta^-(v, t)} A^j |u^j(e^j(t), t)| c^j(e^j(t), t). \quad (18)$$

Finally, we assume that initially at  $t = 0$ , no containment is present on the arcs of the network,

$$c^j(x, 0) = 0. \quad (19)$$

### 3.2 Optimization

For the presented model we formulate the source inversion problem. Given measurements of containment  $\bar{c}^j(x, t)$  for  $j \in \mathcal{A}_{meas}$  we try to identify sources  $q^v$  for  $v \in \mathcal{V}$  such that the time evolved concentrations  $c^j$  coincide with the measurements on arcs  $j \in \mathcal{A}_{meas}$ . Moreover, we identify the time-evolution of these sources, i.e., we are looking for functions  $t \rightarrow q^v(t)$ .

We introduce an objective function measuring the distance between the predicted contamination and its measured value. There are several possible choices to define a measure for the distance between predicted and measured contamination. For example, [LBV2006a] proposed to measure the time and spaced averaged quantity

$$\sum_{j \in \mathcal{A}_{meas}} \int_0^T \int_{a^j}^{b^j} (c^j(x, t) - \bar{c}^j(x, t))^2 dx dt \quad (20)$$

Therein,  $T$  denotes the total time horizon of the measurements. We assume that the measurements  $\bar{c}^j$  are given for all points in space and time on pipe  $j \in \mathcal{A}_{meas}$ . If we only have information on a single point  $\bar{x}^j$  of this pipe, then a possible objective functional might also be given by

$$\sum_{j \in \mathcal{A}_{meas}} \int_0^T (c^j(\bar{x}^j, t) - \bar{c}^j(\bar{x}^j, t))^2 dt + \rho \sum_{v \in \mathcal{V}} \int_0^T q^v(t) dt \quad (21)$$

for some  $\rho > 0$ . This penalize the number of sources and its intensity, see again [LBVB2005] and the references therein.

In view of the latter mixed-integer approximation we propose the following objective functional also measuring the difference between simulated and measured contamination and penalizing the number of sources:

$$\sum_{j \in \mathcal{A}_{meas}} \max_{t \in (0, T)} (c^j(\bar{x}^j, t) - \bar{c}^j(\bar{x}^j, t)) + \rho \sum_{v \in \mathcal{V}} \max_{t \in (0, T)} q^v(t). \quad (22)$$

## 4 A Linear Mixed-Integer Model

For a numerical solution of the continuous model in the case of large scale networks and in near real-time, we reformulate this model as a linear mixed-integer program. We first transform the partial differential equations for the transport (10) and the decay (12) into a set of linear constraints. For the time derivative we use the *forward difference approximation*

$$\frac{\partial}{\partial t} c^j(x, t) \approx \frac{c^j(x, t + \Delta t) - c^j(x, t)}{\Delta t}, \quad (23)$$

whereas for the spatial derivative we take the *backward difference approximation*

$$\frac{\partial}{\partial x} c^j(x, t) \approx \frac{c^j(x, t) - c^j(x - \Delta x, t)}{\Delta x}. \quad (24)$$

We introduce a discretization for the time as  $t_n := n\Delta t$  for  $n \in \{0, 1, \dots, N\}$ , where  $\Delta t$  is a constant step size (see below), and  $N = \lceil T/\Delta t \rceil$ . From now on, the time is not running continuously, but in discrete time steps.

For each arc  $j$  of the water network we introduce three variables  $c_t^{j,in}$ ,  $c_t^{j,mid}$  and  $c_t^{j,out}$ , corresponding to the containment concentration at three points inside the water pipe. The direction of the flow plays an important role, so we make a distinction between the cases  $u^j(x, t) \geq 0$  and  $u^j(x, t) \leq 0$ . In the first case, we take  $c_n^{j,in} := c^j(a^j, t_n)$ ,  $c_n^{j,mid} := c^j(\frac{a^j+b^j}{2}, t_n)$ , and  $c_n^{j,out} := c^j(b^j, t_n)$ , and in the second case we have  $c_n^{j,in} := c^j(b^j, t_n)$ ,  $c_n^{j,mid}$  as before, and  $c_n^{j,out} := c^j(a^j, t_n)$ . Accordingly, we use  $u_n^{j,in}$ ,  $u_n^{j,mid}$ ,  $u_n^{j,out}$  as abbreviations for the function values  $u^j(x, t)$  at the corresponding coordinates. Note that by this settings, we implicitly introduced a spatial discretization of  $(\Delta x)^j := \frac{b^j-a^j}{2}$ . Using these variables and the difference approximations (23) and (24), the so-called *upwind discretization* of (10) reads

$$c_{n+1}^{j,mid} = c_n^{j,mid} - \frac{\Delta t}{(\Delta x)^j} u_n^{j,mid} (c_n^{j,mid} - c_n^{j,in}), \quad (25a)$$

$$c_{n+1}^{j,out} = c_n^{j,out} - \frac{\Delta t}{(\Delta x)^j} u_n^{j,out} (c_n^{j,out} - c_n^{j,mid}). \quad (25b)$$

To avoid numerical problems, that is, for the *stability* of the discretization, the *CFL condition*

$$\frac{\Delta t}{(\Delta x)^j} |u^j(x, t)| \leq 1 \quad (26)$$

is required (named after Courant, Friedrichs, and Lewy). To fulfill the CFL condition we thus set

$$\Delta t := \min_j \left( \frac{(\Delta x)^j}{\max_{x,t} |u^j(x, t)|} \right). \quad (27)$$

Using (23) we obtain the following discretization for the decay equation (12):

$$\frac{c^j(x, t + \Delta t) - c^j(x, t)}{\Delta t} = -r c^j(x, t), \quad (28)$$

or

$$c^j(x, t + \Delta t) = (1 - r\Delta t) c^j(x, t). \quad (29)$$

Putting together (25) and (29), we arrive at

$$c_{n+1}^{j,mid} = (1 - r\Delta t) \left( c_n^{j,mid} - \frac{\Delta t}{(\Delta x)^j} u_n^{j,mid} (c_n^{j,mid} - c_n^{j,in}) \right), \quad (30a)$$

$$c_{n+1}^{j,out} = (1 - r\Delta t) \left( c_n^{j,out} - \frac{\Delta t}{(\Delta x)^j} u_n^{j,out} (c_n^{j,out} - c_n^{j,mid}) \right). \quad (30b)$$

We remark that the proposed upwind discretization of the transport equation is just one of many possibilities of finite-difference approaches to this partial differential equation, see e.g. [Leve1990], [SUP2002], [RBA1993], [RoBo1996]. In particular, [LBV2006a] propose a Lagrangian method as discretization of the transport equation. For this particularly simple advection equations both discretizations yield the same results. However, we used the upwind method in order to incorporate the decay of the containment more easily.

The unknown possible sources  $q^j(t)$  are discretized using the variables  $q_n^j := q^j(t_n)$ . The discretization of the coupling (17) is straight-forward and obtained as

$$c_{n+1}^{i,in} = \frac{q_n^j + \sum_{j \in \delta^+(v, t_n)} A^j |u_n^{i,out}| c_n^{j,out}}{\sum_{j \in \delta^-(v, t_n)} A^j |u_n^{j,in}|}, \quad \forall i \in \delta^-(v, t_n). \quad (31)$$

Finally, the objective functional (22) needs to be discretized. To this end, we use the following linear objective function:

$$\sum_{j \in \mathcal{A}_{meas}} \sum_n |c_n^{j,mid} - \bar{c}_n^{j,mid}| \Delta t + \rho \sum_v \theta^v. \quad (32)$$

Here  $\theta^v \in \{0, 1\}$  is a binary decision variable indicating whether there is an inflow of containment at node  $v$ . This variable is coupled to the inflow via

$$q_n^v \leq M\theta^v, \quad (33)$$

where  $M$  is a sufficiently large constant.

## 5 Computational Results for Water Quality Management

We present computational results on artificial test networks in Section 5.1 to computationally evaluate the complexity of the involved mixed-integer programming problems. In Section 5.2 we show how to find the containment source within a real-world network using the presented approach.

### 5.1 Simulation and Optimization of Test Networks

Consider the small test net shown in Figure 1. Within this network, the water is always circulating. Every arc has the same length and cross section. We assume that the velocity is a constant function in space and time. As decay rate we select  $r$  such that  $1 - r\Delta t = 0.98$ , that is, after each time step 2% of the containment vanished. At time  $t = 0$  we inject the containment at the node marked with  $q$  of this network for the 5 next time steps. On the arc marked with  $m$  we measure the containment flow and, based on this measured informations, try to estimate the transient inflow profile. The time horizon for the simulation is  $T := 100$  time steps. The results are shown in Figure 2. The left picture shows the inflow profile  $q$ , the next four picture show the  $c^{j,mid}$  values on arcs  $1, \dots, 4$ .

The next computational tests aim at a comparison of different algorithms for linear programming. With a branch-and-bound approach for the solution of the MIP models, the integrality condition on the variables is dropped at first. The integrality is then reintroduced via iteratively selecting some node  $v \in \mathcal{V}$ , and creating two subproblems, one with  $\theta^v = 0$  and the other with  $\theta^v = 1$ . For the numerical solution of the resulting linear programs, several algorithms are known. Here we test the primal and the dual simplex, the network simplex, and the barrier



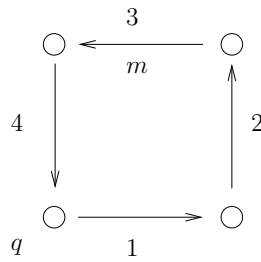


Figure 1: Test network with four arcs  $i = 1, 2, 3, 4$ .

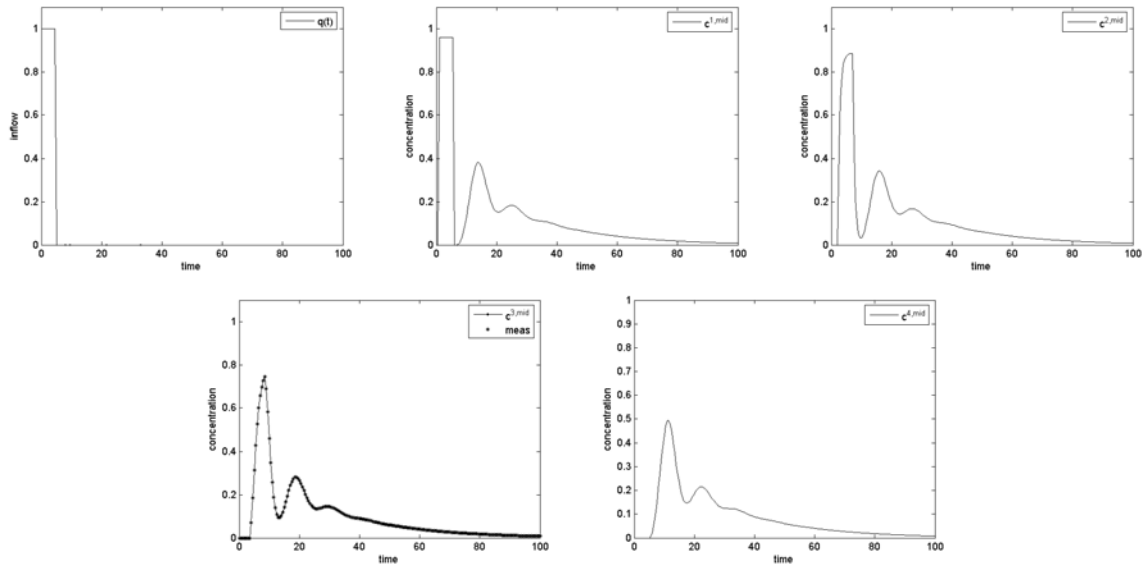


Figure 2: Optimization results for  $q$  and arcs  $i = 1, 2, 3, 4$  (from left to right).

method (an interior point algorithm), which can all be found within the ILOG Cplex 10 solver suite. Moreover, we want to test the behaviour of these algorithms on instances of different sizes with respect to the number of nodes and the number of time steps. The test networks are rectangular compositions of the network shown in Figure 1 (which in this sense is a  $2 \times 2$  network). The computational results (solution times in seconds on a standard 2.4 GHz AMD4800X2 personal computer) for a single linear programming relaxation can be found in Table 1.

## 5.2 Case Study: The Macao Water Supply Network

As a real-world case study we consider the water supply backbone network of the Chinese town Macao, which is inhabited by around half a million people. The network has today a length

size	$T$	primal	dual	network	barrier
$5 \times 5$	50	0.1	0.1	0.1	0.1
$5 \times 5$	100	0.2	0.2	0.2	0.2
$5 \times 5$	250	0.4	0.4	0.4	0.4
$10 \times 10$	50	0.7	0.7	0.6	3.7
$10 \times 10$	100	1.0	0.9	1.0	4.0
$10 \times 10$	250	2.1	1.8	1.9	5.1
$15 \times 15$	50	4.1	4.4	6.7	33.5
$15 \times 15$	100	6.9	6.6	9.8	57.6
$15 \times 15$	250	9.2	8.9	12.1	59.8
$20 \times 20$	50	4.3	5.3	8.0	24.5
$20 \times 20$	100	23.3	37.9	58.4	506.2
$20 \times 20$	250	27.4	41.6	62.3	401.5

Table 1: Results for various network sizes, time horizons, and LP algorithms.

of about 410 km (for further details see [MACW2006]). The entire backbone network of the three neighbouring cities Macao, Taipa, and Coloane is modeled as a graph that consists of 377 nodes and 601 arcs (see Figure 5). The subnet belonging to Macao is represented by a graph having 237 nodes and 407 arcs. The simulation of a contamination is solved on this graph. We now induce a containment in the network at a certain arc, marked with a “q” in Figure 6. On two other arcs, marked with an “m”, the containment is measured. The distribution of the containment over the time within the network is shown in Figure 6, which is a magnification of the rectangular region depicted in Figure 5. Each time step in the discrete simulation represents 5 minutes of real time.

We now demonstrate what happens within the branch-and-bound algorithm, when the decision variable  $\theta^v$  is set to 1 for some arc  $v$ . If the inflow originates in this node, then the measured profiles and the resulting concentration profiles on  $j \in \mathcal{A}_{meas}$  coincide (see middle and right pictures in Figure 3). The inflow profile of the containment at this node is shown on the left picture in Figure 3.

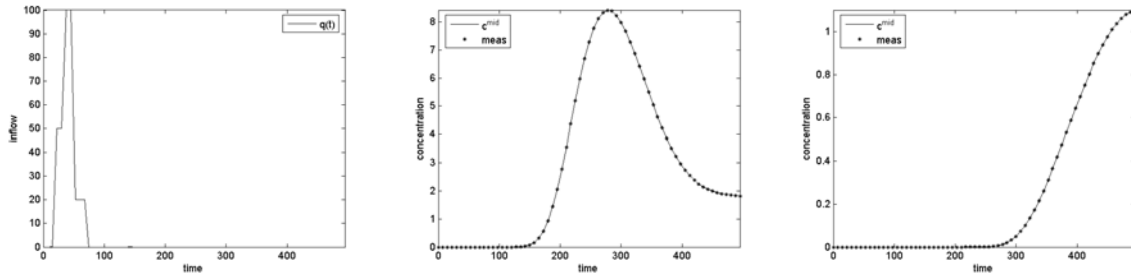


Figure 3: Optimization results for the “right” inflow node

If on the other hand the wrong variable  $\theta^v$  was selected for branching, then in general we have a gap between the measured and the resulting concentrations (see middle and right picture in Figure 4). This gap leads to a high objective function value, hence the search tree will be pruned as soon as the right node (as above) was found. The inflow profile of the containment of the selected node also has a “strange” appearance (see left picture in Figure 4).

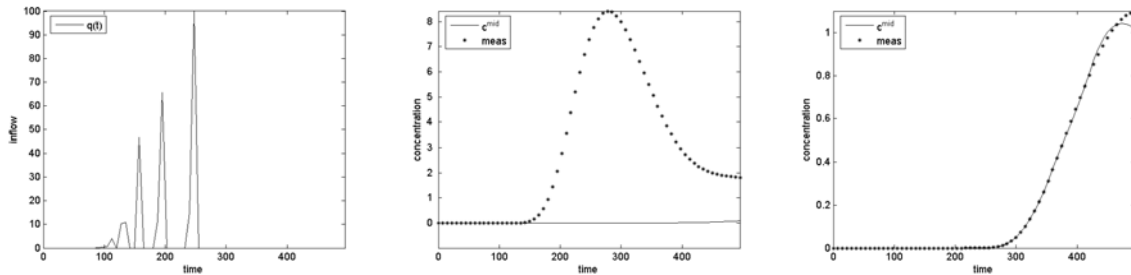


Figure 4: Optimization results for the “wrong” inflow node

## 6 Other Areas of Application

The applicability of linear mixed-integer programming in continuous PDE optimization is by far not limited to water quality management. In this section we briefly present two other applications where the linear mixed-integer approximation have been successfully applied in order to simulate and optimize processes on large networks.

## 6.1 Traffic Flow

The first example is related to traffic flow control for road networks. We briefly summarize the approach and findings of [FHKM2004]. Therein, the starting point has been a continuous model based on partial differential equations for the evolution of traffic flow in networks. The partial differential equation is nonlinear and differs from the one discussed above. Moreover, at each traffic intersection derivation suggestions to drivers are modeled as controls. Then, the detailed model is a coupled system of nonlinear partial differential equations with nonlinear constraints at the road intersections. The task is now to utilize the traffic network in such way, that all cars reach their final destination at the earliest possible time. This determines the derivation suggestions at each single intersection. The difficulty stems from the fact that, due to the partial differential equations which control the dynamics on each arc, a higher utilization of the road yield a lower average traveling speed. Furthermore, for an optimization approach the computational costs for solving the coupled system of equations are too expensive. Therefore, several model reductions have been performed and a simplified dynamics on the roads and at intersections was derived. These can be seen as a coarse-grid discretization of the partial differential equation and an additional averaging for estimating the conditions at intersections. In the next step, all nonlinearities have been approximated by linear equations and binary and real variables. A qualitative comparison showed the applicability of the simplified models and in particular in free flow traffic situations these models perform comparable with the models based on partial differential equations. Moreover, these linear mixed-integer models allowed for optimization of networks of realistic size. For further details we refer to [FHKM2004].

## 6.2 Production Planning

Production planning in supply chain management has been investigated in relation with continuous and discrete models. In [ADR2006] a completely new access to production planning is introduced. There, a linear partial differential equation for the conservation of goods is derived. This equation is assumed to hold for each supplier. For the modelling of a whole supply network buffering queues are introduced in front of each supplier. Thus, the supply network consists of

several suppliers which all have the possibility to store goods. The coupled system of partial and ordinary differential equations describing the supply network allows for simulating large amounts of goods over a long time. In this regard, an optimal control problem is composed of linear (PDE) and nonlinear (queues) constraints. The objective function is also linear and given by maximizing the output and minimizing the amount of goods in all queues. Possible controlling parameters are the distribution rates (used on each vertex where the flux of one supplier is splitted into two new suppliers) or the processing velocities. Similar to the traffic flow control problem we discretize the equations on a coarse grid and substitute the nonlinearity by using binary variables. This leads to a linear mixed-integer programming model. In cases of simple networks where only one supplier is linked to one supplier the continuous model and the MIP model yield same results. A nice property of the MIP is the easy extensibility to additional constraints such as the maintenance of suppliers or bounded queues. For further details we refer to [GHK2005], [GHK2006].

## **7 Conclusions**

In this work, we pointed out the relation between continuous models, governed by partial differential equations, and linear mixed-integer programming. This relation is based on a coarse-grid discretization of the partial differential equation. This technique guarantees the conservation of the original dynamics and also allows for large scale network simulation and optimization. Moreover, the presented way is different from other approaches by Laird, Biegler et al. where non-linear optimization techniques and Lagrangian discretization are applied.

We gave several fields of application where this relation can be used to solve optimal control problems with partial differential equations as constraints. An emphasis was put on the containment source determination in water quality management. In conclusion, we presented a new approach using MIP models, linear programming, and branch-and-bound algorithms for solving continuous optimal control problems.

## References

- [LBVB2005] Laird, Carl D.; Biegler, Lorenz T.; van Bloemen Waanders, Bart G.; Bartlett, Roscoe A.: Contamination source determination for water networks. In: A.S.C.E. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 131, No. 2, 2005, pp. 125 – 134.
- [LBV2006a] Laird, Carl D.; Biegler, Lorenz T.; van Bloemen Waanders, Bart G.: Real-time, large scale optimization of water network systems using a subdomain approach. To appear in proceedings of the Second CSRI Conference on PDE-Constrained Optimization.
- [LBV2006b] Laird, Carl D.; Biegler, Lorenz T.; van Bloemen Waanders, Bart G.: A mixed integer approach for obtaining unique solutions in source inversion of drinking water networks. In: Special Issue on Drinking Water Distribution Systems Security, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 132, No. 4, 2006, pp. 242 – 251.
- [ADR2006] Armbruster, Dieter; Degond, Pierre; Ringhofer, Christian: A Model for the Dynamics of large Queuing Networks and Supply Chains. In: SIAM J. Applied Mathematics, Vol. 66, 2006, pp. 896 – 920.
- [FHKM2004] Fügenschuh, Armin; Herty, Michael; Klar, Axel; Martin, Alexander: Combinatorial and Continuous Models for the Optimization of Traffic Flows on Networks. In: SIAM J. Optimization, Vol. 16, No. 4, 2006, pp. 1155 – 1176.
- [GHK2005] Göttlich, Simone; Herty, Michael; Klar, Axel: Network models for supply chains. In: Communications in Mathematical Sciences, Vol. 3, No. 4, 2005, pp. 545 – 559.
- [GHK2006] Göttlich, Simone; Herty, Michael; Klar, Axel: Modelling and optimization of supply chains on complex networks. In: Communications in Mathematical Sciences, Vol. 4, No. 2, 2006, pp. 315 – 330.
- [ILOG2006] ILOG CPLEX Division, 889 Alder Avenue, Suite 200, Incline Village, NV 89451, USA. Information available at URL <http://www.cplex.com>.

- [GuLe2003] Gugat, Martin; Leugering, Günter: Global boundary controllability of the St. Venant equations between steady states. In: *Annales des l'Institut Henri Poincaré, Non-linear Analysis*, Vol. 20, No. 1, 2003, pp. 1 – 11.
- [GLSS2001] Gugat, Martin; Leugering, Günter; Schittkowski, Klaus; Schmidt, E.J.P. Georg: Modelling, stabilization and control of flow in networks of open channels. In: M. Grötschel, S. Krumke, J. Rambau (Eds.): *Online optimization of large scale systems*. Springer, 2001, pp. 251 – 270.
- [GLS2003] Gugat, Martin; Leugering, Günter; Schmidt, E.J.P. Georg: Global controllability between steady supercritical flows in channel networks. In: *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, Vol. 27, No. 7, 2004, pp. 781 – 802.
- [Leve1990] LeVeque, Randall J.: *Numerical methods for conservation laws*. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin 1990.
- [MACW2006] The Macao Water Company. Information available at URL <http://www.macaowater.com>.
- [RBA1993] Rossman, Lewis A.; Boulos, Paul F.; Altman, Tom: Discrete volume-element method for network water-quality models. In: *Journal for Water Resource Planing and Management*, Vol. 119, No. 5, 1993, pp. 505 – 517.
- [RoBo1996] Rossmann, Lewis A.; Boulos, Paul F.: Numerical methods for modeling water quality in distribution systems. In: *Journal for Water Resource Planing and Management*, Vol. 122, No. 2, 1996, pp. 137 – 146.
- [SUP2002] Shang, Feng; Uber James G.; Polycarpou, Marios M.: Particle backtracking algorithm for water distribution systems analysis. In: *Journal on Enviromental Engineering*, Vol. 128, No. 5, 2002, pp. 441 – 450.

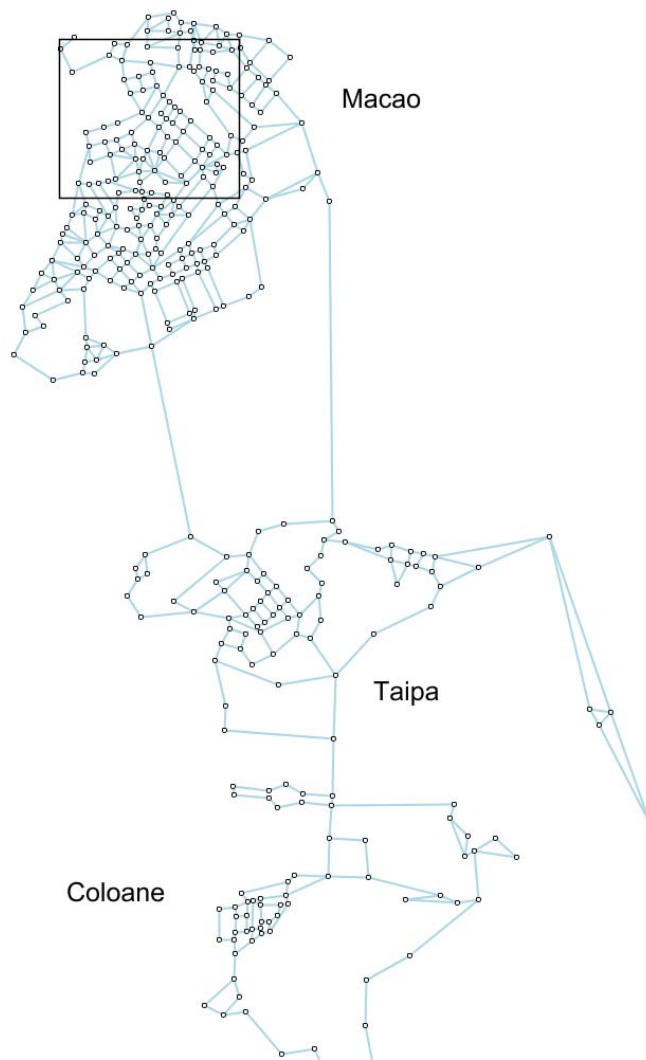


Figure 5: The water supply backbone network of Macao, Taipa, and Coloane.

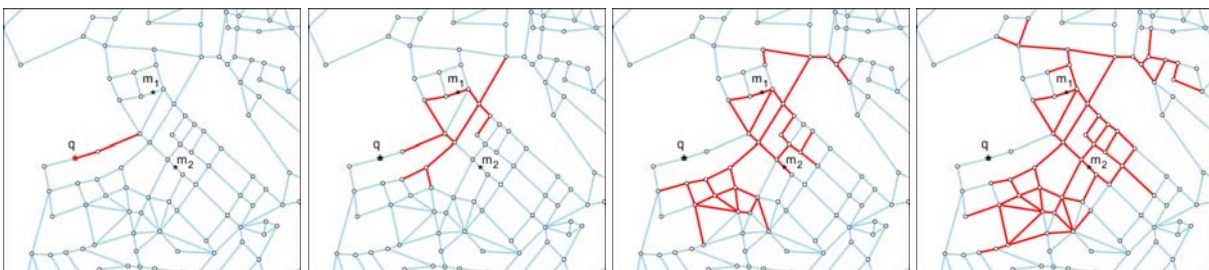


Figure 6: Containment simulation for  $t = 9, 28, 47, 66$  (from left to right).



# Einführung in den Track

## Wissensmanagement

**Prof. Dr. Norbert Gronau**

Universität Potsdam

**Prof. Dr. Steffen Staab**

Universität Koblenz-Landau

**Prof. Dr. Marcus Spieß**

LMU München

**Dr. Walter Waterfeld**

Software AG

Der Geschäftserfolg jedes Unternehmens beruht auf dem zielgerichteten Umgang mit Wissen. Wissensmanagement zielt darauf ab, Effizienz und Effektivität im Umgang mit Wissen zu steigern, d.h. die Kommunikation von Wissen zu verbessern, das Bewahren von Wissen sicherzustellen, neues Wissen im Unternehmen zu entwickeln und Wissen besser für den Unternehmenserfolg zu nutzen.

Dies geschieht vor dem Hintergrund eines dynamischen Umfelds, in dem sich wandelnde Firmenstrategien, Geschäftsprozesse und Kundenwünsche genauso berücksichtigt werden müssen wie personelle Veränderungen und eine sich wandelnde IT-Infrastruktur. Existierende organisatorische und informationstechnische Lösungen für den Lebenszyklus von Wissen müssen dieser Dynamik gerecht werden. Hierfür werden neue Konzepte und Methoden benötigt, die Schwachstellen identifizieren und sich an die vorgegebene Dynamik anpassen.

Der Track "Wissensmanagement" möchte Wissensmanagementkonzepte, -methoden und Lösungen vor dem Hintergrund dieser Anforderungen betrachten. Wir möchten diskutieren, wie -- von der Anwendung neuartiger Funktionalitäten in Unternehmensportalen bis hin zur Analyse sozialer Netzwerke -- das Wissensmanagement im dynamischen Umfeld heutiger Unternehmen erfolgreich verankert werden kann.

**Programmkomitee:**

Dr. Brigitte Bartsch-Spoerl, BSR Consult

Prof. Dr. Ralph Bergmann, Universität Trier

Prof. Dr. Dimitris Karagiannis, Universität Wien

Prof. Dr. Helmut Krcmar, TU München

Prof. Dr. Klaus North, FH Wiesbaden

Prof. Dr. Ulrich Reimer, FH St. Gallen

Prof. Dr.-Ing. Bodo Rieger, Universität Osnabrück

Hans-Peter Schnurr, Ontoprise GmbH

Prof. Dr. Martin Schader, Universität Mannheim

# **Third Generation Knowledge Management Systems**

## **Towards an Augmented Technology Acceptance Model**

Kai Dingel, Sarah Spiekermann  
Institut für Wirtschaftsinformatik  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Spandauer Strasse 1, 10178 Berlin  
{sspiek,dingel}@wiwi.hu-berlin.de

### **Abstract**

The paper examines the applicability and sufficiency of the Technology Acceptance Model (TAM) in the context of social software and newer generation knowledge management systems (KMS). A reinterpretation of the two TAM constructs “Perceived Usefulness” and “Perceived Ease of Use” in light of expectancy-valence theory reveals that the TAM predominantly focuses on performance expectations on different behavioral levels and, thus, fails to account for the entire range of drivers and barriers related to KMS usage.

### **1 Introduction**

In recent years, the prevailing conception of knowledge management (KM) in the scientific literature and its practical applications has undergone major changes and paradigmatic shifts, which are often retrospectively referred to as the “three generations” of knowledge management [Snow02; Snow03; Schü03a; Schü03b]. Unlike its predecessors, the third generation of knowledge management thinking pursues a novel holistic perspective by taking into account the embedded and multifaceted nature of knowledge and by omitting the predominant focus on knowledge sharing. A further constituting aspect of the alternation of generations or “phase shift in thinking” [Snow03, 23] is the increasing attention to the factors that drive or impede knowledge workers’ commitment to KM initiatives. Earlier generations of corporate KM activities typically overemphasized the coordinating role of IT as a key driver for the success of knowledge management programmes. In taking such a technology centric approach, they often

fell below expectations, failing to attain the necessary acceptance of the users. The shortcomings of these earlier generations convey that the participation and cooperation of knowledge workers should not be taken for granted. While IT is indeed a “hygiene factor” [Snow02], which can effectively enable and facilitate the creation and sharing of knowledge, equal weight has to be put on the motivation of knowledge workers and the mitigation of other, non-technological barriers to the participation in knowledge-related activities. In order to remedy acceptance problems, it is insufficient to merely link knowledge sharing “with bonus schemes, appraisals and targets” [Snow02]. The prevailing literature nowadays emphasizes that “sharing cannot be forced” [HuWi04, 90], or as stated by Snowden [Snow02, Snow03], “knowledge can only be volunteered, it cannot be conscripted”. In this way, “commitment” substitutes “compliance” as a driver of knowledge workers’ participation in newer generations of knowledge management thinking [Malh03].

Prominent examples like the online project Wikipedia, which is an instance of a knowledge repository, or social networking websites like LinkedIn or openBC, being representatives of the “personalization strategy” [cf. HaNT99], convey the dynamics and power of this new generation of systems. They successfully instigate intense system usage by tapping users’ intrinsic or natural motives to participate and by mitigating usage barriers. In so doing, they belong to a socially enriched type of system, which is often labeled “social software”, a term that is very much discussed in the scene of blogs and online forums while having yet only little impact in the scientific literature. Eagle [Eagl04] shortly defines “social software” as “programs that enable a group of people to accomplish common goals”, i.e. software that encourages social interaction and collaboration. According to Avram [Avra06, 1], social software involves “the use of computing tools to support, extend, or derive added value from social activities”. Quite similar, Thomas et al. [ThKE01, 872] use the term “social computing”, which comprises “digital systems that draw upon social information and context to enhance the activity and performance of people, organizations, and systems”.

One aspect of the “social” nature of social software is the way “it adapts to the user, instead of forcing the user to adapt to it; becomes part of the user’s means of representation, and augments human interaction, instead of narrowing it down” [Avra06, 7]. With social software, sharing is not imposed. Instead, social software “leaves the control of knowledge with the individuals

owning it” [Avra06, 1]: They are able to self-assign to communities based on their personal preferences and maintain their own space over which they have personal control. Consistent with this notion of a socially enriched type of software, one assumption is inherent in many of the current publications on knowledge management: Acceptance is of pivotal importance for the success of KM initiatives in general and the success of knowledge management systems in particular. To successfully tap the desires and needs of knowledge workers, knowledge management has to meet the terms of a new principle of self-organizing [Schü03b], thereby partially breaking with the traditional top-down management imperative. Processes of knowledge creation and transfer rather require a supporting, cultivating, and nurturing responsibility of management, instead of being manageable in the usual sense.

Successful systems such as Wikipedia or LinkedIn are promising examples of the usefulness of newer generation knowledge management systems. They show that social software or third generation KMS have the potential to make invaluable contributions to organizational KM initiatives, leveraging the human and social capital of an organization. However, we can only learn from these examples if we understand the underlying drivers of system acceptance and how these drivers operate in shaping usage intentions. With the rising interest in the determinants of knowledge workers’ motivation to KMS usage, an extensive body of research has compiled a long list of potentially important elements of the “knowledge management puzzle” [ThKE01, 872], i.e. factors that characterize a good KM strategy and supportive KMS. These factors, mostly gathered by means of theoretical analyses and qualitative case studies, range from concrete system characteristics to abstract phenomena such as “trust”, “intrinsic motivation”, “social obligation” or “reciprocity”. However, research is scattered into divergent perspectives and lacks a common frame of reference. In addition, few publications have so far empirically investigated possible causal models of knowledge management system acceptance and usage, which succeed to integrate the large number of qualitative findings or examine their relative importance in explaining and predicting KMS usage.

A noteworthy exception is the IS Success Model by DeLone & McLean [DeMc92; DeMc03], which is often utilized as a framework to structure the variety of success factors [MaHä01; AlLe01, 130-131] or as a fundament of quantitative studies [QiBo05]. Although the goal of our article is likewise to develop an underlying framework of critical factors in knowledge

management, we intend to rely on a slightly different theoretical grounding: the Technology Acceptance Model (TAM), which is one of the most prominent models that *explicitly* investigate the causal antecedents of the intention to use. The Technology Acceptance Model [Davi89; DaBW89] hypothesizes that information system adoption and usage can be explained and predicted by considering two focal behavioral beliefs: “Perceived Usefulness” and “Perceived Ease of Use”. It calls attention to the fact that a mere focus on the usability-oriented “Ease of Use” of a system is insufficient to explain system acceptance and should be complemented by the purpose-oriented system “Usefulness” [DaBW89, 1000]. The quantitative study by Money & Turner [MoTu04] is one of the first that empirically investigated the appropriateness of the TAM for the context of knowledge management. Even though their results should be confirmed by other studies with larger sample sizes and more advanced methodology, it seems that the original finding of the TAM, being able to predict about 40% to 50% of the variance in the behavioral intention, can be replicated in the field of knowledge management. Yet, despite these encouraging results, it is questionable whether the two constructs, “Ease of use” and “Usefulness” cover all major behavioral beliefs behind knowledge acquisition and sharing as well as behind KMS usage. In view of the large number of factors currently discussed in the knowledge management research, the two TAM constructs appear insufficient to account for the full richness of decisive motives and barriers in knowledge management. We therefore hypothesize in line with Money & Turner that “it may be necessary to add other theory-based individual beliefs to the current TAM belief constructs” to “increase the explanatory power” of the TAM [MoTu04, 8].

The first step in elaborating on this hypothesis has to be concerned with a better understanding of the content and origins of the TAM constructs and how they are embedded into the much larger landscape of motivation theory. Moreover, it may be interesting to identify other important salient behavioral beliefs that are presumably relevant to third generation KMS but yet not part of it. We approach this first step by arguing below that expectancy-valence theory – being a crucial fundament of TAM – can be used to reinterpret and extend the TAM in the face of third generation knowledge management. In essence, expectancy-valence theory argues that individuals invest and direct effort with a view to the expected outcomes of behavior [Vroo64; PoLa68]. Although most of the prominent models of system acceptance and usage rely on such “expectations-based frameworks” [cf. Sedd97, 247], they mostly just refer to expectancy-

valence theory in order to substantiate the assumed dependence of acceptance on anticipated behavioral consequences. In contrast to this rather superficial respect of expectancy-valence theory, we claim that expectancy concepts can as well be useful to systematically identify and delimit a fuller spectrum of concrete behavioral beliefs relevant for KMS usage.

In order to provide evidence to this argument, the rest of this paper is organized as follows: In the next chapter, we will give a short introduction into expectancy-valence theories of work motivation. The subsequent chapter 3 will proceed by formulating an integrated, two-tier expectancy framework that delimits two interdependent behavioral levels to which the expectancy-valence approach may apply. Based on these theoretical groundings, the two TAM belief constructs will be revisited in section 4.1 as well as extended in section 4.2. Even though not being able to provide a complete specification of possible enhancements, the paper will indicate several important behavioral beliefs still omitted in the TAM. Chapter 5 will conclude the paper by summarizing its core statements.

## **2 A Short Introduction into Expectancy-Valence Theories**

Expectancy-valence theories hypothesize that individuals choose between different behavioral alternatives and between different levels of effort by anticipating the impact of their decisions on resultant outcomes (see Figure 1). Individuals thus determine a set of relevant, salient consequences that may arise from their actions. These consequences, however, are not of equal importance but are valued differently. The particular value or “valence” of an outcome [Vroo64, 15] can have two sources [cf. Vroo64, 16]: On the one hand, it may originate from the “instrumentality” (❶) of the outcome in allowing for further possible outcomes. An often-mentioned example of such an instrumental outcome is a monetary reward. On the other hand, valence may be due to some intrinsic value created to the individual (❷), like enjoyment or feelings of achievement.

Furthermore, individuals are theorized to form expectations in terms of anticipated, “subjective” probabilities that particular outcomes will actually be obtained [Vroo64]. The obtainment of an outcome may be impeded by a variety of internal or external factors. Most of these impediments originate from the fact that the attainment of consequences is bound to the *successful*

*implementation* of a behavior. Although outcomes may also be directly contingent on behavior and effort (❸), as is the case with the cost of exerted effort, outcomes are typically attained as a function of personal performance and success [PoLa68]. The expectancy component can hence be decomposed into two separate beliefs: First, expectations are formed on whether effort is likely to result in fulfillment of aspired success, which we call “performance expectations” (❹). Second, an expectation is formed on whether achieved performance is going to be followed by valued outcomes, which is called the “instrumentality” of performance (❺). Unlike performance expectations, perceived instrumentality can also be negative if actions are counterproductive in achieving certain goals and, thus, has a range from -1 to +1. According to Vroom [Vroo64], performance expectations, perceived instrumentality and outcome valence jointly shape the motivational “force” of a behavior, which in turn is the basis of a relative evaluation of different behavioral alternatives.

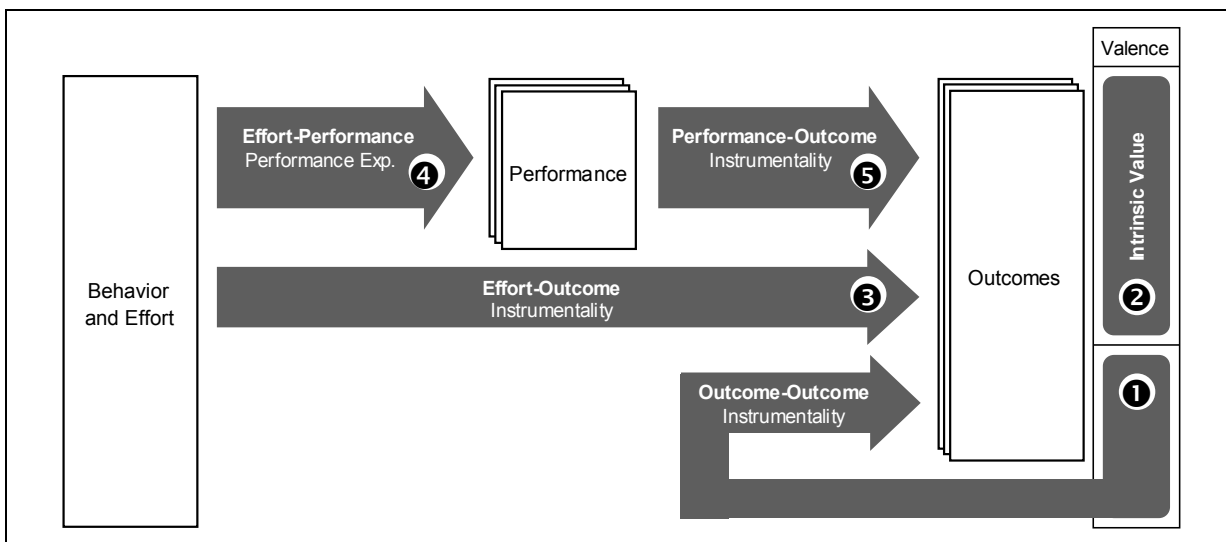


Figure 1: Core schema of expectancy-instrumentality-valence theories (own visualization)

### 3 Extending Expectancy-Valence Theory for Third Generation KM

#### 3.1 Towards an Integrated Expectancy-Valence Model for Knowledge Management

In the knowledge management literature, the analysis of acceptance of *knowledge management systems* is typically intertwined with the more general investigation of *people’s commitment* to knowledge-related activities. This mingling of two dimensions of acceptance may be due to the



fact that the identification of motives for system usage requires a holistic point of view, which takes the organizational environment and organizational culture into consideration. In this vein, we argue that in formulating a holistic KMS acceptance model, it is important to recognize these two distinct tiers. They can be referred to as organization-level and tool-level acceptance (for a distinction between tool-level and organizational-level tasks see e.g. [TeCZ06, 229-231]).

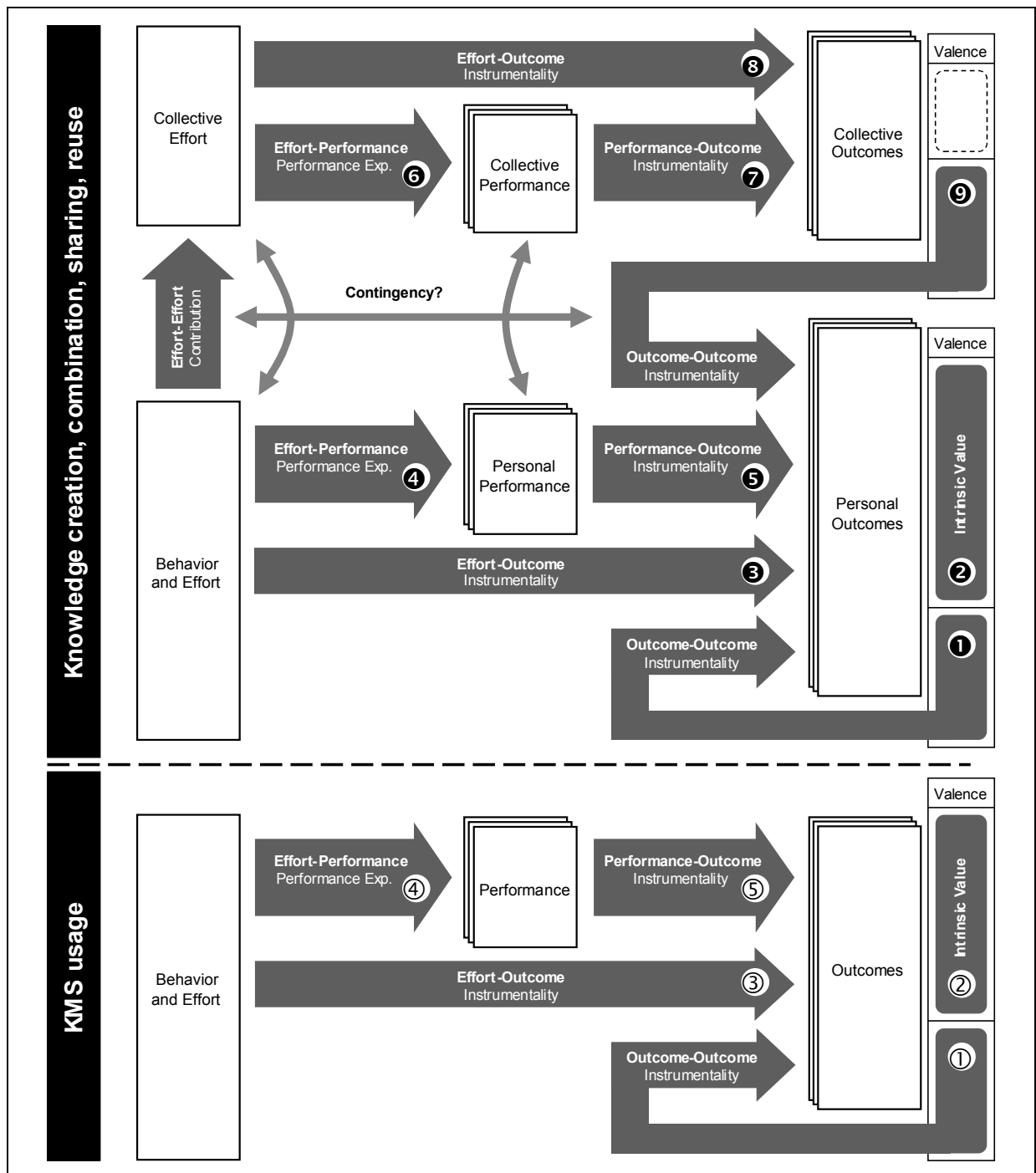


Figure 2: A two-tier expectancy model of behavioral beliefs in knowledge management

KMS usage has to be understood as being related to, but also separable from the more general organization-level tasks of the individual or collective to create, combine, share or reuse knowledge. Figure 2 gives an overview of an integrated expectancy-valence framework we propose to use for analyzing KMS usage. In particular, we claim that the expectancy-valence model introduced above can be applied to each of the two interdependent behavioral levels, because behavioral alternatives will exist on each of these tiers and will be evaluated based on idiosyncratic expectancies and anticipated outcomes.

A knowledge worker, who decides to enroll into knowledge-related activities and to KMS usage, may start out by evaluating his *expected personal performance* in sharing or reusing knowledge (④). These expectations will not only reflect personal capabilities, but also external factors such as sufficient organizational support. Moreover, expected personal performance in KMS usage (④) will play an important role within this cognitive appraisal. For instance, a user of the Wikipedia website, who wants to contribute his personal knowledge to the project, will evaluate his general capabilities of putting his knowledge into words [cf. CaCa02, 700] and compiling useful new articles or article revisions. Herein, his expected performance will be partially determined by his skills in using the Internet or the Wikipedia website. Therefore, it seems reasonable to assume a bottom-up influence of lower-level performance expectations (④) on the attainable upper-tier performance (④).

The second dimension of the decision to engage in knowledge-related activities is concerned with the *expected outcomes* of a participation. On the one hand, these outcomes directly follow from exerted effort (③), exemplified by the time-related opportunity costs of a participation [CaCa02, 688; ArPW03, 70; Kall03, 119] or a risk of jeopardizing knowledge-based status in the organization [CaCa02, 697; ArPW03, 69]. On the other hand, they may be obtained as a function of accomplishable individual performance (⑤). For instance, attaining approval by the Wikipedia community may necessitate that the contributed article meets relevant community standards to have a longer lasting impact.

The latter example also illustrates that personal outcomes, if contingent on personal success, normally necessitate that personal contributions are identifiable and separable as well as measurable through comparison with existing quality or performance standards [cf. Shep93;

KaWi01]. Consequently, the “visibility” of individual contributions may be a further aspect of the scope of behavioral beliefs that relate to the instrumental value of personal performance (⑤/⑤).

One question remained unanswered so far: Why is the upper tier of the expectancy-framework relevant to the decision to use a concrete knowledge management system? This top-down influence can be explained by the fact that upper-level outcomes (⑤) contribute to the expected outcomes of lower levels (⑤), though mediated by upper-level performance expectations (④). Even if the usage of a KMS may also directly imply personal consequences like enjoyment or intrinsically valued feelings of competence, motives to the usage of a KMS will foremost stem from higher, purpose- or task-oriented levels. However, upper-level outcomes only act as motives to the lower level of KMS usage, if they are supported by sufficient expected performance on the upper level. Stated differently, expected rewards that are contingent on sharing knowledge are only motivating factors to the use of a KMS, if the individual is actually confident in his or her personal ability to share knowledge. The same applies of course to other knowledge-related activities.

### **3.2 KMS Usage as a Commitment to Collective KM Activities**

Aside from the delimitation of the two behavioral levels discussed above, a further source of behavioral beliefs, germane to the upper tier, can be the collective or collaborative nature of knowledge-related activities that are often embedded into the formal or informal communities of the organization. A contemporary stream of research tries to apply the expectancy-valence approach to such settings of collective actions. Herein, one is faced with contradicting phenomena: On the one hand, it is argued that the sole presence of others often positively enhances exerted effort and subsequent performance, which is called “social facilitation” [see e.g. Vroom64, 230; Shep93, 67], whereas another stream of research examines a phenomenon that Latané, Williams & Harkins [LaWH79] labeled “social loafing” and that implies quite the opposite effect: People often reduce their productivity and effort in case of working collectively.

Among others, Shepperd [Shep93] as well as Karau & Williams [KaWi93; KaWi01] have conducted an extensive review on the topic of „social loafing“, „social dilemmas” and „collective work motivation“ and presented an integrated model, based on Vroom’s expectancy-

valence theory, to analyze the interaction of various influential factors. Even if many of these group implications operate on a personal level by affecting individual motives or barriers (like enabling community support or reputation-based expert status), there are also implications related to a more general, collective level. Therefore, Karau & Williams state that individuals not only care for personal level outcomes, but also for the impact of their behavior on the collective, they identify with. This latter collective level is concerned with the success of the whole group and the attainment of collective outcomes as a function of collective effort and performance. In line with this reasoning, we argue that the original expectancy-valence model as shown in Figure 1 should be extended to a version as shown in the upper tier of Figure 2. This extended model would account for the additional motives and barriers, which are important in such settings of collective activities, and would integrate elements of the „Collective Effort Model” by Karau & Williams [KaWi93; KaWi01] that for example has already been applied to the contexts of online communities [LBLW05] or open source communities [HeNH03].

In analyzing the elements of the collective level, single individuals will firstly assess the collective performance, which the group is likely to accomplish (⑥). As Bandura [Band01] underlines by distinguishing between “self-efficacy” and “collective-efficacy”, collective performance is more than the sum of members’ individual contributions but also involves “transactional dynamics” such as coordination and concerted interaction. Moreover, collective performance expectations not only result from a mere evaluation of other group members’ capabilities, but also comprise an expectation on whether these members will actually contribute. In addition, individuals will also evaluate the collective outcomes that are obtainable in view of the likely collective performance (⑦) as well as the costs (and other outcomes), which are directly contingent on collective effort (⑧).

Mutual participation and valuable contribution by peers are vital for two reasons: On the one hand, individuals may identify with the outcomes of collective effort and these are likely to be of higher value the more effort is denoted to the common pool. For example, the contributors of the online project Wikipedia may be motivated by the projects’ intention to establish an open, freely available encyclopedia. In this case, they may value the sheer number of articles, although not being interested in each of these topics. On the other hand, participation of peers

also increases the likelihood that contributors can *personally* benefit from others' contributions, only being interested in specific subparts of the collective good.

In any case, it is crucial that collective performance and collective outcomes are perceived to be instrumental in attaining personally valued outcomes in order to act as a motivating factor for the commitment of knowledge workers (⑨). For example, individuals may personally value the collective achievements of the group. However, even if the collective level is linked to the personal level, own contributions of effort and performance have to be deemed crucial for the sufficiency of collective effort and performance in turn. Otherwise, individuals would lack an incentive to *personally* contribute effort to the collective pool [KaWi01]. Even if this latter appraisal, which is visualized by the smaller arrows in Figure 2, may also be a subject of strategic considerations, knowledge workers are often simply just not able to recognize the relevance of their knowledge to the group [AlLe01, 126; ArPW03, 70; CaCa02, 700]. Researchers therefore discuss means to increase the perceived dependency of group success on the participation of all its members or to emphasize the indispensability and non-redundancy of single contributions.

## 4 Towards an Augmented Technology Acceptance Model

### 4.1 A Reconsideration of the TAM in Light of Expectancy-Valence Theory

What can be learned about the Technology Acceptance Model (TAM), if reinterpreted in light of this two-tier expectancy-valence approach? Which expectancies of the framework are already covered by TAM's two belief constructs "Perceived Ease of Use" and "Perceived Usefulness"?

#### 4.1.1 *Perceived Ease of Use*

Davis [Davi89, 320] defines the construct "Perceived Ease of Use" as "the degree to which a person believes that using a particular system would be free of effort". Interestingly, the underlying items of this TAM construct all have a rather similar, narrow focus on two particular behavioral beliefs: On the one hand, nearly all items express individual expectancies concerning the likely personal performance results of system usage. This is for example evident in items

such as “I would find it easy to get THE SYSTEM to do what I want it to do.” [Davi89]. As these items refer to personal performance in the interaction with the particular system, “Perceived Ease of Use” can be regarded as relating to effort-performance-associations on the lower level of KMS usage (④).

In addition, items like “Learning to operate THE SYSTEM would be easy for me.” [Davi89] also refer to the monetary or non-monetary costs that directly result from effort spent on KMS usage. As these expenses are interpretable as a negative instrumentality of effort for obtaining positively valued outcomes, these items additionally correspond to effort-outcome-association on the level of KMS usage (③).

#### *4.1.2 Perceived Usefulness*

According to Davis et al. [DaBW89, 985], “Perceived Usefulness” can be defined as the “prospective user’s subjective probability that using a specific application system will increase his or her job performance within an organizational context”. Although “Usefulness” is often interpreted to cover the expected outcomes or consequences of system usage [CoHi95, 197], the focus is actually on a “use-performance relationship” [Davi89, 320]. In line with this understanding of the construct, “Perceived Usefulness” seems to be a type of performance expectation as well, similar to “Perceived Ease of Use”, though on a higher level (④). A reconsideration of its underlying items in light of expectancy-valence theory confirms this proposition. For example, the focus on performance increases is obvious in items such as “Using THE SYSTEM in my job would increase my productivity.” or “Using THE SYSTEM would improve my job performance.” [Davi89]. In addition, some of the items again tap the cost dimension and therefore correspond to direct effort-outcome associations (⑤).

## **4.2 Extending TAM’s Behavioral Beliefs on the Background of Expectancy-Valence Theory**

As the discussion in the preceding section has conveyed, both TAM belief constructs each cover specific aspects of the two-tier expectancy framework, as they both relate to expected personal performance on the two different behavioral levels (④/④). Due to systems’ ability to alter expected personal performance on both behavioral levels, it seems reasonable to include

constructs such as “Perceived Ease of Use” or “Perceived Usefulness” in a model of KMS acceptance and usage. However, TAM’s *predominant* focus on these dimensions inherently implies that personal performance is assumed to be followed by some kind of positively valued outcome or avoidance of negative ones. While this latter assumption may be justified in traditional applications of the TAM, the literature on knowledge management emphasizes that the instrumental value of individual performance cannot be taken for granted.

In fact, the participation in knowledge-related activities can involve significant disincentives in terms of costs and risks, which are often not offset by associated positive outcomes. Although most studies herein refer to opportunity costs that originate from time-related constraints [see e.g. AILe01, 127; ArPW03, 70; CaCa02, 694], there is actually a wide variety of motivational barriers to the participation of knowledge workers. For example, sharing one’s ideas may imply disclosing personal secrets, loosing position-based status or expert status or personal competitiveness [AILe01, 69; CaCa02, 694; AILe01, 126]. In addition, individuals may fear criticism [ArPW03, 70] through revealing personal weaknesses or a personal lack of knowledge, or may hesitate to reveal the superiority of others. Likewise, contributors may have a “fear of abuse” [cf. Snow02] or misuse [ArPW03, 72] or may decide on a private usage of knowledge because of confidentiality considerations [ArPW03, 70].

Given these costs, it is decisive whether knowledge sharing or reuse is actually perceived to be important for one’s own personal aims (⑤). A general unawareness of potential benefits is a frequently mentioned barrier to the participation of employees in knowledge-related activities [e.g. Kall03, 121; CaCa02, 688]. Even if the rationales behind engaging in knowledge management may originate from job- or task-related motives and rewards (especially in *harvesting* or *reusing* knowledge), research has by now delimited many other potential objectives. For example, knowledge workers may strive for gaining expert status [ArPW03, 69; CaCa02, 694], reputation [CaCa02, 695], or formal or informal social recognition [ArPW03, 69; CaCa02, 696]. Here, they may perform what is called “impression management”, i.e. they may desire to deliberately shape their image as perceived by their environment, such as conveying their uniqueness, their indispensability, or their social embeddedness. Furthermore, contributing to knowledge management initiatives can encompass personal feelings of competence, proficiency, creativity, or achievement, feelings of relatedness and belonging, affiliation, or

group cohesiveness. For instance, people may enjoy working in a team as well as helping others [CaCa02, 692] and doing a kind of mentoring. Moreover, personal contributions may be elicited by desires for competition, for contesting one's ideas as well as out-performing others; or they may be the result of "moral obligations" [ArPW03, 69] or social norms of "reciprocity" [CaCa02, 692].

Neither of the above-mentioned motives and barriers is addressed explicitly by the core TAM constructs. The same is true for motives that are related to the collective level. The collective level may for example be a source of further motives, if individuals identify with collective actions, value collective outcomes or intrinsically enjoy collective activities (⑨). It raises question like whether knowledge management is seen as important for the collective or the organization as a whole (⑦/⑧) and whether the organization is supposed to be able to accomplish sufficient collective performance and the "critical mass" herein [CaCa02, 699] (⑥).

However, besides its tendency to omit the instrumentality of individual effort and performance, it is likewise also questionable whether the two TAM constructs actually cover all relevant aspects of performance expectations. For example, the construct "Perceived Usefulness", unlike "Ease of Use", does not focus on expected *absolute* personal performance, but on systems' ability in bringing about performance *increases*, compared to a not explicitly defined base case. Although this is consistent with the relative evaluation of behavioral alternatives in expectancy-valence theories, it would nevertheless be interesting to ask respondents whether they believe to generally have the necessary capabilities and resources to accomplish sufficient personal performance (④). Even if a KMS is able to assist the user in his knowledge-related activities, other factors like a lack of other resources or organizational support can severely undermine knowledge workers' motivation.

## 5 Summary and Outlook

In the introduction of this paper, we claimed that earlier generations of corporate knowledge management initiatives typically overemphasized the coordinating and facilitating role of IT. A similar point of view seems to be inherent in the Technology Acceptance Model with its predominant focus on performance expectations or increases on different behavioral levels.



However, the preceding chapters have indicated that this perspective fails to account for the entire set of behavioral beliefs pertinent to the field of knowledge management. The decision to use a KMS is subject to a much wider variety of behavioral beliefs. Taking a too narrow focus not only reduces the predictive validity of the acceptance model, but also underestimates the power of this new, socially enriched generation of KMS to successfully shape the motives and mitigate the barriers of potential users.

Further research should try to empirically test this conjecture by complementing the performance-oriented TAM with additional, outcome-oriented constructs. Presumably, some of these model extensions can directly be taken from the large number of re-specifications and enhancements to the Technology Acceptance Model, which researchers have already proposed and empirically validated since its initial publication. Here, the two-tier expectancy framework may serve as a unifying framework for integrating the various TAM extensions with the broad literature on barriers and motives in knowledge management. Such a stream of research would invaluablely contribute to a deeper understanding of the success factors of newer generation KMS and facilitate the transfer of their characteristics to a wider range of organizational applications.

## References

- [AlLe01] *Alavi, M.; Leidner, D.E.*: Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. In: *MIS Quarterly*, 25 (2001) 1, pp. 107-136.
- [ArPW03] *Ardichvili, A.; Page, V.; Wentling, T.*: Motivation and barriers to participation in virtual knowledge-sharing communities of practice. In: *Journal of Knowledge Management*, 7 (2003) 1, pp. 64-77.
- [Avra06] *Avram, G.*: At the crossroads of knowledge management and social software. In: *The Electronic Journal of Knowledge Management*, 4 (2006) 1, pp. 1-10. <http://www.ejkm.de>, retrieved 2006-04-17.
- [Band01] *Bandura, A.*: Social Cognitive Theory: An agentic perspective. In: *Annual Review of Psychology*, 52 (2001), pp. 1-26.

- [CaCa02] *Cabrera, Á.; Cabrera, E.F.*: Knowledge-sharing dilemmas. In: *Organization Studies*, 23 (2002) 5, pp. 687-710.
- [CoHi95] *Compeau, D.R.; Higgins, C.A.*: Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. In: *MIS Quarterly*, 19 (1995) 2, pp. 189-211.
- [Davi89] *Davis, F.D.*: Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. In: *MIS Quarterly*, 13 (1989) 3, pp. 319-340.
- [DaBW89] *Davis, F.D.; Bagozzi, R.P.; Warshaw, P.R.*: User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. In: *Management Science*, 35 (1989) 8, pp. 982-1003.
- [DeMc92] *DeLone, W.H.; McLean, E.R.*: Information systems success: The quest for the dependent variable. In: *Information Systems Research*, 3 (1992) 1, pp. 60-95.
- [DeMc03] *DeLone, W.H.; McLean, E.R.*: The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. In: *Journal of Management Information Systems*, 19 (2003) 4, pp. 9-30.
- [Eagl04] *Eagle, N.*: Can serendipity be planned? In: *MIT Sloan Management Review*, 46 (2004) 1, pp. 10-14.
- [HaNT99] *Hansen, M.T.; Nohria, N.; Tierney, T.*: What's your strategy for managing knowledge? In: *Harvard Business Review*, (1999) March-April, pp. 106-116.
- [HeNH03] *Hertel, G.; Niedner, S.; Herrmann, S.*: Motivation of software developers in open source projects: An Internet-based survey of contributors to the Linux kernel. In: *Research Policy*, 32 (2003), pp. 1159-1177.
- [HuWi04] *Huysman, M.; de Wit, D.*: Practices of managing knowledge sharing: Towards a second wave of Knowledge Management. In: *Knowledge and Process Management*, 11 (2004) 2, pp. 81-92.
- [Kall03] *Kalling, T.*: Organization-internal transfer of knowledge and the role of motivation: A qualitative case study. In: *Knowledge and Process Management*, 10 (2003) 2, pp. 115-126.

- [KaWi93] *Karau, S.J.; Williams, K.D.*: Social loafing: A meta-analytic review and theoretical integration. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, 65 (1993) 4, pp. 681-706.
- [KaWi01] *Karau, S.J.; Williams, K.D.*: Understanding individual motivation in groups: The collective effort model. In: *Turner, M.E. (Ed.): Groups at Work: Theory and Research*. Erlbaum, Mahwah 2001, pp. 113–142.
- [LaWH79] *Latané, B.; Williams, K.; Harkins, S.*: Many hands make light the work: The causes and consequences of social loafing. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, 37 (1979) 6, pp. 822-832.
- [LBLW05] *Ling, K.; Beenen, G.; Ludford, P.; Wang, X.; et al.*: Using social psychology to motivate contributions to online communities. In: *Journal of Computer-Mediated Communication*, 10 (2005) 4. <http://jcmc.indiana.edu/vol10/issue4/ling.html>, retrieved 2006-06-07.
- [MaHä01] *Maier, R.; Hädrich, T.*: Modell für die Erfolgsmessung von Wissensmanagementsystemen. *Wirtschaftsinformatik*, 43 (2001) 5, pp. 497-509.
- [Malh03] *Malhotra, Y.*: Why knowledge management systems fail? Enablers and constraints of knowledge management in human enterprises. In: *Srinkantaiah, K.; Koenig, M.E.D. (Eds.): Knowledge Management Lessons Learned*. Information Today, Medford 2003. [http://liris.cnrs.fr/alain.mille/enseignements/Ecole\\_Centrale/projets\\_2004/KM\\_fails.pdf](http://liris.cnrs.fr/alain.mille/enseignements/Ecole_Centrale/projets_2004/KM_fails.pdf), retrieved 2006-04-26.
- [MoTu04] *Money, W.; Turner, A.*: Application of the Technology Acceptance Model to a knowledge management system. In: *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2004.
- [PoLa68] *Porter, L.W.; Lawler, E.E.*: Managerial attitudes and performance. Irwin-Dorsey, Homewood 1968.
- [QiBo05] *Qian, Z.; Bock, G.W.*: An empirical study on measuring the success of knowledge repository systems. In: *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2005.

- [Schü03a] *Schütt, P.:* Die dritte Generation des Wissensmanagements. In: KM-Journal, 1 (2003), pp. 1-7.
- [Schü03b] *Schütt, P.:* The post-Nonaka Knowledge Management. In: Journal of Universal Computer Science, 9 (2003) 6, pp. 451-462.
- [Sedd97] *Seddon, P.B.:* A respecification and extension of the DeLone and McLean Model of IS success. In: Information Systems Research, 8 (1997) 3, pp. 240-253.
- [Shep93] *Shepperd, J.A.:* Productivity loss in performance groups: A motivation analysis. In: Psychological Bulletin, 113 (1993) 1, pp. 67–81.
- [Snow02] *Snowden, D.:* Complex acts of knowing: Paradox and descriptive self-awareness. Speech at the International Conference on the Future of Knowledge Management in Berlin, March 2002. <http://amor.rz.hu-berlin.de/~h04440am/wissensmanagement.htm>, retrieved 2006-04-02.
- [Snow03] *Snowden, D.:* Complex acts of knowing: Paradox and descriptive self-awareness. In: Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, (2003) April/May, pp. 23-28.
- [TeCZ06] *Te'eni, D.; Carey, J., Zhang, P.:* Human Computer Interaction - Developing Effective Organizational Information Systems. John Wiley & Sons, New York 2006.
- [ThKE01] *Thomas, J.C.; Kellogg, W.A.; Erickson, T.:* The knowledge management puzzle: Human and social factors in knowledge management. In: IBM Systems Journal, 40 (2001) 4, pp. 863-884.
- [Vroo64] *Vroom, V.H.:* Work and motivation. John Wiley & Sons, New York 1964.

# Unterstützung wissensintensiver Prozesse im Produktlebenszyklus durch Suche in Produkt- und Prozessdaten

Thomas Barth, Christian Lütke Entrup, Walter Schäfer

**Institut für Wirtschaftsinformatik**  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Universität Siegen  
57068 Siegen  
{barth, luetke-entrup, jonas}@fb5.uni-siegen.de

## Abstract

Entlang des Produktlebenszyklus generierte Daten enthalten das in einer Vielzahl von Prozessen angewandte Wissen der an Planung, Entwicklung, Herstellung etc. beteiligten Experten eines Unternehmens. Ein Ansatz zur Unterstützung komplexer, wissensintensiver Prozesse ist, dieses Wissen so wieder zu verwenden, dass zu einer neuen Aufgabenstellung ähnliche Fälle in historischen Daten gesucht, identifiziert und ggf. als Vorlage verwendet werden können.

In diesem Beitrag wird ein ausgewählter Prozess – die Angebotserstellung – auf das notwendige Wissen hin analysiert und ein generischer Suchprozess auf Produkt- und Prozessdaten als Ansatz für die Wiederverwendung von Wissen in Prozessen motiviert. Der Nutzen dieses Ansatzes wird anhand eines Werkzeugs in einem industriellen Szenario eines mittelständischen, auftragsorientierten Serienfertigers der Automobilzulieferindustrie demonstriert.

## 1 Einleitung

Der Produktlebenszyklus – und im Idealfall ein adäquates Produktlebenszyklusmanagement (PLM) – stellt für produzierende Unternehmen mit hohem Anteil komplexer Engineering-Leistungen eine Möglichkeit der Integration von Prozessen, IT-Infrastruktur und Organisation dar [AbSL05]. Daher ist es sinnvoll, den Produktlebenszyklus als Orientierung für die Analyse von Prozessen, des darin benötigten Wissens und den entsprechenden Daten aufzufassen, um Möglichkeiten der Prozessunterstützung identifizieren und realisieren zu können.

Entlang des Produktlebenszyklus wird eine erhebliche Menge an Daten generiert (meist strukturierte Dokumente oder Datensätze mit numerischen und alphanumerischen Inhalten sowie CAD-Zeichnungen mit Geometrieinformationen), die idealer Weise in Produktdatenmanagement-(PDM-)Systemen abgelegt sind. Diese Daten enthalten das Wissen der an Planung, Entwicklung, Herstellung etc. beteiligten Experten aller Bereiche eines Unternehmens, da dieses Expertenwissen in den Prozessen des Unternehmens angewendet wird und damit in die Daten einfließt, die während der Prozesse erzeugt werden. Eine systematische Erfassung, Verwaltung und Nutzung des in den Prozessen angewendeten relevanten Wissens ist ein Ansatz, Prozesse entlang des Produktlebenszyklus sowohl zu unterstützen und zu optimieren als auch den Verlust von Expertenwissen zu vermeiden.

Einleitend sollen für die weiteren Betrachtungen Abgrenzungen der zentralen Begriffe der Wissens- (implizites ↔ explizites Wissen) und Prozesssicht (Wissensprozess ↔ wissensintensiver Prozess) vorgenommen werden. Implizites Wissen bezeichnet schwer formulier- und formalisierbares Wissen, dessen sich evtl. selbst der Träger des Wissens nicht bewusst ist und das damit nicht direkt durch IT-Werkzeuge erfassbar, abbildbar und anwendbar ist. Unter explizitem Wissen wird demgegenüber Wissen verstanden, das bspw. in Form von Regeln formalisiert und daher mit IT-Werkzeugen verwaltet und angewendet werden kann [NoTa97].

Bezüglich der Prozesse kann grundsätzlich zwischen „Wissensprozessen“ und „wissensintensiven Prozessen“ unterschieden werden: Wissensprozesse dienen dazu, die Ressource Wissen für die Durchführung der wissensintensiven Prozesse zu identifizieren, zu erfassen, aufzubereiten, zu verwalten und zur Nutzung zu verteilen. Demgegenüber zeichnen sich wissensintensive Prozesse dadurch aus, Expertenwissen im jeweiligen Anwendungsbereich zu erfordern, das beispielsweise durch Wissensprozesse zur Verfügung gestellt werden kann [Remu02].

Insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist eine explizite Erfassung, Verwaltung und Nutzung des relevanten Wissens durch eigenständige und aufwändige Wissensprozesse organisatorisch kaum möglich. Daher muss für eine effiziente Unterstützung der wissensintensiven Prozesse eine transparente Integration der relevanten Wissensprozesse durch standardisierte Komponenten vorgenommen werden.

In diesem Beitrag wird eine Herangehensweise vorgestellt, mit der eine Unterstützung wissensintensiver Prozesse in einem mittelständischen Unternehmen – in diesem Szenario aus der Automobilzulieferindustrie – realisiert werden kann. In dieser Branche dominieren KMU, die ein hohes Maß an (Erfahrungs-)Wissen über ggf. lange Zeiträume aufgebaut haben und deren wirt-

schaftlicher Erfolg bzw. ihre Überlebensfähigkeit von diesem Wissen über Produkte, Herstellungsprozesse, Fertigungstechnologien, Kunden, Marktentwicklungen etc. abhängt. Dieses Wissen in Gegenwart der folgenden konkurrierenden Rahmenbedingungen

- Kostendruck (von Kunden- und Mitbewerberseite),
- steigende Produkt- und Prozesskomplexität und -qualität
- Verkürzung des Produktlebenszyklus insbesondere in den frühen Phasen

effizient zu finden und wieder verwenden zu können ist daher eine Herausforderung an Unternehmen, der durch geeignete Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse begegnet werden kann.

Der Beitrag gliedert sich wie folgt: In Kapitel 2 werden wissensintensive Prozesse im Produktlebenszyklus charakterisiert. Zur Unterstützung dieser Prozesse wird der Ansatz einer Suche in Produkt- und Prozessdaten begründet und deren wesentliche Bestandteile erläutert. Kapitel 3 hat das Beispielszenario des wissensintensiven Prozesses der Angebotserstellung in einem mittelständischen Automobilzulieferunternehmen zum Gegenstand, untersucht dabei den Prozess sowie das dabei einfließende Wissen und stellt ein Werkzeug vor, das die Suche nach ähnlichen Produkten zur Wiederverwendung des eingeflossenen Wissens realisiert. Im vierten Kapitel werden relevante Forschungsarbeiten in benachbarten Forschungsgebieten dargestellt, bevor im abschließenden Kapitel eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsarbeiten gegeben werden.

## **2 Unterstützung wissensintensiver Prozesse durch Wiederverwendung von Wissen**

### **2.1 Wissensintensive Prozesse im Produktlebenszyklus**

Wissensintensive Prozesse lassen sich beispielsweise durch Eigenschaften wie individuell variierende Abläufe, hohe Autonomie der Mitarbeiter, deren vergleichsweise breiter Entscheidungsspielraum bei der Erfüllung ihrer Funktion und geringe Unterstützung durch IT-Werkzeuge charakterisieren [Remu02], also durch eine prozessinhärente strukturelle Komplexität. Das in diesen Prozessen relevante Wissen lässt sich näher dadurch charakterisieren, dass es sich um sehr spezifisches Expertenwissen der jeweiligen Domäne handelt, dessen Anwendung in den

Prozessen unverzichtbar ist und daher einen erheblichen Wert darstellt [Star92]. Auch in Routinevorgängen kann Wissen erforderlich sein, das allerdings in diesem Kontext keine Klassifikation des Prozesses als wissensintensiv zulässt.

Insbesondere die Qualität und Effizienz der Durchführung wissensintensiver Prozesse sind daher für Unternehmen besonders wesentlich, da sie – wie etwa im Falle von Prozessen in der Produktentwicklung – für die Qualität der Produkte entscheidend sind oder aber – wie im Falle von Prozessen in der Planung – über die strategische Ausrichtung von Aktivitäten in der Entwicklung und im Vertrieb und damit über die Zukunft eines Unternehmens mitentscheiden. In Abschnitt 3.1 wird die Relevanz des wissensintensiven Prozesses der Angebotserstellung detailliert beschrieben. Abb. 1 zeigt eine Klassifikation von Prozessen nach deren struktureller Komplexität und Wissensintensität. Im oberen rechten Quadranten sind die wissensintensiven Prozesse aufgeführt, während im unteren linken Quadranten eher formalisierbare Routinetätigkeiten platziert sind. Hervorgehoben (Fettdruck) sind Beispiele für Prozesse, die in diesem Kontext und mit dem hier vorgestellten Lösungsansatz zu unterstützen sind. Tätigkeiten rund um die Entwicklung und Konstruktion neuer Produkte stehen dabei im Mittelpunkt. Darüber hinaus sind auch Prozesse relevant, die beispielsweise durch Analyse der bisherigen Produktpalette und der Entwicklung auf Kundenseite im Bereich des strategischen Vertriebs die Ausrichtung von Vertriebs- und Entwicklungstätigkeiten überprüfen und an die Marktentwicklung anpassen.

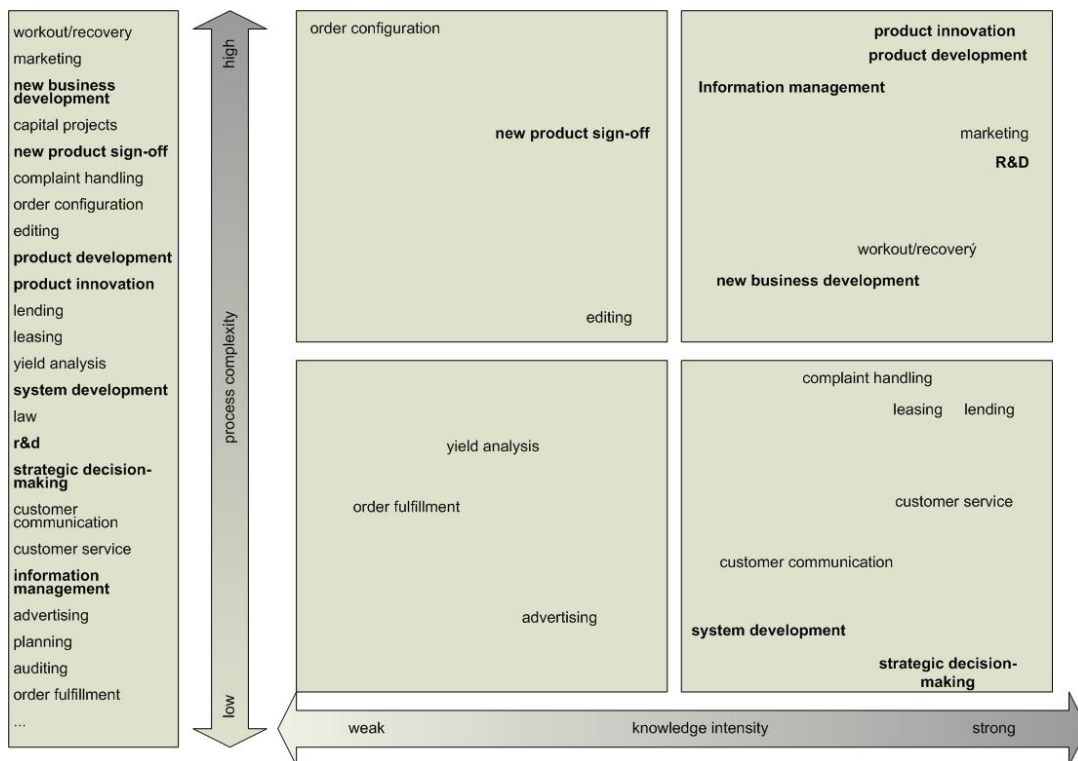


Abb. 1 Klassifikation von Prozessen nach Komplexität und Wissensintensität (vgl. [EpSR99])



## 2.2 Anforderungen an Werkzeuge zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse

Wie bereits bei der Charakterisierung wissensintensiver Prozesse dargestellt, sind die inhaltliche wie strukturelle Komplexität der Abläufe sowie mangelnde Unterstützung durch IT-Werkzeuge allgemeine Merkmale.

Eine Unterstützung von Prozessen dieser Charakteristik stellt daher aus unserer Sicht an prozessübergreifende Lösungsansätze und entsprechende Werkzeuge die folgenden Anforderungen:

- **Prozess-übergreifende Einsetzbarkeit**

Verbreitet und angewendet wird Wissen in unterschiedlichen Phasen des Produktlebenszyklus, in unterschiedlichen Funktionen und mit unterschiedlichen Zielen. Daher sollte ein generischer Ansatz eine solche Nutzung unterstützen.

- **Unterstützung dynamischer Prozesse**

Entscheidungen, die auf Basis von Wissen in Prozessen getroffen werden, können auf unterschiedliche Art zustande kommen (z.B. in Abhängigkeit vom jeweils Entscheidenden). Die Unterstützung sollte daher losgelöst von a priori vorgegebenen Abläufen sein.

- **Kombinierbarkeit von Verfahren**

Wenn unterschiedliche Verfahren zur Nutzung von Wissen verfügbar sind, sollten beliebige Kombinationen von Verfahren möglich sein und unterstützt werden, um eine möglichst hohe Adaptierbarkeit an unterschiedliche Vorgehensweisen zu ermöglichen.

- **Integration mit PLM/PDM- und /oder ERP-Systemen**

Datenbasis für die Nutzung des Wissens sind verbreitet PLM/PDM- bzw. ERP-Systeme, die als Integrationsplattform eine konsistente Sicht auf betriebswirtschaftliche wie technische Produkt- und Prozessdaten ermöglichen [PBFL00]. Daher müssen Werkzeuge auf diesen Datenbestand zugreifen können, um Redundanzen und Inkonsistenzen zu vermeiden.

- **Anwendbarkeit in verteilten Szenarien**

Da der Lebenszyklus von Produkten und Herstellungsprozessen in zunehmendem

Maße geografisch verteilt und organisationsübergreifend durchlaufen wird, ist eine Unterstützung in einem verteilten Szenario anzustreben.

### 2.3 Generische Suchprozesse als Lösungsansatz

Hinrichs klassifiziert die Probleme, zu deren Lösung die hier betrachteten wissensintensiven Prozesse durchgeführt werden, als „open world“-Probleme, die sich durch generell unvollständiges Wissen zu ihrer Lösung auszeichnen [Hinr92]. Nach Hinrichs sind sie damit weder durch eine abgeschlossene Menge an Regeln hinreichend genau zu formulieren noch können Experten bei der Problemlösung durch regelbasierte Systeme unterstützt werden. Der Ansatz des fallbasierten Schließens („case-based reasoning“, CBR [AaPl94], s.a. Abschnitt 4.1) wird dahingegen als geeignet für die Problemlösung in solchen „offenen“ Anwendungsbereichen angesehen [AlBa96]. Der hier präsentierte Ansatz basiert daher auf einer generischen Suche nach Ähnlichkeiten in den Produkt- und Prozessdaten.

Die Suche als Werkzeug zur Wiederverwendung von Wissen bietet gegenüber bspw. regelbasierten Ansätzen den Vorteil, dass die Datenbasis und damit die Menge möglicher Ergebnisse und des verfügbaren Wissens nicht in Regeln transformiert werden muss. Da Regeln der Form *if Bedingungen then Aktionen* mit einem bestimmten Ziel (der Aktion) definiert werden müssen, ist die Verwendung eines einheitlichen Regelwerks in unterschiedlichen Prozessen problematisch. Z.B. kann kaum ein einheitliches Regelwerk sowohl in der Konstruktion als auch in der Kostenrechnung angewendet werden. Ebenso entfällt die Notwendigkeit der Pflege (Aktualisierung, Konsistenzerhaltung) einer wachsenden Regelbasis.

Bei der Analyse (Beobachtung, Interviews) der Arbeitsweise der Experten in ihren jeweiligen Funktionen entlang der Prozesskette werden Gemeinsamkeiten in der Vorgehensweise deutlich:

- Verwendung von funktionspezifischen Informationen
- Variierende Reihenfolge in der Analyse der Informationen
- Notwendigkeit variierender, fallspezifischer Informationen
- Nutzung von unvollständigen und unscharfen Daten/Informationen

Für einen generischen Suchprozess hat dies zur Folge, dass es rollenspezifische Mengen der Daten gibt, nach denen gesucht werden kann. Darüber hinaus ist sowohl die Kombination der Informationen als auch die Reihenfolge, in der gesucht wird, a priori unbekannt und kann fallweise variieren. Da eine Suche in unterschiedlichen Phasen entlang des Produktlebenszyklus

eingesetzt werden kann, ist es notwendig, auch mit unvollständigen oder unscharfen Informationen sinnvolle Ergebnisse erzielen zu können, falls überhaupt möglich. Daher ist eine unscharfe Suche (d.h. eine Suche mit vorzugebender Genauigkeit/Unschärfe, s. a. Abschnitt 2.4) nötig.

## 2.4 Komponenten der Suchprozesse

Voraussetzung für eine effiziente Suche innerhalb von Produkt- und Prozessdokumenten ist die Identifikation der Daten, in die das relevante Wissen eingeflossen ist. So ist beispielsweise ein Arbeitsplan, bestehend aus Maschinen, Beschreibungen von Arbeitsgängen, Parametern der Fertigung wie die Angabe „Hub pro Minute“ oder „Vorschub pro Hub“ etc., das Ergebnis eines wissensintensiven Prozesses, in den Wissen über Fertigungstechnik, Materialeigenschaften, Kosten etc. einging. Eine Suche nach diesem spezifischen Wissen sollte als Ergebnis Arbeitspläne (bzw. vollständige Produktdatensätze) liefern, die bzgl. einer Metrik ähnlich sind.

Es ergeben sich die folgenden Voraussetzungen für eine Implementierung von Suchprozessen:

- Identifikation von relevantem Wissen

Das in den Prozessen relevante Wissen hängt von den jeweiligen Funktionen und den Kompetenzen und Verantwortlichkeiten der Funktionsträger ab. Dieses Wissen muss qualitativ erfasst und in die Prozesse eingeordnet werden. Auf dieser Basis kann ein Datenmodell für die zu durchsuchenden Daten erstellt werden.

- Identifikation von Daten

Das identifizierte Wissen ist für die Suche auf die verfügbaren Daten abzubilden. Wenn bspw. das Wissen über Materialeigenschaften bestimmter Bauteile und Fertigungstechnologien relevant ist, sind die für die Suche relevanten Daten z.B. Stückliste und Arbeitsplan, während Informationen über Maschinenstundensätze hier irrelevant sind. Prinzipiell lassen sich diese Daten nach Typen klassifizieren, für die dann jeweils Ähnlichkeitsmaße spezifiziert werden können:

- Numerische Daten

Technische bzw. betriebswirtschaftliche, skalare numerische Daten wie etwa Materialstärke und -preise, Brutto-/Nettogewicht, Vorschub, Hubzahl, Instandhaltungskosten etc.

- Alphanumerische Daten

Beschreibungen von Produkten, Texte/Schlüsselworte von Beschreibungen

gen der Arbeitsgänge, frei formulierte Bemerkungen oder Identifikatoren (etwa Teilenummern gemäß einer unternehmensspezifischen Nummernsystematik)

- Geometrische Daten  
Spezifikation der Geometrie eines Produkts durch CAD-Dokumente, Bitmap-Grafiken etc.

- Identifikation von Ähnlichkeitsmaßen

Einfachster Ansatz für die Definition der Ähnlichkeit numerischer Daten ist die Berechnung des Abstands zwischen Werten, der innerhalb einer vorgegebenen Schranke liegen muss. Für Vektoren kann bspw. die euklidische Distanz oder ein im Kontext sinnvolles Distanzmaß gewählt werden. Bei der Berechnung von Ähnlichkeiten zwischen alphanumerischen Daten wird in diesem Kontext die Ähnlichkeit einzelner Worte betrachtet. Dazu kann beispielsweise die Hamming- oder die Levenshtein-Distanz verwendet werden, die auf der (normierten) Anzahl von Einfüge-, Lösch- oder Änderungsoperationen basiert, die eine Zeichenkette in eine andere überführt (s. z.B. [Apos99]). Im Zusammenhang mit ingenieurtechnischen Anwendungen werden Geometrien typischerweise in Form von CAD-Dokumenten spezifiziert und ausgetauscht. Daher werden Ähnlichkeitsmaße zwischen Geometrien sinnvoller Weise ebenfalls auf CAD-Dokumenten definiert. Zur Berechnung der Ähnlichkeit zwischen Geometrien können Ansätze wie D2 [OFCD01], Lightfield Descriptor [Psra06] und Spherical Harmonics [SaVr01] eingesetzt werden. Sie unterscheiden sich in ihrem jeweiligen Ansatz, CAD-Dokumente zu analysieren. Es werden die Distanzen von zufällig ausgewählten Punkten auf der Oberfläche des Bauteils errechnet und miteinander verglichen (D2), zu vergleichende Objekte werden aus mehreren Perspektiven miteinander verglichen (Lightfield Descriptor) oder es werden Schnittmengen des Objektes mit konzentrischen Kugeln als Basis für einen Vergleich berechnet (Spherical Harmonics).

In Abb. 2 ist ein allgemeines Schema eines solchen iterativen Suchprozesses dargestellt, der in unterschiedlichen wissensintensiven Prozessen durchgeführt werden kann, aber in jedem Fall auf der gleichen Wissensbasis aufsetzt. Wesentlich ist, dass sowohl die Attribute als auch die Genauigkeit (oder „Unschärfe“), mit der gesucht werden soll, durch den Benutzer beliebig gewählt werden kann. Somit kann die Suche auf die Qualität und den Umfang der vorliegenden

Daten abgestimmt werden. Da die Genauigkeit von Daten entlang des Produktlebenszyklus (z.B. eine genauer werdende Beschreibung des Herstellungsprozesses im Arbeitsplan) typischerweise variiert, ist auch dies mit einer derartigen unscharfen Suche zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann dadurch von Schreib- oder Übertragungsfehlern abstrahiert werden. Prozesse können dabei durch diese Suche auf das Wissen zurückgreifen, das in den produkt- und prozessbezogenen Daten enthalten ist. Da dieses Wissen nicht – etwa in Form von Entwurfsregeln o. ä. – explizit gemacht wird, ist es in einer impliziten Wissensbasis abgelegt und wird durch ein Wissensmodell, ein daraus abgeleitetes Datenmodell und einer Menge von Ähnlichkeitsmetriken zu diesem Datenmodell zugreifbar gemacht.

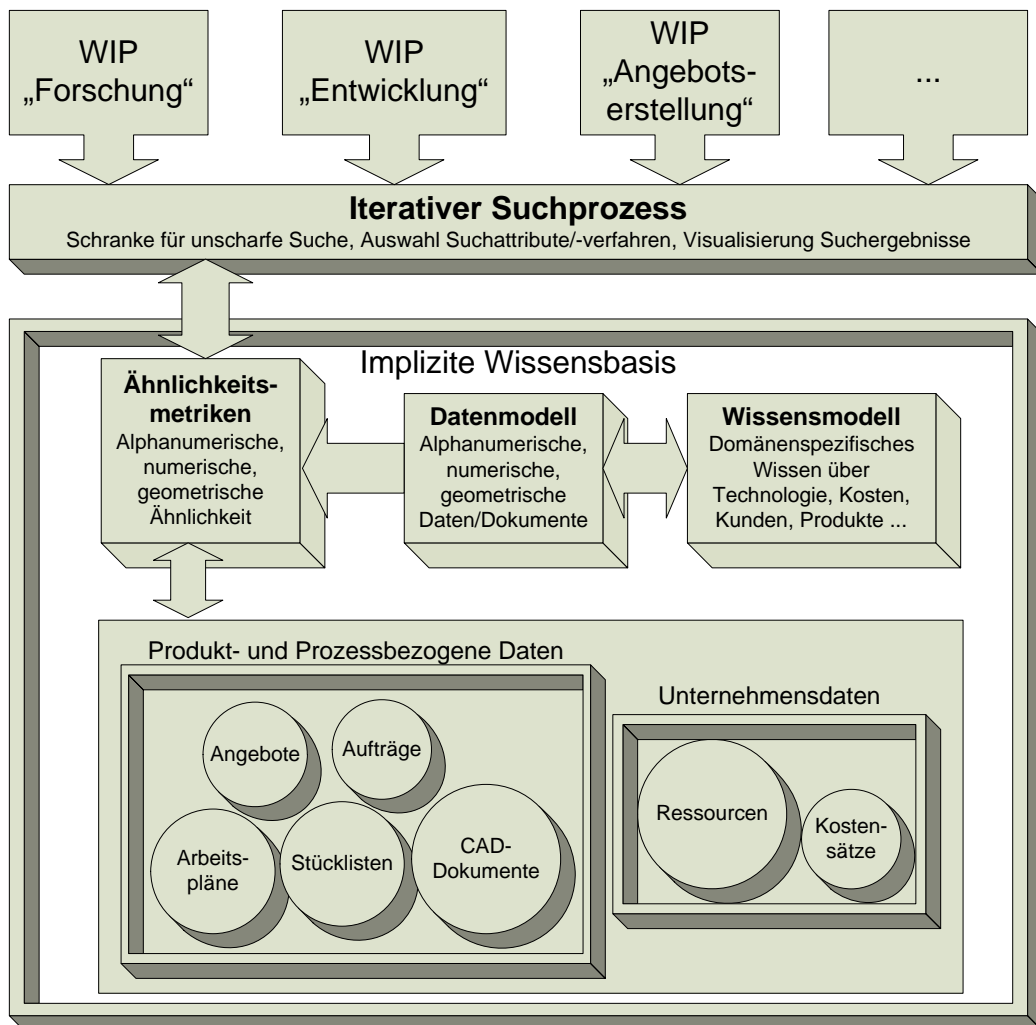


Abb. 2: Schematische Darstellung eines unscharfen Suchprozesses auf Produkt- und Prozessdaten zur Unterstützung unterschiedlicher wissensintensiver Prozesse (WIP) entlang des Produktlebenszyklus.

### 3 Unterstützung des Prozesses „Angebotserstellung“ in der Automobilzulieferindustrie durch Suchprozesse

#### 3.1 Der wissensintensive Prozess „Angebotserstellung“

Der Prozess der Angebotserstellung zeichnet sich in vielen Unternehmen – in diesem Kontext mittelständische, auftragsorientierte Serienfertiger der Automobilzulieferindustrie – durch hohen Zeit- und Kostendruck aus, wobei gleichzeitig sehr hohe Anforderungen an das Wissen der Beteiligten gestellt werden. In komplexen und wissensintensiven Prozessen wie der Angebotserstellung wird bereits ein Großteil der bei der Herstellung anfallenden Kosten (ca. 70% [Bind98] bis 90% [Saku97]) festgelegt. Allerdings führen nur ca. 10% der erstellten Angebote zu Aufträgen, was eine effiziente Angebotserstellung notwendig macht [ToBT95]. Da insbesondere bei Unternehmen kleiner und mittelständischer Größe und Organisation – für die Automobilzulieferindustrie der dominierende Unternehmenstyp – nicht davon ausgegangen werden kann, dass notwendige Kompetenzen (Mitarbeiter) mehrfach vorhanden sind, kommt einer effizienten Nutzung des impliziten Wissens unabhängig von konkreten Personen erhebliche Bedeutung zu.

Das notwendige Wissen lässt sich dabei wiederum in unterschiedliche Bereiche gliedern:

- (Fertigungs-) Technisches Produkt- und Prozesswissen

In diesem Prozess muss die technische Machbarkeit eines Produkts mit (bestehenden oder neu anzuschaffenden) verfügbaren Maschinen und dem bestehenden Fertigungs-„Know how“ dargestellt werden („Herstellbarkeitsanalyse“). Ergebnis dieser Analyse ist ein (vorläufiger) Arbeitsplan und eine Stückliste, welche die Kosten des Produkts bestimmen.

- Betriebswirtschaftliches Produkt- und Prozesswissen

Aus den mit dem Ergebnis der Herstellbarkeitsanalyse verbundenen Kosten (Material-, Lohn- und Logistikkosten, Investitionen, etc.) muss ein Selbstkostenpreis ermittelt und auf dieser Basis ein Angebotspreis festgelegt werden.

In Abb. 3 ist ein Modell des Angebotsprozesses, seine Einordnung in die Prozesskette entlang des Produktlebenszyklus sowie das einfließende Wissen in einzelnen Prozessschritten informell dargestellt. In der oberen Prozesskette ist der Produktlebenszyklus eines Automobilherstellers angedeutet, der, nach abgeschlossener Planung und Konstruktion, Aufträge unter den Zuliefer-

unternehmen ausschreibt. Für auftragsorientierte Fertigungsunternehmen ist diese Anfrage der Startpunkt der Prozesskette zur Anfragebearbeitung. Zur Analyse der Anfrage ist bspw. Wissen über die aktuelle und zukünftige Produktpalette relevant, um die Wichtigkeit eines Auftrags für das eigene Unternehmen abschätzen zu können. Die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Angebotserstellung kann ebenfalls zu diesem Punkt auf Basis von Erfahrungen und Wissen über die eigenen Produktionsstätten und die des Kunden abgeschätzt werden. Auf dieser Grundlage wird entschieden, ob der ggf. kostspielige Prozess der Angebotserstellung überhaupt gestartet wird. Ist dies der Fall, wird ein technisches Konzept erstellt, in das etwa Wissen über die verfügbare und vom Kunden geforderte Fertigungstechnologie und die zu verwendenden Materialien und ihre Eigenschaften für ein bestimmtes Produkt einfließt. Wird auf dieser Basis die Machbarkeit positiv eingeschätzt, wird als Ergebnis eine vorläufige Stückliste sowie ein vorläufiger Arbeitsplan erstellt, der zur kostenrechnerischen Bewertung weitergeleitet wird. Auf Basis u. a. von Lohn- und Energiekosten an unterschiedlichen Standorten, aktuellen und prognostizierten Materialkosten über die gesamte Auftragslaufzeit (typischerweise mehrere Jahre) und anderen Kostensätzen wird ein Selbstkostenpreis ermittelt. Der daraus abgeleitete Angebotspreis beinhaltet ggf. Aspekte, die von der Wichtigkeit der Erlangung eines Auftrags abhängen. Für die eigentliche Erstellung eines Angebotsdokuments sind schließlich Kenntnisse der kundenspezifischen Anforderungen an das Format und die Inhalte eines Angebots erforderlich.

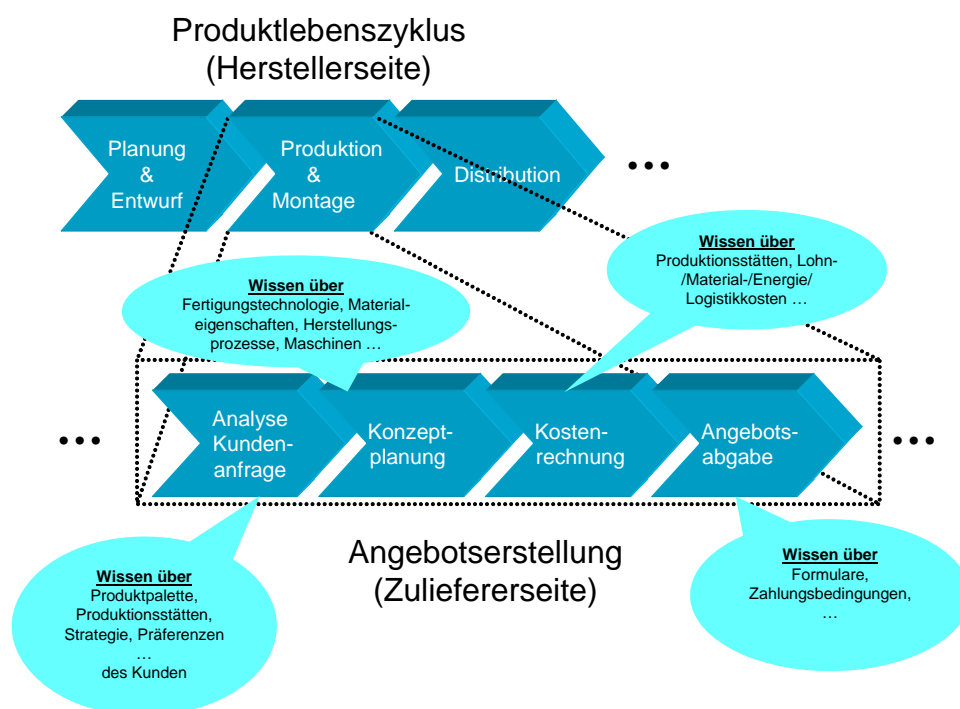


Abb. 3: Modell des Produktlebenszyklus (Ausschnitt oben) und der Angebotserstellung mit Beispielen des jeweils notwendigen Wissens

Im hier untersuchten Szenario war ein PDM-/PLM-System als gemeinsame Datenbasis noch nicht verfügbar. Daher wurde in einer Analyse des in diesem Prozess benötigten Wissens mit den in unterschiedlichen Anwendungssystemen verfügbaren Daten abgeglichen und ein Datenmodell erstellt (s. Abb. 4), welches den Suchraum des wieder verwendbaren Wissen definiert. In diesem Modell lassen sich unterschiedliche Arten von Wissen identifizieren: das notwendige Produktwissen wird repräsentiert durch die evtl. mehrstufige Stückliste. Komponenten einer Stückliste können dabei wiederum Stücklisten sein, die als Einzelteile (Baugruppen) in ein komplexeres Produkt einfließen. Neben selbst hergestellten Stanz- oder Walzteilen können Verpackungen, fremdbezogene Zukaufteile und Handelswaren Bestandteil einer Stückliste sein. Das Prozesswissen wird in diesem Modell abgebildet durch den Arbeitsplan, der eine Folge von Arbeitsgängen enthält. Jeder Arbeitsgang kann mit Werkzeugen ausgeführt werden und auf einer bestimmten Walz- oder Stanzmaschine (gegeben durch eindeutige Arbeitsplatznummern), von Hand oder fremd vergeben durchgeführt werden. Jenseits dieser beiden Arten von Wissen ist Wissen über die unternehmensweiten Ressourcen (Standorte, standortspezifische Kostensätze, Maschinen) und die jeweiligen kundenspezifischen Projekte relevant.

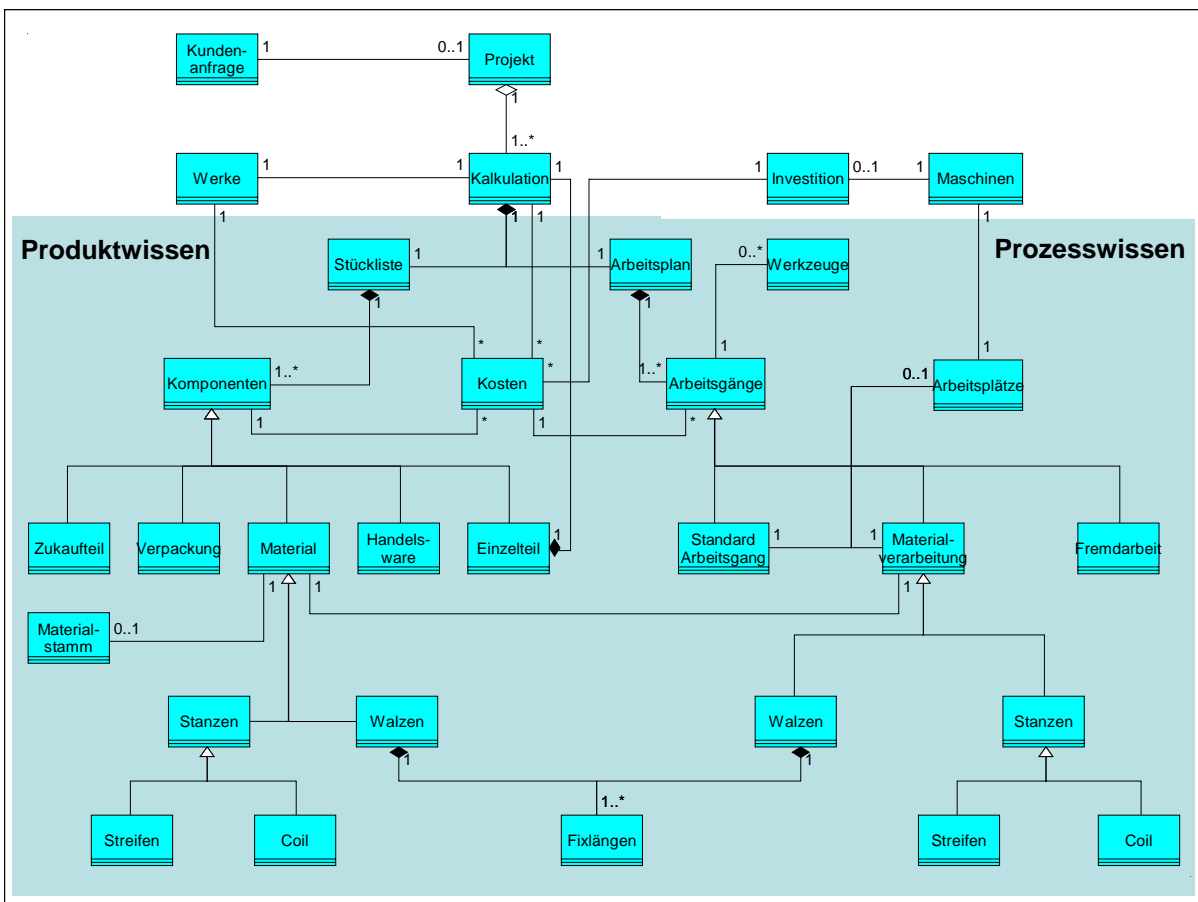


Abb. 4 Ausschnitt des Datenmodells des identifizierten Wissens



### 3.2 Ein Suchwerkzeug für Produkt- und Prozessdaten

Für beliebige Suchprozesse auf den identifizierten Daten (s. Abb. 4) und mit einer variablen, vorzugebenden Genauigkeit (oder Unschärfe) wurde ein datenbankbasiertes Werkzeug in Java prototypisch implementiert. Zur Aufbereitung der Suchergebnisse wurde eine Visualisierung integriert, die CAD-Dokumente im verbreiteten Austauschformat STL (Standard Transformation Language) dreidimensional rotierbar und mit der Möglichkeit zur Vergrößerung darstellt. Da ein visueller Abgleich durch Experten nur unvollständig formalisier- und durch Ähnlichkeitsmetriken abbildbar, jedoch nach Aussage der Anwender unverzichtbar ist, kommt dieser Funktionalität in der Praxis hohe Bedeutung zu.

In Abb. 5 ist das Ergebnis eines iterativen Suchprozesses nach alphanumerischen Daten (Bezeichnung des Produkts) sowie nach aus den CAD-Dokumenten extrahierten Informationen zur Lage des Produkts im Raum dargestellt. Da sich die Bezeichnungen der Teile voneinander unterscheiden und Suchergebnisse ausschließlich auf Basis einer unscharfen Suche in diesen Bezeichnungen keine hinreichend kleine Trefferliste ähnlicher Produkte ergibt, kann durch die Verkettung mit der geometrischen Suche nach Lageinformationen eine reduzierte Ergebnisliste erreicht werden, die durch visuellen Vergleich der verbleibenden Suchtreffer dem Experten die Auswahl des ähnlichsten Produkts und damit die Wiederverwendung von Stückliste, Arbeitsplan etc. und dem darin enthaltenen Wissen erlaubt.

Nr.	SM-Ähnlichkeit	Primärschlüssel	Kundenname	Teilebezeichnung	Einzelteilbezeichnung	Teilenummer	Einzelteilenummer	Bearbeitungsart	Gesamtgewicht	Bruttogewicht	Nettogewicht
1.	92 %	anonymisierte Projektnummer	anonymisiert	DACHRAHMEN VO	DACHRAHMEN VO	anonymisiert	anonymisiert	Stanzen vom Coil	156,4	214,1	156,4
2.	89 %	anonymisierte Projektnummer	anonymisiert	DACHRAHMEN VO	DACHRAHMEN VO	anonymisiert	anonymisiert	Walzen	204,2	271,5	204,2
3.	86 %	anonymisierte Projektnummer	anonymisiert	DACHRAHMEN HI	DACHRAHMEN HI	anonymisiert	anonymisiert	Stanzen vom Coil	220,9	339,1	220,9
4.	74 %	anonymisierte Projektnummer	anonymisiert	DACHRAHMEN AU LI/RE	DACHRAHMEN AU LI/RE	anonymisiert	anonymisiert	Stanzen vom Coil	77,3	142,6	77,3

Abb. 5 Maske des Werkzeugs zur Visualisierung von Suchergebnissen anhand der CAD-Dokumente

Eine objektive und systematische Bewertung der Suchergebnisse zur Evaluierung der Genauigkeit der Suche anhand einer Metrik ist aufgrund der Vielzahl der Kriterien, die ein Experte an Ergebnisse anlegt, schwer zu realisieren. Bisher liegen qualitative Beurteilungen der Suchergebnisse durch eine Anzahl von Experten aus unterschiedlichen Bereichen der Automobilzulieferindustrie (Kostenrechnung, technische Konzeptplanung, Produktentwicklung) vor, die einheitlich diese Herangehensweise bestätigen und den Prototypen als einsetzbar in unterschiedlichen Prozessen der jeweiligen Bereiche einstufen. Insbesondere als integraler Bestandteil von PLM wird ein solches Suchwerkzeug als unverzichtbar eingeschätzt.

## **4 Related work**

Zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse – insbesondere in Anwendungsbereichen mit ingenieurtechnischem Hintergrund, wie beispielsweise in der Automobilindustrie – lassen sich drei relevante Bereiche identifizieren: Fallbasiertes Schließen („case-based reasoning“, CBR) wissensbasierte Konstruktion („knowledge-based engineering“, KBE) sowie das organisationale Wissensmanagement.

### **4.1 Fallbasiertes Schließen („case-based reasoning“, CBR)**

Wie bereits in Abschnitt 2.3 dargestellt, kann die Ähnlichkeitssuche in Produkt- und Prozessdaten als Teil des CBR-Zyklus [AaPI94] aufgefasst werden. Der vollständige Zyklus enthält allerdings weitere Phasen („reuse“, „revise“ und „retain“), die explizit die Art der Wiederverwendung gefundener Fälle sowie die Pflege der Fallbasis behandeln. Diese Funktionalitäten werden im hier präsentierten Ansatz nicht weiter betrachtet, da zum einen die Wiederverwendung selbst als Teil des zu unterstützenden Prozesses eingeordnet wird und sich damit einer allgemeinen Betrachtung entzieht. Eine Versionierung/Revisionierung von in den Produkt- und Prozessdaten gefundenen Fällen (in diesem Szenario zum Beispiel die Erstellung einer Kopie eines Angebots als Vorlage und die nachfolgende Modifikation für eine neue Anfrage) ist Funktion eines PLM/PDM-Systems und nicht unbedingt in allen Prozessen erforderlich. Eine explizite Pflege der Fallbasis (Phasen „revise“ und „retain“) ist ebenfalls kein unabdingbarer Bestandteil, da die gefundenen Fälle/Dokumente durch die jeweiligen Benutzer gemäß des unterstützten Prozesses ausgewertet und beurteilt werden. Weiterentwicklungen des Ansatzes sind in Richtung einer automatisierten Analyse von Versionen der Dokumente möglich, um Fragen nach der Entwick-

lung eines Produkts bzw. eines Herstellungsprozesses über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg – etwa bzgl. der verwendeten Technologie oder des Materials und die Konsequenzen auf die Kosten – beantworten zu können.

Zur Realisierung der Suche in Produkt- und Prozessdaten sind Verfahren zur Bestimmung von Ähnlichkeiten zwischen Datensätzen notwendig, die aus dem Information Retrieval bzw. Text Mining stammen (s. z.B. [BaRi99]); da sich im hier dargestellten Ansatz die verwendeten Verfahren im Bereich der Ähnlichkeitsanalyse von numerischen, alphanumerischen und geometrischen Daten auf Standardverfahren beschränken und derzeit nicht im Fokus der Betrachtung stehen, wird auf eine eingehende Diskussion verzichtet.

#### **4.2 Wissensbasierte Konstruktion („knowledge-based engineering“, KBE)**

Wissensbasierte Konstruktion hat vorrangig zum Ziel, Konstrukteure von Routinearbeiten bei der Erstellung von Produktentwürfen zu entlasten [Sand03]. Dies kann beispielsweise durch die Vorgabe und automatische Prüfung von Regelwerken und das entsprechende Erzeugen von CAD-Dokumenten realisiert sein [PBFL00]. Ebenso können standardisierte Entwurfsprozesse damit forciert werden. Mit Hilfe dieser Werkzeuge kann sich der Konstrukteur auf die komplexen Aspekte des Produkt- und Prozessentwurfs konzentrieren.

Eine Integration mit PLM/PDM-Systemen als unternehmensweiter Basis für Produkt- und Prozessdaten ist für Systeme des wissensbasierten Entwurfs sinnvoll, um eine konsistente Datenbasis für die Wiederverwendung von Wissen nutzen zu können [Vajn01, PBFL00]. Allerdings ist der generelle Ansatz losgelöst von der Integration mit PLM/PDM-Systemen, um eine möglichst breite Einsetzbarkeit zu gewährleisten.

Insgesamt ist der Ansatz der wissensbasierten Konstruktion jedoch auf die Unterstützung von Konstrukteuren und dabei schwerpunktmäßig auf die Erstellung von CAD-Dokumenten ausgerichtet und hat damit die ingenieurtechnischen Aspekte der Produktentwicklung und Konstruktion im Zentrum. Eine Abstraktion des hierbei verwendeten Wissens und dessen Nutzung in anderen Prozessen wird nicht thematisiert. Der prinzipielle Ansatz der Extraktion von Wissen in Form von Entwurfsregeln und die darauf basierende Unterstützung von Prozessen ist allerdings als viel versprechend einzustufen, falls die Regelbasis automatisch erzeugt und immer aktuell gehalten werden kann. Die manuelle Pflege (und Erhaltung der Konsistenz) einer Regelbasis ist für komplexere Fälle als in der industriellen Praxis als kaum umsetzbar einzuordnen. Im hier präsentierten Ansatz wird auf eine Extraktion von Wissen in Form von Regeln verzichtet (s. a. Abschnitt 2.3).

### **4.3 Organisationales Wissensmanagement**

Wissensmanagement stellt eine Vielzahl von Modellen und Methoden zur Verfügung, um Wissen (der Mitarbeiter) innerhalb eines Unternehmens systematisch zu erhalten und zu verteilen [MeHV03]. Dazu wurden Ansätze wie Wissenslandkarten, Content Management, Gelbe Seiten, Communities, „lessons learned“, „best practices“ und Suchmaschinen [Remu02] entwickelt, die den Austausch von Wissen – manuell oder halbautomatisch – unterstützen können. Daher sind sie auf die Kompetenzen der Mitarbeiter angewiesen, Wissen formalisieren und speichern zu können und darauf, dass dieses persönliche Wissen aktiv ausgetauscht und dieser Austausch gewollt wird. Daraus resultieren zwei Nachteile: Zur Unterstützung von Prozessen nutzbares Wissen muss explizit verfügbar und dazu durch den Wissensträger expliziert worden sein. Zum anderen wird durch diesen Ansatz nur Wissen erfasst, das auch dem Wissensträger bewusst ist.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

In diesem Beitrag wurde ein Ansatz zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse durch Suche in Produkt- und Prozessdaten vorgestellt. Die Relevanz wissensintensiver Prozesse wurde erläutert und diese von Wissensprozessen abgegrenzt. Nach der Anforderungsanalyse und Motivation der Suche als Lösungsansatz wurden die Komponenten des Suchprozesses eingeführt und erläutert. Der Prozess der Angebotserstellung wurde als Rahmen zur Bestätigung der Anwendbarkeit dieser Systematik ausgewählt und detailliert vorgestellt. Über ein Wissensmodell wurde ein Datenmodell erstellt, auf dessen Basis die Suche vorgenommen werden konnte. Zur Überprüfung des Ansatzes und der Komponenten wurde ein Suchwerkzeug prototypisch implementiert.

Die Weiterentwicklung dieses Ansatz beinhaltet zwei Aspekte: Zum einen den Entwurf und die Implementierung eines service-orientierten Frameworks, das die Integration in verteilte Workflows auf Basis von Web bzw. Grid Services erleichtert. Ein weiterer Ansatzpunkt für zukünftige Arbeiten ist die Entwicklung einer allgemeinen Vorgehensweise für den Einsatz von Suchprozessen zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse. Dazu ist geplant, einen Kriterienkatalog für die Identifikation der wissensintensiven Prozesse, des darin enthaltenen relevanten Wissens sowie der zu untersuchenden Daten aufzustellen. Auf dieser Basis lassen sich zu Prozessen und Daten „passende“, effiziente Suchprozesse generieren, die sich dann in entsprechende Workflows der Prozesse im Produktlebenszyklus integrieren lassen. Eine Optimierung dieser

Suchprozesse ist etwa durch Analyse der Vorgehensweise bei der Suche (z.B. Auswahl und Reihenfolge der Attribute, Wahl der Genauigkeiten, Länge der Suchprozesse bis zum Erreichen einer hinreichend kleinen Treffermenge oder Abbruch) und der entsprechenden Anpassung der Suchmasken und -attribute geplant. Durch Prozess- und Benutzerspezifische spezifische „Muster“ für (Erfolg versprechende) Suchprozesse könnte die Effizienz der Suche gesteigert werden.

### **Danksagung**

Teile der hier präsentierten Arbeiten wurden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der D-Grid-Initiative im Projekt In-Grid (<http://www.ingrid-info.de>) unter #01AK806C gefördert.

### **Literaturverzeichnis**

- [AaP194] Aamodt, A., Plaza, E.: Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches, AI Comm., IOS Press, 7 (1), S. 39-59.
- [AlBa96] Althoff, K.-D., Bartsch-Spörl, B.: Decision support for case-based applications, Wirtschaftsinformatik 38 (1996) 1, S. 8-16.
- [Apos99] Apostolico, A.: General Pattern Matching. In: Atallah, A. (eds.): Algorithms and Theory of Computation Handbook. CRC Press 1999, S. 13-5 - 13-10.
- [AbSL05] Abramovici, M., Schulte, S., Leszinski, S.: Best Practice Strategien für die Einführung von PLM. In: industrie management 2/2005, GITO-Verlag.
- [Bind98] Binder, M.: Produktkostenmanagement in Entwicklung und Konstruktion. Gabler 1998.
- [BaRi99] Baeza-Yates, R., Ribeiro-Neto, B.: Modern Information Retrieval, Addison-Wesley 1999.
- [EpSR99] Eppler, M., Seifried, P., Röpnack, A.: Improving Knowledge Intensive Processes through an Enterprise Knowledge Medium. SIGCPR Conf., New Orleans 1999.

- [Hintr92] Hinrichs, T.: Problem Solving in Open Worlds – A Case Study in Design, Lawrence Erlbaum Associates 1992.
- [MeHV03] Mertins, K.; Heisig, P.; Vorbeck, J.: Knowledge Management. Springer 2003.
- [NoTa97] Nonaka, I., Takeuchi, H., Die Organisation des Wissens, Campus-Verlag 1997.
- [OFCD01] Osada, R.; Funkhouser, T.; Chazelle, B. und Dobkin, D.: Matching 3D Models with Shape Distributions. In: Shape Modeling International (2001), S. 154-166.
- [PBFL00] Penoyer, J., Burnett, G., Fawcett, D., Liou, S.-Y.: Knowledge based product life cycle systems: principles of integration of KBE and C3P, Computer-Aided Design 32 (2000), S.311-320.
- [Psra06] Princeton Shape Retrieval and Analysis Group: Shape Representations. <http://www.cs.princeton.edu/gfx/proj/shape/>, (Webabruf 2006/03/23).
- [Remu02] Remus, U.: Prozessorientiertes Wissensmanagement – Konzepte und Modellierung, Dissertation, Universität Regensburg 2002.
- [Saku97] Sakurai, M.: Integratives Kostenmanagement. Vahlen, München 1997
- [Sand03] Sandberg, M.: Knowledge-based engineering – in product development, Tech. Bericht, LTU-TR-2003/05-SE, Technische Universität Lulea 2003.
- [SaVr01] Saupe, D., Vranic, D. V.: 3D Model Retrieval with Spherical Harmonics and Moments. DAGM-Symposium 2001, S. 392-397.
- [Star92] Starbuck, W.: Learning by Knowledge-intensive Firms, Journal of Management Studies 29 (6), 1992, S. 713-740.
- [ToBT95] Tönshoff, H. K.; Brunkhorst, U.; Tracht, K.: Angebotsplanung in der Einzelfertigung. In: CIM-Management (1995) 5, S. 42-45.
- [Vajn01] Vajna, S.: Approaches of Knowledge-based Design. In: Proc. Int. Design Conf. 2002, Dubrovnik, S. 93-100.

# Mobile Knowledge Management Support in Fire Service

## Organisations

Andrea Freßmann, Ralph Bergmann

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II  
Universität Trier  
54286 Trier, Germany  
{fressmann,bergmann}@uni-trier.de

Brian Taylor, Ben Diamond, Gary Carr-Smith

Fire Service College  
Moreton in Marsh, Gloucestershire, GL56 ORH, Great Britain  
btaylor@fireservicecollege.ac.uk, Ben.Diamond@wmfs.net, Gary.Carr-Smith@avonfire.gov.uk

### Abstract

In emergency domains like fire services, the need for support systems enabling instant mobile access to mission-critical knowledge from different heterogeneous knowledge sources has increased significantly during the past years. A comprehensive socio-technical study that focuses on the current state of working and on the needs of the people working in fire services was conducted within the European Project AMIRA (Advanced Multimodal Intelligence for Remote Assistance). Based on the results of this study, the AMIRA system was designed, which supports knowledge management by a system that integrates various knowledge sources through an intelligent mediator component called *CAKE (Collaborative Agent-based Knowledge Engine)*. The knowledge can be assessed through multi-modal mobile and stationary clients. The developed system has been implemented as prototype and successfully evaluated in a comprehensive evaluation based on user trials.

## 1 Introduction

In recent years, the demand for support systems for emergency services, such as fire services, has increased significantly in order to improve methods for all types of protection. Today, a

focus is put on training, qualifying and supporting the members of emergency services, but there is also an increased awareness of the potential of systematic knowledge management. In particular in fire service organisations, there is a demand for supporting inexperienced *Incident Commanders (ICs)*. As first attendance at incident grounds, ICs are in charge of the fire crew and are required to make dynamic decisions in a safety and risk critical environment, utilising a range of skills in a time critical manner. This decision making process can be improved by providing knowledge of different kinds, for different purposes, and from different sources, according to the particular emergency situation. This knowledge provision is embedded in a collaborative process and involves several people in the fire service working with different roles in different locations. To address this challenge, the European AMIRA (Advanced Multimodal Intelligence for Remote Assistance) R&D project was initiated. AMIRA has particularly the objective of developing advanced knowledge-based, mobile support techniques integrated with recent speech and search technology. The resulting technology aims at supporting users by obtaining and providing knowledge for making decisions in time and business critical situations.

To establish a solid ground for the development of such a knowledge management technology, a comprehensive analysis of the requirements of fire service organisations has been performed. It was necessary to analyse in advance what the actual needs of users in fire service organisations are, what they use today, and what they could realistically need to use tomorrow. Particularly, the flow of information within fire service organisations was analysed with the goal to improve information exchange among the collaboratively working fire service staff in the future. This socio-technical study has been conducted in close collaboration with the *Fire Services College (FSC)*, which is the UK governmental training and research centre establishment for UK fire services. Based on this requirements analysis, the AMIRA system has been designed and implemented. It supports knowledge management through a support system that integrates various knowledge sources through an intelligent mediator component called *CAKE (Collaborative Agent-based Knowledge Engine)*. The people involved in a fire service organisation can access all the available knowledge through multi-modal mobile and stationary clients in their particular working environment.

The remainder of the paper is organised as follows. Section 2 presents the main results of the socio-technical study. Section 3 sketches the AMIRA system, which is evaluated in detail in Section 4. Finally, a short conclusion closes this paper.



## 2 Socio-technical Study

The goal of the socio-technical study is to elicit the user needs of fire service members with respect to optimisations of their current state of working. In accordance with human behaviour, user opinions and working conditions three points were figured out that had to be taken into consideration to reach the analysis goal: analysis of the current state of working practices, elicitation of user requirements, and development of use cases. Based on these points a methodology consisting of four different analysis levels was designed:

- **Information source interrogation and analyses:** analysis of existing documentations, studies, and data sources;
- **Interviews and questionnaires:** knowledge acquisition from users;
- **Requirement assessment:** elicitation of user requirements and use cases;
- **Requirement evaluation:** verification of the requirements and use cases.

This methodology was also aligned to socio-technical research in information society [Huws02, Huws04, Soci02] for ensuring a comprehensive view on user needs. In the following the main achievements of the conducted socio-technical study [FrBe05] are presented.

### 2.1 Current State of Working Practices

For elaborating the current state of working practices, related projects, available documents and existing studies (e.g. a study from the “Chief and Assistant Chief Fire Officers Association” (CACFOA) [CACF01]) were analysed. Furthermore, questionnaires were developed that were specially tailored to young ICs in order to acquire knowledge about user needs and to uncover deficiencies in terms of the required support for ICs. These questionnaires and interviews were conducted at FSC at which representatives of different UK fire services took part. Altogether 78 fire fighters and ICs were involved in the interviews and debriefings. As a result, several typical important skills of people involved in fire service organisations were identified [FrBe05]:

- Keen perception for capturing situations;
- Flexible acting in a fast changing environment;
- Retaining facts in memory;
- Collaborative working.

Both, the first and the second skill is highly time critical in emergency situations and is needed at both the incident ground and the supporting level in terms of fire control personnel and human experts. Keen perception for capturing situations is the precondition for identifying the nature of incident and further for recognising signs for special dangers, i.e. hazardous materials, leaking vessels and poisons. By ignoring such signs, fire fighters take a risk of misconceiving incidents that could lead to a crucial issue. Above all, it depends on the reports of the fire fighters how ICs make their decisions. Beyond keen perception, fire fighters have to cope with occurring external events having impact on their decisions and incident procedures.

The third skill concerns long-term processes with which fire fighters have to cope. Because of complexity and diversity of incidents, fire fighters have to retain much knowledge about their operations. It is hard for fire fighters to keep such a lot of facts in their minds and to undertake further study, particularly for novices or fire fighters who work in the auxiliary fire brigade.

The last skill addresses all kinds of collaborative working during operations, e.g. information exchange between colleagues and the collaboration with experts. When ICs are not sure in making a decision they request experienced colleagues or fire control for support; communication is a big issue in fire services.

Another result in terms of current state of working practices was that over 30 knowledge sources are in use during work, e.g. operational notes, fire facts, incident information, location information [FrBe05]. Some knowledge sources are only available on papers, other knowledge sources can be accessed via electronic devices, and colleagues or human experts can be seen as knowledge sources as well. Usually, for fire fighters who wear their working clothes it is very cumbersome to access these knowledge sources and, additionally, they have to be aware what kind of information is provided by what knowledge source.

## **2.2 User Requirements**

User requirements were deduced from information source interrogations and from the conducted interviews. Because different fire services have different requirements, only those requirements that are common between UK fire services are presented. Analysis of the interview transcripts and questionnaires highlights several specific issues [FrBe05]. One main issue is the surfeit of knowledge sources that are in use in fire service organisations. Some fire fighters talk about the danger of information overload or overflow. Due to this overload of information, a large number of text-based documents have to be read in order to determine the specific information wanted. In summary, the following requirements were identified:

**Information support (R1):** ICs should be supported with information and working instruction for decision making. Only ICs demand such support because fire services are hierarchically structured, so that other fire fighters involved in the incident should get information only from the responsible IC.

**Mobility (R2):** For supporting mobile workers, the envisaged information support must be able to provide information at any location the mobile worker can be: Mobile access is needed. While working in time and business critical processes, mobile workers demand short response time regarding information support.

**Ease of use (R3):** The usability of the envisaged computer support has to be aligned to the requirements during work, e.g. that fire fighters wear operational kits, such as helmets, goggles or breathing apparatus and thick gloves. The information support enables users to smoothly access information by a hands-free access. One solution is the integration of a speech dialogue system via which the ICs are able to access the information support system.

**Core information (R4):** The IC may not be suitably supported by highly complex information because there is no time to analyse the information in action. An overload of information has to be avoided; the emphasis must be on the concise, easily understandable core information.

**Reduction of the number of systems in use (R5):** Because of a large number of information sources and different access methods there is a need for reducing the number of systems in use for facilitating improved working on location.

**Search on structured and unstructured data (R6):** For integrating the existing information sources, the envisaged system requires sufficient integration methods due to disparate formats of information, e.g. structured or unstructured.

**Knowledge exchange and collaborative working (R7):** It is crucial to consider information paths within organisations: The control centre which coordinates mobile workers in action is lacking information from the field. Therefore, an enhanced information support is demanded that allows notifications and collaboration among users.

**Pro-active information support (R8):** In relation to the current work, the fire control lacks information about what is going on in the field. Hence, they should be pro-actively supported in getting information about their operatives.

**Integration of best practices (R9):** Novices and inexperienced users often lack sophisticated knowledge about *how* to assess the required knowledge in a time-efficient manner and how to avoid irrelevant results. Therefore, they need support to perform an adequate search process.

**Information capturing (R10):** Based on the interviews conducted, a need for procedures to update existing information sources becomes obvious. Up to now, update processes are not executed very frequently, so that knowledge sources may become less reliable. Structuring of update and review procedures would be a huge benefit for fire service domains.

**User profiles (R11):** User profiles are required that ensure the users' authenticity and authorisation.

This list of user requirements is not exhaustive but establishes an understanding of user needs within the fire service organisations. In the scope of this paper, the requirement R9 is of particular importance: The reuse of search processes demands process support in order to provide means of efficient combining result items from different information sources.

### 2.3 Use Cases

The main goal of the socio-technical study is the research of appropriate ways to integrate and enhance knowledge management in order to support mobile workers during collaborative work. The development of a prototypical AMIRA system as demonstrator of the results is one of the main outcomes. The system implements three use cases tailored to the user requirements.

#### 2.3.1 Use Case 1: IC requests information via a speech dialogue system

Within the fire services the IC is the only person who is in charge and responsible for the decisions made at the incident. Therefore, all fire fighters involved provide her/him with precise details of the incident. The IC is then able to make decisions on how to proceed. Consequently, there is a need to support the IC when he lacks information necessary for decision-making and in estimating current resources. Instead of going back to the fire appliance, the IC should be supported in requesting information and receiving answers by using a mobile system which can be requested by speech. Figure 1 shows the first use case.

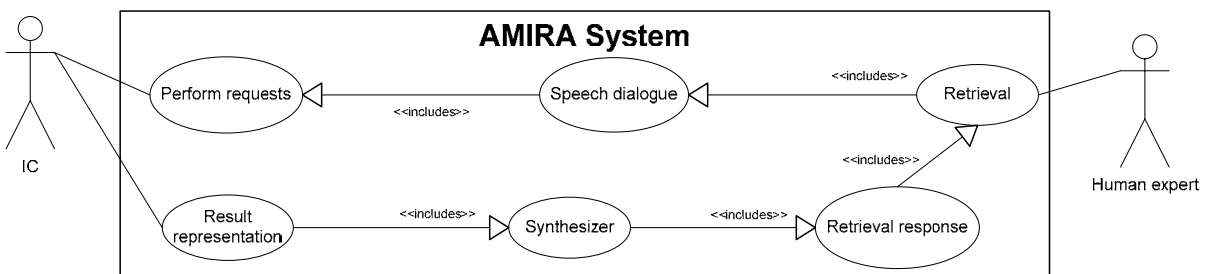


Figure 1: Use Case 1 represented as UML Use Case Diagram (please note that the arrows do not represent the flow of information but the inclusion of separately described sub- use cases)

One possible scenario of this use case is when the IC arrives at the incident, fire fighters tell him many facts about the incident but he does not know how to interpret the facts or how to act. For example, an inexperienced IC and his crew come to a road traffic accident where a truck is involved labelled with an *emergency action code (EAC)* indicating dangerous goods. The IC is not sure of the encoding, so that he uses the AMIRA system to perform a query which includes the EAC and a description of the accident like ‘vehicle accident’ and ‘fire affecting or likely to affect load’. To articulate the information request the IC uses a speech dialogue system as illustrated in Figure 1. After that the AMIRA system initiates a retrieval based on the information request. In the retrieval process human experts can also be involved. Finally, the retrieval response is synthesized into speech and presented to the IC. Thus, the IC receives instructions how to act and what has to be taken into consideration for further decisions.

### 2.3.2 Use Case 2: pro-active information support

By monitoring user-system interactions, the AMIRA system can elicit information directly related to the operation in which the operatives are currently working. By analysing this information, the AMIRA system is able to pro-actively support the fire control (working in the fire service headquarter) with information about the situation in the incident ground as shown in Figure 2. During or after the operation this information can be used as part of the operation debrief protocol or for reproducing actions or decision made during operation.

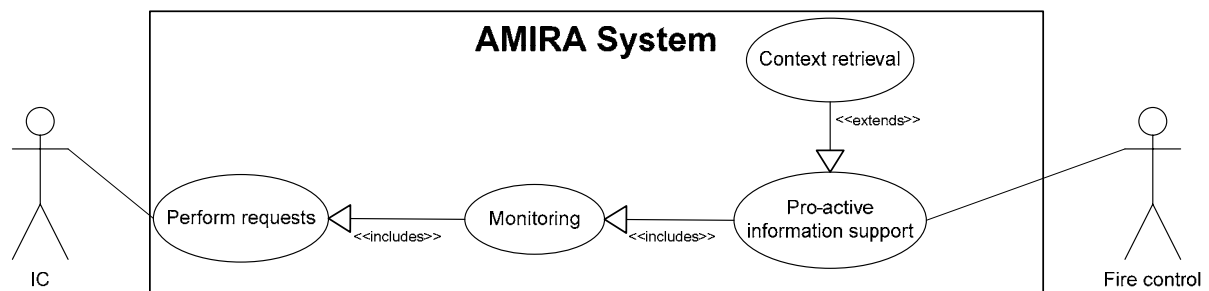


Figure 2: Use Case 2

For instance, in time critical situations it is imperative that the fire control is fully aware of the activities of fire fighters involved in the incident. Therefore, the information requests performed by the IC are of particular importance to the fire control: All requests are monitored and pro-actively delivered to the fire control. Beyond that, the system is able to retrieve additional context information by retrieving more information based on the monitored facts.

### 2.3.3 Use Case 3: post-incident analysis

Collaborative post-incident analysis of operations is managed by the AMIRA system. This encompasses pro-actively asking involved persons (control, IC and fire fighters) for information about their last actions concerning possible modifications to guidelines or work instructions.

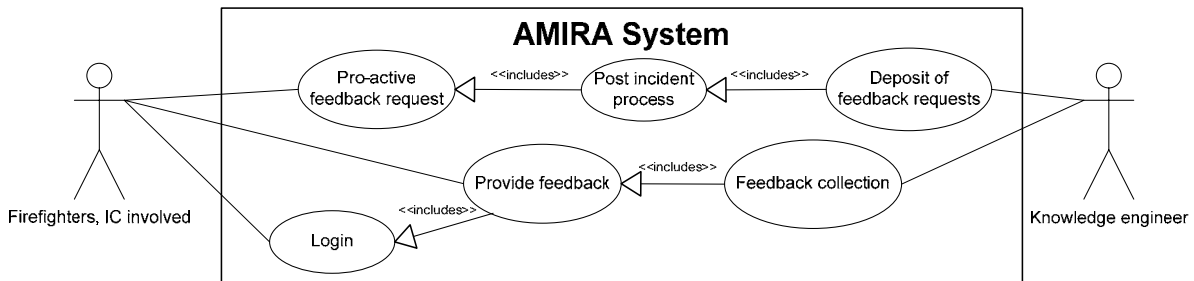


Figure 3: Use Case 3

After an incident a knowledge engineer initiates a post-incident process. Regarding the incident he/she requests feedback from the persons involved. The post-incident process sends the feedback request to all persons involved in the particular incident. Then the fire fighter or IC logs in the AMIRA system and formulates his/her feedback, which is collected in a repository. Later on, a knowledge engineer is able to access this repository, to analyse the reports, and – if necessary – to modify the information sources available within the organisation.

## 3 The AMIRA System

According to the socio-technical study, a knowledge management support for collaborative and mobile working was designed and realised through the AMIRA prototype system. Due to the space limitations of this paper, only short technical overview on the system is given here, focussing on the means for implementing the user requirements.

### 3.1 Overview

The fundamental idea of the system is to combine knowledge management with speech dialogue and search technology as depicted in Figure 4. For this purpose the *Collaborative Agent-based Knowledge Engine (CAKE)*<sup>1</sup> [FrMS05] has been developed. Beyond the ability to integrate various technology components (R5), CAKE interfaces with speech dialogue and

<sup>1</sup> For further details see also: <http://www.wi2.uni-trier.de/de/cms/projects/Cake/>

search components and acts as a mediator between them in order to guide searching on multiple information sources (R1). To support a seamless integration into working procedures, a speech dialogue component (R3) provides a mobile interface (R2) which can be used by ICs to articulate information demands. To make existing information sources accessible, appropriate search components can be connected to CAKE, so that heterogeneous information sources are integrated (R6) (e.g. search engines, knowledge bases, human experts) [Freß05].

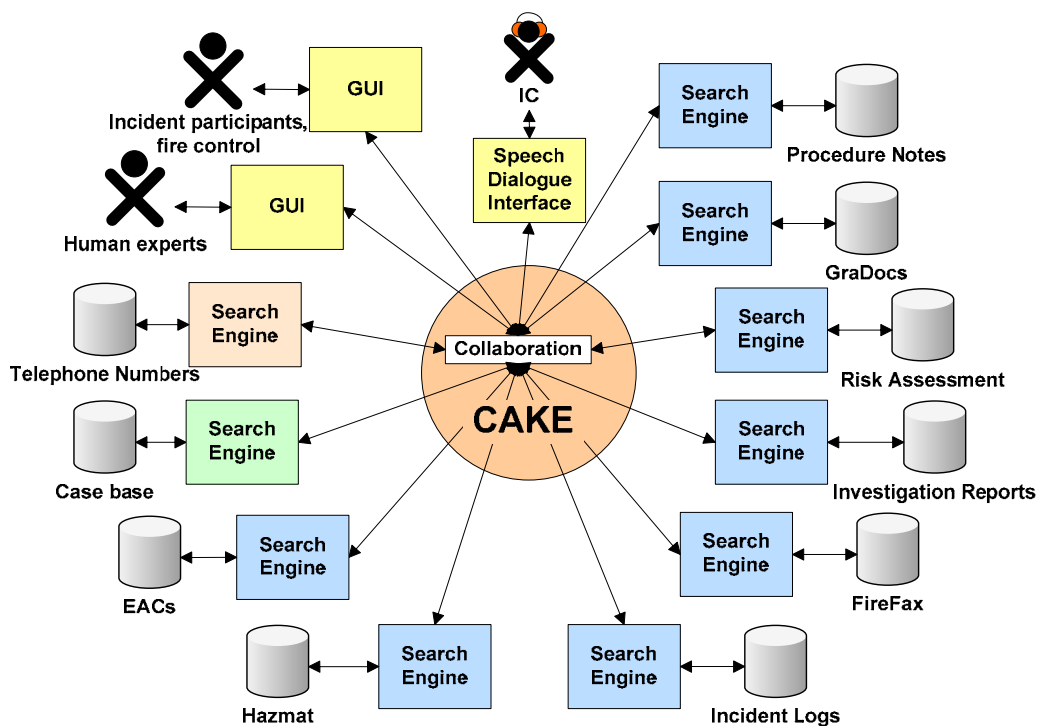


Figure 4: Architecture of the AMIRA System

In the AMIRA context, a sophisticated search engine from Fast DataSearch<sup>2</sup> provides indexing and searching of unstructured documents or data archives. Instead of indexing the whole documents only, this search engine supports the search of document fragments, called 'scope search'. This avoids the retrieving of long and verbose documents; focusing instead on the most important 'scope' of the document (R4). Secondly, Kaidara<sup>3</sup> Software provides a search engine based on a structural case-based reasoning approach [BABG04] and enables a search on past experiences that are represented by highly structured data in form of cases.

To access the system, *graphical user interfaces (GUIs)* are provided for human experts, fire control staff, and incident participants. This GUI which can be used on different stationary and

<sup>2</sup> www.fast.no

<sup>3</sup> www.kaidara.com

mobile devices such as tablet PCs and PDAs, allows these experts to answer ICs' requests (R7). The fire control staff is pro-actively supported via a GUI (R8) and the incident participants can use a GUI in order to log in (R10) and to formulate feedback (R11).

Besides the user interfaces, Figure 4 also shows an excerpt of the information sources available in UK fire service organisations: chemical database ChemData, UN numbers (hazardous substances), procedure notes, EACs, human experts who answer information requests while doing their daily office work, etc. These information sources are related to special purposes and normally do not overlap each other by content, so that the competence area of each information source can be characterised differently. Consequently, the need for a meta-search process implementing efficient search strategies becomes obvious (R9). For example, clever search processes only request a relevant selection of available information sources and efficiently combine result responses retrieved from different information sources. The usage of such search processes enables novices to reuse search strategies of experienced users.

### 3.2 Unified Data Model

Mediating between search components and user interface components, CAKE addresses the challenge of dealing with differently structured search queries and search results of multiple information sources. In order to transport various queries and results through CAKE, it includes a flexible and unified data model which is constructed in an application specific manner according to the structure of the available knowledge sources and the supported types of queries. This *CAKE Data Model* describes all kinds of data that occur in the system. It is based on object-oriented modelling techniques and makes use of specialisation and aggregation. Available built-in data classes for model construction are atomic classes like Boolean, integer, double, date, or time as well as compound data classes such as aggregates, collections, and intervals. These so called *system classes* are used to define the application specific data model. We call this model a *unified data model* because it unifies all data formats and structures which occur in the AMIRA system in a consolidated structure. Queries and search results from the various GUIs and the speech dialog system are mapped to this data model and the various search engines are connected to the AMIRA system by means of wrapper agents that map the specific representation of the respective search engine to the data model. As a consequence, the unified data model allows to capture disparate search results and to transport these results within the AMIRA system.



### 3.3 Collaboration Patterns

The idea of integrating former search experiences in the form of processes is of particular importance in order to fulfil the requirements R1, R3–R6 and R9. Therefore, CAKE incorporates workflow technology [Freß05] in order to support real-world processes in general and search processes in particular. The process support allows different information sources to be requested in several steps and to stop when the search results have satisfied the request. A search process can be viewed as a collaborative process conducted by several search components in order to achieve a common result set. Within CAKE such collaborative processes are realised as so called *collaboration patterns* which are a specialisation of workflow definitions describing collaboration between workflow participants (humans and/or machines) based on best practice. Users are supported by collaboration patterns in automatically selecting appropriate information sources with respect to the current information need. Among other details, those search processes include information about which sources are relevant, which distribution techniques for the current query should be used, and how the result should be merged by use of well known methods from distributed information retrieval [Call00]. Figure 5 illustrates an example of a collaboration pattern.

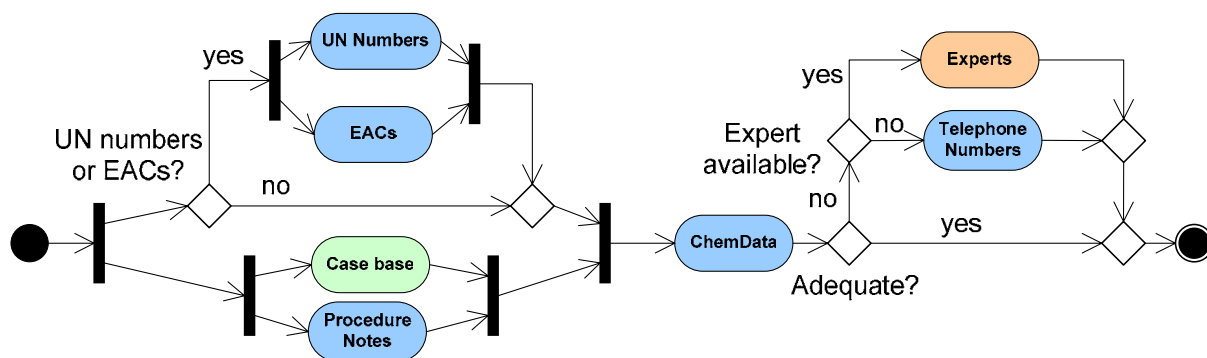


Figure 5: Example of Collaboration Patterns represented as UML Activity Diagram

According to the scenario described in the first use case, this collaboration pattern comprises information sources relevant to road traffic accidents involving hazardous materials. The processing of the pattern is as follows. Firstly, the case base and the procedure note collection are requested. Concurrently, the query is checked for EACs and UN numbers. If the query contains such encodings, information about EACs and/or UN numbers is retrieved. After that, the ChemData collection is requested. The retrieval does not need to be based on ICs query directly but on data retrieved from the first collections, so that additional information can be received in order to provide inexperienced ICs with more context information. Finally, in order

to ensure useful results, either human experts can be requested or experts' telephone numbers can be retrieved if no adequate result items have been achieved so far.

This is only one example of a collaboration pattern. According to the socio-technical study many best practices were encountered and hence several specific collaboration patterns were collected. Each pattern describes a search process for a particular kind of information request and is characterised by a meta-data description of the information requests for which it is appropriate (*collaboration pattern characterisation*). Consequently, for each individual request it is necessary to select the best possible collaboration pattern. CAKE incorporates special case-based retrieval component which automatically select an appropriate collaboration pattern with respect to the users' information request [Freß05]. In a nutshell, this retrieval process works as follows: After the IC performed an information request, the incoming request is analysed for keywords pre-defined in the unified data model. The keywords are used as query input for a similarity-based retrieval [FMMS05] allowing the request and available collaboration pattern characterisations to be compared at the semantic level. The most suitable collaboration pattern is then initiated for processing the current request. To translate the query for each underlying knowledge source, CAKE uses the unified data model.

## **4 Evaluation**

In order to assess the AMIRA system against the socio-technical study, an evaluation based on 19 field trials were conducted between May and June 2006. Besides user requirements and use cases, conceptual aspects like collaboration patterns were also objects of evaluation. The use cases acted as starting points during the design of the trials and they were used as guidance to verify the expectations suggested by the socio-technical study. A further aim of the evaluation was to assess to what degree the user requirements were met. Therefore, hypotheses were formed and assessed in conjunction with domain experts.

### **4.1 Evaluation Design**

In literature many evaluation methodologies are available. The presented evaluation design was developed in accordance with existing evaluation approaches and methods [Nati06, LaLS06] in order to evaluate the AMIRA system in the particular field of collaborative and mobile working. The evaluation design includes a methodology which specifies the conduction of field trials.

These trials are appropriate for testing the system in remote locations and under real-world conditions. Field trials are field experiments and build the basis for testing the ability, quality and performance of the AMIRA system. Based on these trials, conclusions established by observation and user opinions can be drawn in order to obtain an overall evaluation of the AMIRA system. The underlying evaluation methodology is divided into four steps:

1. Definition of concrete scenarios
2. Elaboration of questionnaires focused on scenarios, use cases and user requirements
3. Trial procedure consisting of three phases
  - (a) Conduction of trials with the AMIRA system at work
  - (b) Conduction of debriefs, interviews and questionnaires
  - (c) Intermediate trial analysis
4. Analysis of debriefs, interviews and questionnaires.

Concrete scenarios have been precisely delineated because they have direct impact on user instruction and field trials. Elaborating a questionnaire ensures the particular focus on the objects of interests and the consideration of the scenarios, use cases and user requirements. Questionnaires had to be well organised and carefully prepared because this step determines the data which is collected about the trials and which build the basis for analysis.

## **4.2 Evaluation Results**

Field trials were conducted at the Avon Fire & Rescue Service, at Westmidland Fire Service and at the Swedish Fire College. At the end of each trial statistical data was collected during the debriefs and interviews which was the foundation of the final analysis. Therefore, several hypotheses to be met by the AMIRA system were formulated in advance and with respect to the socio-technical study. The most important hypotheses were:

- **H1:** The AMIRA system is useful.
- **H2:** The AMIRA system supports useful information.
- **H3:** The AMIRA system is well suited for a decision support system.
- **H4:** The AMIRA system means an added value to incident procedures.

We now present the evaluation results with respect to these hypotheses.

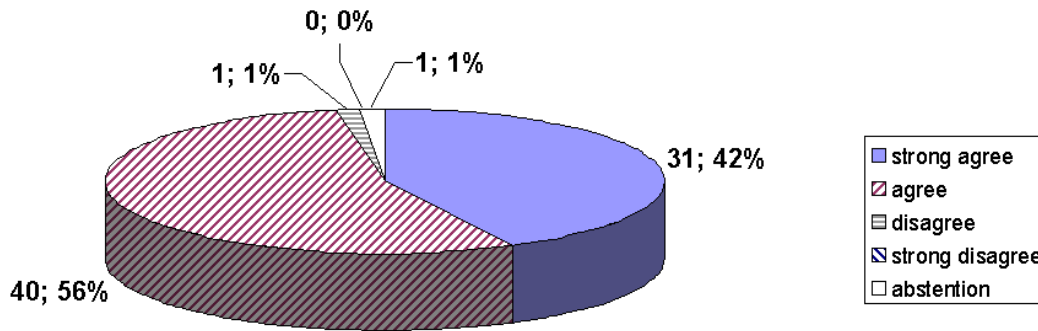


Figure 6: AMIRA system is useful

Altogether 73 fire fighters, ICs and fire service member playing representative roles within fire services are involved in the evaluation process. As depicted in Figure 6 nearly all of them (71 interviewees) agreed or strongly agreed that the AMIRA system was useful for fire service organisations. This leads to subjective evidence that this hypothesis holds.

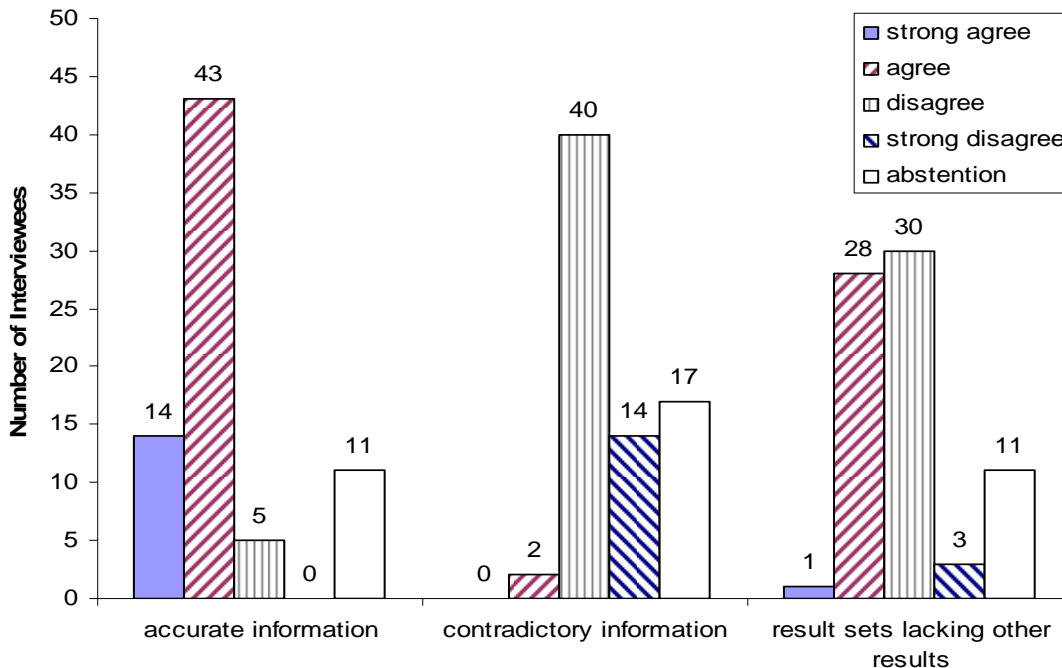


Figure 7: Quality Criteria

The second hypothesis states that the system provides ICs with information of high quality. For collecting opinions about the quality, questions concerning accuracy of information, contradictory information and incomplete result sets were included in the questionnaire. Figure 7 presents the questionnaire results of the quality criteria. Based on the corresponding answers, conclusions about precision and recall could be drawn. A majority of interviewees confirmed that the AMIRA system supported accurate information: 57 interviewees gave positive

assessments whereas only 5 persons disagreed. This fact stresses the precision achieved by the retrieved information. Additionally, the interviewees were asked to estimate the percentage of the accurate information: 69% of all interviewees estimated the percentage between 95% - 100%. The next question related to whether contradictory information was retrieved by the AMIRA system. The main trend was to disagree that contradictory information had been retrieved, however 17 abstained from voting. At last, half of the interviewees agreed that the result sets lack other results which would be of particular importance with respect to the current information request. This indicates a deficit in terms of recall but it can be traced back to the prototypical implementation of the AMIRA system, which does not include all organisational information sources.

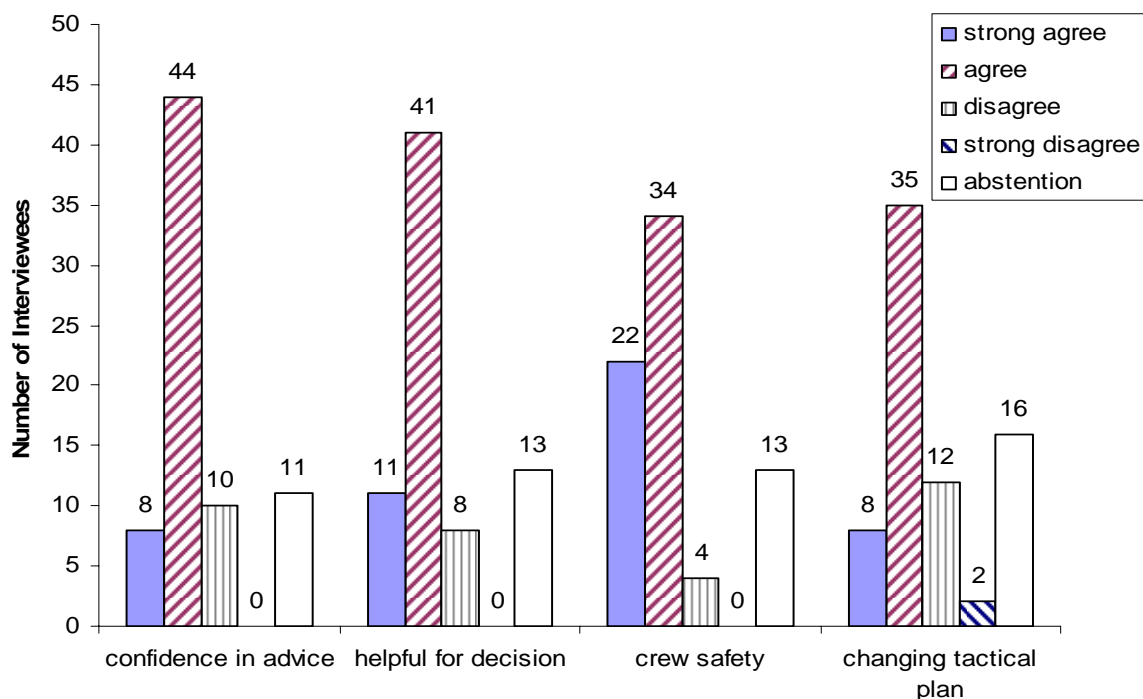


Figure 8: Decision-Making

H3 hypothesises that the AMIRA system is well suited as a decision support system. Therefore, the questionnaire included questions relating to confidence in the AMIRA advice, helpfulness for decision, crew safety and consequences triggered by the advice. All questions were positively assessed as illustrated in Figure 8. One of the most important results was that the interviewees were confident in the advice given by the AMIRA system. This confidence is fundamental for decision making. Beyond that, the advice was assessed as helpful for decision, particularly helpful for resolving the incident. Furthermore, the given advice supported crew safety which is of crucial importance for all fire services. Finally, the interviewees classified the

AMIRA system as decision support system by agreeing that they had changed their tactical plans based on the advice provided. As a result, H3 is agreed with respect to the questionnaires.

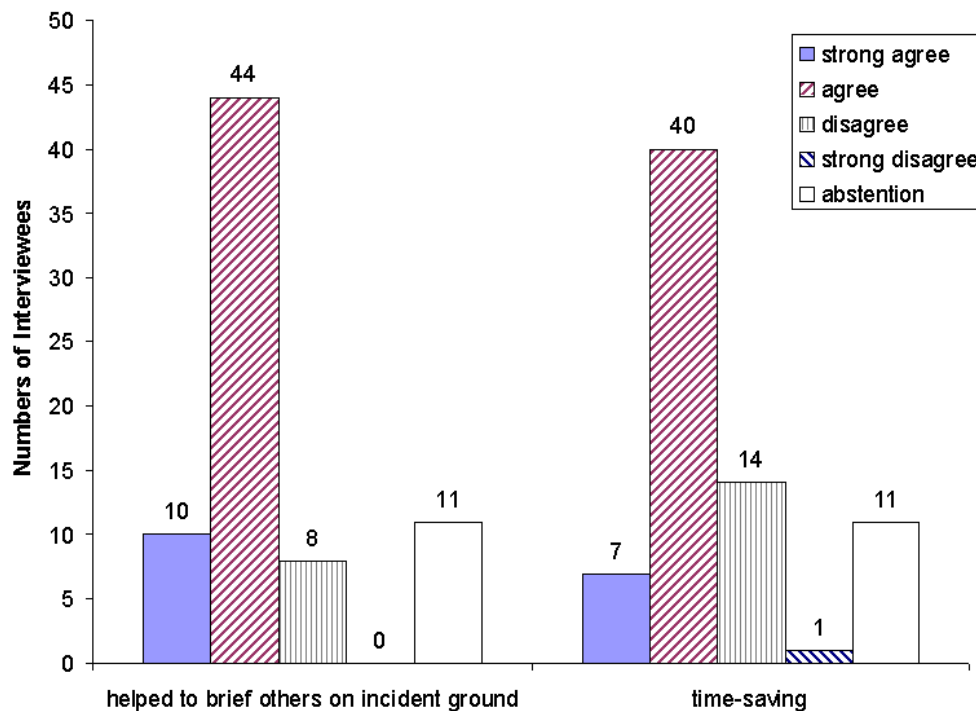


Figure 9: Consequences on Incident Processes

The last hypothesis concerns the consequences triggered by the AMIRA system. The results of the questionnaire are illustrated in Figure 9: On the one hand AMIRA advice helped to brief others on the incident ground and on the other hand time-saving was achieved by this system. Both perspectives are positively assessed by over half of the interviewees, so that H4 holds.

## 5 Conclusion

In this paper, a case study of developing a knowledge management support in fire service organisations is presented. Based on interviews and questionnaires, a socio-technical study was conducted in order to elaborate user requirements and use cases addressing current user needs and demands in practice. To meet these requirements, a concept of knowledge management support for collaborative and mobile working was developed that allows users and knowledge sources to collaborate in an efficient and user-oriented way. Within the AMIRA project this concept was put into practice and resulted in the AMIRA system. This system realises

collaboration of knowledge sources by incorporating collaboration patterns which are based on best practices and formally represent search processes on multiple data sources.

Finally, an evaluation was conducted for assessing the AMIRA system against the socio-technical study. The evaluation process was mainly based on field trials, conducted several times, and questionnaires. Since questionnaires collect user opinion by nature, the evidence of evaluation results was achieved from a subjective point of view. This emphasises the user-oriented approach of the AMIRA project. In summary, the usability of the system is acceptable, but to make it more easily applicable to a busy hands and busy eyes environment, the hardware used need to be developed further to provide a more compact package which is better integrated. Furthermore, the AMIRA system plays an important role with respect to innovation because current information systems applied in fire service organisation do not allow mobile access to ICs. Further results indicate that in the majority of cases, users think that information provided by the AMIRA system would bring incidents to a more effective conclusion and provide for improved crew safety. This will increase efficiency and provide a more cost-effective service to the communities which fire service organisations serve. Finally, strategic managers see this from a different perspective and are intrigued by the possibility of providing experiential knowledge and supporting information to the ICs. They see the emergency response environment as one where organisations are exposed to corporate risk.

### **Acknowledgement**

The authors acknowledge the European Commission for funding AMIRA ([www.amira.no](http://www.amira.no)) under grant number FP6, project IST-2003-511740.

### **Literature**

- [BABG04] *Bergmann, R.; Althoff, K.-D.; Breen, S.; Göker, M.; Manago, M.; Traphöner, R.; Wess, S.: Developing Industrial Case-Based Reasoning Applications. The INRECA Methodology. 2. Aufl., Springer, LNAI 1612, 2004.*
- [CACF01] *Chief and Assistant Chief Fire Officers Association (CACFOA): Mobile Data Study. <http://www.fire-uk.org/mobdata/study/default.htm> verified on 2005-08-05, 2001.*

- [Call00] *Callan, J.*: Distributed Information Retrieval. In: *Croft, W.B. (Hrsg.): Advances in Information Retrieval*. Kluwer Academic Publishers, 2000, S. 127-150.
- [FMMS05] *Freyßmann, A.; Maximini, K.; Maximini, R.; Sauer, T.*: CBR-based Execution and Planning Support for Collaborative Workflows. In: Workshop "Similarities - Processes - Workflows" on the Sixth International Conference on Case-Based Reasoning (ICCBR 2005), Workshop Proceedings, Chicago, Illinois (USA), 2005, p. 271-280.
- [FrBe05] *Freyßmann, A.; Bendeck, F.*: Socio-economic Study on User Needs. Technical Report, [http://www.wi2.uni-trier.de/publications/2005\\_technicalReport\\_D210.pdf](http://www.wi2.uni-trier.de/publications/2005_technicalReport_D210.pdf), 2005.
- [Freß05] *Freyßmann, A.*: Adaptive Workflow Support for Search Processes within Fire Service Organisations. In: Proceedings of the 15th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises. IEEE Computer Society, 2006, p. 291-296.
- [FrMS05] *Freyßmann, A.; Maximini, R.; Sauer, T.*: Towards collaborative agent-based knowledge support for agile projects. In: *Althoff, K.D.; Dengel, A.; Bergmann, R.; Roth-Berghofer, T. (Hrsg.): WM2005: Professional Knowledge Management Experiences and Visions*. DFKI, Kaiserslautern 2005, S. 383-388.
- [Huws02] *Huws, U.*: Towards a Definition of Socio-Economic Research for the RESPECT Project. <http://www.respectproject.org/genpapers/definition.pdf> verified on 2005-08-05, 2002.
- [Huws04] *Huws, U.*: Socio-Economic Research in the Information Society: a user's guide from the RESPECT project. Sussex: Institute for Employment Studies, 2004.
- [LaLS06] *Laudon, K. C.; Laudon, J. P.; Schoder, D.*: Wirtschaftsinformatik – Eine Einführung. Pearson Education Deutschland GmbH, München 2006.
- [Nati06] *National Science Foundation*. <http://www.nsf.gov/ehr/rec/evaldesign.jsp>, verified on 2006-07-06.
- [Soci02] *Social Research Association*: Commissioning Social Research: a Good Practice Guide. 2. Aufl., London 2002.



# **Kontextbasiertes Information Retrieval**

## **zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen**

Andreas Henrich, Karlheinz Morgenroth

Lehrstuhl für Medieninformatik  
Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik  
Otto-Friedrich-Universität Bamberg  
96045 Bamberg  
{andreas.henrich|karlheinz.morgenroth}@wiai.uni-bamberg.de

### **Abstract**

Mitarbeitern die richtige Information zum richtigen Zeitpunkt zugänglich zu machen, stellt heute einen entscheidenden Wettbewerbsfaktor dar. Auch wenn in den vergangenen Jahren durch Maßnahmen und Systeme aus dem Bereich des Wissensmanagements in Organisationen umfangreiche Wissenssammlungen angelegt worden sind oder auch nur durch den Einsatz entsprechender IT-Systeme mehr Information in digitaler Form vorliegt, so wird die Identifikation von relevanter Information für die einzelne Person immer schwieriger und zeitaufwändiger.

Der von uns präsentierte Ansatz erfasst, beschreibt und nutzt historische und aktuelle Kontextinformation sowohl über Mitarbeiter als auch über die Entstehung von Dokumenten, um zum einen manuelle Suchanfragen von Mitarbeitern zu präzisieren und zum anderen das Entstehen von Informationsbedürfnissen bei Mitarbeitern automatisch erkennen und mit geeigneten Suchanfragen selbstständig beantworten zu können. Unser Ansatz und dessen Implementierungen decken dabei insbesondere ingenieurmäßige Produktentwicklungsprozesse ab.

## **1 Motivation**

Mit der zunehmenden Menge an verfügbarer Information wird die Identifizierung relevanter Information für die einzelne Person immer schwieriger. Für die einzelnen Mitarbeiter reicht die in einer Organisation technisch abrufbare Information von eher allgemeinen Inhalten über neue Themen und Erkenntnisse im eigenen oder in angrenzenden Fachgebieten, die zur Weiter- und Fortbildung dienen können, über die Anwendung von und Erfahrungen mit Vorgehensmodel-

len, Methoden und Werkzeugen, bis zu konkreten Teilergebnissen oder Komponenten, die direkt in einem aktuell bearbeiteten Projekt Verwendung finden können. Die Anwendung bewährter Vorgehen, aber auch die Wiederverwendung von Komponenten stellt einen Faktor dar, der zur Steigerung der Effizienz und Produktivität innerhalb eines Entwicklungsprozesses – bspw. im Software Engineering oder Maschinenbau – und zu einer höheren Qualität bei den entwickelten Produkten führen kann. Dies bedeutet, dass der Identifikation von relevanten Inhalten, die zu einer Wiederverwendung herangezogen werden können, ein erheblicher Stellenwert zukommt.

Trotz des Einsatzes von Suchmaschinen sind die gefundenen Ergebnisse für eine anfragende Person oft nicht zielführend und erschöpfend im Hinblick auf das bestehende Informationsbedürfnis. Gründe hierfür können in einem zu unscharf artikulierten Informationsbedürfnis oder schlichtweg in der Wahl falscher Suchbegriffe liegen. In der Konsequenz unterlassen Anwender häufig die Durchführung einer Suche wegen des damit verbundenen Aufwands und der ungewissen bzw. in der Vergangenheit unbefriedigenden Qualität der Ergebnisse (vgl. z. B. [Wils99]).

Einen Ansatz die Ergebnisqualität zu erhöhen, bildet die Einbeziehung des Kontextes des Anfragestellers. Dabei werden neben seinen aktuellen und zurückliegenden Tätigkeiten und deren Inhalten unter anderem auch persönliche Kenntnisse erfasst und zur Verfeinerung von manuell gestellten Anfragen verwendet. Darüber hinaus kann der Kontext auch dazu verwendet werden, auf ein latent vorliegendes Informationsbedürfnis zu schließen, automatisch Suchanfragen zu stellen und die Suchergebnisse dem Anwender proaktiv zu präsentieren. Auf der anderen Seite kann u. a. der Aufgabenkontext, in dem bestimmte Dokumente erstellt worden sind, sowie deren Bearbeiter erfasst werden, um neue Beschreibungs- und Suchkriterien für diese Dokumente zu erhalten.

In Abbildung 1 ist ein Szenario dargestellt, in dem ein Entwickler innerhalb eines laufenden Entwicklungsprojektes mit der Arbeit an einem Gesamtentwurf beginnt. Die Grundlage für den Gesamtentwurf sind Anforderungslisten, prinzipielle Lösungen sowie ein Vorentwurf. Um nun für den aktuellen Gesamtentwurf Elemente existierender Vorentwürfe oder ganze Teilkomponenten wieder verwenden zu können, muss der Entwickler Kenntnis über entsprechende Artefakte entweder in früheren Iterationen des eigenen Projektes oder anderen Projekten haben. Diese Kenntnis könnte bei einer Person durch eine ständige Einbeziehung in andere Projekte geschaffen werden. Diesem Vorgehen sind aber offensichtlich zeitliche und organisatorische

Grenzen gesetzt. Eine Alternative bildet der Einsatz eines kontextbasierten Information Retrieval Systems, das eine Person – in diesem Fall einen Entwicklungsingenieur – mit der für ihre aktuell vorliegende Aufgabe benötigten Information versorgt.

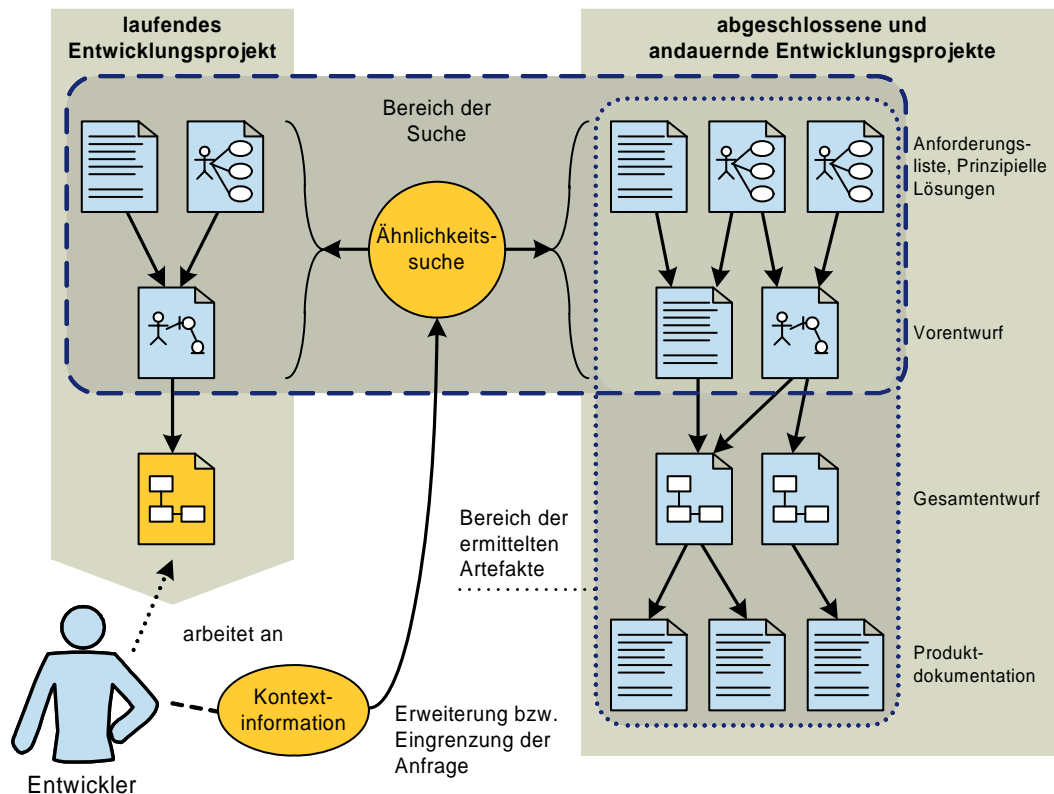


Abb. 1: Szenario eines laufenden Entwicklungsprojektes (in Anlehnung an VDI 2221 [VDI93]) mit einem Entwickler, der aktuell einen Gesamtentwurf beginnt

Auch wenn Entwicklungsprozesse, wie z. B. VDI 2221 [VDI93] im Maschinenbau oder ein Rational Unified Process [Kruc04] im Software Engineering, zunächst eine starke Strukturierung aufweisen mögen, so bieten sie in den einzelnen Teilaufgaben den beteiligten Personen eine sehr hohe Entscheidungsvielfalt in der Art und Weise wie die gestellten Aufgaben im Detail auszuführen sind und welche Werkzeuge oder Materialien dazu zum Einsatz kommen sollen. Gleichzeitig lässt sich ein Erfolg oder Misserfolg dieser Entscheidungen erst in folgenden Aufgaben und Phasen beurteilen.

## 2 Verwandte Ansätze

In der Vergangenheit wurde eine Reihe von Forschungsansätzen präsentiert, die sich sowohl mit der Erfassung und Modellierung des Kontextes von Individuen als auch mit der automatischen Belieferung von Personen mit zu deren aktueller Tätigkeit relevanter Information beschäftigten.

Über den folgenden kurzen Abriss hinausgehend ist eine ausführliche Würdigung von themenverwandten Forschungsansätzen bei [Morg06] zu finden.

Eine Gruppe verwandter Ansätze bilden Systeme, die den Text eines aktuell von einer Person bearbeiteten Dokumentes zur Formulierung von Anfragen verwenden (vgl. [RhSt96], [BuKr99], [DCSH04]). Gesucht werden dabei relevante Dokumente, wobei der betrachtete Kontext sich aber im Wesentlichen über den aktuell bearbeiteten Text definiert. Andere Ansätze beobachten einen Benutzer beim „Surfen“ im Web und geben Empfehlungen zu thematisch als ähnlich erachteten Webseiten (vgl. [Libe95], [JoFr97], [PaMB96]). Darüber hinaus kommen Methoden des Collaborative Filtering sowohl in Empfehlungssystemen für Texte als auch für Produkte im E-Commerce zum Einsatz (vgl. [RIS+94], [ScKR01], [ShMa95]). Eine Integration entsprechender kontextbasierter Suchdienste zeigen bspw. [Meie00] für Managementinformationssysteme und [PPK03] für Portalsysteme.

Im Forschungsgebiet des Workflow-Management verfolgte das Forschungsprojekt KnowMore sowie das sich daran anschließende DECOR-Projekt einen partiell ähnlichen Ansatz [ABH+00, ABN+01]. Dabei wurden allerdings existierende Workflow-Schemata zusätzlich um weitere Metadaten ergänzt, die u. a. für jede Aufgabe eine generische Anfrage enthielten [Maus01]. Im Unterschied zu unserem im Folgenden skizzierten Ansatz wurden die Anfragen für ausgewählte und vordefinierte Aufgaben also a priori ausformuliert. Zum Ausführungszeitpunkt einer Aufgabe wurden diese generischen Anfragen mit Instanzdaten gefüllt und zur Ausführung gegenüber einer Reihe von so genannten Suchagenten gebracht. Ebenfalls an einer starren Prozessmodellierung orientiert sich das PreBIS-Projekt [BöHä05].

Unser Ansatz hebt sich von den genannten Ansätzen durch eine umfassendere Betrachtung des Kontextes und durch ein wesentlich mächtigeres Konzept zur Relevanzbewertung sowie durch den Bezug auf den Produktentwicklungsprozess ab. Darüber hinaus findet sowohl eine Unterstützung von stark strukturierten Prozessrahmen als auch von eher unstrukturierten Einzeltätigkeiten statt.

### **3 Der COBAIR-Ansatz**

Mit dem COBAIR-Ansatz [Morg06] wird ein grundlegender methodischer Ansatz zur Nutzung des Kontextes von Personen und deren Tätigkeiten für die Suche nach relevanter Information vorgestellt. Darüber hinaus wird ebenso der Kontext von Dokumenten, bzw. Artefakten i. A.

betrachtet, in dem diese entstanden sind. Der COBAIR-Ansatz umfasst dabei die Erfassung und Beschreibung von Kontextinformation, die Strukturierung und gleichzeitige Vernetzung der erfassten Kontextinformation, die Ableitung von Informationsbedürfnissen als auch die Präzisierung und Durchführung von Ähnlichkeitssuchen, teilweise oder gänzlich auf Basis der Kontextinformation.

### **3.1 Erfassung und Beschreibung des Kontextes**

Die Ausgangsbasis von Suchvorgängen von Personen ist ein mehr oder minder stark ausgeprägtes Informationsbedürfnis. Dieses lässt sich jedoch nicht direkt beobachten, vielmehr können nur die aus einem Informationsbedürfnis motivierten Handlungen einer Person beobachtet werden. Gleichzeitig ist ein Informationsbedürfnis durch Eigenschaften einer Person selbst, ihrer Umgebung sowie die aktuellen Aufgaben und ausgeführten Tätigkeiten – allgemein den Kontext einer Person – motiviert. Zu diesen Eigenschaften zählen unter anderem psychologische, kognitive und affektive Faktoren, Erfahrungen und Kenntnisse einer Person, aktuelle wie auch vergangene Aufgaben und Tätigkeiten einer Person, die Einordnung einer Person in eine Organisation, das Arbeitsumfeld sowie die politische, ökonomische und technische Umgebung. Wie bei anderen Ansätzen und Systemen (vgl. Abschnitt 2) wird auch hier implizit von der Annahme ausgegangen, dass eine entsprechende Person zur Verrichtung ihrer Tätigkeit, in deren Rahmen bestimmte Informationsbedürfnisse auftreten können, Softwaresysteme (z. B. CAD-, Office-, Groupware-Systeme) einsetzt, die zur Ableitung von Informationen über die aktuell verrichtete Tätigkeit in der Lage sind bzw. diesbezüglich angepasst werden können.

Der Kontext eines Anwenders während der Ausübung seiner Tätigkeit mit Hilfe eines Softwaresystems lässt sich daher zum einen aus der von ihm vollführten Benutzerinteraktion mit dem Softwaresystem ableiten. Zum anderen umfasst der Kontext auch die zu einer Aktion gehörenden Vor- und Ergebnisdokumente.

Für die Erfassung von Informationen über aktuelle und zurückliegende Kontexte von Personen dienen verschiedenste Softwaresysteme als Quelle. Im Folgenden werden diese nach ihren technischen Architekturmerkmalen unterschieden und Beispiele für zu erfassende Kontextinformation gegeben.

- *Klassische Client-Anwendungen.* In diese Kategorie fallen neben Office-Programmen (inkl. E-Mail und Terminverwaltung) auch CAD-Anwendungen, die auf dem Arbeitsplatzrechner eines Anwenders laufen. Derartige Client-Anwendungen können heute durchweg mittels so

genannter Plug-Ins um Funktionalitäten erweitert werden. Auf diesem Weg ist sowohl ein Zugriff auf die aktuell von einem Anwender bearbeiteten Daten möglich (z. B. vorliegende prinzipielle Lösungen oder einen betrachteten Vorentwurf) als auch die Erfassung der Aktionen, die eine Person ausführt.

- *Client-Server-Anwendungen.* Unter Client-Server-Anwendungen fallen bspw. Anwendungen wie Groupware-Systeme (z. B. Lotus Notes), Werkzeuge zur Projektplanung (z. B. Microsoft Project) oder PDM-Systeme, teilweise in direkter Verbindung mit CAD-Systemen. Die eigentliche Anwendung setzt sich aus mindestens zwei Teilen zusammen, die auf dem einzelnen Arbeitsplatzrechner (Client) und auf einem zentralen Server laufen und miteinander kommunizieren. Der Erweiterbarkeit dieses Typus von Softwaresystemen kommt die Tatsache entgegen, dass zunehmend so genannte offene Architekturen zum Einsatz kommen. Je nach eingesetzter Technologie und Architektur der Implementierung können derartige Anwendungen sowohl auf der Client- als auch der Server-Seite durch Plug-Ins ergänzt werden.
- *Server-Anwendungen.* In diese Kategorie fallen z. B. unternehmensweite Verzeichnisdienste (X.500, Active Directory, LDAP), denen sich Kontextinformation über die organisatorische Eingliederung einer Person in einem Unternehmen sowie deren Rollen und Aufgaben entnehmen lässt. Weitere Quellen stellen abteilungs- oder unternehmensweite Dokumenten-Management-Systeme (DMS), Content-Management-Systeme (CMS) oder Repositories und PDM-Systeme dar. Diese Systeme erfassen neben den eigentlichen Nutzdaten automatisch auch eine Reihe von Metadaten, wie z. B. Autor und Zeitpunkt einer Änderung an einem Dokument. Für die Erfassung von Kenntnissen, Erfahrungen, Interessen und auch von persönlichen Präferenzen lassen sich entweder spezialisierte Skill-Management-Werkzeuge oder erweiterte Human-Resource-Systeme einsetzen.

Sowohl die für eine Ableitung von Kontextinformation in Betracht kommenden Systeme als auch deren Inhalte sind dabei sehr heterogen. Für eine einheitliche und eindeutige Erfassung, Benennung und Kennzeichnung der Inhalte kommen daher in unserem Ansatz verschiedene Technologien des Semantic Web [Bern98] zum Einsatz.

Für die Beschreibung der erfassten Kontextinformation wird das Resource Description Framework (RDF, [KICa04]) verbunden mit Ontologien auf Basis der Web Ontology Language (OWL, [DeSc04]) genutzt. Der Kontext einer Person wird somit in Form einer automatisch ge-

wonnenen Annotation mit Metadaten beschrieben, während zur eindeutigen Bezeichnung der Inhalte der Kontextbeschreibung verschiedene in Ontologien definierte Konzepte Verwendung finden.

Um die resultierende Fülle an verfügbarer Information sinnvoll für die Erschließung eines Informationsbedürfnisses verwenden zu können, gilt es diese zunächst anhand eines Modells zu gliedern. Abbildung 2 zeigt einen Ansatz für ein einheitliches Nutzermodell, das die verschiedenen Kontextinhalte in einzelne Dimensionen einteilt und darüber hinaus auch deren Veränderung berücksichtigt. Gleichzeitig findet aber eine Vernetzung der einzelnen Kontextinhalte statt [HeMo01, HeMo03].

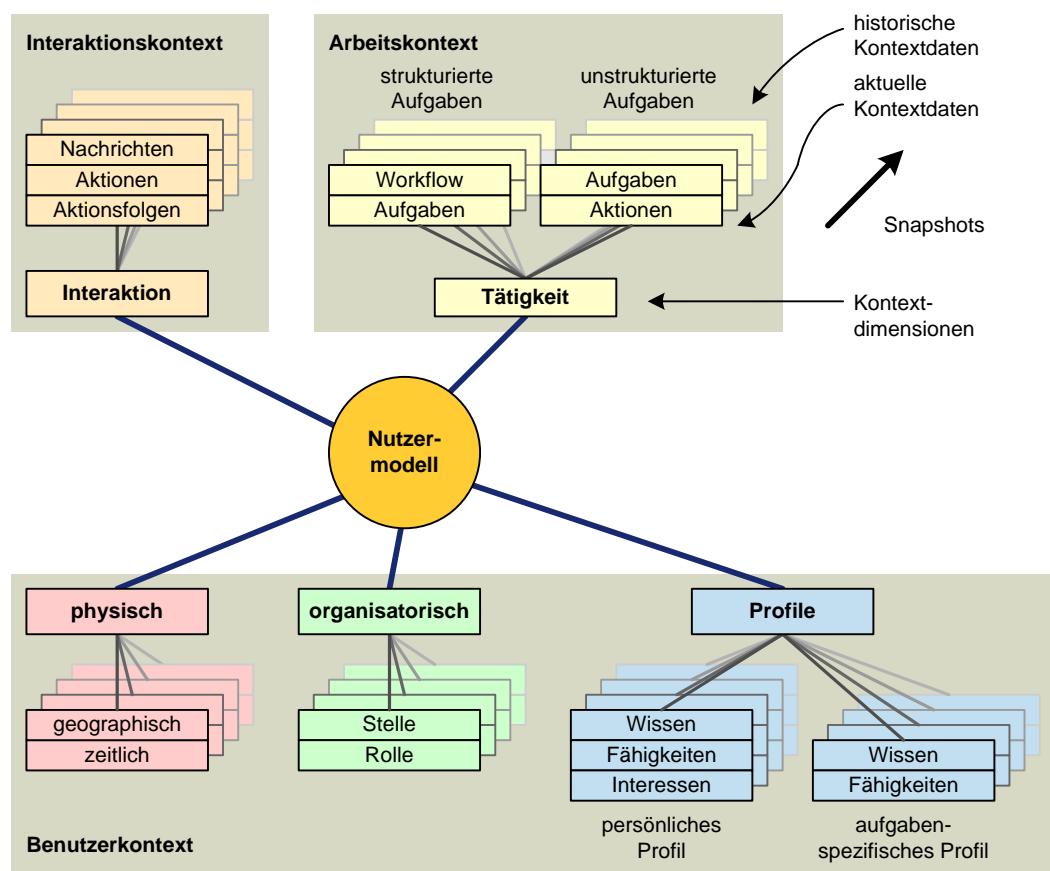


Abb. 2: Einheitliches Nutzermodell

Dieses einheitliche Nutzermodell differenziert grundsätzlich zwischen Benutzer-, Arbeits- und Interaktionskontext:

- Der *Benutzerkontext* umfasst sowohl den physikalischen und organisatorischen Kontext als auch das Profil des Benutzers. Diese einzelnen Aspekte werden im Folgenden als Kontextdimensionen bezeichnet.

Die physikalische Kontextdimension beinhaltet beispielsweise die geographischen Daten

über den Arbeitsplatz eines Mitarbeiters.

Die organisatorische Kontextdimension beinhaltet sowohl die Stelle, die eine Person innerhalb der Organisation einnimmt, als auch die einzelnen Rollen, die sie ausfüllt. Dies schließt eine Stellenbeschreibung sowie die erwarteten Fähigkeiten und das Wissen eines entsprechenden Stelleninhabers mit ein. Darüber hinaus enthält diese Kontextdimension Informationen über die einzelnen Organisationseinheiten selbst, also beispielsweise über die Abteilung, in der ein Mitarbeiter tätig ist.

Die Profildimension enthält Informationen über die Wissensgebiete und Fähigkeiten einer Person. Im Modell wird zwischen dem persönlichen Profil, das von einer Person selbst vorgegeben werden kann und beispielsweise persönliche Präferenzen und Interessen enthält, und einem aufgabenspezifischen Profil unterschieden, das sich aus den Aufgaben und Tätigkeiten bestimmt, die eine Person in der Vergangenheit ausgeführt hat.

Diese verschiedenen Teildimensionen des Benutzerkontexts haben gemein, dass sie sich über die Zeit nur sehr langsam verändern.

- Der *Arbeitskontext* charakterisiert die aktuelle Tätigkeit, die eine Person ausführt. Dabei lässt sich diese Tätigkeit durch die wohl definierten Aufgaben in einem Workflow oder durch die ausgeführten Aufgaben und Aktionen beschreiben, welche eine unstrukturierte Tätigkeit mit sich bringt. Im ersten Fall wird eine konkrete Beschreibung der einzelnen Aufgaben oder der gesamten Tätigkeit vorliegen, während im zweiten Fall typischerweise nur vage Informationen über die Tätigkeit verfügbar sind.

Die technische Sicht auf den Arbeitskontext schließt die aktuell verwendeten Module eines Anwendungssystems mit ein, die eine Person zur Ausübung ihrer Tätigkeit verwendet. Der Arbeitskontext einer betrachteten Person wird sich deutlich häufiger ändern als dies vom Benutzerkontext zu erwarten ist.

- Die aktuellen Interaktionen eines Benutzers mit den von ihm eingesetzten Anwendungssystemen spiegelt der *Interaktionskontext* wider. Diese Interaktionen werden durch Nachrichten von Menübefehlen oder Dialogen repräsentiert, die ein Benutzer während der Arbeit mit einem Anwendungssystem ausführt bzw. verwendet, beispielsweise das Öffnen eines Vorentwurfs in einem CAD-System. Der Interaktionskontext ändert sich damit dynamisch innerhalb von Minuten oder Sekunden.



Neben den aktuellen Werten der einzelnen Kontextdimensionen ist auch deren Veränderung über die Zeit für die Bestimmung eines Kontextes von Interesse. So werden in bestimmten Zeitabständen sog. Snapshots aufgezeichnet, deren Inhalt zudem über verschiedene Mechanismen aggregiert und verdichtet wird (siehe [Morg06]).

### 3.2 Ableitung eines Informationsbedürfnisses aus der erfassten Kontextinformation

Für die Ableitung eines Informationsbedürfnisses aus der erfassten Kontextinformation erfolgt zunächst die Bildung von verschiedenen Profilen. Dabei besteht die Hauptaufgabe in der Filterung und Aggregation der im einheitlichen Nutzermodell enthaltenen Kontextinformation. Die Filterung erfolgt in Bezug auf die Veränderungshäufigkeit der verschiedenen Kontextdimensionen typischerweise mittels Fensterfunktionen entlang des zeitlichen Verlaufs. Technisch werden dabei sowohl Histogramme, welche die Häufigkeit einzelner Konzepte der Ontologie abbilden, als auch gewichtete RDF-Daten erzeugt und weiterverarbeitet.

- So wird das *Profil der aktuellen Tätigkeit* aus der Kontextinformation des Interaktions- und Arbeitskontextes für einen vom aktuellen Zeitpunkt ausgehenden Zeitraum von z. B. 10 Minuten in die Vergangenheit ermittelt. Ziel ist dabei die Abbildung der aktuellen Tätigkeit einer Person.
- Das *Profil der zurückliegenden Tätigkeit* wird aus der Dimension Tätigkeit des Arbeitskontextes im Nutzermodell gebildet. Ziel dieses Profils ist es, die zurückliegende Tätigkeit einer Person und die von ihr bearbeiteten Inhalte abzubilden. Im Gegensatz zum Profil der aktuellen Tätigkeit soll mit dem Profil der zurückliegenden Tätigkeit nicht eine bestimmte ausgeführte Tätigkeit beschrieben werden, sondern vielmehr das Tätigkeitsgebiet des Entwicklers und dessen Inhalte in einer allgemeineren Form.
- Das *persönliche Profil* einer Person umfasst deren Wissen, Fähigkeiten und auch Interessen. Die Bildung eines persönlichen Profils kann entweder nur aus den manuell vorgegebenen Eigenschaften erfolgen oder aus den in zurückliegenden Tätigkeiten gezeigten Eigenschaften.
- Ein *Profil des organisatorischen Benutzerkontextes* enthält Kontextinformation aus der gleichlautenden Kontextdimension des Nutzermodells über die Stelle, die eine Person innerhalb einer Organisation innehat, bzw. die Rollen, die sie ausübt.

- Das *Profil des physischen Benutzerkontextes* enthält physische Kontextinformation aus der entsprechenden Dimension des Nutzermodells wie die geographische Lage eines Benutzers sowie auch zeitliche Angaben.

Die eigentliche Ableitung eines Informationsbedürfnisses erfolgt nun über mehrere Verarbeitungsstufen, die in Abbildung 3 dargestellt sind. Dieses einfache Modell motiviert sich u. a. durch verschiedene Modelle des menschlichen Informationsverhaltens (vgl. z. B. [Wils99]), die davon ausgehen, dass ein Profil einen mehr oder minder starken Einfluss auf das Entstehen eines zunächst latenten Informationsbedürfnisses hat. Im Gegenzug wirken die einzelnen Profile gleichzeitig hemmend auf das Entstehen eines tatsächlich wahrgenommenen Informationsbedürfnisses, das im Modell als erwartetes tatsächliches Informationsbedürfnis bezeichnet wird.

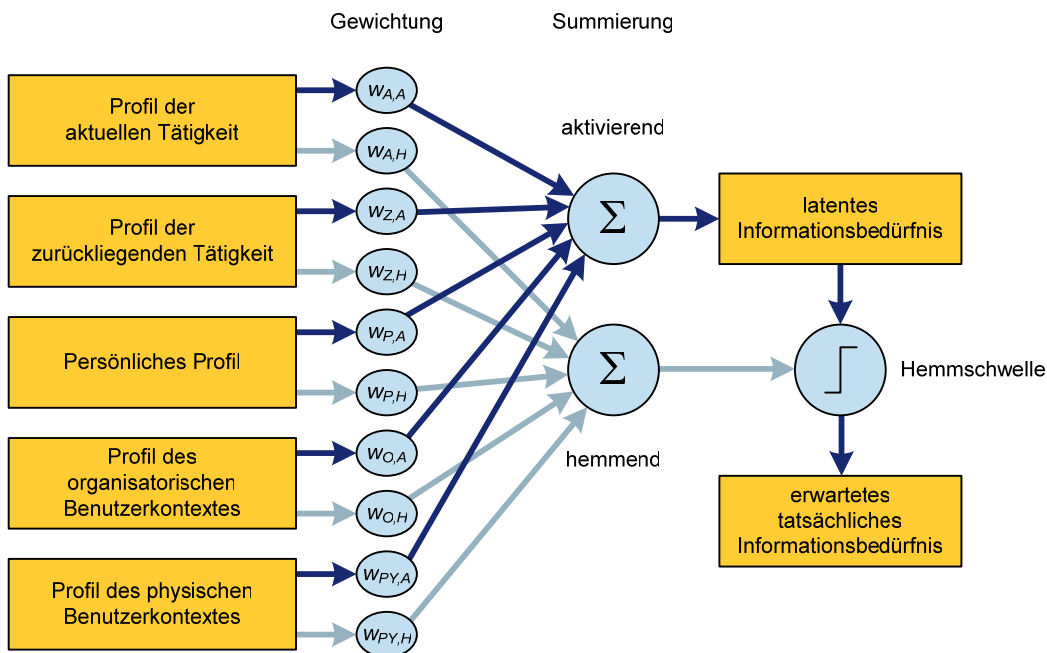


Abb. 3: Ableitung eines erwarteten tatsächlichen Informationsbedürfnisses aus den einzelnen Profilen des einheitlichen Nutzermodells (einfaches Modell)

Sehr grob gesprochen ergibt sich das Informationsbedürfnis als Abweichung des aktuellen Kontextes vom langfristigen Mittel. Einem Entwickler, der sich im Rahmen einer Analysetätigkeit z. B. mit für ihn bisher unbekanntem Legacy-Systemen beschäftigt, werden von unserem System entsprechende Dokumente über die Anbindung dieser Systeme geliefert.

Neben diesem einfachen Gewichtungmodell sind ebenfalls Regelsysteme und Systeme zur Erkennung bestimmter Handlungsweisen (z. B. mittels Hidden-Markov-Modellen) verfügbar und können alternativ eingesetzt werden (vgl. [Morg06]).

Der Inhalt des erwarteten tatsächlichen Informationsbedürfnisses kann nun zum einen zur Verfeinerung einer manuell gestellten Suchanfrage genutzt werden. Zum anderen kann bei einer systembedingten Auslösung der Hemmschwelle der Inhalt des erwarteten tatsächlichen Informationsbedürfnisses zu einer Suchanfrage umformuliert und an einen oder mehrere Suchdienste weitergeleitet werden.

### **3.3 Ähnlichkeitssuche mittels RDF Query by Example**

Der COBAIR-Ansatz sieht sowohl die Anbindung externer Suchdienste, die z. B. im Rahmen eines existierenden Wissensmanagementsystems bereits vorhanden sind, als auch eine eigene Suchfunktionalität vor. Während typische Suchdienste auf Basis des Vektorraummodells [SWY75] arbeiten, setzt der eigene Suchdienst auf dem RDF Query by Example Ansatz [HeMo05] auf. Basis für die Präzisierung einer manuell gestellten Anfrage oder die automatische Formulierung einer Anfrage ist ein erwartetes tatsächliches Informationsbedürfnis, das in Form von gewichteten RDF-Daten vorliegt, mithin bestimmte Vernetzungen mit Gewichtungen zwischen Konzepten und externen Informationen, z. B. Dokumenten, Aufgaben oder Personen, aufzeigt. Wenngleich eine Umwandlung in eine für das Vektorraummodell adäquate Form möglich ist, so gehen dabei zahlreiche, explizite Beziehungen zwischen Konzepten verloren. Basis der in den RDF-Daten enthaltenen Konzepte sind in OWL [DeSc04] vorliegende Ontologien, die gleichzeitig den Ausgangspunkt für die Bestimmung eines Ähnlichkeitsmaßes mittels der sog. ontologischen Distanz zwischen einzelnen Konzepten darstellt.

Der RDF Query by Example Ansatz nutzt als Anfrage einen RDF-Beispieldatensatz, der z. B. im einfachsten Fall ein erwartetes tatsächliches Informationsbedürfnis repräsentiert. Gleichzeitig kommen vage Anfragebearbeitung, die Unterstützung von Volltextanfragen sowie die Ermittlung sortierter Ergebnislisten zum Einsatz. Über die Identifikation ähnlicher, aber zeitlich zurückliegender Informationsbedürfnisse anderer Personen können nicht nur deren Arbeitsergebnisse gefunden werden, sondern in der Relevanzbewertung die Bewertungen dieser Arbeitsergebnisse z.B. in Reviews mit einfließen.

RDF-Daten repräsentieren fast immer einen allgemeinen Graphen mit komplexen Strukturen. Eine Suche entspricht damit dem bekannten Problem der Subgraphisomorphie und liegt zunächst in der Komplexitätsklasse NP. Beschränkt sich die Form des Anfragegraphen auf Bäume, so erreicht die Komplexität zwar die Klasse P, bleibt aber für praktische Zwecke ungeeignet. Durch den Einsatz geeigneter Datenstrukturen, hier zweistufig verketteter invertierter Lis-

ten, und einer strombasierten Anfragebearbeitung ist dennoch eine effiziente Anfragebearbeitung möglich [HeMo05].

#### 4 Das COBAIR-Framework

Zur Realisierung entsprechender kontextbasierter Information Retrieval Systeme geben wir neben einer Reihe von Methoden und Ansätzen auch einen Architekturrahmen an, der neben der Anbindung verschiedenster Quellen für Kontextinformation insbesondere auch die Handhabung hoher Volumina an Kontextinformation ermöglicht [HeRo00, HeRo03]. Für die effiziente Bearbeitung vager Anfragen wurde der RDF Query by Example Ansatz integriert.

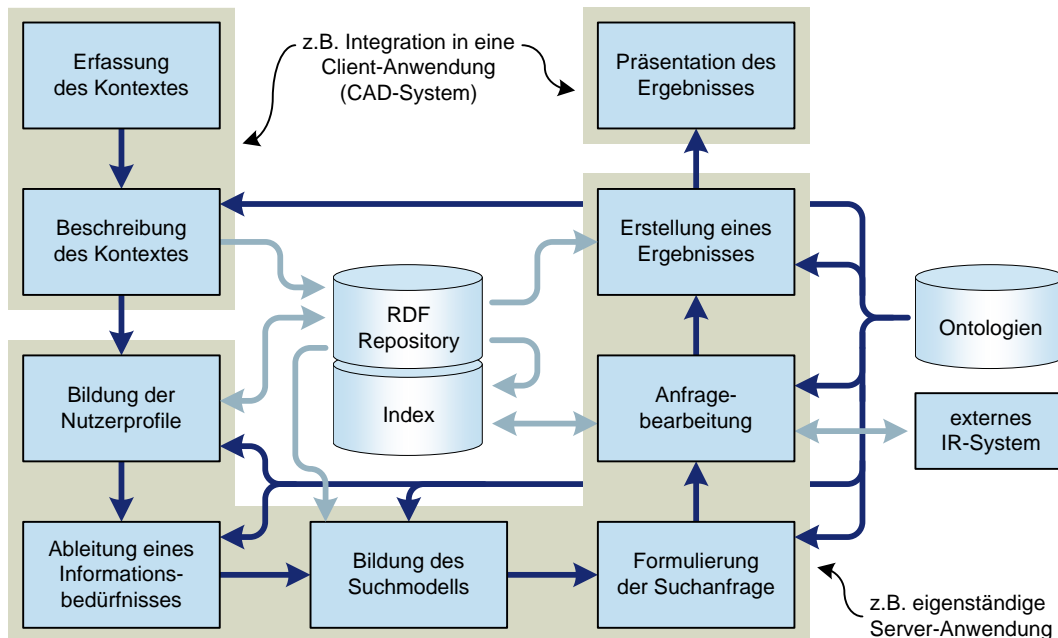


Abb. 4: Komponenten des COBAIR-Frameworks

Dieses Framework unterstützt dabei im Einzelnen die:

- Anbindung von verschiedenen Client-, Client-Server- sowie Server-Anwendungen zur Erfassung von Informationen über aktuelle und zurückliegende Kontexte von Personen,
- Beschreibung der Kontextinformation mittels RDF und Einsatz von Ontologien zur eindeutigen Benennung der einzelnen Elemente,
- Verwaltung und Abfrage von Kontextinformation sowie Gliederung der Kontextinformation in einem einheitlichen Nutzermodell, technische Speicherung in einem RDF-Repository,

- Bildung von Nutzerprofilen und Ableitung von Informationsbedürfnissen einzelner Benutzer aus deren Kontextinformation,
- Formulierung eines erwarteten tatsächlichen Informationsbedürfnisses für einen Anwender,
- Formulierung von Suchanfragen auf einem Suchindex,
- Ausführung der Suchanfragen gegenüber dem eigenen RDF-Repository oder externen IR-Systemen sowie
- Präsentation der Suchergebnisse und deren weitere Verwendung durch einen Anwender.

Das obige Framework ermöglicht mit verschiedenen Architekturmerkmalen vor allem die Verarbeitung sehr großer Mengen an Kontextinformation und gleichzeitig die Anfragebearbeitung in für die Anwender akzeptabler Zeitdauer. Die Anfragebearbeitung unterstützt dabei sowohl vage Anfragen als auch die Lieferung der nach ihrer Relevanz gegenüber der Anfrage sortierten Ergebnisse.

## **5 Einsatz und Evaluierung im Gebiet des Software Engineerings**

Für die Anwendungsdomäne des Software Engineering erfolgte exemplarisch die Realisierung eines entsprechenden kontextbasierten Information Retrieval Systems. Mittels dieser Implementierung wurden die im Rahmen des Forschungsprojektes aufgezeigten Methoden und Modelle auf ihre Nützlichkeit und Performanz beim Einsatz in Softwareentwicklungsprozessen hin evaluiert [Morg06]. Konkrete Zielsetzung war hier, wie bereits in der Motivation und in Abbildung 1 abstrakt aufgezeigt, die Unterstützung von Softwarearchitekten und -entwicklern mit zu ihrer aktuellen Tätigkeit relevanten Artefakten aus anderen Softwareprojekten. Neben einer direkten Verwendung von Komponenten stand dabei auch das Aufzeigen von möglichen Lösungswegen, bspw. durch die Wahl geeigneter Softwarearchitekturen oder -designs im Mittelpunkt.

Wenngleich der zugrunde liegende Rational Unified Process [Kruc04] einen strengen Prozessrahmen vorgibt, so verbleiben auch hier in den einzelnen Teilaufgaben zahlreiche Entscheidungsfreiheiten für einen Entwickler, die teilweise erst in späteren Phasen negative wie positive Auswirkungen zeigen können. Dies sind z. B. Fragen der Softwarearchitektur, des Softwaredesigns, der Einsatz bestimmter Integrationswerkzeuge und Middleware-Systeme, aber auch der Einsatz von geeigneten Algorithmen.

Die prototypische Realisierung eines kontextbasierten Information Retrieval Systems basierend auf dem COBAIR-Framework integriert sich in die typische Anwendungslandschaft mit Werkzeugen zur Prozess- und Projektplanung, Verwaltung von Anforderungen, Änderungen und Fehlern sowie Dokumentenmanagementsysteme, Repositories und Verzeichnisdienste. Auf Client-Seite der Entwickler wurde die Integration in Form eines Plug-Ins in eine integrierte Entwicklungsumgebung realisiert (siehe Abbildung 5). Das zur Anwendung kommende Nutzermodell berücksichtigt neben den Fähigkeiten der einzelnen Personen auch deren in zurückliegenden Projekten durchgeführte Tätigkeiten. Auf Basis der aktuellen Tätigkeit wird so ein latentes Informationsbedürfnis antizipiert und automatisch in entsprechende Suchanfragen übersetzt. Für die Evaluierung der Suchqualität und -performanz kam eine Testkollektion aus 72 Open Source Softwareprojekten zum Einsatz.

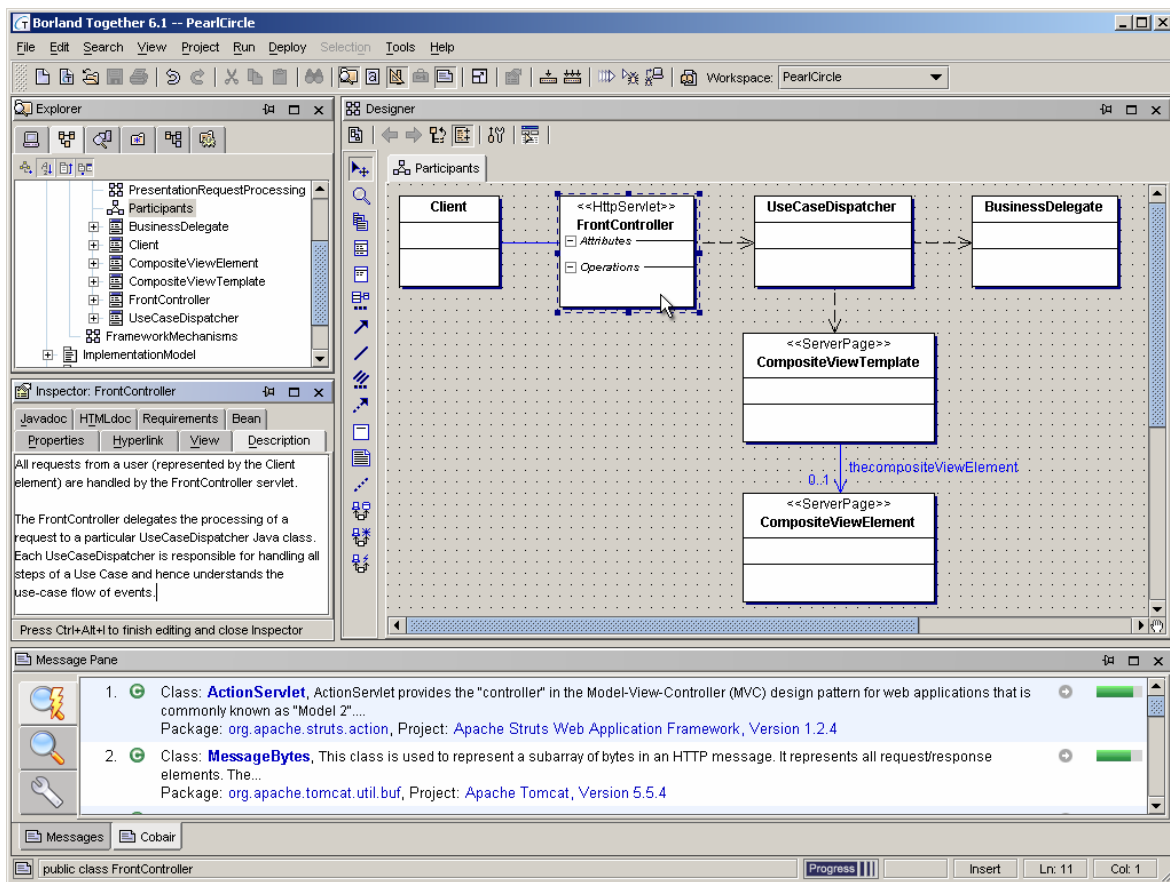


Abb. 5: Einsatz eines Plug-Ins in Borland Together zur Erfassung von Kontextinformation über einen Mitarbeiter sowie zur Anzeige von Suchergebnissen und deren weiteren Verwendung.

Das der Evaluierung zugrunde liegende Szenario umfasst die Entwicklung eines einfachen, webbasierten Auktionssystems in Form einer Mehrschichtenarchitektur, das technisch auf Basis der Java 2 Platform, Enterprise Edition (J2EE) realisiert werden soll. Dieses Beispielszenario, der Verlauf des Softwareentwicklungsprozesses sowie alle dabei entstehenden Artefakte sind

Eeles et al. [EHK02] entnommen. Damit war auch für wiederholte Evaluierungen ein stabiler Verlauf eines Softwareentwicklungsprozesses gewährleistet.

Die Ergebnisse (ausführlich in [Morg06] zu finden) zeigen neben der Tragfähigkeit des Ansatzes auch die Qualität der mit einem entsprechenden kontextbasierten Information Retrieval Ansatz erzielbaren Suchergebnisse. So waren relevante Suchergebnisse im Rahmen der Evaluierung häufig an erster oder zweiter Stelle zu finden (siehe auch Abbildung 5). Die Bearbeitung auch komplexer Suchanfragen, die automatisch auf Basis der vorliegenden Kontextinformation erzeugt wurden, dauerte dabei selten länger als eine Sekunde.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Eine abschließende Bewertung der gesamten prototypischen Implementierung eines kontextbasierten Information Retrieval Systems für das Anwendungsgebiet des Software Engineerings zeigt, dass ein derartiges System in der Lage ist, einen Anwender automatisch mit hilfreicher und relevanter Information während seiner Tätigkeit zu unterstützen. Da diese Bewertung in einem allerdings beschränkten Testszenario stattgefunden hat, ist eine weitere Evaluierung in einem größeren Projektumfeld, die dann auch verschiedene Nutzerprofile und -modelle mit einbeziehen könnte, anzustreben.

Dies ist für die Zukunft in einem entsprechenden Rahmen geplant. Dabei sollen Produktentwicklungsprozesse in der Domäne der Konstruktionstechnik und des Maschinenbaus in einem interdisziplinären Forschungsumfeld untersucht werden.

## Literaturverzeichnis

- [ABH+00] Abecker, Andreas; Bernardi, Ansgar; Hinkelmann, Knut; Kühn, Otto; Sintek, Michael: Context-Aware, Proactive Delivery of Task-Specific Information: The KnowMore Project. *Information Systems Frontiers*, 2(3/4):253–276, 2000.
- [ABN+01] Abecker, Andreas; Bernardi, Ansgar; Ntioudis, Spyridon; Herterich, Rudi; Houy, Christian; Legal, Maria; Mentzas, Gregory, Müller, Stephan: The DECOR Toolbox for Workflow-Embedded Organizational Memory Access. In: ICEIS 2001, 3rd International Conference on Enterprise Information Systems, Setúbal, Portugal, 7–10 July, 2001.

- [Bern98] Berners-Lee, Tim: A roadmap to the Semantic Web. <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>, September 1998, Zugriff am 1.7.2006.
- [BöHä05] Böhm, Karsten; Härtwig, Jörg: Prozessorientiertes Wissensmanagement durch kontextualisierte Informationsversorgung aus Geschäftsprozessen. In: Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.; Eckert, S.; Isselhorst, T. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2005. Heidelberg: Physica-Verlag, 2005 (eEconomy eGovernment eSociety), S. 943–962.
- [BuKr99] Budzik, Jay; Hammond, Kristian: Watson: Anticipating and Contextualizing Information Needs. In 62nd Annual Meeting of the American Society for Information Science, Medford, New Jersey, USA, 1999.
- [DCSH04] Dumais, Susan; Cutrell, Edward; Sarin, Raman; Horvitz, Eric: Implicit Queries (IQ) for Contextualized Search. In Proceedings of the 27th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2004), Seite 594, Sheffield, UK, 25.–29. Juli 2004. ACM Press.
- [DeSc04] Dean, Mike; Schreiber, Guus: OWL Web Ontology Language Reference. <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>, Februar 2004, Zugriff am 1.7.2006.
- [EHK02] Eeles, Peter; Houston, Kelli; Kozaczynski, Wojtek. Building J2EE Applications with the Rational Unified Process. Addison Wesley, August 2002.
- [HeMo02] Henrich, Andreas; Morgenroth, Karlheinz: Integration von kontextunterstütztem Information Retrieval in Portalsysteme. In: Tagungsband zur Teilkonferenz Management der Mitarbeiter-Expertise in IT-Beratungsunternehmen im Rahmen der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2002), 9.–11. September 2002, Nürnberg.
- [HeMo03] Henrich, Andreas; Morgenroth, Karlheinz: Supporting Collaborative Software Development by Context-Aware Information Retrieval Facilities. In: Proceedings of the 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA) (3rd International Workshop on Web Based Collaboration Prague, Czech Republic, September 1–5, 2003). USA: IEEE Computer Society, 2003, Seite 249–253.



- [HeMo05] Henrich, Andreas; Morgenroth, Karlheinz: A Query Engine for RDF based Similarity Queries on Software Artifacts. In: Witold Abramowicz (Ed.): BIS 2005. Proceedings of 8th International Conference on Business Information Systems. Poznan, Poland, 20.–22. April 2005, Seite 169–184.
- [HeRo00] Henrich, Andreas; Robbert, Günter: Combining Multimedia Retrieval and Text Retrieval to Search Structured Documents in Digital Libraries. In Proceedings 1st DELOS Workshop on Information Seeking, Searching and Querying in Digital Libraries, Zürich, Schweiz, Dezember 2000.
- [HeRo03] Henrich, Andreas; Robbert, Günter: Ein Ansatz zur Übertragung von Rangordnungen bei der Suche auf strukturierten Daten. In Tagungsband der 10. GI-Fachtagung Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW'03), Leipzig, 2003.
- [JoFr97] Joachims, Thorsten; Freitag, Dayne; Mitchell, Tom M.: Web Watcher: A Tour Guide for the World Wide Web. In Proceedings of the 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Seite 770–777, 1997.
- [KlCa04] Klyne, Graham; Carroll, Jeremy J.: Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax. <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>, Februar 2004, Zugriff am 1.7.2006.
- [Kruc04] Philippe Kruchten. The Rational Unified Process: An Introduction. Addison Wesley, 3. Auflage, 2004.
- [Libe95] Lieberman, Henry: Letizia: An Agent That Assists Web Browsing. In Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-95), Seite 924–929, Montreal, Quebec, Kanada, 1995. Morgan Kaufmann.
- [Maus01] Maus, Heiko: Workflow Context as a Means for Intelligent Information Support. In Proceedings of 3rd International Conference on Modeling and Using Context (CONTEXT'01), Seite 261–274, 2001.
- [Meie00] Meier, Marco: Integration externer Daten in Planungs- und Kontrollsysteme – Ein Redaktions-Leitstand für Informationen aus dem Internet. Gabler, Wiesbaden, 2000.

- [Morg06] Morgenroth, Karlheinz: Kontextbasiertes Information Retrieval. Modell, Konzeption und Realisierung kontextbasierter Information Retrieval Systeme. Dissertation, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 2006.
- [PaMB96] Pazzani, Michael J.; Muramatsu, Jack; Billsus, Daniel; Syskill & Webert: Identifying Interesting Web Sites. In Proceedings of the Thirteenth National Conference on Artificial Intelligence, Seite 54–61, Portland, Oregon, USA, 1996.
- [PPK03] Priebe, Torsten; Pernul, Günther; Krause, Peter: Ein integrativer Ansatz für unternehmensweite Wissensportale. In Tagungsband 6. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2003), Dresden, September 2003.
- [RhSt96] Rhodes, Bradley J.; Starner, Thad: Remembrance Agent: A continuously running automated information retrieval system. In The Proceedings of The First International Conference on The Practical Application Of Intelligent Agents and Multi Agent Technology (PAAM '96), Seite 487–495, London, UK, April 1996.
- [RIS+94] Resnick, Paul; Iacovou, Neophytos; Suchak, Mitesh, Bergstrom, Peter; Riedl, John: GroupLens: an open architecture for collaborative filtering of netnews. In Proceedings of the 1994 ACM conference on Computer supported cooperative work, Seite 175–186, Chapel Hill, North Carolina, USA, 1994. ACM Press.
- [ScKR01] Schafer, J. Ben; Konstan, Joseph A.; Riedl, John: E-Commerce Recommendation Applications. *Data Min. Knowl. Discov.*, 5(1-2):115–153, 2001.
- [ShMa95] Shardanand, Upendra; Maes, Pattie: Social information filtering: algorithms for automating word of mouth. In Proceedings of ACM CHI'95 Conference on Human Factors in Computing Systems, Seite 210–217, Denver, Colorado, USA, 1995. ACM Press.
- [SWY75] Salton, Gerard; Wong, Anita; Yang, Chung shu. A vector space model for automatic index. *Communications of the ACM*, 18(11):613–620, November 1975.
- [VDI93] VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme, 1993.
- [Wils99] Wilson, Tom D.: Models in information behaviour research. *Journal of Documentation*, 55(3):249–270, 1999.

# Towards Understanding the Dynamics of Digital Communication Networks

Matthias Trier, Annette Bobrik, Tilmann Bartels

Institut für Wirtschaftsinformatik  
Technische Universität Berlin  
10587 Berlin  
{trier, bobrik, bartels}@sysedv.tu-berlin.de

## Abstract

Understanding structures and processes of virtual communication networks can help to improve knowledge sharing and collaboration in a corporate setting. One current research method for that objective is Social Network Analysis. Although this method can generate a static additive picture of the final structures resulting of virtual networks, it misses to uncover the underlying processes of structural evolvement. This article suggests and demonstrates a novel methodology which is based on longitudinal visualization of dynamic networks. It allows visualizing structural evolvement of communication networks over time and thus leads to improved understanding of networking processes. Using the corporate e-mail network of Enron, the approach is demonstrated by studying temporal activity bursts, organizational positions that integrate the virtual network, and longitudinal structural change.

## 1 Introduction

During the past years, electronic communication like e-mail, instant messaging, or videoconferencing have quickly climbed the ranking of preferred means to communicate and subsequently collaborate in an organization. This results in changes in organizational work towards more decentralization [LuBa94] where "electronic communications fuel the growth and effectiveness of an organization and its parts. Information, rather than being limited, controlled, and a source of power, appears to be instrumental for greater effectiveness when widely disseminated and freely available in so-called virtual electronic organizations." [DaLe93:iv].

The resulting complex communication network delivers fix points for the combination of order and chaos in the organization. Every person must be enabled to purposefully switch between the processing of expected and unexpected information. The necessary orientation for that is provided by a network, which is offering active connections (for coordination and communication), but even more importantly connections, which potentially can be activated on demand in special situations [Baec99:26].

With the above properties, novel means of communication can be conceived as a domain within traditional systems theory. It regards organizations as social systems, which are solely consisting of communication acts related to each other [Luhm84]. Following this approach, sociologically oriented systems scientists imply that a major issue for understanding organizations (or groups of people) is to understand their communication and their ability to communicate [Baec99:22]. These insights coincide with another recent approach: Communities of Practice (CoP). Here, ongoing informal communication is developing networks of employees, which eventually constitute CoPs, which are defined as a group of people bound by informal relationships who share common practices [LaWe91]. The role of extending or even replacing offline by online communication and the consequences for sociability in the enterprise is further discussed in the research domain of Computer-mediated Communication (CMC). Traditional work in CMC is focusing on the bandwidth of media (Media Richness Theory, Social Presence Theory) and determines its role for conveying the meanings or intentions of communication partners [DaLe86]. The studies found that due to low bandwidth, text-based online communication has been considered ineffective for developing interpersonal relationships, since there are greater chances of misunderstanding, and incorrect impressions are often generated [Pree00]. On the contrary, other researchers argue that such traditional theories may not apply to digital communication. For example, Parks and Floyd [PaFl96] report that an online communicator can develop an interpersonal relationship with someone met via an Internet newsgroup despite a lack of synchronous or spontaneous interactions. Walther [Walt92] also suggests that even though it may take longer than in face-to-face settings, online communicators can develop interpersonal relationships by devising their own relationship strategies in CMC to deliver social and emotional cues (also cf. [CTK05]). These relationship forming aspects are further substantiated by a recent study: Despite the virtuality and the large size of electronic groups, a survey of Berge and Collins [BeCo05] substantiates that there is a perception of community.

The increased interest of the above research domains implies the vital role of understanding the complex networks resulting from the abundance in lateral communication. It is fundamental to be able to create, foster, and manage a modern, competitive, and intelligent organization.

## **2 SNA – the current approach for understanding network structure**

Substantially triggered by increased corporate focus on networking between employees is the desire to observe, analyze, and even ‘measure’ the actual state, an employee network is in. Next to approaches based on simple activity logging (e.g. [Coth00]), the rapid and regular advance in social network research provides a vast body of related measurements and methodologies [WaFa94]. The according field of Social Network Analysis (SNA) is defined as a framework for the analysis of structured social relationships [WaFa94], which in the organizational context can reflect role-based authority relationships of formal organizational structures, informal structures based on communication, information exchange, or affection [TTF79].

The main hypothesis of SNA is that human behavior is influenced by structural properties (e.g. restrictions). This shifts the focus towards observing relationships between actors and the actor’s embeddedness in a complex relationship network. This relationship network and the individual relationships have influential structural conditions. According to Wellman [Well97], such social networks are virtually present whenever a group of people interacts electronically. This enables the systematic examination of such computer-networked communities.

According measurements within the domain of SNA can either include composition variables, i.e. the number and properties of actors, or structural variables, i.e. the properties of relationships. Among the most important factors for evaluating actor networks are currently network size, relationship strength, network roles (broker, gatekeeper, pulsetaker, hub, isolate, transmitter, receiver, carrier), degree (activity, prominence, symmetry or reciprocity), betweenness and centrality, density, and diameter.

For example, relationships in a network can differ in their strength, although there is no specific definition of what is weak and what is strong. It has been found, that pairs who maintain strong ties are more likely to share the resources they have [WeWo90]. Further, a network’s diameter, i.e. the longest distance between two nodes in a network, is a proxy for the likelihood that information passes through the net. Network density is the ratio between existing ties and the maximum possible ties. It indicates if a network is tightly or very sparsely connected. The

density can be applied together with relationship strength to discover clusters or groups in a network. They usually are highly interconnected sets of actors (thus having a high density). The evaluation of subgroups or epicenters of communication can help to identify structural patterns of the overall network. The nodal degree is a measure of the activity and connectedness, assuming that connections need activities to maintain strength. A network can be characterized by its average nodal degree, which shows the average number of connections of each actor. If an actor has a degree of zero, i.e. no direct relationships, he is called an isolate. Related to the nodal degree is the measure of author centrality. Larger social networks tend to have more heterogeneity in their social characteristics and more complexity in their structure [WePo97], which can be measured by degree distribution.

### **3 Research Objectives - Towards Dynamic Network Visualization and Analysis**

The existing indicators, mainly provided by the field of Social Network Analysis, help to evaluate a variety of properties of a network which emerges from ongoing virtual communication. Although relevant properties like dense areas, general (high versus low) activity levels of the network, balance of relationships, likelihood of transporting information from one end to another, and essential actors are identified, the method provides an additive picture of the final state of the network to derive its insights. For example, it can not be observed, if the actor reacted to external events, or if he had a long steady or a short but quick growth in his degree. Alternatively, an actor with a low degree might have experienced restrictions for his connectedness induced by his specialized field of expertise. Finally, the strength of a relationship does not inform the analyst, if this relationship is stable or eventually already decaying again.

Such shortcomings of static visualizations and measurements motivated the research project Commetrix, which started in 2004 (cf. [Trie04; Trie05]). Next to providing the maximum possible visual transparency of otherwise invisible communication networks, the research seeks to extend the insights from Social Network Analysis by enabling observation of dynamic network processes. Periods and areas of decay, stagnation, growth, acceleration, or deceleration can lead to improved analysis of network stability (or change). The emergence of central nodes and clusters can be visually traced and quantitatively measured, which helps with the issue that

“understanding of the betweenness of these centre nodes changes once the temporal nature of the network is revealed” [MMB05:1218]. This can include observation, visualization, and measurement of changes in density, the integration of dispersed substructures, the stability of components, the growth of relationships or their maintenance, equilibrating (balancing) processes, or the sensitivity and reactions to events. By working on such novel means of observing and analyzing real networking processes, the actual underlying lifecycle of a community can become the focus of analysis. The research is based on the fact, that the development of Social Network Analysis has always been strongly related to visualizations in the form of Sociograms [More34]. We hence suggest that extensions towards dynamic SNA should consequently also be founded on sophisticated means of longitudinal visualization to cope with the resulting complexity. This is also substantiated by McGrath and Blythe [McBl04] who find, that visual motion has a positive effect on the accuracy of viewers' perceptions of change in status in a social network.

In summary, our research objective is hence to develop a methodology based on longitudinal visualization of evolving network structures, which is able to extend the insights of Social Network Analysis by detecting and showing the dynamic behavior behind the static measures utilized by SNA. The visualization method builds on dynamic network graphs and needs to be able to transparently capture time periods and structural areas of decay, stagnation, growth, acceleration, or deceleration. It needs to visually trace and quantitatively measure the emergence of central nodes. Another focus is the observation of overall network stability (density, integration of substructures, stable components, growing relationships, relationship maintenance, balancing processes), change, sensitivity, and reactions to events.

Following the Design Research methodology [e.g. cf. VaKu04], this research objective will now comprise the framework for the design of a novel visualization approach for analyzing dynamic network evolution. Afterwards, its novel insights are demonstrated and evaluated by analyzing the dynamic evolution of Enron's e-mail corpus.

#### **4 Designing a Method for Dynamic Visualization and Measurement**

Advancing from current pictures of social network graphs (Sociograms) to animations of graph evolution over time raises methodological and technical questions. How can the graph be

defined to cover for longitudinal data streams and how can such a graph best be visualized to create an organic view on network evolution.

The methodological aspect should be based on graph theoretic foundations, but needs to consider time-related data. The according sociomatrix [WaFa94] is formally described with a set of actors and their relations. Both constitute a Graph  $G = (N, E)$ , which consists of a finite set of nodes  $N$  and a finite set of edges  $E$  that are constituted by pairs  $(u,v)$  of nodes [Batt99:3]. To accommodate for the usually sparse networks found in the computer-mediated communication domain, we store such sociomatrices in list form to be able to manage large datasets efficiently. Capturing time related data into such a model now requires a list of events, i.e. communication acts. In other words, the individual message (and its reply) constitutes an event on a time scale, which impacts the relationship strength. This can either be switching from null (the relationship is absent) to one (the relationship exists) or it is growing stronger by a certain value (weighted relationships). This approach can be extended to represent more information, as other changes in data can in principle also constitute events. For example, change in author properties, decay of a relationship, the appearance of an author without acting, etc.

The above model is extended to represent additional information. This allows capturing as much information from individual electronic discourses as possible in a systematic and standardized way. It is allowing for subsequent analysis in one model, which we termed 'communigraph'. Such a communigraph consists of two elements. First, a data model has to be defined to capture the individually specified properties of a digital communication network. Primary elements are authors, their messages, and the relational information, i.e. how the authors and their messages relate to other authors' comments. Additional data stores information about the authors, including their names, e-mails, or indexes for anonymous analysis. Further, messages are saved together with their subjects, body texts and time stamp. Finally, dynamic properties can be defined to store individual data about each discourse (i.e. peer evaluations or organizational departments (cf. application in [CTK05]). We further include keywords in the data model, as we regard the technological challenge of integrating keyword analysis and Social Network Analysis as a major potential in understanding large decentralized network structures.

Next to the data model of the communigraph, there need to be visual model specifications, which utilize the underlying data structure to enable insights into the complex structures,



activities, and contents of electronic collaboration. The two main elements of the visual model are author and relation. The relation is the sum of interpersonal contacts between authors in the form of replying messages. Authors are represented by a node (sphere). Means like labels, node colors, node size, or a number of rings around the node are available to represent author core attributes like name, e-mail, and index number and their properties (defined as conveying a qualitative or quantitative meaning) like for example the author's location, his number of contacts, the most important keywords, or his organizational hierarchy. Relations are graphically represented by an edge with properties like the number of messages it represents, the average evaluation of its contents, the time stamps of its messages, or its main keywords.

The technical aspect of visualizing and animating this data structure over time is very challenging. The essential element of a longitudinal visualization of the above event-based graph is the handling of transitions between different network states. This aspect can be termed 'transition problem'.

In general, our experiences are consistent with related work of Moody et al. [MMB05] and Gloor et al. [GLZD04], two research groups which are working in the field of longitudinal network visualization. Both suggest technical approaches to visualize temporal social networks by creating movies of animated graph structures. Generally, both existing approaches handle the transition problem between two successive network layouts via a linear transition between different states of a network, represented by a sliding window. For example, Gloor et al. suggest a time frame of  $[d, d+n]$ , where  $d$  represents the current day and  $n$  is the size of the time frame (e.g. 30 days). All communication within this frame will be used to calculate a network's state at the time point  $d$ . Subsequently, "the animation of the changing layout is interpolated between [...] keyframes" [GLZD04].

By looking at the resulting visualization, it can be found, that such rendering of transition frames disturbs the impression of organic movement. Nodes move in changing speeds and moreover in changing directions across the screen, eventually also crossing other nodes on their way. The main problem arises from inconsistent repositioning methods. For example, force-directed layouting could first move a node away from the center. Subsequent interpolation to bring a node to the next force-directed layout position of the subsequent time frame often results in a translation where nodes move sideward but equidistant to the center. The user has to mentally switch between the organic impression of attraction and repulsion of particles and the linear translation between two subsequent network positions. In visual outputs using

interpolation frames, centers often move without being attracted by other nodes (in the transition phase), intuitively resulting in an unstable impression of an actually stable network transition. Being trained to evaluate stable parts by their inertia, the user is distracted from observing how new nodes find their position, because established centers also shift positions and all adjacent nodes in their clusters with them. We conclude that though being a technical option, interpolative transition between sequential network states (also known as ‘tweening’) results in suboptimal impression of node movement and network evolvment and thus seems to be a suboptimal approach to the transition problem. The approach suggested in this paper is omitting the idea of ‘morphing’ between two layout frames. Rather, we suggest an adapted version of the layout algorithm, which uses iterative layout steps to animate the changes. New nodes are added to the layouting algorithm at the time, when the resulting events occur. To keep a conceivable behavior of existing components through time, new layout calculations are initialized with the node positions from the previous time frame. We propose a relative temperature approach which is able to produce an ergonomic and conceivable animation (for visual results see next section). It builds on personal node temperatures to control the graph’s overall temperature function (i.e. the energy function where low remaining tension in the graph corresponds with a high fit to optimal position). Personal node temperatures correspond with the nodes’ degrees. It indicates how inert they are in their position (i.e. how far they can move). Nodes with high degrees automatically would get a lower temperature and accordingly are less movable. These layout modifications reduce the movement of large structures while new nodes, entering the network, efficiently move towards their equilibrium position.

The adapted force-directed layout approach further includes longitudinal temperature control: Keeping the temperature changes between the layout iterations low and decreasing temperature slowly over time will force the nodes to slowly move around each other. Since the proceeding state is well layouted and the changes between states of a network are usually small, new animation frames will most likely be well layouted themselves. Mainly the parts of the network will move which are changing since the rest will - in terms of temperature (which relates to inertia) - be close to its equilibrium state. The advantage is now, that the force directed layout is the only layouting principle (instead of interchanging between force-directed and transitional linear layout. This results in a much better and intuitive understanding of the network’s evolvment as it keeps established parts as stable as they should appear, while drawing the

user's full attention to the areas where the actual change happens. Movement is thus not a general behavior of the network graph but is directly related to structural changes.

This eventually gives the impression of a real living system of interactive elements in a network, which we found to be of fundamental importance for optimal dynamic network visualization.

The resulting iterative layout approach introduced above is able to produce interim layouts for every event in a network's evolution. It is not influenced by the final structure but only shows the network as it would have been if the sample ended on the current time  $t$ . Optionally, old nodes can be excluded to show only the recent activity in the network's evolution.

To summarize this section, we are suggesting a novel method for longitudinal network visualization, which is based on an animation of a series of events (i.e. communication acts) which finally constitute the communication network. On the methodological level, we utilize data of sociomatrices stored in list form and extend them to create the communigraph. This consists of a data model and visual model elements, which together model information about author and relationship properties, like author affiliation, relationship strength, important keywords (topics), etc. Technically we propose an improved approach to longitudinal layout, based on a concept for node-dependent and dynamic temperature control.

In the next section, we will now apply and evaluate this method for visualizing streaming data of communication networks using data about the e-mail communication network of Enron. It allows for visual observation of some novel longitudinal effects.

## **5 Experiments –Dynamically exploring an e-mail communication network**

For demonstration and evaluation of the above method we will take a sample of Enron's e-mail network. It consists of a set of 19808 messages exchanged between 151 authors during a 959 day period ranging from 11/05/1999 to 06/21/2002. Using the analytical methods of SNA, we arrive at a preliminary static picture of the network: It contains 1525 relationships with the average relationship strength (replies on messages) of 26.55. The network's density is 13.47 percent. The diameter only amounts to 4. The core group of active people, which together accumulate 80 percent of overall message volume, has a share of 27 percent. The maximum degree is 74 contacts.

To compare the insights generated by dynamic network visualization with conventional network statistics, we discuss the following four research questions, which all relate to dynamic evolution of virtual communication networks:

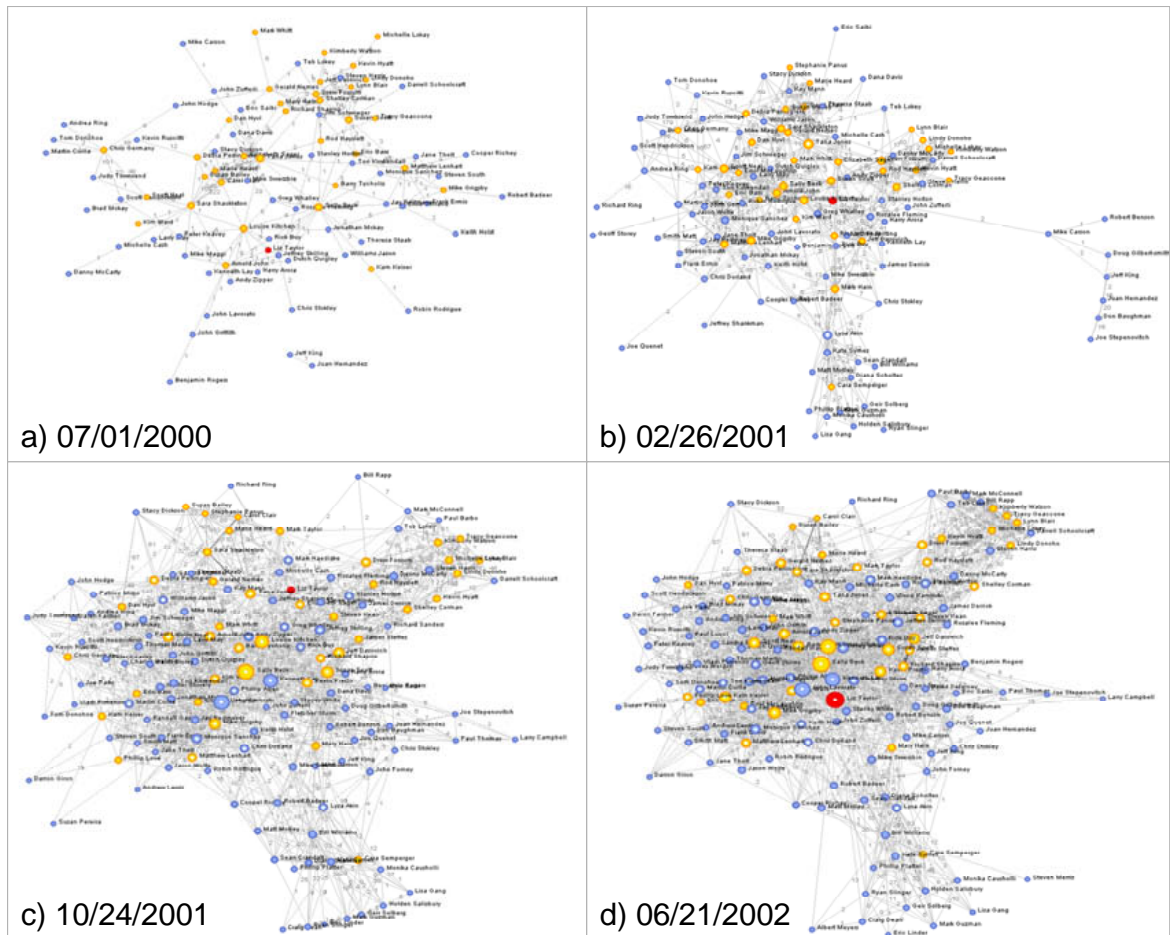
- 1) How can the network behavior be described in terms of separation of clusters?
- 2) How can longitudinal analysis show artifacts of additive pictures provided by static SNA, using the most central node and the establishment of its position as an example?
- 3) Which organizational roles are responsible for spanning large distances and for integrating separate parts of the corporate network? What role does organizational hierarchy play in such processes of network integration?
- 4) How can dynamic visualization help to observe and evaluate the current activity and thus also the current level of change. Is there a relation to external events noticeable?

To approach the first research question (1), Figure 1d shows the final static picture as it would have been produced by conventional Social Network Analysis. A network of only one component can be seen. The most central node (in terms of degree centrality) is at the center. The layout shows a very dense area at the center (named section 1). Further, there is a strongly interconnected section at the top right area (section 2) and some more peripheral nodes at the bottom (section 3). The other parts of Figure 1 (a-c) are snapshots taken from an animation generated with the novel method. They show three intermediate communigraphs<sup>1</sup>. This now allows to visually trace the various activities which finally constitute figure 1d. In the first period, no separation can be observed, a central network exists. However, in period 2 (Figure 1b), section 1 is increasing its density and section 3 starts to exist. It is connected to the main section 1 by only a few nodes. First traces of section 2 are also visible. A further small component (section 4) is visible on the right hand side but it does not survive period 3 (Figure 2c). Section 2 is much more separate now, whereas section 3 has established a very broad connection (many connecting nodes) to section 1. Many authors of section 1 are growing in their degree (denoted by node size), thus improving the density of that area. In the final period 4, the bridge between section 3 and 1 gets narrower again, section 3 thus achieves more separation, section 2 is also remaining separate. However, all areas are connected with each other. The animation further highlights, that there are very important events, which largely influence the resulting structures. Two examples for very important network changes are an

---

<sup>1</sup> As this print medium does not allow for movies showing the change in networks, all animations of network evolution have been made available for viewing online at <http://www.commetrix.de/enron/>.

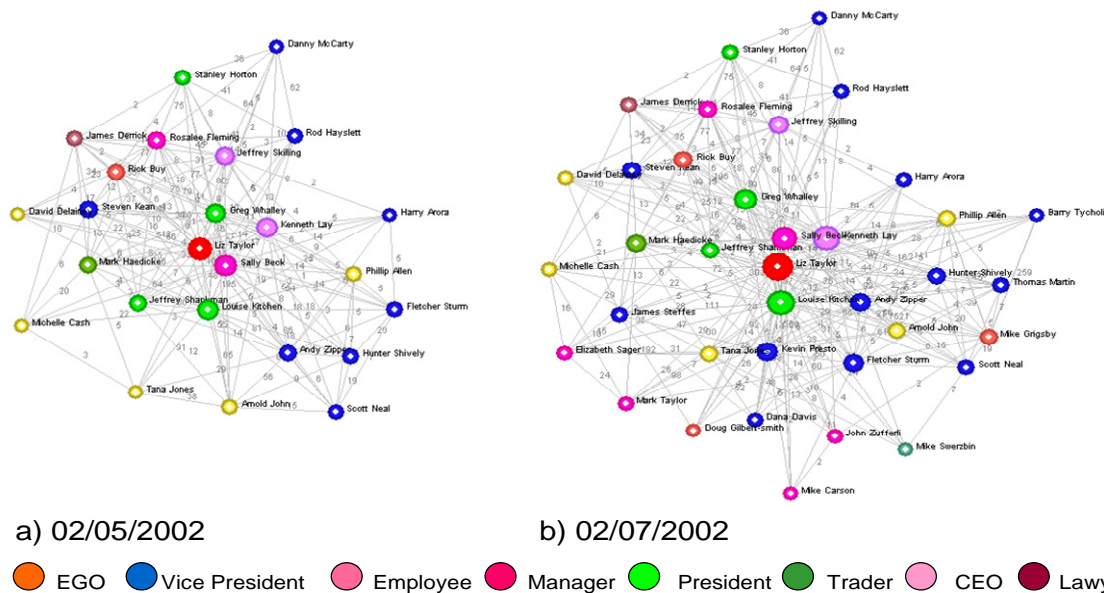
action caused by the CEO (K. Lay) on 08/24/2001 or the most central employee's action on 02/07/2002. Their relevance is mainly due to spreading a message to a larger group of people and receiving replies to it. However, it remains to be explored, if they are also that important from a contents perspective or only in terms of structural network activity.



**Fig. 1:** The evolution of the most central author's position in the network. The observed (most central) author is marked red, the size is representing the nodes' degree. Orange nodes represent members of the 'core group' of active people. The final static picture of the ENRON e-mail corpus as would be produced by an SNA Sociomatrix is shown on the bottom right. The according animation is available at <http://www.commetrix.de/enron/>.

Figure 1 also yields a first insight into research question 2 concerning artifacts of additive pictures of networks. An example showing this wrong impression of a network structure can be demonstrated, when the most central actor gets observed to see how she established her position: Although the author was active in the network during the complete period, almost all of her centrality has been achieved in the last quarter (note the difference in node size between Figure 1c and 1d). This comparison of different states of the network can now be analyzed in more detail by looking at the dynamic evolvement in the last quarter of the sample period<sup>1</sup>. To produce a transparent picture, only the direct ego-network around the observed node is shown.

Further, only relationships with a weight of more than one are involved. Figure 2 highlights the animation's main result: after a long period without significant change, between February 5<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> of 2002, the centrality of our observed node increases by 50 percent in just three days. Afterwards it remains stable again until the end. This implies that the most central node established its position in a very fast burst of activity instead via continuous growth. Color has been employed to code function. It can be seen, that many new vice presidents and common employees entered the central node's egonet during this process. The observed non-linear behavior in node activity is a first insight, which can not be derived from the final additive network picture. Rather, it shows that the eventually most connected node seems to have a short period of untypical behavior, which brought it into its position.



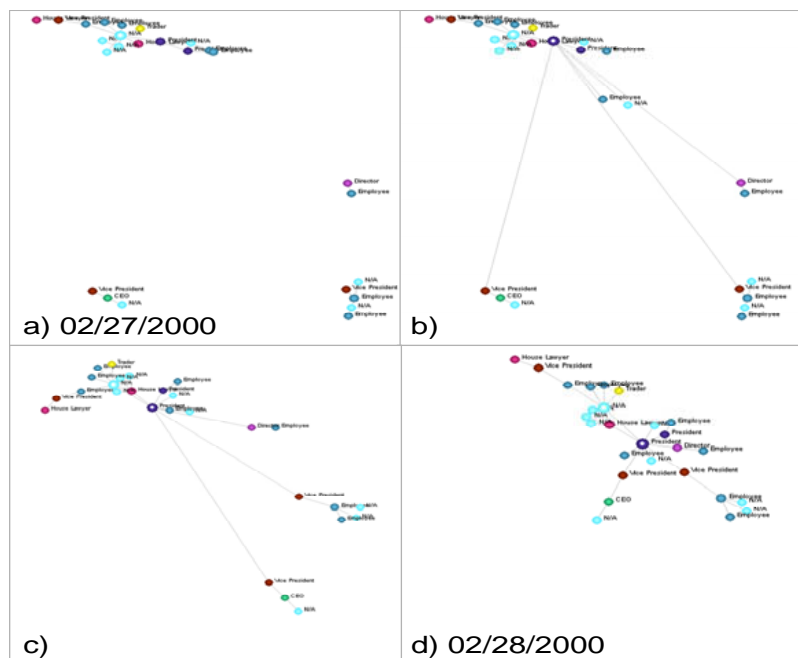
**Fig. 2:** The evolution of the most central author's position in his ego-network between 02/05/2002 and 02/07/2002 (constant scale). The observed author is central and marked red. Yellow nodes have no known job position. Only relationships with a weighting of 2 and more are shown. Their increase in degree is from 24 to 36 contacts. The according animation is available at <http://www.commetrix.de/enron/>.

By defining a sliding window, we can now eliminate messages which are falling outside the time window, i.e. to delete message activity from the visualization which is too old and has decayed. The result of such an animation is that the observer can follow the current activities of the network's evolution without being distracted by past structures. All visible activities directly represent change in the network. Nodes get active and can initialize or join clusters. These clusters are either dissolving or growing over time depending on the ongoing activity level. We found, that this visualization mode helps to understand, who contacts whom to actually establish (or change) a communication network. Periods of high activity can be implied, when many

nodes and relations remain active in the time frame. Brokering actions are becoming visible, even if the nodes do not establish broker positions in the long run.

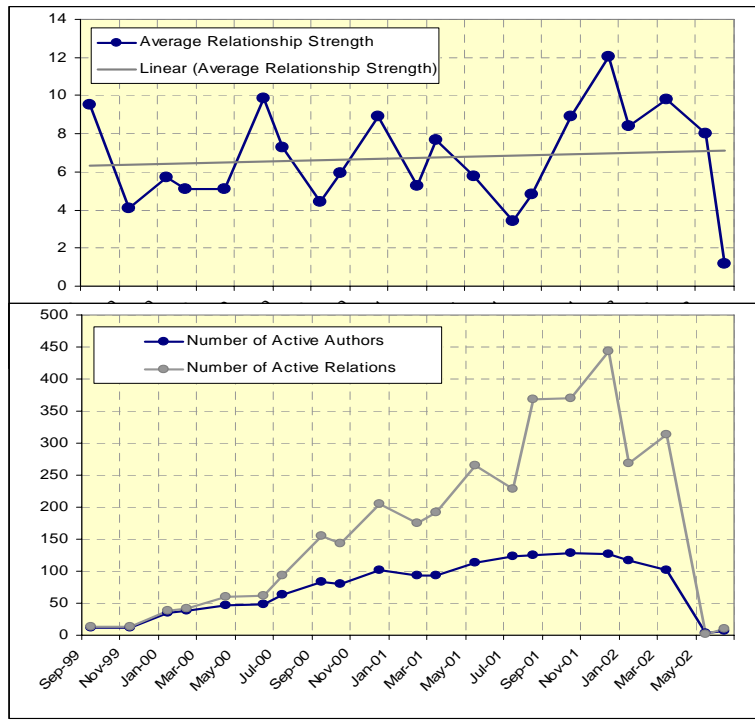
This mode of analysis is now being applied to investigate the third research question: We want to analyze the brokering actions in the evolving network overtime to find out whether brokers which are higher up in the organizational hierarchy have a different role than employees. For that, we code the job positions of the e-mail network's authors by node color and label. This allows observing, which nodes were active and which connected sections to establish the final network structure.

Figure 3 depicts four frames of a part of the overall network evolution, which includes an important brokering situation. A node with job position President connects three otherwise disconnected segments of the network. Interestingly, the other segment's contacts are also above management level: one director and two vice presidents. This visualization raises questions regarding the properties of important acts of brokering between dispersed parts of the network have and regarding the role different job positions have in this process. It could be assumed, that positions higher up in the organizational network show more such brokering activity (connecting otherwise distant parts) than normal employees, as managers should be better connected across the enterprise.



**Fig. 3.** A node with job position President connects three otherwise separate clusters (via two vice presidents and one director) on 02/28/2000. Four separate frames of the according animation. Time filter is set to show only one past month of mail activity.

To further investigate this question, for the year 2000 all brokering activities have been detected by monitoring the according animation<sup>1</sup>. They include the creation of relevant shortcuts (shortcuts which are not only a result of triadic closure, i.e. bypassing the intermediary node) and the integration of clusters. Together, 74 individual actions have been classified as brokering actions in the one year sampled. 25 of those connected previously separated network segments and further 49 actions created fundamental shortcuts within one large component. For 36 of these actions, the organizational function of both adjacent participants is known (as 52 of the 151 job positions of the sample's actors have not been disclosed). With that information, the role of cross-hierarchical relationships for establishing the final interconnected network can be analyzed. Out of 36 brokering actions in the year 2000, 9 actions (25 percent) have involved only top management positions, further 9 actions (25 percent) only employees. The majority of 18 connecting actions (50 percent) have been cross-hierarchical. This quantitative pattern is supported by the visual impression, which implies that managers connect with distant employees in a brokering action to join separate parts of the communication network. Overtime this behavior results in the establishment of a single integrated component.



**Fig. 4.** Level of network change. Time window, showing only the last month of network activity to indicate the change in active authors, active relationships and current average relationship strength across the time period. A clear peak in change and in relationship strength is visible around the time when the Enron scandal was published.



The final research question (4) requires an analysis of the network's level of change. This can again be indicated by observing a time window animation (e.g. of one month). While moving forward in time measurements of active nodes, active relationships between them, and the current average relationship strength were measured. The active nodes and relationships can be interpreted as the added amount of network activity and thus the change in the network's overall structure. Figure 4 shows the quantitative results. The measurements show that a clear peak of change is visible around the time when the Security and Exchange Commission started their investigations into the Enron fraud scandal on 10/31/01 and Enron filed for bankruptcy in December 2001. The Enron e-mail corpus hence seems to react to a fundamental external event by adjusting its level of change.

In summary, these four analyses showed that the developed research method based on longitudinal visualization and measurement is able to provide new insights: It helps to visually observe and understand the dynamic behavior of virtual communication networks.

## **6 Conclusion and Outlook**

Although the field of Social Network Analysis provides a series of useful measures for the analysis of communication networks [WaFa94], there are various shortcomings due to the static nature of the underlying model. This can lead to wrong impressions about nodes' status or even a lack of understanding, especially as far as evaluation of a network's dynamic properties is concerned.

By conducting an analysis of the dynamic behavior of a corporate e-mail network, a novel research method that is being introduced in this paper, proved its ability to help with the detection and description of periods, areas, or components of high activity. It further supports the analysis of structural integration (brokering) actions or the establishment of special network positions over time. It has been found, that the most central node is actually likely to be only a statistical artifact, as it acquired a large part of its high degree in only three days, by some obviously untypical behavior. Animating the network evolution further showed, that clusters form and decay overtime, which is largely affecting the final picture of the network. By eliciting the network's current zone of activity, change could be visually captured. This technique has been applied to visually study brokering actions, which finally resulted in a network with only one component. We found that the majority of such brokering actions included cross-

hierarchical relationships. Managers were very actively involved in connecting otherwise distant parts of the overall network. Here, findings are consistent with a recent publication by Kossinets and Watts [KoWa06:89]. They observe different network measures and their varying levels of stability. One of the main findings regarding network evolution is that bridges in their sample show an unstable nature [KoWa06:90] and seem to provide only temporary advantage for their owner. The method of only showing change also allowed to identify a peak in the speed of network evolution (activity) in fall of 2001. This coincided with an important external event.

It can thus be concluded, that the introduced research approach allows for novel insights, which are able to improve the understanding of network dynamics, both in a visual and in a quantitative way. This can help to better observe and understand corporate virtual networks and their hierarchical, organizational, or locational integration behavior or artifacts in the future.

Based on these initial experiments with longitudinal network behavior and first approaches to actually visually observe, what happens in a network's evolution, future research will now need to systematize, augment, and extend the exploratory experiments discussed in this paper to arrive at a methodology together with according measures, which is providing novel visual but also robust scientific insights into network dynamics.

## References

- [Baec99] Baecker, D. (1999): Organisation als System (in German). Frankfurt am Main
- [Batt99] Battista Di, G. (1999): Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of graphs. Upper Saddle River, New Jersey
- [BeCo00] Berge, Z. L.; Collins, M. P. (2000): Perceptions of e-moderators about their roles and functions in moderating electronic mailing lists. *Distance Education: An International Journal*, 21(2000)1, p. 81-100.
- [Coth00] Cothrel, J.P. (2000): Measuring the success of an online community. *Strategy & Leadership* 28(2000)2, p.17-21, <http://www.participate.com/research/StrategyLeadership.pdf>, Accessed 20.11.2005

- [CTK05] Cho H.-K.; Trier, M.; Kim, E. (2005): The Use of Instant Messaging in Working Relationship Development: A Case Study. *Journal of Computer-Mediated Communication*, Volume 10, Issue 4, July 2005.
- [DaLe86] Daft, R. L.; Lengel, R. H. (1986): Organizational information requirements, media richness and structural design. *Management Science*, 32 (5), p. 554-572.
- [DaLe93] Daft, R. L.; Lewin, A.Y. (1993). Where are the theories for the new organization forms? An editorial essay. *Organization Science*, 4, i-vi.
- [GLZD04] Gloor, P.; Laubacher R.; Zhao, Y., Dynes, S. (2004): Temporal Visualization and Analysis of Social Networks, NAACSOS Conference, June 27 - 29, Pittsburgh PA, North American Association for Computational Social and Organizational Science, 2004.
- [KoWa06] Kossinets,G.; Watts D.J. (2006): Empirical Analysis of an Evolving Social Network, *SCIENCE VOL 3116 JANUARY 2006*, p. 88-90
- [LaWe91] Lave, J.; Wenger, E. (1991): *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press, Cambridge
- [LuBa94] Lucas, H.C.; Baroudi, J. (1994). The role of information technology in organization design. *Journal of Management Information Systems*, 10, 9-23.
- [Luhm84] Luhmann, N. (1984): *Soziale Systeme – Grundriss einer allgemeinen Theorie* (in German). Frankfurt am Main
- [McBl04] McGrath, C.; Blythe J. (2004) : Do You See What I Want You to See? The Effects of Motion and Spatial Layout on Viewers' Perceptions of Graph Structure. In: *Journal of Social Structure*, 5 (2004)2.
- [MMB05] Moody J.; McFarland D.; Bender-DeMoll S. (2005): Dynamic Network Visualization. *American Journal of Sociology*. *AJS Volume 110 Number 4* (January 2005), p.1206–41
- [More34] Moreno, J. L. (1934): *Who Shall Survive?* Washington, DC: Nervous and Mental Disease Publishing Company

- [PaFl96] Parks, M. R.; Floyd, K. (1996): Making friends in cyberspace. *Journal of Communication*, 46 (1), p. 80-97.
- [Pree00] Preece, J. (2000): *Online Communities: Designing Usability, Supporting Sociability*. Chichester and New York: John Wiley & Sons.
- [Trie04] Trier, M. (2004): IT-Supported Monitoring and Analysis of Social Networks in Virtual Knowledge Communities. In: *Proceedings Sunbelt XXIV Conference*, Portoroz, Slovene 2004.
- [Trie05] Trier, M. (2005): IT-supported Visualization of Knowledge Community Structures., *Proceedings of 38th IEEE Hawaii International Conference of Systems Sciences*, Hawaii, USA, 2005.
- [TTF79] Tichy, N. M.; Tushman, M. L., Fombrun, C. (1979): Social Network Analysis for Organizations. *Academy of Management Review*, 4(1979)4, p. 507-519.
- [VaKu04] Vaishnavi, V.; Kuechler, W. (2004). "Design Research in Information Systems" January 20, 2004, last updated January 18, 2006. URL: <http://www.isworld.org/Researchdesign/drisISworld.htm>. Accessed: 20.06.2006
- [Walt92] Walther, J. B. (1992): Interpersonal effects in computer-mediated interaction: A relational perspective. *Communication Research*, 19 (1), p. 52-90.
- [WaFa94] Wasserman, S.; Faust, K. (1994): *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press: Cambridge, 1994.
- [Well97] Wellman, B. (1997): An Electric Group is Virtually a Social Network. *Culture of the Internet*, p. 179-205.
- [WeWo90] Wellman, B., Wortley, S. (1990): Different Strokes from Different Folks: Community Ties and Social Support. *American Journal of Sociology*. 96(1990), p. 558-88.
- [WePo97] Wellman, B., Potter, S. (1997): The elements of personal community. In: Wellman, B. (ed.): *Networks in the global village*. Norwood, NJ, 1997.

# Multiperspektivische Wissensvisualisierung für Wissensaustausch in heterogenen Community-Netzwerken

Jasminko Novak

Institut für Informatik, FG Informationsmanagement  
Universität Zürich  
8050 Zürich  
novak@ifi.unizh.ch

## Kurzfassung

Wissensnetzwerke, die unterschiedliche Communities of Practice einbeziehen, spielen eine wichtige Rolle für die Förderung von Innovation in Organisationen. Der gemeinschaftsübergreifende Wissensaustausch wird aber durch unterschiedliche Wissensdomänen, den fehlenden gemeinsamen Kontexts und die geringe Kommunikation erschwert. Dieser Beitrag diskutiert einen Ansatz zur Überwindung solcher Barrieren mittels Wissensvisualisierung. Die entwickelte Methode ermöglicht es, dynamische Wissenskarten zu erstellen, die persönliche und geteilte Perspektiven aus unterschiedlichen Communities abbilden, in Beziehung setzen und für die Informationssuche nutzbar machen. Eine Laborstudie zeigt, wie ein solcher multiperspektivischer Zugang zu Community-Informationsräumen den gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausch unterstützen kann.

## 1 Einführung

Die Bedeutung von Communities, als informelle, soziale Netzwerke zur Wissensgenerierung und Wissensverteilung in Organisationen, die auf gemeinsamen Interessen oder Aktivitäten basieren, wurde ausgiebig untersucht [BrDu91, Weng98]. Bisherige Arbeiten konzentrieren sich hauptsächlich auf die Unterstützung des Wissensaustausches innerhalb relativ homogener Gemeinschaften, die Teilnehmer mit ähnlichem Hintergrundwissen verbinden. Gleichzeitig ist der Bedarf gestiegen, den Wissensaustausch zwischen unterschiedlichen Gemeinschaften, mit sehr spezialisierten Fachkenntnissen zu unterstützen [BoTe95, BrDu91, Doug92]. Ein üblicher Ansatz ist die Errichtung von gemeinsamen Wissensportalen, die einen zentralen Zugang und

Treffpunkt für verschiedene organisatorische Einheiten und Gemeinschaften zur Verfügung stellen. Entsprechende Unterstützung für solche Plattformen ist jedoch noch nicht verfügbar. Sie basieren meistens auf standardisierten Wissenstaxonomien, die das Wissen unterschiedlicher Communities in eine gemeinsame, festgelegte Struktur verbinden [BoBT02]. Auch werden Kommunikations- und Koordinationswerkzeuge angeboten, die aber für den Wissensaustausch in Teams und *innerhalb* von Gemeinschaften entwickelt wurden (gemeinsame Workspaces, Chat, Awareness).

Verschiedene Studien identifizieren aber besondere Anforderungen für den gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausch, wie z.B. die Koexistenz unterschiedlicher, lokaler Perspektiven inklusive ihrer Visualisierung und Koordination [Dough92, BoTe95, Swan01]. Auch HCI Arbeiten zur Wissenskonstruktion bei der Informationssuche (eng. Sensemaking) betonen die kritische Rolle der Wissensstrukturierung und des kontextualisierten Zugangs zu Informationen zur Lösung von schlecht strukturierten Problemen [RSPC93, QuFu05]. Die Entwicklung von Werkzeugen, welche diese Bedürfnisse erfüllen, ist jedoch nicht sehr weit fortgeschritten.

Dieser Beitrag stellt eine Methode und ein Werkzeug zur Wissensvisualisierung vor, welche diese Aspekte berücksichtigen und speziell zur Förderung des gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustauschs entwickelt wurden. In bisherigen Veröffentlichungen wurden die technische Realisierung der Wissenskartenmethode [NWFS03] und ein frühes Model ihrer Anwendung zur Unterstützung des Wissensaustausches [NoWu04] bzw. die formative Usability Evaluierung des ersten System-Prototyps [NoWu05] vorgestellt. Davon ausgehend wurde im iterativen Design-Prozess ein neues, theoretisch besser begründetes Wissensaustausch-Modell entwickelt und in Form eines interaktiven Werkzeugs realisiert (Knowledge Explorer II) und evaluiert.

Diese Ergebnisse werden hier vorgestellt. Zuerst werden die Barrieren für den gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausch geschildert. Daraufhin wird ein Modell des gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausches eingeführt, welches das Framework des „Perspective Making – Perspective Taking“ [BoTe95] mit der Wissenskonstruktion in der Informationssuche verbindet [RSPC93]. Anschließend wird gezeigt, wie die entwickelte Wissensvisualisierungsmethode diese Anforderungen berücksichtigt und wie ihre Anwendung zum multiperspektivischen Zugriff auf Community-Informationsräume den gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausch unterstützt. Zum Abschluss werden die Ergebnisse der Evaluierung in einer vergleichenden Laborstudie dargestellt.

## **2 Barrieren des gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausches**

Eine typische Konstellation, in welcher der gemeinschaftsübergreifende Wissensaustausch stattfindet, sind heterogene Wissensnetzwerke. Sie verbinden Experten aus unterschiedlichen Disziplinen und Mitglieder unterschiedlicher Communities, die keine kontinuierlich geteilten Interessen haben [MeDa01]. Ihr primärer Zweck ist es, Informationen über die Grenzen einzelner Disziplinen und organisatorischen Strukturen hinaus zu sammeln und zu verteilen [Alle00]. Sie entstehen, wenn Mitglieder verschiedener Gemeinschaften Informationen, Wissen oder Leistungen erwerben müssen, die in ihrem Umfeld nicht verfügbar sind. Die fehlende Kontinuität gemeinsamer Ziele und Interessen resultiert in schwachen Beziehungen (weak ties) und geringer Kommunikation – die Teilnehmer bleiben in ihren Gemeinschaften verankert.

Die Verwendung von Community-Informationsräumen (z.B. gemeinsame Dokumentablagen oder Diskussionsforen) stellt daher nicht nur eine wichtige Modalität des Wissensaustausches *innerhalb* verteilter Gemeinschaften dar, sondern auch für den gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausch. Der Zugang zu Informationsräumen unbekannter Communities wird jedoch erheblich durch die Abwesenheit eines gemeinsamen kognitiven und sozialen Kontexts erschwert, auf Grund dessen die Bedeutung von Informationen bestimmt wird [LaWe91].

### **2.1 Mentale Modelle und Interpretationsschemata**

Unterschiedliche Gemeinschaften besitzen unterschiedliche mentale Modelle [Doug92] oder Interpretationsschemata [BoTe95], welche bestimmen, wie ihre Mitglieder die Bedeutung von Informationen und Erfahrungen interpretieren. Ihr Wissen wird in unterschiedlichen Terminologien ausgedrückt, wobei die Bedeutung und Verwendung von Begriffen stark kontextabhängig ist. Gleiche Begriffe werden oft auf unterschiedliche Art und Weise verwendet [BoTe95] und ähnliche Themen im Kontext unterschiedlicher Probleme gesehen. Das erschwert es, Wissen durch Weitergabe von Informationen auszutauschen. Wissensintegration erfordert ein Verständnis der zugrunde liegenden Interpretationsschemata [Swan01], da andererseits standardisierte Konzepte den Wissensaustausch verhindern, anstatt ihn zu fördern [Dough92].

### **2.2 Geringe, direkte Kommunikation und mangelnde Externalisierung**

Solch implizites Wissen wird entweder durch Sozialisierung oder Internalisierung gewonnen [NoTa95]. Die Sozialisierung bedarf häufiger sozialer Interaktion, die in verteilten Communities auf intensiver, informeller Onlinekommunikation basiert (Chat, Messaging). Die Internalisierung geschieht durch Verfolgung des gemeinschaftlichen Diskurses und häufige

Nutzung des gemeinsamen Informationsraumes (z.B. Diskussionsforen). Die Kommunikation zwischen Gemeinschaften ist aber selten und verfolgt das Ziel der Beschaffung von sonst nicht verfügbaren Informationen [Alle02]. Eine Sozialisierung kann hier nicht stattfinden. Implizites Wissen kann auch nicht durch herkömmliche Internalisierung geteilt werden, da Mitglieder einer Gemeinschaft weder die Motivation noch die Ressourcen haben, den Informationsaustausch in anderen Gemeinschaften zu verfolgen. Der Mangel expliziter Darstellungen gemeinschaftlicher Wissensstrukturen erschwert dieses Problem. Communities befassen sich selten mit der Erzeugung von Wissensrepräsentationen bzw. leiden an der Notwendigkeit einen breiten Konsens zu erzielen. Dies resultiert in übermäßig verallgemeinerten, wenig nutzbaren Strukturen [Caro99]. Folglich sind Wissensstrukturen von Communities größtenteils implizit und unsichtbar für Dritte.

### **2.3 Schlecht-definierte Probleme und unklarer Informationsbedarf**

Die Notwendigkeit, auf Wissen von unbekanntem Gemeinschaften zuzugreifen, tritt bei schlecht definierten Problemen auf. Dies ist bei interdisziplinärer Arbeit, wissenschaftlicher Forschung und Innovationsprozessen in Unternehmen der Fall [Swan01]. Solche Kontexte erfordern es, die Struktur des Problems und verwandte Wissensdomänen zu erschließen, um die Wissenslücken und das notwendige Wissen zur Lösungsfindung zu identifizieren. Dabei ist der Informationsbedarf sehr mehrdeutig und schwierig mit einer zielgerichteten Suche abzudecken. Beispiele sind Strategie- und Produktentwicklung, Business Intelligence [RSPC93] und selbstgesteuertes Lernen [QuFu95].

## **3 Ein Modell für den Wissensaustausch in Inter-Community Netzwerken**

Das Modell des "Perspective Making – Perspective Taking" [BoTe95] beschreibt, anhand des Wechselspiels zwischen der Entwicklung der gemeinschaftlichen Begriffswelten und ihrem Wissen, wie Wissen zwischen unterschiedlichen Gemeinschaften geteilt werden kann.

### **3.1 Perspective Making – Perspective Taking**

Perspective Making (PM) umfasst Prozesse, durch welche die Mitglieder einer Gemeinschaft ihr Wissen und eine gemeinsame Perspektive entwickeln. Dies schließt Aktivitäten vom gemeinsamen Problemlösen bis hin zur kollaborativen Strukturierung von Informationen und narrativer Kommunikation ein. Durch die Erläuterung der Bedeutung existierender Begriffe, die



Entwicklung neuer Begriffe und dem Aufbau von Beziehungen zwischen ihnen, entwickeln die Community-Mitglieder einen gemeinsamen Wissensraum. Perspective Taking (PT) beschreibt die Erlangung des Verständnisses der Wissensperspektive einer unbekannt Community. Dies umfasst das Verstehen der impliziten Wissensstrukturen, in welchen die Bedeutung von Informationen begründet ist und ihrer Beziehungen zum eigenen Wissen. Das fremde Wissen wird internalisiert, indem es mit eigenen Begriffen ausgedrückt wird (PM).

Der gemeinschaftsübergreifende Wissensaustausch findet also in einem Wechselspiel von Perspective Making und Perspective Taking statt: die durch das Verstehen von „was und wie die anderen wissen“ [BoTe95] und durch die Entdeckung der Beziehungen zum eigenen Wissen gewonnenen Erkenntnisse, werden durch Aneignung von neuen Begriffen ausgedrückt und somit als neues Wissen in die eigene Community eingebracht (Abb. 2).

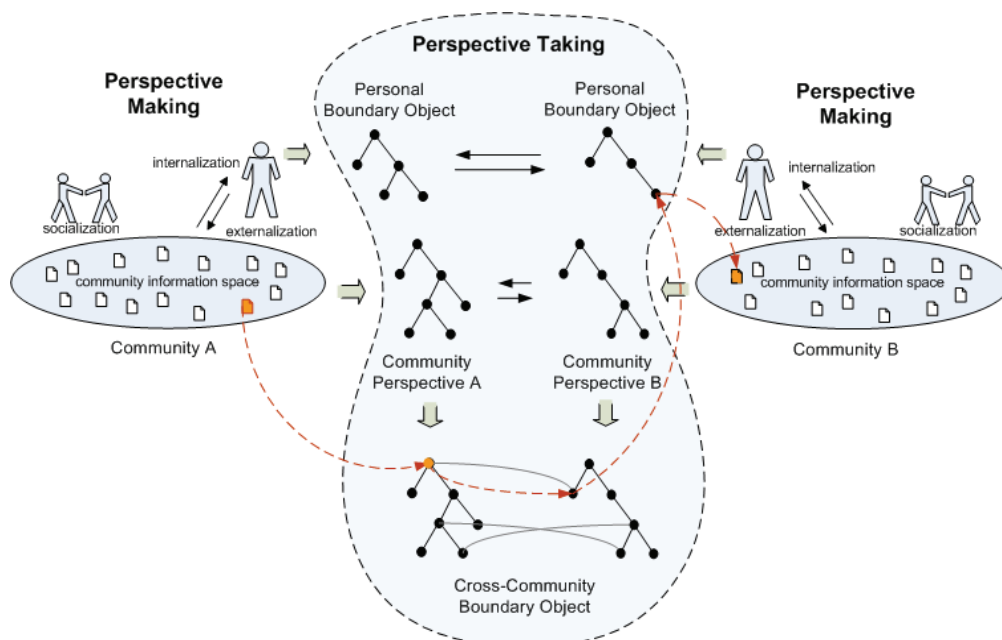


Abb. 1: Modell des gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausches

Die Hauptanforderung zur Unterstützung des gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausches ist also die Visualisierung von impliziten Wissensstrukturen individueller Communities. Diese Wissensvisualisierung muss es Mitgliedern unterschiedlicher Communities ermöglichen,

- Einsichten in implizite Wissensstrukturen fremder Communities zu gewinnen (PT),
- die Beziehungen zwischen dem Wissen anderer Communities und ihrem eigenen Wissen zu entdecken bzw. unbekannte Informationen zu kontextualisieren (PT→PM),
- neu erworbenes Wissen in ihren eigenen Begriffen bzw. durch Aneignung fremder Begriffe in ihren gemeinschaftlichen Perspektiven auszudrücken (PM).

### **3.2 Boundary Objects**

Perspective Taking kann insbesondere durch sog. Boundary Objects („Grenzobjekte“) unterstützt werden: diese verbinden unterschiedliche Perspektiven von heterogenen Akteuren auf ein Problem oder eine Wissensdomäne und erlauben ihnen, Informationen zu interpretieren, ohne die eigene, spezielle Sichtweise aufgeben zu müssen [BoSt99]. Relevante Beispiele für Perspective Taking sind Klassifizierungssysteme und kognitive Karten [BoTe95]. Nach [BoTe95] sind auch Visualisierungen von persönlichen Wissensstrukturen der Community-Mitglieder wichtige Boundary Objects, weil oft schon innerhalb von Gemeinschaften sehr verschiedene Sichtweisen über die Bedeutung von Begriffen und Informationen bestehen.

### **3.3 Wissenserzeugung beim Informationszugriff**

Das Wechselspiel von Perspective Taking und Perspective Making kann in den Prozess der Informationssuche in einer unbekannt Community mittels der sog. „Sensemaking-Schleife“ eingebettet werden [RSPC03]. Sie beschreibt wie Wissenskonstruktion in einem Wechselspiel zwischen der Suche nach relevanten Informationen und der Suche nach Strukturen, die Informationen kontextualisieren, stattfindet. Um eine komplexe Aufgabe zu erschließen, erstellt der Benutzer Informationsstrukturen (Schemata), welche die wesentlichen Merkmale des Informationsbedarfs der Aufgabe umfassen. Die Schemata werden benutzt, um die Identifikation relevanter Begriffe, die den Informationsbedarf charakterisieren, zu leiten und die wieder gewonnenen Informationen zu kategorisieren. Schließlich werden die mit Informationen angereicherten Schemata zur Erfüllung der Aufgabe verwendet. Die Bereitstellung persönlicher Wissensstrukturen anderer Nutzer bietet dafür eine wichtige Unterstützung [QuFu05].

### **3.4 Bestehende Unterstützung**

Perspective Making wird durch eine große Palette von Community-Systemen und Werkzeugen unterstützt: von Diskussionsforen und gemeinsamen Arbeitsbereichen über kollaboratives Filtern und Recommender-Systeme bis hin zum kooperativen Kommentieren und Annotationen [Koch03]. Die Unterstützung von Perspective Taking ist dagegen bisher sehr beschränkt. Bestehende Ansätze setzen typischerweise standardisierte Taxonomien oder organisationsweite Ontologien ein, um Wissen über die Grenzen unterschiedlicher Organisationsstrukturen und informellen Communities hinaus zugänglich zu machen [Boni02]. Diese Ausrichtung auf eine unifizierte Struktur wird den Anforderungen von simultaner Koexistenz und Koordination zwischen unterschiedlichen lokalen Perspektiven nicht gerecht [Boni02, Swan01].

Auch die kollaborative Erstellung von Ontologien ist durch die Notwendigkeit der expliziten Verhandlung und des gemeinschaftlichen Konsens eingeschränkt. Ontologie Mapping Methoden ermöglichen es, Beziehungen zwischen unterschiedlichen Schemata zu entdecken, erfordern aber explizit modellierte Ontologien [DiFo02]. Sie vernachlässigen die implizite Natur und soziale Erzeugung von gemeinschaftlichem Wissen bzw. das Verstehen der gegebenen Beziehungen, das für Perspective Taking notwendig ist.

Wissensvisualisierungsmethoden wie Concept Mapping ermöglichen es, konzeptuelle Strukturen von Individuen und Gruppen zu erfassen, darzustellen und für den Wissensaustausch anzuwenden [TeKe05]. Im Wissensmanagement werden wiederum Wissensstrukturkarten benutzt, um einen Überblick über vorhandene Wissensressourcen darzustellen (z.B. Wissensträgerkarten, Kompetenzkarten) [Epl01]. Während die Concept Mapping Methoden dem Nutzer einen hohen Aufwand bei der manuellen Erzeugung abverlangen, bieten die Wissensressourcenkarten wenig Einsicht in semantische Strukturen von Nutzern und Gruppen.

## 4 Visualisierung persönlicher und gemeinschaftlicher Wissensstrukturen

Die Hauptidee des vorliegenden Ansatzes ist es, den Zugang zu Community-Informationsräumen mittels interaktiven Wissenskarten zu unterstützen, welche implizite, persönliche und geteilte Wissensstrukturen von Mitgliedern unterschiedlicher Communities darstellen. Dabei wird die Informationssuche als ein Prozess betrachtet, in dem die Nutzer durch Interaktion mit Informationen bestehendes Wissen ausdrücken und neues Wissen entwickeln.

### 4.1 Das Wissenskarten-Modell

Dazu wird ein Wissenskarten-Modell eingeführt, das Wissensstrukturen von Nutzern visualisiert und einen Kontext zur Interpretation der Bedeutung ihrer Informationsaktionen darstellt.



Abb. 2. Das Wissenskarten-Modell

Eine solche Wissenskarte besteht aus zwei eng miteinander verbundenen Elementen: einer Document Map und einer Concept Map. Die Document Map (Abb. 2, links) stellt eine persönliche oder Community-Informationssammlung dar, strukturiert in semantische Cluster, die thematisch verwandte Dokumente enthalten. Die Concept Map (Abb. 2, rechts) visualisiert Gruppen und Beziehungen von Begriffen, die in ähnlichen Kontexten verwendet werden. So werden Sprachmuster eines Nutzers oder einer Community sichtbar.

#### **4.2 Erhebung und Visualisierung von persönlichen Sichtweisen**

Um solche Karten basierend auf den persönlichen Sichtweisen der Benutzer zu erzeugen, wird die statistische Textanalyse mit einem selbst-organisierendem, neuronalen Netzwerk und mit Methoden des überwachten Lernens von Nutzerpräferenzen kombiniert [NWFS03]. Dem Benutzer wird zuerst eine systemgenerierte Struktur angeboten, welche er zur Informationssuche benutzen kann. Die Ergebnisse seiner Suche kann der Nutzer in einer neuen, persönlichen Document Map anlegen (Dokumente auswählen, Cluster erstellen und benennen). So entsteht eine Vorlage, die seine persönliche Interpretation der Bedeutung von Dokumenten widerspiegelt. Diese wird vom System gelernt und kann, als semantischer Filter, neue Dokumente automatisch in nutzerdefinierte Themen klassifizieren. Dadurch sind persönliche Karten unmittelbar nützlich für den Kartenautor selbst, was die notwendige Motivation für ihre Erstellung sicherstellt. Die system-generierten Karten lösen dabei das Kaltstart-Problem, da sie benutzt werden können, bevor genügend persönliche Karten verfügbar sind.

Anhand der Analyse der benutzten Begriffe (Konzepte) in seinen persönlichen Document Maps, ermittelt das System für jeden Benutzer auch eine persönliche Concept Map, die ein Netzwerk der aus Benutzersicht relevantesten Konzepte und ihren Verbindungen darstellt. Die Konzeptrelevanz wird anhand der Anzahl der zugeordneten Dokumente bestimmt. Durch die Benennung von Dokumenten-Clustern erstellen die Nutzer auch implizite Beziehungen zwischen eigenen Konzepten und anderen Begriffen, die in den Dokumenten vorkommen. So werden Beziehungen zu eigenen und fremden Community-Begriffen hergestellt.

#### **4.3 Zusammenfassung persönlicher Ansichten in Community-Wissensstrukturen**

Wird diese Methode auf Dokumentenkarten aller Benutzer einer Community angewandt, entsteht die gemeinsame Community Concept Map. Die Clusterbezeichnungen von Mitgliedern einer Community beschreiben die wichtigsten Konzepte, die in dieser Community auftreten. Die Verbindungen von Konzepten zu Dokumenten veranschaulichen dabei die Bedeutung der

benutzten Begriffe, indem sie konkrete Beispiele ihrer Verwendung aufzeigen. Beziehungen zwischen unterschiedlichen Konzepten, die verschiedene Nutzer für ähnliche Dokumentencluster (Themen) verwendet haben, werden aus der Ähnlichkeit der Dokumentencluster abgeleitet. Diese wird text-basiert anhand einer Stichwort-Analyse und kontext-basiert anhand Dokumenten-Kollokation gemessen [NWFS03]. So werden unterschiedliche persönliche Ansichten aus einer Community in einer gemeinsamen Struktur verbunden.

## 5 Multiperspektivischer Zugang zu Community-Informationsräumen

Auf Basis der vorgestellten Methode wurde ein Wissensvisualisierungsmodell entwickelt, das es erlaubt, verschiedene persönliche und gemeinschaftliche Wissensstrukturen gleichzeitig darzustellen, die Beziehungen zwischen ihnen zu entdecken und Informationen thematisch zu kontextualisieren. Dieses wurde im Werkzeug Knowledge Explorer II implementiert, das die Exploration von Community-Informationsräumen aus verschiedenen Sichtweisen ermöglicht.

### 5.1 Der Knowledge Explorer (II)

Das Werkzeug Knowledge Explorer II ist in Abb. 3 dargestellt (siehe [NoWu05] für Version I). Die Document Maps werden als ein zweidimensionales Gitter dargestellt, auf dem die Dokumente nach Ähnlichkeitsbeziehungen und Clusterzugehörigkeit verteilt werden.

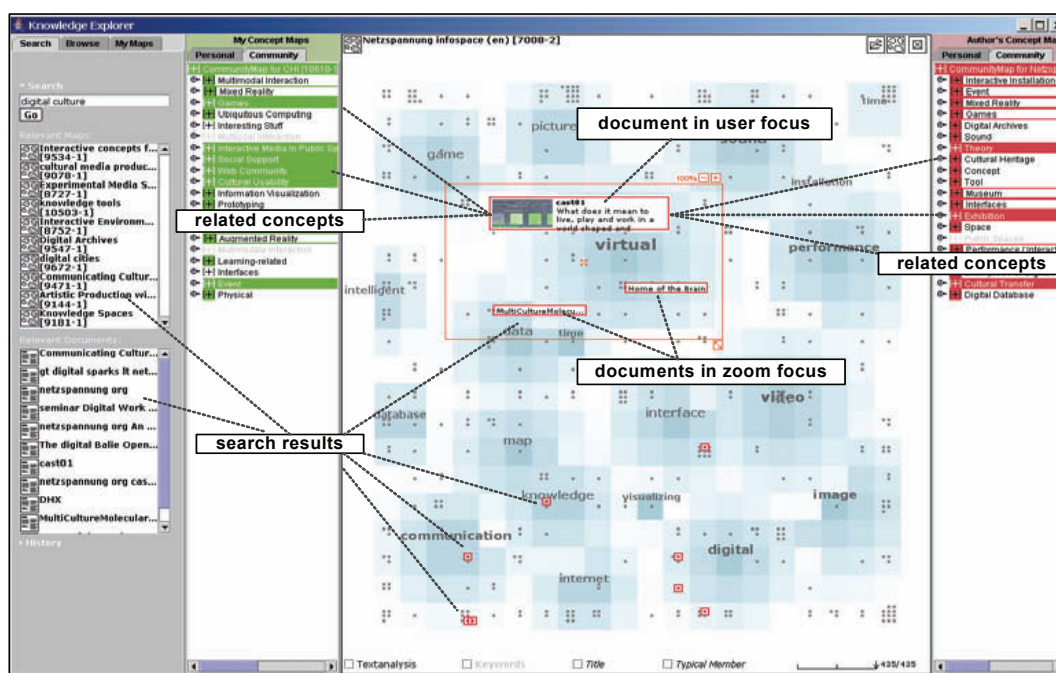


Abb. 3. Das Knowledge Explorer II Werkzeug

Die vom Clusterzentrum abfallende Farbtintensität, stellt den Zugehörigkeitsgrad einer Gitterzelle zu einem Cluster dar. Die Concept Maps werden in einem Verzeichnisbaummodell abgebildet, das die visuelle Komplexität reduziert und intuitive Navigation ermöglicht.

Ein typischer Nutzungsablauf beginnt mit einer Suchanfrage, die eine Liste relevanter Dokumente und Karten liefert (erzeugt von einem Empfehlungsdienst [NWFS03]). Die relevanteste Document Map wird im zentralen Panel angezeigt (Abb. 3). Zusätzlich werden die dazugehörige Concept Map (rechts) und die persönliche Concept Map des Nutzers (links) geöffnet. Die Suchergebnisse werden durch die farbige Kennzeichnung der Dokumente auf der Document Map und der verwandten Begriffe in den beiden Concept Maps in Zusammenhang gebracht. So kann der Nutzer die Suchergebnisse auf ihre thematischen Zusammenhänge in der Document Map untersuchen, über hervorgehobene Begriffe in den Concept Maps navigieren, oder eine neue persönliche Karte erstellen, um relevante Dokumente und Themen zu speichern. Mittels Tab-Register kann er leicht zwischen den gewünschten Kombinationen von Perspektiven umschalten. So kann er die Sichtweisen einer fremden Community erforschen oder durch dessen Informationsraum aus der eigenen persönlichen oder vertrauten Community-Sicht navigieren.

## **5.2 Semantische Exploration und kontextualisierter Zugang zu unbekanntem Domänen**

Die Document Map und die Concept Map einer unbekanntem Community bieten einen schnellen Überblick über die Community-Wissensstrukturen. Dies umfasst die wichtigsten Themen, Gruppen von thematisch verwandten Dokumenten sowie Begriffe und ihre Beziehungen. Mittels Begriffsnavigation in der Concept Map können Benutzer relevante Dokumente identifizieren. Durch das Auswählen von Dokumenten in der Document Map werden wiederum verwandte Begriffe angezeigt. Dies unterstützt Perspective Taking, da die Nutzer ein Verständnis für relevante Themen und die Terminologie der fremden Community entwickeln können. Die Visualisierung der zu einem Suchergebnis verwandten Begriffe erleichtert ihnen zu lernen, wie sie ihren Informationsbedarf in der unbekanntem Terminologie ausdrücken können.

## **5.3 Multiperspektivische Navigation und gemeinschaftsübergreifende Beziehungen**

Gemeinschaftsübergreifende Beziehungen, die aus der Analyse persönlicher Karten von Mitgliedern unterschiedlicher Communities hervorgehen, ermöglichen es, das Wissen einer Community im Kontext einer anderen zu lokalisieren. Solche Beziehungen können in Community Maps visualisiert und erforscht werden oder die persönlichen Karten, denen sie

entstammen, können direkt gegenüber gestellt werden. So kann die persönliche Begriffskarte eines Nutzers oder seiner Community genutzt werden, um durch die Dokumentenkarte einer unbekannt Community anhand vertrauter Begriffe zu navigieren. Die Selektion unbekannter Dokumente zeigt wiederum verwandte Begriffe in vertrauten Wissensstrukturen auf. Die Selektion eines Begriffs visualisiert sowohl die verwandten Dokumente als auch die zugehörigen Begriffe in der unbekannt Community (Abb. 3). Dadurch wird sichtbar, wie Begriffe unterschiedlicher Communities miteinander in Beziehung gebracht werden können.

#### **5.4 Kontextualisierung von unbekanntem Wissen in persönlichen Perspektiven**

Anstatt Community Maps anzuzeigen, kann der Benutzer auch eine persönliche Karte eines anderen Benutzers öffnen. Dadurch wird nur eine Teilmenge von Dokumenten angezeigt, die das persönliche Wissen des Kartenauteurs widerspiegelt und für einen spezifischen Informationsbedarf relevant ist. Persönliche Karten können auch benutzt werden, um einen Communityraum in thematische Cluster, aus der Sichtweise des Kartenauteurs zu strukturieren. Die Klassifikation der unbekannt Dokumente beruht auf ihrer Ähnlichkeit zu Dokumenten, die bereits in der persönlichen Karte des Nutzers enthalten sind. Solche Kategorisierung bildet die nutzerspezifischen Kriterien der Dokumentenzugehörigkeit zu einem Thema implizit ab. Die Zuordnung von unbekannt Dokumenten zu persönlichen Wissensstrukturen erleichtert es dem Nutzer zu verstehen, ob und wie sich unbekanntes Wissen auf sein vorhandenes Wissen bezieht (PT → PM). Die persönlichen Karten unterstützen auch den Sensemaking-Prozess: sie bieten Vorschläge zu richtigen Suchbegriffen, relevanten Dokumenten für einen bestimmten Informationsbedarf und erlauben die Kontextualisierung unbekannt Informationen.

#### **5.5 Externalisierung von persönlichem Wissen und Beziehungen zu anderen Nutzern**

Mit persönlichen Karten drücken die Nutzer das bei der Informationssuche entwickelte Wissen aus. Durch das Hinzufügen von Dokumenten aus fremden in eigene Karten erstellt ein Nutzer implizite Beziehungen zwischen seinen Begriffen und den Begriffen anderer Nutzer. Für Karten aus der gleichen Community entstehen dadurch Beziehungen zwischen persönlichen Sichtweisen innerhalb der Community. Durch das Hinzufügen von Dokumenten aus Karten anderer Communities drücken die Nutzer die entdeckten Beziehungen zwischen den Begriffen und dem Wissen unterschiedlicher Communities aus (PT → PM). Die Motivation, eigene Karten anderen zur Verfügung zu stellen, basiert sowohl auf dem Reputationsmechanismus (Karten beinhalten den Namen ihres Autors) als auch auf einem unmittelbaren Gewinn für den

Kartenautor: durch die entstandenen Beziehungen zwischen seinen Konzepten und Themen und Dokumenten von anderen Nutzern erhält er Zugang zum ihren Wissen.

## 6 Empirische Evaluierung in einer vergleichenden Laborstudie

Die Anwendung der entwickelten Wissensvisualisierungsmethode zur Unterstützung des gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausches wurde in einer Laborstudie evaluiert. Dazu wurde der Knowledge Explorer II mit einem herkömmlichen Werkzeug für die Informationssuche verglichen, welches keine Wissensvisualisierung einsetzt.

### 6.1 Experiment Design

Basierend auf der experimentellen Simulationsmethode wurden Testnutzer mit Szenarien und Aufgaben konfrontiert, die einer realen Situation ähneln. Es wurden zwei Communities sowie dessen Informationsräume ausgewählt, welche grundlegende Unterschiede aufweisen, jedoch Schnittmengen in ihren Interessengebieten haben (Tabelle 1). Zuerst lösten Mitglieder der ersten Community (C1) einen Aufgabensatz zu vertrauten Themen in der eigenen Community, woraus ihre persönlichen und gemeinschaftlichen Wissensstrukturen extrahiert wurden. Im zweiten Schritt wurden diese Wissenskarten visualisiert und von Mitgliedern einer anderen Community (C2) zum Zugriff auf den Informationsraum der ersten Community verwendet.

Die Teilnehmer des zweiten Versuchs wurden in drei Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe benutzte den Knowledge Explorer mit der gemeinsamen Community Map der Community C1 (Gruppe A). Die zweite Gruppe benutzte den Knowledge Explorer mit persönlichen Karten der Community C1 (Gruppe B). Die dritte Gruppe benutzte ein herkömmliches System für die Informationssuche ohne Wissensvisualisierung (Google Search + Mozilla Bookmarks, Gruppe C). Die Haupthypothese bestand darin, dass das Knowledge Explorer Werkzeug eine bessere Unterstützung für die Identifikation und das Verstehen von relevantem Wissen in Informationsräumen unbekannter Communities bietet, als das Referenzsystem. Zur Bewertung wurde die Qualität des Wissenszugriffs zwischen den Versuchsgruppen verglichen.

Community	Wissensdomäne	Teilnehmer	Informationsraum
C1: Medienkunst (netzspannung.org)	Medienkunst, Design & Technologie	Künstler, Kuratoren, Interface-Designer (7)	Teilbereich des Community-Portals (435 Dokumente)
C2: HCI (konstruiert)	Entwicklung interaktiver Systeme	Forscher, Doktoranden, Studenten (3x6, 1 drop-out)	Teile des ACM CHI Konf.-Archiv (604 Dokumente)

Tabelle 1. Zusammensetzung der Test-Communities, Teilnehmer und Informationssammlungen



## 6.2 Die Messung der Qualität des Wissenszugriffs

Nach dem vorgestellten Modell des gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausches kann die Qualität des Wissenszugriffs anhand von drei Hauptkriterien bewertet werden: 1) dem Ausmaß der gewonnenen Einsicht in die Wissensstrukturen der unbekannt Community, 2) der Qualität der entdeckten Beziehungen zum eigenen Wissen und 3) der Qualität der Erfüllung typischer Sensemaking-Aufgaben während der Informationssuche.

Um diese objektiv bewerten zu können, wurden die Aufgabenlösungen der Nutzer nach folgenden Indikatoren gemessen: dem Ergebnis der Informationswiedergewinnung, der Qualität der thematischen Strukturierung und dem Lerneffekt.

Das Ergebnis der Informationswiedergewinnung wird durch die Standardmaße Precision (Genauigkeit) und Recall (Vollständigkeit) gemessen. Die Genauigkeit beschreibt das Verhältnis zwischen der Anzahl der relevanten Dokumente und der gesamten Anzahl der Dokumente, welche der Nutzer gefunden hat. Die Vollständigkeit misst das Verhältnis zwischen der Anzahl der vom Nutzer gefundenen relevanten Dokumente und der gesamten Anzahl relevanter Dokumente in der Testsammlung (Referenzlösung).

Die Qualität der thematischen Strukturierung wird anhand der Anzahl und der Relevanz der Kategorien bewertet, welche der Nutzer zur Dokumenten-Strukturierung verwendet hat. Thematische Genauigkeit misst das Verhältnis zwischen der Anzahl relevanter Begriffe und der gesamten Anzahl der in der Aufgabenlösung benutzten Begriffe. Thematische Vollständigkeit misst die relevanten Begriffe im Vergleich zu allen Themen der Referenzlösung. Das ist ein relatives Maß, da eine gute Lösung nicht alle Begriffe der Referenzlösung beinhalten muss.

Ferner wird zwischen gemeinschaftsübergreifender thematischer Genauigkeit und gemeinschaftsinterner thematischer Genauigkeit unterschieden. Die erste misst die Nutzung der Begriffe aus der unbekannt Community, während die zweite die Nutzung der Begriffe aus der eigenen Community wiedergibt. Die Referenzlösung bestimmt deren relative Bedeutung. In unserer Aufgabenstellung war die gemeinschaftsübergreifende, thematische Precision wichtiger. Sie reflektiert den Umfang, in dem die Nutzer die Begriffe aus der unbekannt Community verstanden haben.

Der Lerneffekt beschreibt in welchem Maße die Nutzer dieses Wissen verinnerlichen konnten. Er wird durch einen Fragebogen ermittelt, der die Benutzer auffordert Begriffe und Themen zu nennen, die mit bestimmten Aspekten ihrer Aufgabe in Beziehung stehen. Die Antworten werden auf thematische Genauigkeit und Vollständigkeit überprüft.

Die Ergebnisse zeigen, ob die Nutzer die Begriffe aus der unbekannt Community, welche sie in ihrer thematischen Strukturierung verwendeten, auch wirklich verstanden haben.

### **6.3 Aufgabenstellung und Ablauf des Versuchs**

In der Einführungsphase lösten die Nutzer Aufgaben zu vertrauten Themen im Informationsraum der eigenen Community. So wurden persönliche und gemeinschaftliche Wissensstrukturen erhoben. Die Testphase des Versuchs II beinhaltete Aufgaben mit „schlecht-definiertem“ Fokus und unklaren Informationsbedürfnissen, welche die Identifizierung von Dokumenten und Themen aus der unbekannt Community erforderten. Hier berichten wir über die Ergebnisse der wichtigsten Aufgabe, für welche die Teilnehmer die meiste Zeit (40min) zur Verfügung hatten: „Finden Sie relevante Dokumente zum Thema ‚Interactive Systems for Digital Culture‘ und ordnen Sie diese in Unterthemen an“ (Ergebnisse der restlichen Aufgaben stimmen überein). Die Referenzlösung wurde von Experten der Community C1 im Versuch I erstellt und um die Sichtweise der Experten aus Community C2 erweitert. Vor den Aufgaben wurde das Testsystem vorgeführt und die Teilnehmer hatten die Gelegenheit es auszuprobieren.

### **6.4 Testergebnisse hinsichtlich der Qualität des Wissenszugriffs**

Angesichts der kleinen Stichproben wurden zur Interpretation der Ergebnisse keine statistischen Signifikanztests, sondern deskriptive Statistik und explorative Datenanalyse angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass Nutzer, die das entwickelte Wissensvisualisierungssystem (Knowledge Explorer) benutzt haben, eine konsistent höhere Qualität des Wissenszugriffs nach allen drei Indikatoren erreicht haben, als Nutzer des herkömmlichen Referenzsystems (Google + Mozilla). Die Unterstützung durch persönliche Karten erwies sich auch geeigneter, als die der Community Maps. Schon bei der Informationsgewinnung erzielten die Nutzer des Knowledge Explorers eine höhere Informationsgenauigkeit bei vergleichbarer Vollständigkeit (Abb. 4, links). Außerdem erzielte die Gruppe B, welche die persönlichen Karten verwendete, eine höhere Genauigkeit, als Gruppe A, welche die Community Map benutzte.

Noch größere Unterschiede sind in der Qualität der thematischen Strukturierung und beim Lerneffekt zu verzeichnen. Beide Knowledge Explorer Gruppen erzielten eine bessere Qualität bei der thematischen Strukturierung im Vergleich zu den Nutzern des Referenzsystems. Dies zeigt sowohl die höhere Anzahl der Themen als auch die höhere thematische Genauigkeit und Vollständigkeit (Abb. 4). Die Anzahl und Qualität der Themen, welche von den Nutzern des Google-Referenzsystems zur Strukturierung von relevanten Dokumenten verwendet wurden, ist

eher gering (Median=2 Themen vgl. zu 4 Themen für beide Knowledge Explorer Gruppen). Die Google-Gruppe erzielte auch die geringste gemeinschaftsübergreifende thematische Genauigkeit. Alle Nutzer in dieser Gruppe beschwerten sich über Schwierigkeiten, die unbekannte Community-Terminologie zu verstehen und relevante Themen zu identifizieren.

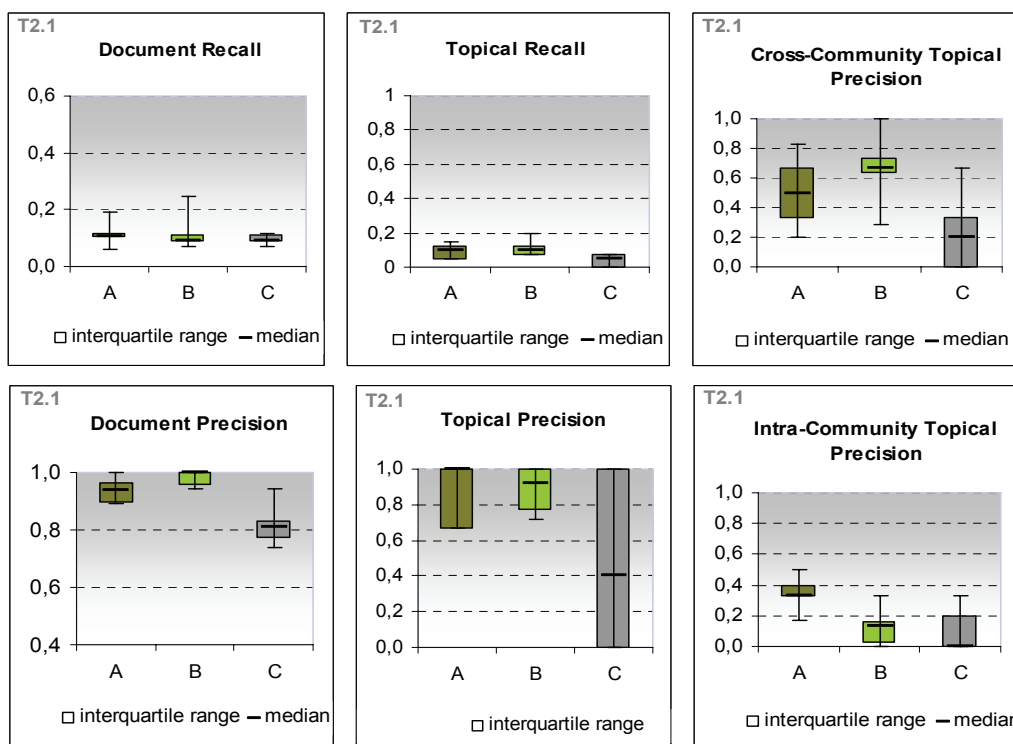


Abb. 4. Ergebnisse der Informationswiedergewinnung und der Qualität der thematischen Strukturierung

Ein wichtiger Unterschied zwischen den zwei Knowledge Explorer Gruppen zeichnet sich durch die stärkere Nutzung der Konzepte aus der unbekannt Community (höhere gemeinschaftsübergreifende Genauigkeit) seitens der Nutzer von persönlichen Karten aus (Gruppe B, Abb. 7. Mitte). Die Nutzer der Community Maps (Gruppe A) nutzten zum größten Teil vertraute HCI Konzepte, um die gefundenen Dokumente zu organisieren (Abb. 7, Mitte unten). Dieses deutet darauf hin, dass spezifische Ausschnitte, die für einen bestimmten Informationsbedarf relevant sind, die Wissenskonstruktion in unbekannt Community-Domänen besser unterstützen, als Ansichten der vollständigen Community-Wissensstruktur. Die Ergebnisse des Lerneffekt-Fragebogens lassen ähnliche Schlussfolgerungen zu (Abb. 5). Die thematische Vollständigkeit und Genauigkeit der Nutzerantworten sind bei den Fragen, die das erworbene Verständnis der Begriffe aus unbekannter Community (Q1) bzw. das Ausmaß der gemeinschaftsübergreifenden Wissensintegration (Q3) bewerten, für beide Knowledge Explorer Gruppen deutlich höher, als für die Google Gruppe. Bei Fragen bezüglich der

Wiedererkennung und Verwendung von Begriffen aus der eigenen Domäne war ihre Leistung mit den Knowledge Explorer Gruppen vergleichbar (Q2, Q4). Das Nutzerfeedback belegt: Google-Nutzer konnten sich die Begriffe der unbekannt Community nicht aneignen und konzentrierten sich darauf, bereits vertraute Begriffe zu identifizieren. Daher waren die Knowledge Explorer Gruppen auch im Lerneffekt effektiver als Google-Nutzer. Auch hier waren die Nutzer von persönlichen Karten besser als die der Community Maps (Q1, Q3).

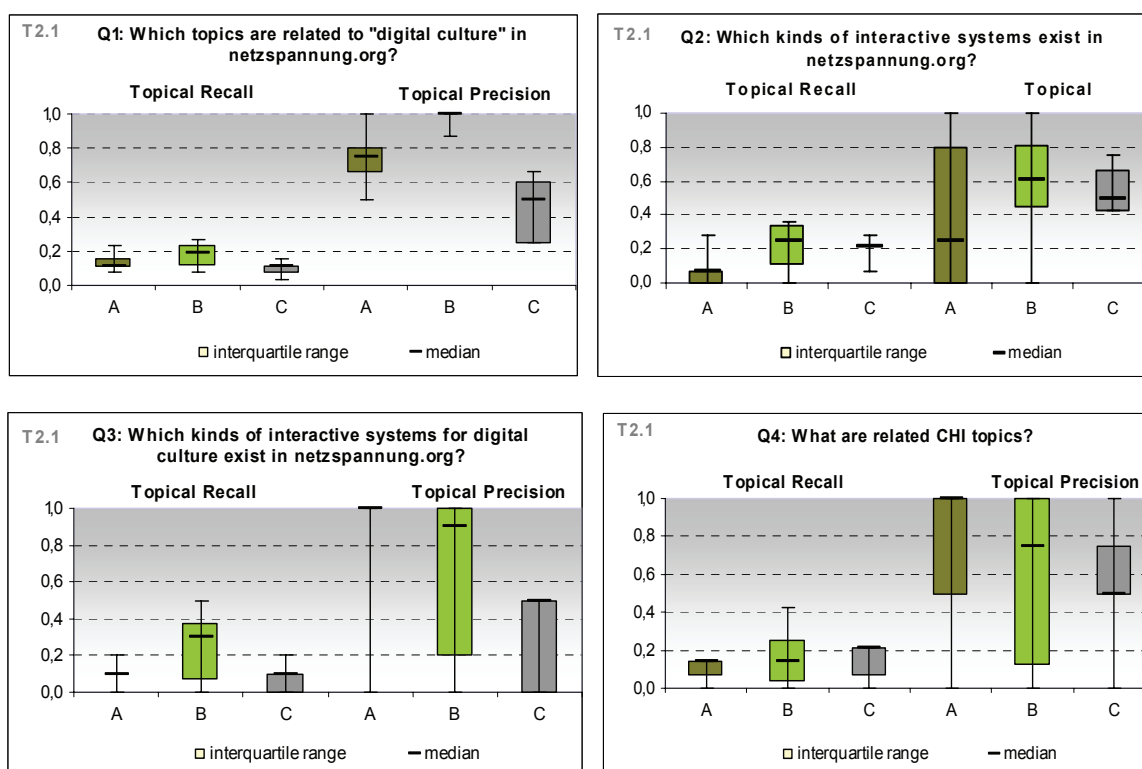


Abb. 5. Ergebnisse des Lerneffekt-Fragebogens

## 7 Fazit

Die vorgestellte Methode ermöglicht es, dynamische Wissenskarten zu erstellen, die persönliche und geteilte Perspektiven aus unterschiedlichen Communities abbilden, sie in Beziehung bringen und für die Informationssuche nutzbar machen. Die Evaluierungsergebnisse zeigen, dass ein multiperspektivischer Zugang zu Informationsräumen unterschiedlicher Communities, eine wertvolle Unterstützung für den gemeinschaftsübergreifenden Wissensaustausch leisten kann. Der limitierende Aspekt der Evaluierung ist ihr explorativer Charakter (kleine Stichproben), der keine Rückschlüsse auf die statistische Signifikanz erlaubt. Zur weiteren Untersuchung mit einer höheren externen Validität würden auch longitudinale Studien beitragen.

## 8 Literaturverzeichnis

- [Alle00] Allee, V.: Knowledge Networks and Communities of Practice. In OD Practitioner, Journal of the Organization Development Network, 32 (4), 2000
- [Boni02] Bonifacio, M. et al.: Enabling distributed knowledge management. Managerial and technological implications. Novatica and Informatik III(1), 2002
- [BoSt99] Bowker, G.C., Star, S. L.: Sorting Things Out: Classification and its Consequences. MIT, 1999
- [BoTe95] Boland J.R., Tenkasi R.V.: "Perspective Making and Perspective Taking in Communities of Knowing", Organization Science, 6,4 (July-August) 1995
- [BrDu91] Brown, J.S., Duguid, P.: Organizational Learning and Communities of Practice, Organization Science, Vol.2, No. 1, pp. 40-57, Feb., 1991
- [Caro99] Carotenuto, L. et al.: Communityspace: Towards flexible support for voluntary knowledge communities. Proc. of Workshop on Workspace Models for Collaboration, London, April, 1999
- [DiFo02] Ding, Y., Foo, S.: Ontology research and development. Part 2 – a review of ontology mapping and evolving, Journal of Information Science, 28(5), 2002
- [Doug92] Dougherty, D.: Interpretative barriers to successful product innovation in large firms. Organization Science, 3(2), 1992
- [Epp101] Eppler, M.J.: Making Knowledge Visible Through Intranet Knowledge Maps: Concepts, Elements, Cases, Proc. of HICSS-34, Maui, Hawaii, January 2001
- [GrLe02] Gruninger, M., Lee, J.: Ontology applications and design. Communications of the ACM, 45(2), p. 39 – 41, 2002
- [Koch03] Koch, M: Community-Unterstützungssysteme - Architektur und Interoperabilität, Habilitationsschrift, Technische Universität München, 2003
- [LaWe91] Lave, J., Wenger, E.: Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation. NY: Cambridge Univ. Press, 1991.

- [MeDa01] Merali, Y., Davies, J.: Knowledge Capture and Utilization in Virtual Communities, In Proc. of K-CAP'01, Victoria, Canada, October 2001
- [NoTa95] Nonaka, I., Takeuchi, H.: The Knowledge-Creating Company, Oxford University Press, 1995.
- [NoWu04] Novak, J., Wurst, M.: Collaborative Knowledge Visualisation for Cross-Community Learning, in Tergan, S. & Keller, T. (eds), Knowledge Visualisation and Information Visualisation – Searching for Synergies, Springer, 2005
- [NoWu05] Novak, J., Wurst, M.: Knowledge Explorer: An Interactive Tool for Supporting Cross-Community Discovery and Sharing of Knowledge, Proc. of HCI International 2005, Lawrence Erlbaum Publishers, 2005
- [NWFS03] Novak, J., Wurst, M., Fleischmann, M., Strauss, W.: Discovering, visualizing and sharing knowledge through personalized learning knowledge maps, Proc. AAAI-AMKM 03, Springer, 2003
- [QuFu05] Qu, Y., Furnas, G.: Sources of Structure in Sensemaking. Proc. of ACM CHI 2005, Extended Abstracts and Applications, Portland, Oregon, USA, April 2005
- [RSPC93] Russell, D. M. et al.: The Cost Structure of Sensemaking. Proc. ACM INTERCHI'93, 1993
- [Swan01] Swan, J., Knowledge Management in Action: Integrating Knowledge Across Communities, Proc. Of HICSS-34, Maui, Hawaii, January 2001
- [TeKe05] Tergan, S.O., Keller, T. (Eds.): Knowledge and Information Visualisation – Searching for Synergies, Springer LNCS 3426, Springer, 2005
- [Weng98] Wenger, E.: Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity. Cambridge Univ. Press, 1998

## **Einführung in den Track**

### **Agenten- und Multiagenten-Technologien für betriebliche Anwendungen**

**Prof. Dr. Jörg P. Müller**

TU Clausthal

**Prof. Dr. Bernhard Bauer**

Universität Augsburg

Softwareagenten und Multiagentensysteme beschreiben ein Entwurfparadigma für dezentrale Systeme, das sich konsequent an lokalen Aufgabenstellungen, lokalem Problemverständnis, lokalen Situationen und Strukturen sowie lokaler Dynamik orientiert. Erfolgreiche Einsatzgebiete dieser Technologien liegen unter anderem in den Gebieten Optimierung, Verteiltes Informations- und Ressourcenmanagement und Personalisierung. Daraus ergeben sich einerseits neue Möglichkeiten für die Entwicklung betrieblicher Anwendungssysteme, andererseits entstehen daraus aber auch neue Herausforderungen an die Gestaltung soziotechnischer Informations- und Kommunikationssysteme.

Im Mittelpunkt des Tracks stehen demzufolge die Beschreibung und Analyse betrieblicher Anwendungen der Agententechnologie, das Engineering agentenbasierter Applikationen vom (Early) Requirements Engineering bis hin zu Test und Qualitätssicherung, Integrations- und Konfigurationsmanagement sowie der Wartungsproblematik. Technologische Beiträge im Anwendungskontext sind dabei ebenso willkommen wie aktuelle Projekt- und Erfahrungsberichte aus der betrieblichen Praxis.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Stefan Kirn, Universität Hohenheim

Dr. Klaus Fischer, DFKI

Prof. Dr. Winfried Lamersdorf , Universität Hamburg

Dr. Michael Berger, Siemens

Prof. Dr. Torsten Eymann, Universität Bayreuth

Prof. Dr. Otthein Herzog, Universität Bremen

Prof. Dr. Rainer Unland, Universität Essen

Prof. Dr. Martin Bichler, Technische Universität München

Christian Danegger, Whitestein, CH

James Odell, James Odell Associates, USA

Michal Pechoucek, University Prag, CZ

Alexander Smirnov, Russian Academy of Sciences, RU



# **Multi-agent Simulation for the transshipment problem with a non-negligible transfer lead times and a limited transportation mean capacity**

Mohamed Himden, Lamjed Ben Said, Khaled Ghédira

Unité de Recherche en Stratégie d'Optimisation des Informations et de la connaissance (SOIE)  
, ISG de Tunis 41 avenue de la liberté cité Bouchoucha 2000 Tunis, Tunisia

mohamed.hmiden@essec.rnu.tn  
{lamjed.bensaid, khaled.ghedira}@isg.rnu.tn

## **Abstract**

We consider a supply chain consisting of  $n$  locations replenished at the beginning of each period by a supplier. These locations may coordinate in order to balance their inventory level through *transshipment*. Transshipment is the items transfer from location having an inventory excess to another in need. The transshipment problem consists to determine the initial inventory level where a transshipment policy is practiced. In this work, we consider the transshipment problem characterized by a non-negligible transshipment lead times and a limited transportation mean capacity. Our aim is to find a transshipment policy that reduces the inventory costs and improve the customer fill-rates. To realize this aim, we proposed a new formal transshipment model in which the period is divided into a set of sub-periods and the transshipment decision is made at the end of one of them. We also introduced a multi-agent model allowing to simulate the cooperated behavior of the inventory locations.

## **1 Introduction**

The inventory management is a crucial activity in the supply chain. It allows the regulation of the inventory level to face the unexpected fluctuation of customer demands. In fact, a reduced inventory level causes the non satisfaction of customer requirements witch presents a shortage

cost. An inventory excess generates a holding cost. The challenge facing the inventory managers is to minimize the total inventory cost and to improve the customer fill-rates. This task becomes more complex when it concerns several locations. The transshipment is an inventory collaboration method consisting to transfer items between locations. It has been widely used in practice to reduce inventory costs and to improve the customer fill-rates. It provides an effective mechanism for correcting discrepancies between the locations observed customer demands and their available inventories. The transshipment problem is defined as the determination of two target parameters. The first is the replenishment quantity for each location and the second is the transshipment policy [Kris65]. The transshipment problem is extensively studied, where several parameters are considered. We identify three parameter types. The first is the *replenishment parameters* such as the replenishment lead times [Taga89] and the replenishment fixed costs [Here99]. The second is the *transfer parameters* such as the transshipment mean capacity [Ozde03] and the transshipment lead times [Taga02]. The third type of parameter is the *environment parameters* such as the number of locations [Robi90], [Taga92], [Week05] and the number of periods [Taga99]. We can classify the studies on the transshipment problem into two categories: (1) in the first category, exact methods are adopted to resolve the problem. This kind of research is interested in inventory system restricted to two non-identical locations or multi-identical locations [Week05, Kris65, Taga89]. (2) In the second category, meta-heuristics or simulations are adopted to find an approximate solution or to choose between several strategies. This kind of research is interested in inventory system composed by multi non-identical locations [Robi90, Ozde03, Taga99].

In this work, we investigate the two following parameter configurations: (1) a non-negligible transshipment lead times and (2) a limited transportation mean capacity. Our aim is to propose a transshipment policy that reduces the total inventory cost and improves the customer fill-rates under these considerations. The contribution of this paper is twofold. First, it introduces a formal model that takes into account the two parameters mentioned above. In this model, we propose to divide the period into a set of sub-periods at the end of one of them the transshipment decision is made. Second, it defines a multi-agent model that simulates the cooperative behavior of the locations.

The rest of the paper is organized as follows. The second section presents a description of the transshipment problem. The third section introduces our formal transshipment model. The fourth section presents the proposed multi-agent model and describes the global dynamics of the

system based on this model. The fifth section describes the realized experimentation and comments the obtained results. Finally, we discuss the future works.

## 2 Problem description

In our work, we consider the transshipment problem characterized by a set of locations having non-identical cost structures<sup>1</sup>. These locations are replenished by a supplier at the beginning of each period. We assume that the inventory review is periodic for each location and the replenishment quantity is fixed. We consider also that the transshipment lead times between locations are non-negligible. In addition, we consider a limited capacity of the transportation mean. In the next sections, we adopt the following notations [Taga99] :

- $U_i$  : excess quantity at the location  $L_i$
- $Z_i$  : in need quantity at the location  $L_i$
- $D_i$  : customer demands at the location  $L_i$
- $C_i$  : replenishment unit cost at the location  $L_i$
- $CS_i$  : shortage unit cost at the location  $L_i$
- $CH_i$  : holding unit cost at the location  $L_i$
- $C_{ij}$  : transshipment unit cost from the locations  $L_i$  to the location  $L_j$ . It is supported by  $L_i$
- $Q_i$  : initial inventory quantity at location  $L_i$
- $X_{ij}$  : transshipped quantity from the location  $L_i$  to the location  $L_j$

The objective function is the minimization of the total inventory cost noted  $C(Q)$ :

$$C(Q) = \sum_{i=1}^n \left[ C_i Q_i + \sum_{j=1}^n C_{ij} * X_{ij} + CH_i * U_i + CS_i * Z_i \right].$$

$n$  is the number of locations and  $U_i$  is the excess quantity at the location  $L_i$ . This quantity is calculated after the satisfaction of the customer demands and the achievement of the transshipment actions to the other locations ( $\sum X_{ij}$ ).  $Z_i$  is the needed quantity at the location  $L_i$ . This quantity is calculated after the partial satisfaction of the customer demands and the realization of the transshipment actions from the other locations to  $L_i$  ( $\sum X_{ji}$ ).

---

<sup>1</sup> Cost structures designs the holding, shortage and transshipment cost

$$U_i = \max \left( 0, Q_i - (D_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}} X_{ij}) \right)$$

$$Z_i = \max \left( 0, D_i - (Q_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}} X_{ji}) \right)$$

### 3 Transshipment policy

In this work, we are interested to find a transshipment policy that takes into account a non-negligible transshipment lead times and a limited transportation mean capacity. It should contribute to minimize the inventory costs and it should also insure good customer fill-rates. To define such policy, the two following questions should be discussed: (1) what's the transshipment decision moment ? (2) What's the transshipment quantity that should be transferred from a location  $L_i$  in excess to a location  $L_j$  in need ?

#### 3.1 Decision transshipment moment

Let  $L_1, L_2, L_3$  and  $L_4$  four locations buying the same item. At the beginning of each period, these locations are replenished by the same supplier. We consider in this example that a period corresponds to seven days. We assume that the transshipment from a location  $L_i$  in excess to  $L_j$  in need takes a non-negligible lead time noted  $t_{ij}$ . We assume also that  $t_{ij} = t_{ji}$ . Figure 1 presents the different possible transshipment actions and their respective lead times.

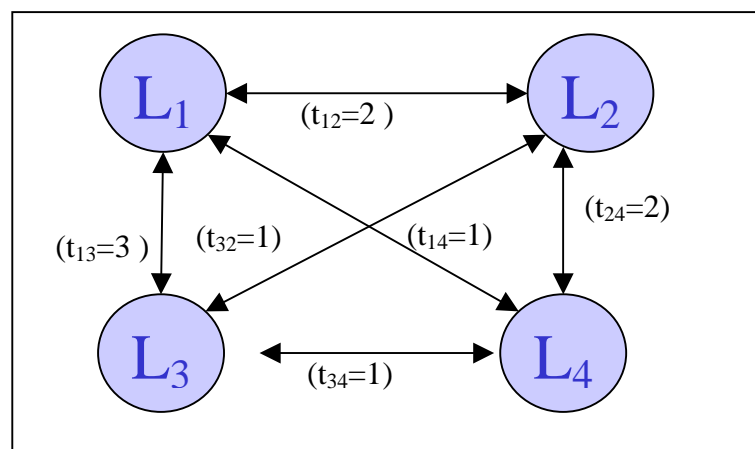


Figure 1. : transshipment actions and their Lead times.

Suppose that the location  $L_1$  is in need at the end of the period. Its shortage could be satisfied by transshipment actions from the other locations. The transshipment action must be launched at a precise moment called the transshipment decision moment. This moment must consider the different transshipment lead times that is  $t_{12}$ ,  $t_{13}$  and  $t_{14}$ . In fact, in order to satisfy the cumulated observed demand during the period, the transshipped quantity must arrive to the location  $L_1$  before the end of the period. Thus,  $L_1$  must evaluate its inventory at an appropriate moment within the period in order to take the transshipment decision. Let  $T_1$  be this particular moment. The figure 2 illustrates the different transshipment possibilities and their lead times from locations  $L_2$ ,  $L_3$  and  $L_4$  to the location  $L_1$ .

Three cases could be identified :

- If the supplier location is eventually  $L_4$  then the transshipment decision must be taken by the location  $L_1$  before the end of the period by a lead time equals to 1 day ( $t_{14}$ ).
- If the supplier location is eventually  $L_2$  then the transshipment decision must be taken by the location  $L_1$  before the end of the period by a lead time equals to 2 days ( $t_{12}$ ).
- If the supplier location is eventually  $L_3$  then the transshipment decision must be taken by the location  $L_1$  before the end of the period by a lead time equals to 3 days ( $t_{13}$ ).

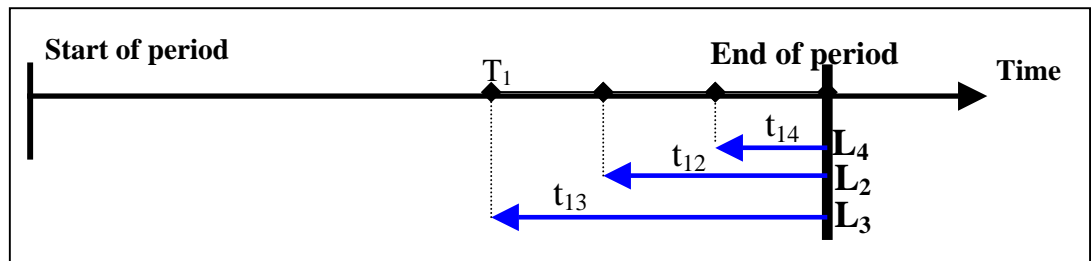


Figure 2 : Transshipment possible actions and their lead times.

In the worst case, the location  $L_1$  is supplied by the location  $L_3$  having the maximum lead time. In fact, the location  $L_1$  must insure that its transshipment request could be processed by all the other locations and eventually served by at least one of them. Consequently,  $T_1 = L_p - \max (t_{1j}), j \in \{2,3,4\}$  and  $L_p$  is the period length (7 days ). In the general case for a location  $L_i$  :  $T_i = L_p - \max (t_{ij}), j \in \{1,2,\dots,n\}, j \neq i$  and  $n$  is the number of locations.

In the majority of the research works concerning the transshipment problem, the inventory review is assumed to be periodic [Kris65, Taga99, Ozde03, Here01]. This means that the inventory situation is known only at the end of the period. However, as we proposed to evaluate the inventory situation at  $T_i$  within the period, it is necessary to divide the period into several

equal sub-periods. Thus, the transshipment decision is made at the end of a sub-period and the transfer lead time  $t_{ij}$  between locations  $L_i$  and  $L_j$  is expressed as a number of sub-periods.

### 3.2 Transshipment quantity

The transshipment quantity depends on the transshipment lead times which determines the transshipment decision moment. Consequently, this quantity depends on the inventory evaluation moment. Intuitively, it depends also on the transportation mean capacity of the sending locations. To determine the transshipment quantity to the location  $L_i$  in need, it is necessary to know the  $L_i$  inventory situation at the transshipment decision moment  $T_i$ .

Figure 3 illustrates the transshipment decision moment  $T_1$  (identified for the example of the previous section) and both realized and provisional customer demands. We note  $D_{obs}(T_1)$  as the observed customer demands during the four first sub-periods and  $D_{prov}(T_1)$  the provisional customer demands for the rest of a period (the last three sub-periods).  $L_1$  inventory level at  $T_1$  noted  $IL_1(T_1)$  depends on  $D_{obs}(T_1)$ ,  $D_{prov}(T_1)$  and the initial inventory level  $Q_1$ . We obtain :  $IL_1(T_1) = Q_1 - (D_{obs}(T_1) + D_{prov}(T_1))$ .

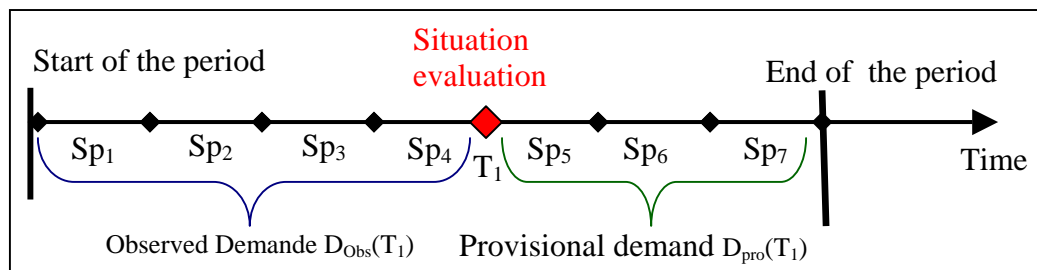


Figure 3: Inventory situation at  $T_1$  moment.

In the general case, we obtain :  $IL_i(T_i) = Q_i - (D_{obs}(T_i) + D_{prov}(T_i))$ . If  $IL_i(T_i)$  is positive then the location  $L_i$  is in excess else it is in need. Now, we define the quantity that must be transferred from  $L_i$  in excess to  $L_j$  in need noted  $X_{ij}$  at moment  $T_j$ . This quantity is equal to the minimum between : (1) the location sender  $L_i$  transportation mean capacity noted  $TC_i$ , (2) the excess quantity in the location  $L_i$  and (3) the needed quantity in the location  $L_j$ . We obtain :  $X_{ij} = \min (TC_i, IL_i(T_j), |IL_j(T_j)|)$ .

We note that this quantity depends on the provisional customer demands. In this research, we distinguish two kinds of inventory locations: *cooperative* and *egoist*. We suppose that a sub-

period customer demands follows a normal distribution  $N(\mu, \sigma)$ . A cooperative location favors the global benefit by forecasting a mean sub-period customer demands evaluated to  $\mu$ . An egoist location favors its own benefit by forecasting a maximum sub-periods customer demands evaluated to  $\mu + 3\sigma^2$ .

## 4 Multi-agent model

Our model contains two types of agents: the *Interface agent* (IA) and the *Location agent* (LA) described in the next sections.

### 4.1 Interface agent

The Interface agent is defined by the following static knowledge:

- IAident : IA identifier.
- NbrLA : Number of Location agents.
- NbrPeriod : Number of periods.
- NbrSubPeriod : Number of sub-periods.
- PcentageEgoist : The percentage of the egoist LA.

The dynamic knowledge of the Interface agent is represented by a list called *LEvaluationParamters* containing total inventory cost and fill-rates.

The interface agent permits to :

- (1) Create the different Location agents.
- (2) Construct the initial Location agents coalitions.
- (3) Trigger the resolution process.
- (4) Recuperate the values of the evaluation parameters at the end of each period.
- (5) Detect the end of the simulation process and display the results.

### 4.2 Location agent

The Location agent represents an inventory location and it communicates with the other location agents and the Interface agent. It is defined by the following static knowledge :

---

<sup>2</sup> The probability that the customer demands is between  $\mu - 3\sigma$  and  $\mu + 3\sigma$  is equal to 0.997 [Will71]. This is valid if the customer demands is normally distributed.

- $S_i$  : location agent i identifier
- $TypeS_i$  : location agent  $S_i$  type: cooperative or egoist.
- $CH_i$  : holding unit cost for the Location agent  $L_i$ .
- $CS_i$  : shortage unit cost for the Location agent  $L_i$ .
- $Q_i$  : replenishment quantity for the Location agent  $L_i$ .
- $\mu_i$  : sub-period's demand mean for Location agent  $L_i$ .
- $\sigma_i$  : sub-period's demand standard deviation for the Location agent  $L_i$ .
- $TC_i$  : the capacity of the transportation mean used by Location agent  $L_i$ .
- $T_i$  : transshipment decision sub-period for the Location agent  $L_i$ .
- $LCoal_i$  : a list containing the Location agents that  $L_i$  can communicate with them.
- $LCostLead_i$  : a list that contains the transshipment costs and the lead times for the Location agent  $L_i$ .

The dynamic knowledge is:

- $Status_i$  : the location  $L_i$  status (in need or in excess)
- $LReceivedDemand_i$  : a list containing the transshipment requests received by  $L_i$  from the other Location agents.
- $LAcceptedDemand_i$  : a list containing the transshipment requests that can be served by the Location agent  $L_i$ .
- $LOffers$  : a list containing offers sent by locations as response to the  $L_i$  transshipment request.
- $LRestrainedOffer_i$  : a list that contains the offers restrained by  $L_i$ .
- $LTransshipment_i$  : a list containing the  $L_i$  realized transshipment.

The Location agent behavior depends on two criteria: the location inventory level and the current sub-period. During each sub-period, the Location agent executes some operations. The figure 4 illustrates the inventory level variation of the Location agent  $L_i$  during one period divided into seven sub-periods ( $Sp_1, Sp_2, \dots, Sp_7$ ). It enumerates the different operations executed by this Location agent during the period.



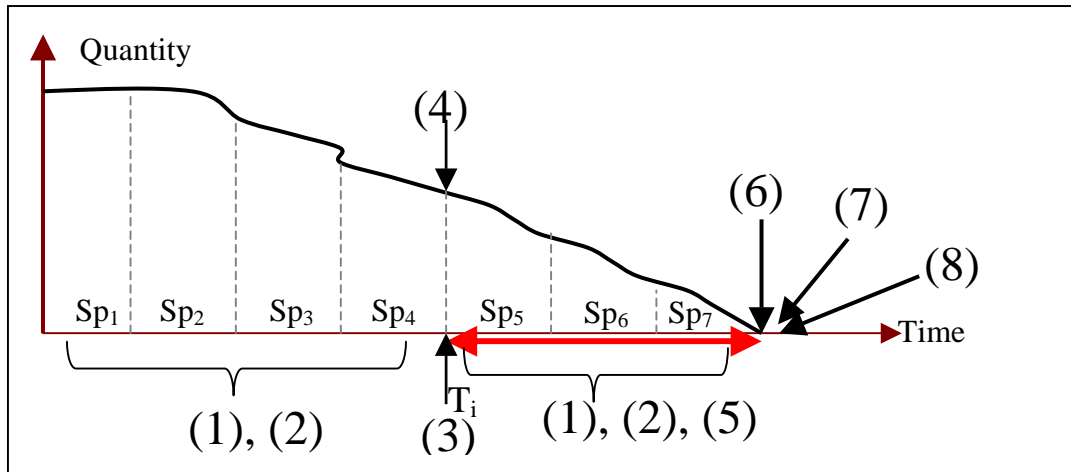


Figure 4. : Operations executed by a Location agent during one period.

The Location agent  $L_i$  executes two operations before the transshipment decision moment  $T_i$  :

- (1) *Demand observation* : this operation is executed at each sub-period.
- (2) *Transshipment request processing* : it is possible during these sub-periods that an other Location agent  $L_j$  in need had sent a transshipment request to the Location agent  $L_i$ .

At the  $T_i$  moment two other operations are executed by the Location agent  $L_i$  :

- (3) *Inventory status evaluation* : this operation consists to calculate the inventory level  $IL_i(T_i)$ . If this level is positive then the Location agent is in excess otherwise it is in need.
- (4) *Transshipment request launching* : in the case where the Location agent  $L_i$  is in need, it launches a transshipment request to the other Location agents.

During the rest of sub-periods (after  $T_i$ ) the location  $L_i$  executes operations (1) and eventually (2). Besides these operations, it executes the operation (5) if the operation (4) was executed.

- (5) *Transshipment quantity updating* : this operation consists to execute one of the following actions :
  - a- To cancel the transshipment request : this operation is executed if the Location agent in the current sub-period is in excess and the surplus quantity can cover the shortage ones realized at the previous sub-period.
  - b- To modify the quantity to transship : this operation is executed in the case where the Location agent notes after the inventory level evaluation that the quantity to transship must be updated (increased or decreased).

Finally, at the end of the period, the Location agent  $L_i$  executes the three following operations:

- (6) *Customer demands satisfaction* : this operation consists to serve the customer demands observed during the period.
- (7) *Situation evaluation* : calculate the values of the total inventory cost and the customer fill- rates.
- (8) *Backlogging the unsatisfied customer demands* : this operation consists to backlog the unsatisfied customer demands ( if ever exists) to the next period.

### 4.3 Global dynamics

The simulation process for identifying the best transshipment strategy is composed by the following three steps :

- Simulation initialization
- Negotiation and transshipment
- Simulation stop

#### 4.3.1 Step 1 : Simulation initialization

This step consists to execute the following actions:

- *Creation of the Location agents* : this operation is realized by the interface agent. It consists to create and initialize the knowledge for each Location agent.
- *Creation of Location agents list accountancies* : each Location agent forms his list accountancy containing the other Location agents identifiers
- *Sorting of the Location agents list accountancies* : each Location agent sorts its list of accountancies according to their lead time.
- *Calculating the transshipment decision moment for each Location agent.*
- *Starting the simulation.*

#### 4.3.2 Step 2 : Negotiations and transshipment

During this step, the different Location agents cooperate to determine the necessary transshipments in order to reduce the total inventory cost and to improve the customer fill-rates. The negotiation protocol between the Location agents adopted is the contract net [Davi83]. We assume that the Location agents in need are the *managers* and the Location agents in excess are the *contractors*.

The actions executed during this step by the Location agents are the following :

- *Status evaluation* : it consists to evaluate the Location agent status.

- *Transshipment request* : the Location agent in need send a message to the other Location agents belonging to its coalition.
- *Processing of received requests* : it consists to response to the transshipment requests sent by the other Location agents in need.
- *Selection of offers* : it consists to select the best offers sent by the Location agents in excess.
- *Updating of the offers* : it consists to modify the requested transshipment quantity or cancel the offers.
- *Realization of transshipment* : it consists to update the inventory level of the Location agents in need and the others in excess that participate in the transshipment operation.

In order to achieve the negotiation described above through the executed actions the following messages are exchanged between Location agents ( $L_i$  designs Location agent in need and  $L_j$  designs Location agent in excess):

- *TransshipmentRequest* ( $L_i, L_j, id_{Req}, Q_{req}$ ): this transshipment request message identified by  $id_{Req}$  is sent by the Location agent  $L_i$  to the Location agent  $L_j$  belonging to its coalition to ask for  $Q_{req}$  items.
- *TransshipmentOffer* ( $L_j, L_i, id_{Req}, Q_{off}$ ): this transshipment offer message is sent by the Location agent  $L_j$  (contractor agent) proposing  $Q_{off}$  to the Location agent  $L_i$  as a response to the transshipment request launched identified by  $id_{Req}$ .
- *Apology* ( $L_j, L_i, id_{Req}$ ): this apology message is sent by Location agent  $L_j$  to the Location agent  $L_i$  for the latter request identified by  $id_{Req}$ .
- *AcceptedOffer*( $L_i, L_j, id_{Req}, Q_{acc}$ ): this message is sent by the Location agent  $L_i$  to inform the Location agent  $L_j$  that its request identified by  $id_{Req}$  is accepted and the accepted quantity is  $Q_{acc}$ .
- *RefusedOffer*( $L_i, L_j, id_{Req}$ ): this message is sent by a Location agent  $L_i$  to inform the Location agent  $L_j$  that its offer corresponding to the request identified by  $id_{Req}$  is refused.
- *CanceledOffer*( $L_i, L_j, id_{Req}$ ): this message is sent by Location agent  $L_i$  to inform the Location agent  $L_j$  that its transshipment offer corresponding to the request identified by  $id_{Req}$  is cancelled.

- *ModifiedOffer*( $L_i, L_j, id_{Req}, Q_{mod}$ ) : this message is sent by the Location agent  $L_i$  to inform the Location agent  $L_j$  that its offer is modified and the new requested quantity is  $Q_{mod}$ .
- *RealizedTransshipment* ( $L_j, L_i, id_{Req}$ ) : this message is sent by the Location agent  $L_j$  to the Location agent  $L_i$  to inform it that the transshipment is realized.

#### 4.3.3 Step 3: Simulation stop

This step is executed at the end the period. The Interface agent recuperates the total inventory cost and the customer fill-rates for each Location agent. Then, it displays the global results relative to these evaluation parameters.

## 5 Experimentations and results

We realized Multi-Agent Simulation tool for the TRANshipment problem (MASTRA) based on the above presented model. MASTRA have been realized with swarm multi-agent platform. It is a simulation environment realized in objective-C [Bene02]. In this section, we are interested to show the effects of differents parameters on our inventory model.

The evaluation parameters considered during our experimentation study are : the average total inventory costs, noted  $C_{avg}$  and the average customer fill-rate, noted  $F_{avg}$ . These evaluation parameters are calculated through the following formula using the notations presented in the section 2:

$$C_{avg} = (1/n) \left[ \sum_{i=1}^n \left( CS_i * Z_i + CH_i * U_i + \sum_{j=1}^n C_{ij} * X_{ij} \right) \right]$$

$$F_{avg} = (1/n) \left[ 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \right) \right].$$

To construct the following experimentation configurations, data relative to the cost structure are randomly generated. This choice is justified by the absence of the transshipment benchmark.

Our first experimentation study is designed to compare between a cooperative inventory management adopting our transshipment model and inventory management without transshipment. 10 inventory locations are considered. The results described in the figures 5 and 6 show that our transshipment policy contributes simultaneously to reduce consequently the inventory costs and to improve the customer fill-rates.

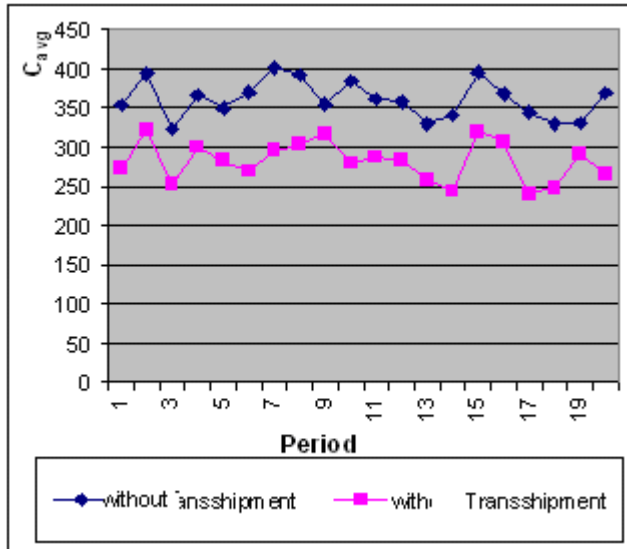


Figure 5 : Variation of  $C_{avg}$  .

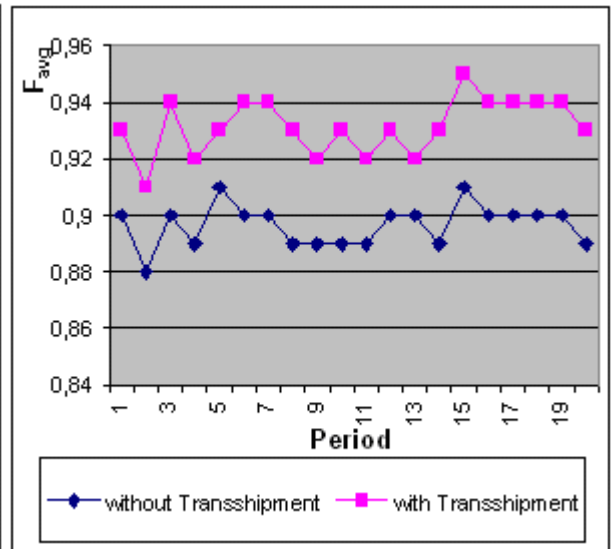


Figure 6 : Variation of  $F_{avg}$  .

The next sections describe the experimental results relative to the following parameters :

- Number of Location agents and their types
- Transshipment lead times
- Transshipment mean capacity

### 5.1 Number of Location agents and their types

We have compared between three inventory systems. The first includes 5 cooperatives Location agents. The second contains 10 cooperative Location agents. The third contains 20 cooperatives Locations agents. The results of this experimentation illustrated in figures 7 and 8 show that we obtain good results with the third system. We conclude that we obtain good results if the number of the Location agents participating in the transshipment actions is important. This is explained of a higher probability of cooperative interaction

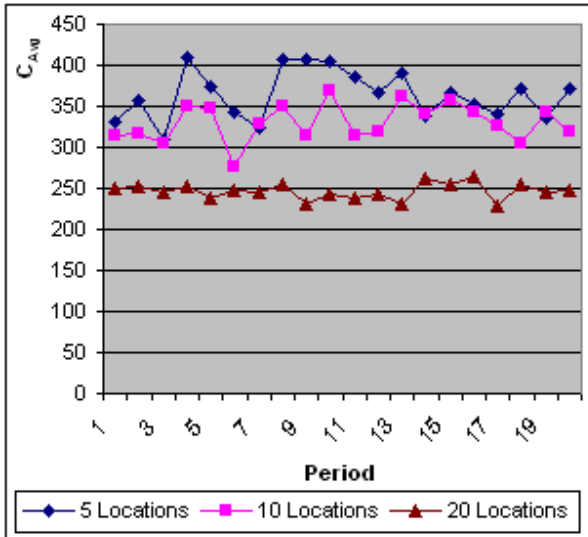


Figure 7 : Variation of  $C_{avg}$

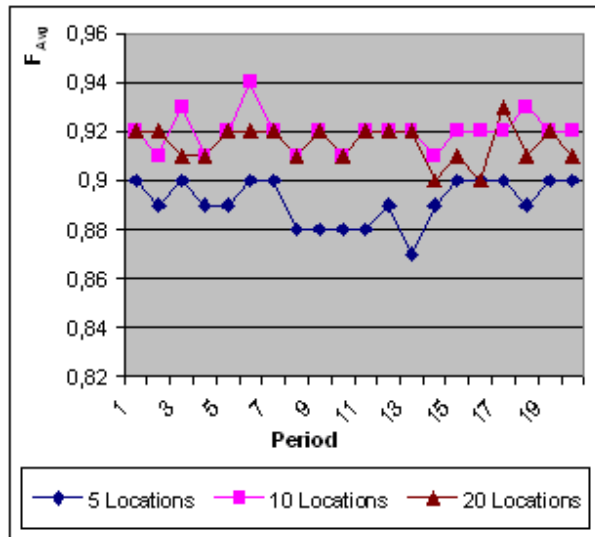


Figure 8 : Variation of  $F_{avg}$

A second experimentation is realized to show the influence of the different Location agents types participating in the transshipment actions on the evaluation parameters. We compared between three inventory systems. The first includes only a cooperatives Location agents. The second contains only egoists Location agents. The third contains cooperatives and egoists Locations agents. The results of this experimentation illustrated in figures 9 and 10 show that we obtain good results with the third system. We conclude that we obtain good results if the population of Location agents participating in the transshipment actions is mixed.

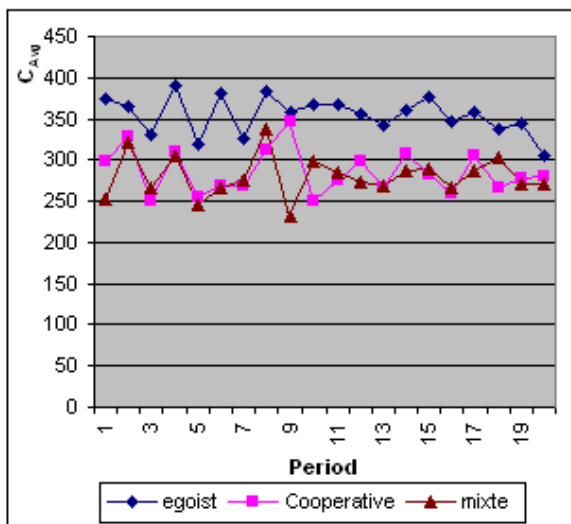


Figure 9 : Variation of  $C_{Avg}$

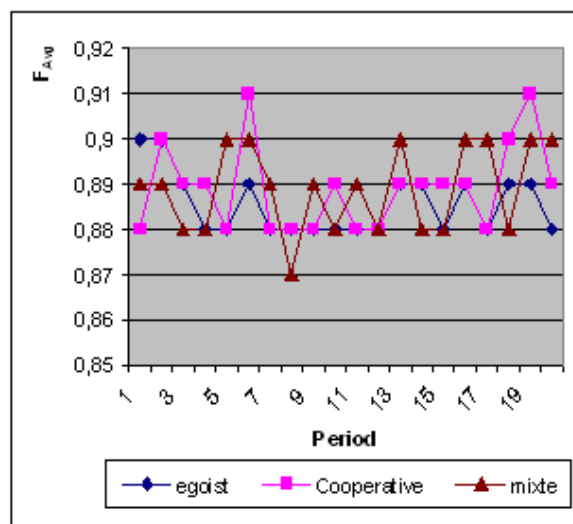


Figure 10 : Variation of  $F_{Avg}$

## 5.2 Transshipment leads time

This experimentation is realized to show the influence of the transfer leads time on the evaluation parameters. We compared between two inventory systems. In the first system the transfer lead time  $t_{ij}$  is belonging to the set of days  $\{1, 2\}$ . However, in the second inventory system  $t_{ij}$  is belonging to the set of days  $\{3, 4\}$ . The results of this experimentation illustrated in figures 11 and 12 show that we obtain good results with the first system. We conclude that we obtain good results if the transfer lead time is reduced.

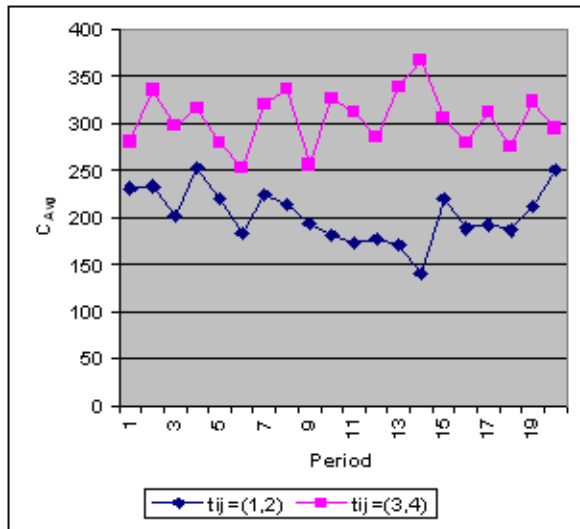


Figure 11: Variation of  $C_{avg}$

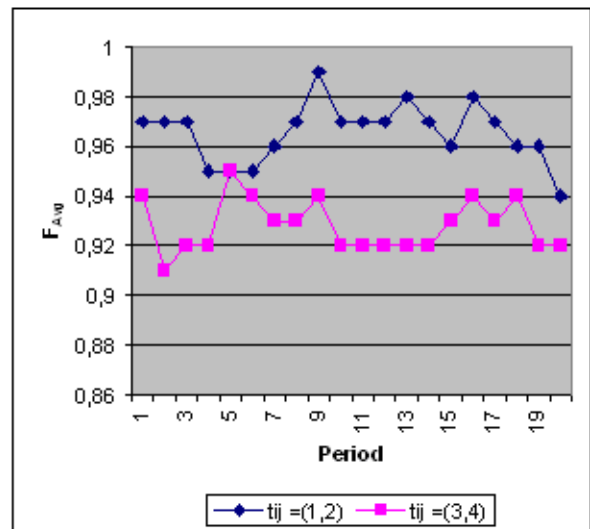


Figure 12 : Variation of  $F_{avg}$

## 5.3 Transportation mean capacity

This experimentation is realized to show the influence of the transportation mean capacity on the evaluation' parameters. We are compared between two inventory systems. The first system uses a transportation mean having a capacity equal to 20 item units. However, the capacity of the transportation mean used by the second system is 50 item units. The results of this experimentation illustrated in figures 13 and 14 show that we obtain good results with the second system. We conclude that we obtain good results if the capacity of the transportation mean used is large.

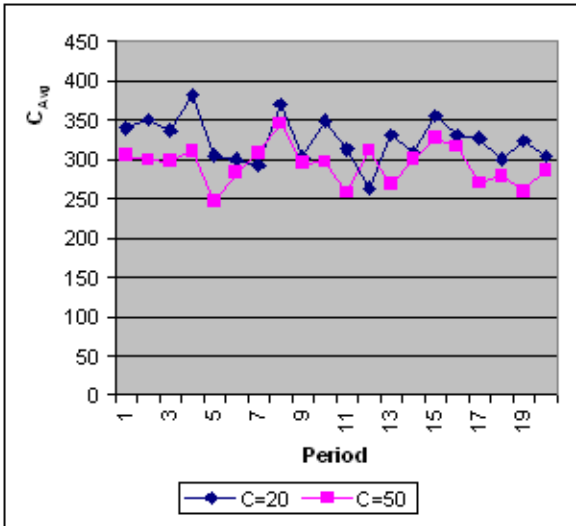


Figure 13 : Variation of  $C_{Avg}$

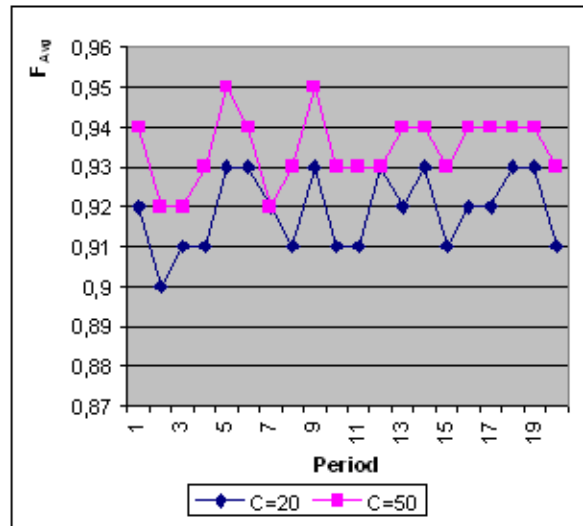


Figure 14 : Variation of  $F_{Avg}$

## 6 Conclusion

In this paper we have proposed a new transshipment policy that takes in account a non-negligible transshipment lead times and a limited transportation mean capacity. In order to satisfy the maximum of the customer demands, we have required that the transshipped items participate to satisfy the demands of the current period. So, we have proposed to divide the period into several sub-periods and at the end of one of them the transshipment decision is made. We have introduced a multi-agent model that simulates the behavior of the collaborative network locations. Our experimental results demonstrate that: (1) the number of locations influences the total inventory cost. In fact, we obtain a good result if the number of locations is important, (2) We obtain a good result if the population of the Location agents is mixed, composite of egoist Location agents and cooperatives ones, (3) The transshipment lead times affect the total inventory cost. With a reduced transshipment lead times we obtain better results, (4) the transportation capacity influence the total inventory cost. In fact, with a large capacity we obtain a good result.

Our future works are to determine the initial inventory level, where the transshipment strategy described above is practiced and to use the learning techniques to evaluate the risk caused by the participating in the transshipment operations.



## References

- [Axsä90] Axsäter S. : Modelling emergency lateral transshipments in inventory systems, *Management Science*, 1990, 36, p. 1329-1338.
- [Bene02] Benedikt S. And Francesco L : *Economic Simulations in Swarm: Agent-Based Modelling and Object Oriented Programming*, Springer , 2002
- [Davi83] Davis, R. and R. G. Smith : Negotiation as metaphor for distributed problem solving, *Artificial intelligence*, 1983, 20, p. 63-109.
- [Ferb95] Ferber J. : *Les systèmes multi-agents vers une intelligence collective*. Ed InterEditions Paris, 1995.
- [Here99] Herer, Y. T. and A. Rashit. : Lateral Stock Transshipments in a Two-Location Inventory System with Fixed and Joint Replenishment Costs, *Naval Research Logistics*, 1999, 46 p. 525-547.
- [Kris65] Krishnan, K. S. and V. R. K Rao: Inventory control in N warehouses, *The journal of industrial engineering*, 1965, 16, p. 212-215.
- [Ozde03] Ozdemir, D., M. Tzur and Y.T. Herer : A Monte Carlo simulation approach to the capacitated multi-location transshipment problem. *Proceedings of the winter simulation conference*, 2003, p. 1729-1736.
- [Robi90] Robinson, L.W.: Optimal and Approximate Policies in Multiperiod, Multilocation Inventory Models with Transshipments. *Operations Research*, 1990, 38, p. 278-295.
- [Rudi02] Rudi , N. and V. Miegheem : Newsvendor Networks: Inventory Management and Capacity Investment with Discretionary Activities. *Manufacturing and service operations management*, 2002, 4 , p. 313-335.
- [Sher92] Sherbrooke, C.C.: Multi-echelon inventory systems with lateral supply. *Naval Research Logistics* ,1992, 39, p. 29-40.
- [Taga89] Tagaras, G. : Effects of Pooling on the Optimization and Service Levels of Two-Location Inventory Systems. *IIE Transactions*, 1989, 21, p. 250-257.
- [Taga99] Tagaras, G.: Pooling in Multi-Location Periodic Inventory Distribution Systems. *Omega*, 1999, p. 39-59.
- [Taga92] Tagaras, G. and M. Cohen. : Pooling in Two-Location Inventory Systems with Non-

Negligible Replenishment Lead Times. *Management Science*, 1992, 38, p. 1067-1083.

[Taga02] Tagaras, G. and D. Vlachos : Effectiveness of stock transshipment under various demand distribution and non-negligible transshipment times production and operation management, 2002 ,11(1), p. 183-198.

[Week05] Week, K. E., M. Dada : Optimal Policies for transshipment inventory in Retail Network. *Management Science*, 2005, 51(10), p. 1515-1533.

[Will71] William, Feller : An introduction to the probability theory and its applications . Wiley, New York 1971.

[Zhan05] Zhang, J : Transshipment and its Impacts on Supply chain Members' Performances, *Management Science*, 2005, 51(10), p. 1534-1539.

# Einführung in den Track

## eFinance

**Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl**

Universität Augsburg

**Prof. Dr. Wolfgang König**

Universität Frankfurt a.M.

**Prof. Dr. Peter Gomber**

Universität Frankfurt a.M.

**Wolfgang Gaertner**

Deutsche Bank

Nach einem Fokus auf Kostenreduktion und Prozessoptimierung in der Ertragskrise öffnet sich die Finanzdienstleistungsbranche nun sukzessive in Richtung einer Verbesserung der Erträge sowie einer Optimierung der Ertrags-/Risiko-Positionen. Hierzu gehören etwa die IT-gestützte Steigerung des Kundenverständnisses und darauf aufbauend der wirtschaftlichen Beratungsqualität; ebenso Produkt- und Prozessinnovationen (z. B. im Bereich Wertpapierhandel) sowie strategische Allianzen innerhalb der Branche und über deren Grenzen hinaus im Verbund mit dem hierfür notwendigen effizienten Informationsmanagement.

Trotzdem ist der Trend zur Konsolidierung, zur Industrialisierung der Prozesskette und zur Weiterentwicklung von Sourcingstrategien ungebrochen. Darüber hinaus sehen sich die Häuser einer hohen Dichte regulatorischer Anforderungen (z. B. Basel II, Sepa oder MiFID) gegenüber, die direkten Einfluss auf Geschäftsmodelle, Prozesse und IT-Infrastruktur haben. Auf Basis der regulatorisch und Reporting-getrieben IT-Investments nun auch die Ertragsziele besser zu erreichen, steht bei vielen Finanzdienstleistern im Vordergrund des Interesses.

Ziel des Tracks ist, eine Plattform für den Austausch von Forschungsergebnissen zwischen Praxis und Wissenschaft zu aktuellen und IT-bezogenen Fragestellungen der Finanzindustrie, der Finanzmärkte und der betrieblichen Finanzwirtschaft bereitzustellen.

**Programmkomitee:**

Dr. Mario Daberkow, Postbank AG

Prof. Dr. Jürgen Moormann, Hochschule für Bankwirtschaft

Frank Annuschein, Commerzbank AG

Prof. Dr. Günther Müller, Universität Freiburg

Prof. Dr. Robert Winter, Universität St. Gallen

Klaus Lintelmann, IBM Deutschland GmbH

Rainer Riess, Deutsche Börse AG

Prof. Dr. Andreas Hackethal, EUROPEAN BUSINESS SCHOOL (ebs)

Prof. Dr. Christof Weinhardt, Universität Karlsruhe (TH)

Ralf Schmid, MLP Finanzdienstleistungen AG

# **Außerbörslicher Emittentenhandel: Handelsplatzwahl von Online-Investoren**

Dennis Kundisch, Tobias Stuber

Lehrstuhl WI-IF  
Universität Augsburg  
86135 Augsburg  
dennis.kundisch@wiwi.uni-augsburg.de

## **Abstract**

Der außerbörsliche Emittentenhandel stellt für Privatanleger eine attraktive Alternative zur Nutzung von börslichen Handelsplätzen dar. Bislang existieren weder theoretische noch empirische Ergebnisse zur Handelsplatzwahl von Privatinvestoren. Auf Basis einer Online-Umfrage unter Online-Investoren wird im vorliegenden Beitrag die Neigung außerbörslich zu handeln untersucht. Es zeigt sich, dass vor allem die Bekanntheit, die expliziten Transaktionskosten, Sicherheits- und Transparenzfragestellungen sowie die Handelszeiten eine Rolle spielen.

## **1 Einleitung**

Der außerbörsliche Handel war lange Zeit institutionellen Investoren vorbehalten. [Gomb00, S. 35] Getrieben durch die rasante Entwicklung des Internets, den Boom so genannter Retail-Derivate und den Auf- bzw. Ausbau von außerbörslichen Handelsplattformen (bspw. CATS-OS, Tradelink oder T.I.Q.S.), hat sich diese Situation in den letzten Jahren jedoch verändert. Inzwischen bieten beinahe alle großen Online-Broker in Deutschland Privatanlegern die Möglichkeit außerbörslich zu handeln. Dabei wird neben dem außerbörslichen Aktien- insbesondere der außerbörsliche Retail-Derivatehandel offeriert. Deutschland ist im Bereich des Retail-Derivatehandels Weltmarktführer - sowohl bezogen auf den Umsatz als auch auf die Anzahl der gehandelten Produkte.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Der Orderbuchumsatz des Handelssegments EUWAX der Börse Stuttgart - der börsliche Marktführer im Retail-Derivatehandel - betrug 41 Mrd. Euro in 2005. Ende 2005 waren dort über 80.000 Produkte gelistet. Der

Privatanleger können zwischen verschiedenen Handelsplätzen wählen. Speziell für den Handel von Retail-Derivaten stehen bspw. das Handelssegment EUWAX der Börse Stuttgart, das Handelssegment Smart Trading der Börse Frankfurt und der außerbörsliche Emittentenhandel zur Auswahl. Es ist davon auszugehen, dass die Handelsplatzentscheidung durch die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Handelsplätze mit teilweise unterschiedlichen Marktmodellen [Holt04] für Privatanleger einen komplexen Entscheidungsprozess darstellt. Da das Angebot eines jeden Handelsplatzes Kosten verursacht, ist es für Anbieter von Online-Brokerage von Interesse, warum Online-Investoren bestimmte Handelsplätze in Anspruch nehmen. Offensichtlich haben auch die konkurrierenden Handelsplatzbetreiber ein Interesse daran zu erklären, welche Faktoren Privatanleger dazu veranlassen börslich oder außerbörslich zu handeln. Während bereits einige wenige Studien zur Handelsplatzwahl institutioneller Investoren vorliegen, [Schi95; Aver98] existieren bislang keine Arbeiten, welche die Handelsplatzwahl von Privatanlegern untersuchen. Allerdings wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Handelsplatzwahl von Privatinvestoren möglicherweise von anderen Faktoren beeinflusst wird als bei institutionellen Investoren. [MeWi94] Aus diesen Überlegungen leitet sich die Forschungsfrage für den vorliegenden Beitrag ab: *Welche Faktoren beeinflussen die Neigung von (privaten) Online-Investoren außerbörslich zu handeln?*

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: Abschnitt 2 beinhaltet zentrale Begriffsabgrenzungen. In Abschnitt 3 werden die Einflussfaktoren bei der Handelsplatzwahl von Online-Investoren theoretisch abgeleitet und zum außerbörslichen Handel in Beziehung gesetzt sowie die zu testenden Hypothesen formuliert. Im Abschnitt 4 werden das empirische Design sowie die Durchführung der Untersuchung beschrieben. Abschnitt 5 stellt die empirischen Ergebnisse vor und liefert eine Interpretation der Daten. Schließlich werden in Abschnitt 6 die Ergebnisse zusammengefasst.

## **2 Begriffsabgrenzung und Definitionen**

Da Privatanleger nicht selbst Mitglied an einem Handelsplatz werden können, benötigen sie zu deren Zugang einen Intermediär, den so genannten *Broker*. Nach § 2 (3) Wertpapierhandelsgesetz führen Broker Geschäfte in eigenem Namen und für die Rechnung ihrer Kunden aus.

---

geschätzte außerbörsliche Anteil am Gesamtmarktumsatz in Retail-Derivaten liegt bei ca. 70%. [Euwa05] Insgesamt kann daher von einem Gesamtmarktumsatz von weit über 100 Mrd. Euro in 2005 ausgegangen werden.

Hier wird der Begriff des *Online-Brokers* als umfassende Bezeichnung für solche Anbieter verwendet, deren Leistungsspektrum die Verschaffung von Marktzugang sowie das Orderrouting umfasst und die ihre Leistungen (auch) über elektronische Vertriebskanäle erbringen.<sup>2</sup> [KuKr06]

Die Dienstleistungen von Online-Brokern werden hauptsächlich von Privatanlegern und externen Vermögensverwaltern in Anspruch genommen. Ein Privatanleger, welcher ein Depot bei mindestens einem Online-Broker unterhält und über dieses Wertpapiertransaktionen abwickelt, wird im Folgenden als *Online-Investor* bezeichnet.

Viele Wertpapiere können - nach ihrer Emission - auf dem Sekundärmarkt an unterschiedlichen Handelsplätzen gehandelt werden. Diese Handelsplätze stehen teilweise in Konkurrenz zueinander und ihr Ziel ist es, ein möglichst großes Ordervolumen auf sich zu vereinen. [Heil02, S. 168] Auf oberster Ebene konkurrieren außerbörsliche mit börslichen Handelsmöglichkeiten um den Orderflow von Investoren.

Die Börsenregulierung erfolgt in jedem Land separat. Es existiert im deutschen Börsengesetz keine Legaldefinition einer *Börse* im materiellen Sinne. Folgende Aspekte kennzeichnen jedoch das Begriffsverständnis: Örtliche und zeitliche Handelszentralisierung, exklusive Teilnahme von professionellen Händlern, Zusammenschluss der professionellen Händler zu einem Verbandbetrieb, der Verbandbetrieb verfasst die Handelsregeln und ist Eigentümer über die Infrastruktur der Marktveranstaltung. [PiBR96, S. 9] Demgegenüber setzt sich der außerbörsliche Handel im ursprünglichen Verständnis aus einer Vielzahl von heterogenen Teilmärkten zusammen. Diese Teilmärkte lassen sich nach den gehandelten Produkten und nach den Marktteilnehmern voneinander abgrenzen. Charakteristisch für den außerbörslichen Handel ist das Fehlen von festgelegten Handelszeiten und einer räumlichen Lokalisierung. [Gomb00, S. 35] Im Gegensatz zum börslichen Handel gibt es auch keine standardisierten Kontrakte. Handelsgeschäfte können individuell festgelegt und ausgestaltet werden. Daraus resultiert einerseits eine größere Flexibilität, andererseits fehlt eine regulierende Instanz, die für Preistransparenz sorgt. Gomber definiert den *außerbörslichen Handel* als: „Gesamtheit von unter professionellen Marktteilnehmern organisierten, nicht-börslichen Märkten für Finanzprodukte auf der Basis heterogener Kommunikationsnetzwerke“. [Gomb00, S. 35] Für Online-Investoren ist der Begriff des außerbörslichen Handels allerdings einzugrenzen. Sie haben nicht wie institutionelle Investoren die Möglichkeit Kontrakte individuell auszuhandeln. Der außerbörsliche Handel, der

---

<sup>2</sup> Dies umfasst sowohl klassische Online-Broker (bspw. Comdirect, Cortal Conors) als auch die Online-Brokerage-Funktionalitäten von traditionellen Geschäftsbanken (bspw. Dresdner Bank, Commerzbank).

den Online-Investoren derzeit angeboten wird, kann als *standardisierter außerbörslicher Handel für Online-Investoren* bezeichnet werden. Er stellt nur eine Teilmenge des außerbörslichen Handels im traditionellen Sinne dar. Im vorliegenden Beitrag wird der *außerbörsliche Handel* im Hinblick auf das Angebot für Online-Investoren folgendermaßen definiert: Gesamtheit der von Online-Brokern angebotenen, standardisierten, nicht-börslichen Märkte für Wertpapiere, auf Basis heterogener Kommunikationsnetzwerke.

Man unterscheidet zwei Arten des außerbörslichen Handels: Von *Internalisierung* spricht man, wenn der Online-Investor direkt mit seinem Online-Broker als Kontrahent in eine Handelsbeziehung tritt. Der Broker handelt dabei gegen seinen eigenen Bestand. Beim *außerbörslichen Emittentenhandel* handelt der Online-Investor direkt mit dem Emittenten oder Market Maker<sup>3</sup> eines Wertpapiers. Die Emittenten bzw. Market Maker stellen dabei für Wertpapiere unverbindliche Quotes, die vom Online-Investor über die Handelsapplikation des Online-Brokers angefragt werden können. Auf solche Quotes kann ein Online-Investor reagieren und per Mausklick ein Angebot zum gerade veröffentlichten Preis abgeben.<sup>4</sup>

Im außerbörslichen Handel für Online-Investoren nimmt der außerbörsliche Emittentenhandel die bedeutendere Stellung ein. Zum einen ist das Wertpapierangebot im Emittentenhandel wesentlich größer, zum anderen wird der Emittentenhandel von deutlich mehr Online-Brokern angeboten. Der Fokus der Untersuchung liegt daher in diesem Beitrag auf dem außerbörslichen Emittentenhandel.

### 3 Theorie zur Handelsplatzwahl

Die Frage, wo eine Order platziert werden soll, stellt sich bei jeder Wertpapiertransaktion aufs Neue. Es ist anzunehmen, dass die Vielzahl der wählbaren Alternativen die Entscheidung des Online-Investors erschwert. Zudem sorgt die Fülle der Kriterien, nach denen ein Handelsplatz beurteilt werden kann, für Komplexität. Aus der Theorie lässt sich eine Reihe von Einflussfak-

---

<sup>3</sup> Ein Market Maker ist eine Bank oder eine Händlerfirma, welche verbindliche Kauf- und Verkaufskurse für ein Wertpapier stellt und damit als Marktpartner während der Handelszeit ständig zur Verfügung steht. Insofern ist der Oberbegriff Emittentenhandel etwas unscharf, da ein Market Maker Emittent eines von ihm betreuten Wertpapiers sein kann, aber nicht sein muss.

<sup>4</sup> Rechtlich gesehen ist erst ein Handelsgeschäft zustande gekommen, wenn der Emittent seinerseits dieses Angebot annimmt. Durch die Ausgestaltung des Emittentenhandels bei den Online-Brokern ist aber anzunehmen, dass viele Online-Investoren davon ausgehen, sie reagierten auf ein Angebot seitens des Emittenten bzw. Market Makers. Zu Marktmodellen im außerbörslichen Emittentenhandel (Angebote für den Online-Investor überwiegend „quote driven“) und im börslichen Handel (Angebote für den Online-Investor überwiegend „order driven“) vgl. [Thei98, S.8 ff., Holt04].



toren auf die Handelsplatzwahl ableiten und begründen. Dabei werden die Entscheidungssituation und die zu beachtenden Entscheidungskriterien aus der Sicht institutioneller Investoren untersucht. [Aver98, Schi95] Die Ergebnisse und Überlegungen aus diesen Untersuchungen sind daher nur bedingt auf die vorliegende Fragestellung übertragbar, auch wenn es zwischen Online-Investoren und institutionellen Investoren Parallelen gibt. [MeWi94, S. 538] Des Weiteren wurden die Faktoren meistens im Hinblick auf Börsenplatzentscheidungen analysiert. Berücksichtigt man auch den Fall des außerbörslichen Handels bzw. speziell des außerbörslichen Emittentenhandels, erscheinen weitere Faktoren relevant.

### **3.1 Im Modell berücksichtigte Einflussfaktoren**

#### *3.1.1 Explizite Transaktionskosten*

Auch wenn eine einheitliche Definition von Transaktionskosten in der Literatur nicht existiert, [Aver98, S. 68] so werden diese häufig in explizite und implizite Transaktionskosten unterteilt. Explizite Transaktionskosten bezeichnen die Kosten, welche für den Anleger unmittelbar ersichtlich sind. Sie werden üblicherweise auf der Handelsabrechnung des Online-Brokers ausgewiesen. Explizite Transaktionskosten sind für den Privatanleger einfach nachzuvollziehen, lassen sich schon im Vorfeld einer Transaktion sehr genau abschätzen [Schi95, S. 21] und spielen bei seiner Entscheidung für den Handelsplatz eine bedeutende Rolle. [Gerk93, S. 733; MeWi94, S. 538; HiSt96, S. 527ff.] Implizite Transaktionskosten bezeichnen die für den Anleger nicht direkt ersichtlichen Kosten, welche vor allem aus dem erzielten Preis am jeweiligen Handelsplatz resultieren. Implizite Transaktionskosten sind - wenn überhaupt - erst nach Ausführung einer Order zu ermitteln. Bezüglich expliziter Transaktionskosten stellt der außerbörsliche Handel im Vergleich zu den Börsenplätzen in der Regel eine günstigere Alternative dar: Börsegebühren und Makler Courtage fallen hierbei zum Beispiel nicht an.

Es wird außerdem ein moderierender Einfluss der Tradeanzahl auf die Bedeutung der expliziten Transaktionskosten vermutet, da [KuKr06] Indizien für unterschiedliche Einstellungen bei Online-Investoren in Abhängigkeit der Tradeanzahl finden. Es wird davon ausgegangen, dass die Transaktionskosten mit steigender Tradeanzahl zunehmend Beachtung finden, da potenziell von über die Handelsangebote besser informierten Investoren ausgegangen werden kann.

### 3.1.2 Handelszeit

Viele Online-Investoren schätzen die Möglichkeit ohne Zeitbeschränkung handeln zu können. [StRa04, S.74] Vor allem für Investoren, die dem Online-Brokerage nicht als Hauptbeschäftigung nachgehen, dürften lange Handelszeiten interessant sein, vor allem weil auch nach Börsenschluss in Deutschland noch auf Entwicklungen in US-Märkten reagiert werden kann.<sup>5</sup> Online-Investoren, die der Handelszeit eine hohe Bedeutung beimessen, dürften daher im außerbörslichen Emittentenhandel eine attraktive Alternative zum Börsenhandel sehen.

### 3.1.3 Vertrauen

Vertrauen spielt bei Käufer-Verkäufer-Beziehungen grundsätzlich eine wichtige Rolle. In einigen Bereichen unterscheidet sich die (Anleger-)Sicherheit, welche für Vertrauen sorgen kann, zwischen börslichen und außerbörslichen Angeboten nicht (bspw. Anwendung des Wertpapierhandelsgesetzes). So gelten sowohl für börsliche als auch für außerbörsliche Handelsplätze sogenannte Mistrade-Regelungen, bei denen die Handelspartner dazu berechtigt sind, eine Transaktion unter bestimmten Bedingungen rückgängig zu machen. Börsen werden in Deutschland zusätzlich durch das Börsengesetz (BörsG) reguliert. Die Vorschriften bezüglich Fairness, Effizienz und Transparenz im BörsG gewährleisten dabei einen höheren Anlegerschutz. Dies sollte es für Börsen daher vergleichsweise einfacher machen, das Vertrauen des Privatanlegers zu gewinnen. Online-Investoren, denen die Vertrauenswürdigkeit eines Handelsplatzes besonders wichtig ist, werden demnach eher dazu geneigt sein börslich zu handeln.

### 3.1.4 Involviertheit in den Handelsprozess

Durch die Möglichkeiten des Online-Investierens können Privatanleger wesentlich schneller und unmittelbarer am Geschehen der Wertpapiermärkte teilhaben. [StRa04, S. 75 ff.] Während früher kein direkter Zugang zu Marktdaten und weitergehenden Anlageinformationen vorhanden war, ist es heute möglich in „real-time“ am Marktgeschehen teilzunehmen. Die durch das Internet bedingte stärkere Involviertheit der Privatanleger wird in der Literatur auch als Grund für den erhöhten Wertpapierhandel genannt. [BaOd02, S. 476] Das Konstrukt der „Involviertheit in den Handelsprozess“ beschreibt die Bedeutung, die Online-Investoren der Markt-

---

<sup>5</sup> *Außerbörslich*: werktags meist von 8 bis 22 Uhr, vereinzelt auch am Wochenende, *börslich*: werktags von 9 bis 20 Uhr, XETRA nur bis 17.30 Uhr. kein Handel am Wochenende. Vgl. [Schi95, S. 40] für theoretische Gründe für die Bedeutung der Handelszeit.

und Handelsnähe beim Wertpapierhandel beimessen. Der außerbörsliche Emittentenhandel ist durch Schnelligkeit, Einfachheit und Direktheit gekennzeichnet. Online-Investoren können auf Quotes entsprechend reagieren und wissen, dass dies auch aller Voraussicht nach die Ausführungspreise sind, während sich Preise im börslichen Handel über ein Limit nur nach oben (Kauf) bzw. nach unten (Verkauf) begrenzen lassen und der Anleger passiv auf Ausführung seiner Order warten muss. Es ist deswegen davon auszugehen, dass Online-Investoren, für welche die Involviertheit in den Handelsprozess wichtig ist, eher dazu tendieren außerbörslich zu handeln.

### *3.1.5 Individualisierung des Handelsprozesses*

Durch Orderzusätze (bspw. Ausführungsbestimmungen, Gültigkeitsbeschränkungen) können Online-Investoren ihre Orders individuell gestalten. Die Nutzung von Orderzusätzen hängt in der Regel vom zugrunde liegenden Ordersystem und Marktmodell sowie vom Funktionsumfang der Handelsapplikation des Online-Brokers ab. Zudem sind manche Orderzusätze auch auf bestimmte Wertpapierkategorien begrenzt. Im außerbörslichen Emittentenhandel ist die Verwendung von Orderzusätzen nur wenig verbreitet. Inzwischen gibt es zwar vereinzelt Emittenten, die die Verwendung von Orderzusätzen anbieten,<sup>6</sup> der börsliche Handel hat jedoch in Bezug auf eine Individualisierung von Orders aber derzeit noch deutliche Vorteile. Es ist daher anzunehmen, dass Online-Investoren, welche die Bedeutung der Individualisierung des Handelsprozesses hoch einschätzen, weniger geneigt sein werden außerbörslich zu handeln.

### *3.1.6 Bekanntheit*

Die Bekanntheit eines Produktes bzw. einer Marke wird als wichtiger Einflussfaktor auf die Auswahl der Produktalternativen und auf die Auswahl eines Produktes angesehen. [MaSh00, S. 5] Die Bekanntheit eines Angebots hat gleichzeitig einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit vom Kunden gekauft zu werden und auf die dem Produkt zugeschriebene Qualität. [HoBr90, S. 145 ff.] Handelsplätze bieten spezifische Leistungen an, mit welchen sie um die Gunst der (Privat-)Anleger werben. [Gomb00, S. 168] Ähnlich wie substitutive Produkte eines Marktes, stehen sie in Konkurrenz zueinander. Investoren wählen dabei Handelsplätze nicht nur nach objektiven sondern auch nach subjektiven Kriterien - bspw. dem Image - aus. [Schi95, S. 43] Bevor ein Handelsplatz allerdings ein Image aufbauen kann, muss er bekannt werden. Es liegt daher

---

<sup>6</sup> Zu nennen sind hier die Emittenten BNP Paribas und SG Warrants.

nahe, dass die Markenbekanntheit bzw. die Bekanntheit eines Handelsplatzes einen Einfluss auf die Kundenwahrnehmung hat. Beim relativ jungen Phänomen des außerbörslichen Emittentenhandels ist davon auszugehen, dass dessen Bekanntheit im Vergleich zu den großen, seit Jahren etablierten Börsenplätzen wie Frankfurt oder Stuttgart noch gering ist. Daher wird angenommen, dass Personen, welche den außerbörslichen Emittentenhandel gut kennen, eher geneigt sein werden außerbörslich zu handeln.

### 3.2 Im Modell nicht berücksichtigte Einflussfaktoren

Theoretische Überlegungen bezüglich der Einflussfaktoren auf die Handelsplatzwahl von Investoren legen eine Reihe weiterer Einflussfaktoren nahe. Vor allem die Arbeit von Schiereck [Schi95] nennt einige weitere Konstrukte. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt und es wird knapp begründet, warum sie nicht in das Modell aufgenommen wurden.

- *Liquidität*: Die Ordergrößen von Online-Investoren haben in der Regel keinen Einfluss auf die Markttiefe. Die Marktbreite ist zwar auch für den Privatanleger interessant, im Vergleich zu institutionellen Investoren wird der Bid-Ask-Spread allerdings bei vielen Online-Investoren eine geringere Rolle spielen.
- *Image*: Das Image wurde im zugrunde gelegten Modell nicht explizit berücksichtigt, da diverse Aspekte des von Schiereck [Schi95, S. 43] definierten Konstruktes separat modelliert wurden („Vertrauen“, „Involviertheit in den Handelsprozess“, „Bekanntheit“).
- *Abwicklungseffizienz*: Die Effizienz mit der das Clearing und Settlement [Schi95, S. 27] durchgeführt werden ist vor allem für institutionelle Anleger eine der wichtigsten Leistungskomponenten im Wertpapierhandel. [Aver98, S. 75] Für Online-Investoren spielt die Abwicklungseffizienz eine deutlich geringere Rolle. [MeWi94, S. 538]
- *Produktpalette*: Es ist davon auszugehen, dass mit einer Verbreiterung der Produktpalette auch die Attraktivität eines Handelsplatzes steigt [MeWi94, S. 538]. Im Hinblick auf Retail-Derivate liegt ein fast identisches Produktangebot an den drei oben genannten Handelsplätzen vor.
- *Markteffizienz* [Thei98, S. 184]: Der Zusammenhang zwischen Markteffizienz bzw. Informationseffizienz und der Wahl eines Handelsplatzes ist bspw. bei der Implementierung von Arbitragestrategien nicht eindeutig.
- *Markttransparenz* [Schi95, S. 30]: Durch die Börsenregulierung wird im Vergleich zum außerbörslichen Handel für eine deutlich höhere Pre- und Post-Trade-Transparenz gesorgt.

Dieser Aspekt ist jedoch bereits im Konstrukt „Vertrauen“ enthalten und wurde nicht gesondert modelliert.

### **3.3 Hypothesen**

Folgende Hypothesen werden aufbauend auf die Überlegungen in Abschnitt 3.1 überprüft:

*Hypothese H1: Je höher die Bedeutung der expliziten Transaktionskosten, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.*

*Hypothese H2: Je höher die Tradeanzahl, desto höher ist die Bedeutung der expliziten Transaktionskosten.*

*Hypothese H3: Je höher die Bedeutung der Handelszeit, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.*

*Hypothese H4: Je höher die Bedeutung von Vertrauen, desto geringer ist die Neigung außerbörslich zu handeln.*

*Hypothese H5: Je höher die Involviertheit in den Handelsprozess, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.*

*Hypothese H6: Je höher die Bedeutung der Individualisierung des Handelsprozesses, desto geringer ist die Neigung außerbörslich zu handeln.*

*Hypothese H7: Je höher die Bekanntheit des Angebots außerbörslich zu handeln, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.*

## **4 Empirische Studie**

### **4.1 Design und Durchführung der Befragung**

Aufgrund der vorliegenden Fragestellung war davon auszugehen, dass die zu befragenden Personen alle über einen Internetanschluss verfügen und mit dem Internet vertraut sind. Die Befragung wurde deswegen online durchgeführt. Die einschlägigen Empfehlungen von [ADM01] bei der Gestaltung von Online-Umfragen wurden beachtet. Im Mittelpunkt des Interesses der Umfrage stehen Online-Investoren, welche entweder bereits erste Erfahrungen mit dem außerbörslichen Emittentenhandel gemacht haben oder zumindest schon über erste Kenntnisse darüber verfügen. Repräsentative Aussagen könnten theoretisch also nur für den Kreis der Online-Investoren gemacht werden. Für den Personenkreis der Online-Investoren sind jedoch keine

derartigen Informationen vorhanden.<sup>7</sup> Daher kann für die vorliegende Online-Umfrage keine Repräsentativität gewährleistet werden. Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte über Texthinweise, Banner und Newslitereinträge von Emittenten, Finanzwebseiten, Börsen und Online-Brokern.<sup>8</sup> Als Incentive für eine Teilnahme wurden drei Mal 7.500 Miles&More Prämienmeilen verlost.<sup>9</sup>

Zur Überprüfung der vorgestellten Hypothesen sind die Konstrukte „Bedeutung der expliziten Transaktionskosten“, „Bedeutung der Handelszeit“, „Bedeutung von Vertrauen“, „Involviertheit in den Handelsprozess“, „Bedeutung der Individualisierung des Handelsprozesses“ und „Bekanntheit“ zu messen. Jedes Konstrukt wurde mittels Multi-Item-Messungen abgefragt, denen auf einer 5-stufigen Skalen mehr oder minder zuzustimmen war (1 = Trifft überhaupt nicht zu, 5 = Trifft voll und ganz zu). Bei Vorliegen von interner Konsistenz wurden die einzelnen Messvariablen pro Konstrukt und pro Auskunftsperson arithmetisch gemittelt. Die Statements wurden teilweise abwechselnd negativ und positiv formuliert. Zur Überprüfung, ob die Werte der Items zu einer gemeinsamen Skala zusammengefasst werden können, wurde mittels einer Reliabilitätsanalyse der Wert für Cronbach's Alpha bestimmt. Für die Dummyvariable „Tradeanzahl“ wurde der Median der Tradeanzahl der Auskunftspersonen ermittelt.

Der eingesetzte Fragebogen<sup>10</sup> wurde in einem iterativen Prozess unter anderem mit der Unterstützung des Zentrums für Umfrage- und Marktforschung (ZUMA) in Mannheim erstellt. Nachdem der Fragebogen in einer ersten Version fertig gestellt war, wurde er einem Pretest unterzogen. Den Auskunftspersonen stand ein Online-Glossar zur Verfügung. Der Fragebogen selbst bestand aus vier logischen Teilen. Teil A beinhaltete Fragen zum allgemeinen Handelsverhalten der Auskunftspersonen. Am Ende von Teil A entschied sich, ob die Auskunftspersonen im weiteren Verlauf zu den außerbörslich unerfahrenen oder den außerbörslich erfahrenen Nutzern gezählt werden und die dementsprechenden Fragen gestellt bekommen. Personen, welche weniger als 20% ihrer Trades außerbörslich handeln (außerbörslich unerfahrene Nutzer), bekamen die Fragen zu den Konstrukten gestellt (Teil B).<sup>11</sup> Zu jedem Konstrukt wurden drei bis

---

<sup>7</sup> [NFO03] liefert Hinweise auf Verteilungen gewisser Merkmale von Online-Investoren. Von repräsentativen Merkmalsverteilungen wird aber auch dort nicht gesprochen.

<sup>8</sup> Eine Präselektion der Umfrageteilnehmer kann gleichwohl nicht ausgeschlossen werden.

<sup>9</sup> Um die Motivation zur Teilnahme an einer Online-Umfrage zu erhöhen, können Incentives zum Einsatz kommen. Allerdings sollten diese nicht das zentrale Motiv sein, sondern eine Aufwandsentschädigung darstellen. Der sinnvolle Einsatz von Incentives knüpft diese an die formal richtige Beantwortung des Fragebogens. Die richtige Anwendung von Incentives führt zu keiner Verzerrung im Sinne eines Volunteer Bias. [Theo00, S. 73]

<sup>10</sup> Der Fragebogen kann unter [www.wi-if.de](http://www.wi-if.de) > Wissenschaft > Publikationen heruntergeladen werden.

<sup>11</sup> Teil D enthielt die Fragen für außerbörslich erfahrene Nutzer - so genannte außerbörsliche Heavytrader. Diese haben für den vorliegenden Beitrag keine Relevanz.

fünf Fragen gestellt. Diese waren als Pflichtfragen gestellt. Teil C enthielt Fragen zur Demografie, welche von allen Auskunftspersonen beantwortet wurden. Hierbei wurde größtenteils auf Fragen und Skalen zurückgegriffen, welche bereits in anderen Studien [Glas03, NFO03] Anwendung gefunden haben. Die Feldzeit des Fragebogens betrug 4 Wochen im Sommer 2005.

#### 4.2 Multiple Regressionsanalyse mit Interaktionseffekt

Das Modell wird simultan, mittels einer multiplen Regressionsanalyse mit Interaktionseffekt getestet. Die Konstrukte werden als direkte Einflussgrößen auf das Handelsverhalten angenommen. Die Variable „Tradeanzahl“ wird als moderierende Einflussgröße auf die „Bedeutung der expliziten Transaktionskosten“ aufgenommen. Für das in Abschnitt 3 vorgestellte Modell wird folgende Regressionsgleichung modelliert:

$$Y_{NAH} = \beta_0 + \beta_1 X_{BTAK} + \delta_1 X_{BTAK} X_{TA} + \beta_2 X_{BH} + \beta_3 X_{BVT} + \beta_4 X_{IHP} + \beta_5 X_{BIHP} + \beta_6 X_{BT} \quad (1)$$

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verwendeten Variablen.

$Y_{NAH}$	Neigung außerbörslich zu handeln	Abhängige Variable
$X_{BTAK}$	Bedeutung der expliziten Transaktionskosten	Unabhängige Variable, direkter Einfluss
$X_{TA}$	Tradeanzahl	Unabhängige Variable, moderierender Einfluss auf $X_{BTAK}$
$X_{BH}$	Bedeutung der Handelszeit	Unabhängige Variable, direkter Einfluss
$X_{BVT}$	Bedeutung von Vertrauen	Unabhängige Variable, direkter Einfluss
$X_{IHP}$	Involviertheit in den Handelsprozess	Unabhängige Variable, direkter Einfluss
$X_{BIHP}$	Bedeutung der Individualisierung des Handelsprozesses	Unabhängige Variable, direkter Einfluss
$X_{BT}$	Bekanntheit	Unabhängige Variable, direkter Einfluss

Tab. 1: Verwendete Variablen

Das Variable „Tradeanzahl“ wird in eine Dummyvariable umkodiert. Als Trennwert dient der Median der getätigten Trades pro Jahr.

## 5 Darstellung und Analyse der Ergebnisse

### 5.1 Stichprobe und Rahmendaten

Insgesamt kamen 5.123 Personen auf die Startseite der Online-Umfrage. Davon begannen 2.660 Personen den Fragebogen. Die Ausschöpfungsquote liegt damit bei 52 Prozent. 1.804 Personen bearbeiteten den Fragebogen vollständig, 1.190 von diesen bearbeiteten den Fragenteil B der sich spezifisch an außerbörslich unerfahrene Online-Investoren richtete. Diese stellen die Stichprobe der Untersuchung für den vorliegenden Beitrag dar. Das vorliegende Sample wurde mit bereits durchgeführten Studien [Glas03, NFO03, Onvi04] verglichen, um zumindest Hinweise auf die Repräsentativität zu erhalten. Es zeigt sich, dass das Sample im Durchschnitt etwas mehr Männer enthält (92% vs. 85%) sowie etwas risikofreudiger und älter (44 vs. 37 Jahre) als der Online-Investor in der Studie von NFO Infratest ist. [NFO03] Dies lässt eine vergleichsweise etwas höhere Trading-Orientierung des Samples vermuten. Dies könnte durch den Umstand erklärt werden, dass auf Grund des Untersuchungsdesigns natürlich nur zum Befragungszeitpunkt in irgendeiner Form finanzwirtschaftlich aktive Online-Investoren an der Umfrage teilgenommen haben, während in [NFO03] die Rekrutierung aus einem vorhandenen Panel erfolgt.

### 5.2 Ergebnisse der Regressionsanalyse

Um zu überprüfen, ob die Items pro Konstrukt zu einem gemeinsamen Wert zusammengefasst werden können, wurde mittels Reliabilitätsanalyse jeweils der Wert für Cronbach's Alpha bestimmt. Zudem wurden einige Items rekodiert, um Vergleichbarkeit mit den anderen Items herzustellen. Die Anpassungen der Items und die jeweiligen Werte für Cronbach's Alpha pro Konstrukt sind in folgender Tabelle dargestellt.

Konstrukt	Anpassungen	Cronbach's Alpha (vor Eliminierung)
$Y_{NAH}$	Item 3 (B8c) rekodiert; Eliminierung Item 3 (B8c)	0,817 (0,758)
$X_{BTAK}$	Item 4 (B1d) rekodiert	0,669
$X_{BH}$	Item 3 (B3c) rekodiert	0,692
$X_{BVT}$	Item 2 (B2b) rekodiert	0,655
$X_{IHP}$	Eliminierung Item 2 (B6b)	0,711 (0,688)
$X_{BIHP}$	Item 3 (B5c) rekodiert; Eliminierung Item 4 (B5d)	0,850 (0,755)
$X_{BT}$	Eliminierung Item 3 (B4b)	0,817 (0,758)

Tab. 2: Cronbach's Alpha für die sieben Konstrukte

Da alle Werte für Cronbach's Alpha (zum Teil deutlich) größer 0,6 sind und es sich um neu entwickelte Konstruktfragen handelt, sind die Mindestanforderungen erfüllt. [Nunn67, S. 226]



Die Ergebnisse der Regression sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Hypothese	Parameter	Zugehörige Variable	Wert	Standardabweichung	t-Wert	Signifikanz
	$\beta_0$	Konstante	1,153	0,181	6,370	< 1%
H1	$\beta_1$	X <sub>BTAK</sub>	0,124	0,024	5,082	< 1%
H2	$\delta_1$	X <sub>TA</sub>	-0,020	0,012	-1,599	nicht signifikant
H3	$\beta_2$	X <sub>BH</sub>	0,199	0,199	0,023	< 1%
H4	$\beta_3$	X <sub>BVT</sub>	-0,180	0,030	-5,955	< 1%
H5	$\beta_4$	X <sub>IHP</sub>	0,063	0,025	2,476	< 5%
H6	$\beta_5$	X <sub>BIHP</sub>	0,022	0,024	0,925	nicht signifikant
H7	$\beta_6$	X <sub>BT</sub>	0,323	0,019	17,426	< 1%

Tab. 3: Ergebnisse für die Parameter der Regressionsanalyse mit Interaktionseffekt

Der Parameterwert  $\beta_0$  für die Konstante beträgt 1,153 und ist zum 1%-Niveau signifikant. Dies deutet auf Einflussfaktoren hin, die im zugrunde gelegten Modell nicht berücksichtigt wurden. Der Parameterwert  $\beta_1$ , der den Einfluss der expliziten Transaktionskosten auf die Neigung außerbörslich zu handeln beschreibt und wegen des positiven Vorzeichens einen positiven Zusammenhang zwischen den beiden Größen postuliert, ist zum 1%-Niveau signifikant. Die Hypothese H1 kann demnach nicht verworfen werden. Demgegenüber muss Hypothese H2 wegen des Parameterwertes  $\delta_1$  nahe 0 sowie wegen fehlender Signifikanz verworfen werden. Der Hypothese, dass eine hohe Tradeanzahl einen positiven Einfluss auf die Bedeutung der expliziten Transaktionskosten hat, kann also nicht zugestimmt werden. Der Parameterwert  $\beta_2$  für den Einfluss der Bedeutung der Handelzeit auf die Neigung außerbörslich zu handeln, ist mit 0,199 deutlich positiv und kann zum 1%-Niveau bestätigt werden. Somit kann Hypothese H3 nicht verworfen werden. Der Parameterwert für  $\beta_3$  von -0,180 ist deutlich negativ. Daher kann Hypothese H4 ebenfalls zum 1%-Niveau bestätigt werden, welche einen negativen Einfluss der Bedeutung des Vertrauens auf die Neigung außerbörslich zu handeln postuliert. Die Hypothesen H5 und H6 müssen beide verworfen werden. Im Fall von H5 liegt zwar ein signifikanter Wert zum 5%-Niveau vor, dieser liegt mit 0,063 aber nahe 0 und drückt damit keinen positiven Zusammenhang zwischen der Involviertheit in den Handelsprozesses und der Neigung außerbörslich zu handeln aus. Im Fall von H6 ist der - ebenfalls nahe an Null liegende - ermittelte Wert nicht signifikant. H7 schließlich kann wieder zum 1%-Niveau bestätigt werden. Für  $r^2$  ergibt

sich ein Wert von 0,348. Das getestete Modell erklärt damit knapp 35 Prozent der Varianz und ist somit als mittelmäßig einzustufen.

Hypothese		Ergebnis
H1	<i>Je höher die Bedeutung der expliziten Transaktionskosten, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.</i>	☑
H2	<i>Je höher die Tradeanzahl, desto höher ist die Bedeutung der expliziten Transaktionskosten.</i>	✗
H3	<i>Je höher die Bedeutung der Handelszeit, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.</i>	☑
H4	<i>Je höher die Bedeutung von Vertrauen, desto geringer ist die Neigung außerbörslich zu handeln.</i>	☑
H5	<i>Je höher die Involviertheit in den Handelsprozess, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.</i>	✗
H6	<i>Je höher die Bedeutung der Individualisierung des Handelsprozesses, desto niedriger ist die Neigung außerbörslich zu handeln.</i>	✗
H7	<i>Je höher die Bekanntheit des Angebots außerbörslich zu handeln, desto höher ist die Neigung außerbörslich zu handeln.</i>	☑

Tab. 4: Übersicht über die Annahme bzw. Verwerfung der Hypothesen

### 5.3 Interpretation

Bisherige theoretische Überlegungen gehen davon aus, dass explizite Transaktionskosten bei der Handelsplatzwahl besondere Beachtung finden. [MeWi94] Das Ergebnis der Regressionsanalyse stützt die Hypothese, dass Online-Investoren, die den Transaktionskosten eine besondere Bedeutung beimessen, eher zum außerbörslichen Handel tendieren. Der Einfluss der „Bedeutung der expliziten Transaktionskosten“ auf die „Neigung außerbörslich zu handeln“ scheint auch aus Praxisgesichtspunkten plausibel, da geringere Gebühren eines der zentralen Marketingargumente der Online-Broker für den außerbörslichen Emittentenhandel sind. Daneben werden auch ganz gezielt No-Fee-Aktionen angeboten, die zum außerbörslichen Handel animieren sollen. Die Börsen haben darauf unter anderem mit einem Courtage-Cap reagiert.

Der moderierende Effekt, der von einem positiven Zusammenhang zwischen der „Tradeanzahl“ und der „Bedeutung der expliziten Transaktionskosten“ ausgeht, musste abgelehnt werden. Es lassen sich durchaus Argumente gegen die Hypothese finden: Zum Beispiel ist denkbar, dass Online-Investoren im Allgemeinen sehr preissensitiv und die expliziten Transaktionskosten daher für alle gleichermaßen wichtig sind.

Schierreck leitet die Bedeutung der Handelszeit für die Handelsplatzwahl theoretisch ab. [Schi95] Die Hypothese bzgl. der Bedeutung der Handelszeit musste nicht verworfen werden. Damit wird die in der Theorie zur Handelsplatzwahl angenommene Bedeutung der Handelszeit

auch für den außerbörslichen Emittentenhandel bestätigt. Die Möglichkeit länger handeln zu können, wird von Online-Investoren als wichtiger Grund für den außerbörslichen Emittentenhandel gesehen.

Der Zusammenhang, dass eine hohe „Bedeutung von Vertrauen“ mit einer geringen „Neigung außerbörslich zu handeln“ einhergeht ist zum 0,01%-Niveau signifikant. Das bedeutet, dass Online-Investoren, denen der Sicherheits- bzw. Vertrauensaspekt besonders wichtig ist, eher Abstand vom außerbörslichen Emittentenhandel nehmen. [BaKM03] beschreiben das Vertrauensverhältnis zwischen Online-Investor und Online-Broker bzw. zwischen Online-Investor und Handelsplatz. Dieses Vertrauensverhältnis scheint auch beim außerbörslichen Emittentenhandel eine Rolle zu spielen. Börsen könnten dies im Wettbewerb für sich nutzen und noch stärker auf ihre Vorteile bezüglich Sicherheit und Regulierung hinweisen.

Die „Involviertheit in den Handelsprozess“ hat keinen signifikanten positiven Einfluss auf die „Neigung außerbörslich zu handeln“. Ein möglicher Grund für die Ablehnung der Hypothese könnte sein, dass bei der Operationalisierung des Konstruktes verschiedene, (zu) unterschiedliche Aspekte einbezogen wurden. So wurde zum einen die schnelle Depotverbuchung thematisiert. Zum anderen wurde der Aspekt der direkten Interaktion mit einem Handelspartner berücksichtigt. Die Zusammenfassung verschiedener Aspekte unter dieses Konstrukt könnte somit für die Ablehnung der Hypothese verantwortlich sein.

Die „Bedeutung der Individualisierung des Handelsprozesses“ hat keinen signifikanten negativen Einfluss auf die „Neigung außerbörslich zu handeln“. Dies könnte dadurch begründet sein, dass Online-Investoren, denen Orderzusätze wichtig sind, auch weiterhin den börslichen Handel nutzen und den außerbörslichen Emittentenhandel nur dann in Anspruch nehmen, wenn sie ohne Orderzusätze handeln wollen. Ob eine situationsabhängige Nutzung der Handelsplätze vorliegt, wurde im Rahmen der Befragung nicht analysiert.

Wie in vielen Beiträgen der Marketing-Literatur besprochen, hat die Bekanntheit eines Angebots einen positiven Einfluss auf die Nutzung dieses Angebots. [HoBr90] Dies gilt zunächst einmal unabhängig von der Angebotsqualität. Mit der durchgeführten Regression wurde dieser Zusammenhang auch für den außerbörslichen Emittentenhandel bestätigt. Je bekannter der außerbörsliche Emittentenhandel bei Online-Investoren ist, desto eher wird er genutzt.

Die Modellgüte kann als mittelmäßig bezeichnet werden. Es erscheint plausibel anzunehmen, dass weitere Faktoren einen Einfluss auf die Neigung außerbörslich zu handeln haben. Darauf deutet auch der relativ hohe Wert der Konstanten der Regressionsgleichung hin. Mögliche Ein-

flussfaktoren sind die in Abschnitt 3.2 vorgestellten, nicht berücksichtigten Faktoren, welche bei institutionellen Investoren teilweise eine große Bedeutung – bspw. die Liquidität [Schi95] – haben. Eine zusätzliche Erklärung für die nicht zufrieden stellende Modellgüte liefert eine weitergehende Analyse der gewonnenen Daten: Hierbei zeigt sich, dass Online-Investoren dazu neigen, speziell beim Handel von Hebelprodukten *außerbörslich zu kaufen*, um dann – möglicherweise unter Nutzung von entsprechenden Orderzusätzen (bspw. Stop-Loss) – über die *Börse zu verkaufen*. Besonders deutlich wird dies bei außerbörslich Erfahrenen. Diese wählen für Knock-out-Produkte bei Käufen zu 80% hauptsächlich den außerbörslichen Handelsweg, während es beim Verkauf derselben Produkte nur 73% sind. Eine solch situative Nutzung der Handelsplätze ist im vorgestellten Modell nicht abgebildet. Zudem könnte auch die „Preissicherheit“ eine bedeutende Rolle spielen. In einer direkten Frage wurde diese als dritt wichtigster Hauptgrund für die Nutzung des außerbörslichen Emittentenhandels genannt. Dies mag auch ein Indiz für die Bedeutung des Marktmodells bei der Handelsplatzwahl sein.

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

Der vorliegende Artikel liefert einen Beitrag zur Erklärung der Handelsplatzwahl von Online-Investoren im Hinblick auf den außerbörslichen Emittentenhandel. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden unter Verwendung bisheriger Theorie und bereits vorliegender empirischer Ergebnisse zur Handelsplatzwahl sechs direkte Einflussfaktoren sowie ein moderierender Effekt vermutet. Die Daten für den Test des unterstellten Modells wurden mittels einer Online-Umfrage erhoben, bei der 1.190 Personen die Fragen zu den Konstrukten beantworteten. Vier der sieben aufgestellten Hypothesen konnten mittels einer multiplen Regressionsanalyse mit Interaktionseffekt gestützt werden. Demnach haben die „Bedeutung der expliziten Transaktionskosten“, die „Bedeutung der Handelszeit“, die „Bedeutung von Vertrauen“ und die „Bekanntheit“ einen Einfluss auf die Neigung von Online-Investoren außerbörslich zu handeln. Das getestete Modell kann 35 Prozent der Varianz erklären und ist damit als mittelmäßig einzustufen. Es ist anzunehmen, dass neben den modellierten Einflussfaktoren auch noch andere, nicht berücksichtigte Einflussfaktoren eine Rolle spielen (vgl. Abschnitte 3.2 und 5.3).

Neben der Herausarbeitung weiterer Einflussfaktoren auf die Neigung von Online-Investoren außerbörslich zu handeln, könnten zukünftige Studien das gesamte Spektrum der angebotenen Handelsplätze - inklusive ausländischer Handelsplätze - für Online-Investoren untersuchen. Vor

allem erscheint interessant, wie sich Online-Investoren situativ für einen Handelsplatz entscheiden (bspw. in Abhängigkeit von Kauf/Verkauf oder des gehandelten Produkts). Kann dies auch Auswirkungen auf das Marktergebnis haben? Welche Rolle spielt das Marktmodell bei der Handelsplatzwahl? Um einen Gestaltungsbeitrag im Sinne eines Financial Market Engineering [Holt04, WeHN03] leisten zu können, sind daher weitere Untersuchungen vorzunehmen.

## Literaturverzeichnis

- [ADM01] A.D.M.: Standards zur Qualitätssicherung für Online-Befragungen. <http://www.adm-ev.de/>, 2001, Abruf am 17.02.2005.
- [Aver98] *Averdiek-Bolwin, C.*: Die Effizienz von Aktienbörsen. Oldenbourg, München, 1998.
- [BaKM03] *Balasubramanian, S., Konana, P., Menon, N.M.*: Customer Satisfaction in Virtual Environments: A study of Online Investing. In: Management Science 49 (2003) 7, S. 871-889.
- [BaOd02] *Barber, B.M., Odean, T.*: Online Investors: Do the Slow Die First?. In: Review of Financial Studies 15 (2002) 2, S. 455-487.
- [Euwa05] Euwax: Geschäftsbericht 2005.
- [Gerk93] *Gerke, W.*: Computerbörse für den Finanzplatz Deutschland. In: Die Betriebswirtschaft 53 (1993) 6, S. 725-748.
- [Glas03] *Glaser, M.*: Online Broker Investors: Demographic Information, Investment Strategy, Portfolio Positions, and Trading Activity. Working Paper, University of Mannheim, 2003.
- [Gomb00] *Gomber, P.*: Elektronische Handelssysteme – Innovative Konzepte und Technologien im Wertpapierhandel. Physica, Heidelberg, 2000.
- [Heil02] *Heilmann, K.*: Erfolgsfaktoren von Wertpapierbörsen im internationalen Wettbewerb Analyse auf der Basis einer weltweiten empirischen Erhebung. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2002.
- [HiSt96] *Hielscher, U., Stenzel, S.K.*: Umfang und Ursachen des außerbörslichen Aktienhandels. In: Die Betriebswirtschaft 56 (1996) 4, S. 523-540.

- [Holt04] *Holtmann, C.*: Organisation von Märkten - Market Engineering für den elektronischen Wertpapierhandel. Dissertation, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe (TH), (2004).
- [HoBr90] *Hoyer, W.D., Brown, S.P.*: Effects of Brand Awareness on Choice for a Common, Repeat Purchase Product. In: *Journal of Consumer Research* 17 (1990), S. 141-148.
- [KuKr06] *Kundisch, D., Krammer, A.*: Transaktionshäufigkeit als Indikator für die Angebotsgestaltung bei deutschen Online-Brokern. In: *Der Markt* 46 (2006) 176, S. 20-38.
- [MaSh00] *Macdonald, E.K., Sharp, B.M.*: Brand Awareness Effects on Consumer Decision Making for a Common, Repeat Purchase Product: A Replication. In: *Journal of Business Research* 48 (2000) 1, S. 5-15.
- [MeWi94] *Meyer, F., Wittrock, C.*: Marketing-Strategien für die deutschen Börsen. In: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen* 47 (1994) 11, S. 536-542.
- [NFO03] NFO Infratest Finanzforschung: NFO Online Brokerage Monitor Germany 2003.
- [Nunn67] *Nunnally, J.C.*: Psychometric theory. McGraw-Hill, New York, 1967.
- [Onvi04] *OnVista*: OnVista Derivate-Umfrage 2004, Ergebnisfoliensatz.
- [PiBR96] *Picot, A., Bortenlänger C., Röhl, H.*: Börsen im Wandel, Fritz Knapp, Frankfurt am Main, 1996.
- [Schi95] *Schiereck, D.*: Internationale Börsenplatzentscheidungen institutioneller Investoren. Gabler, Wiesbaden, 1995.
- [StRa04] *Strader, T.J., Ramaswami, S.N.*: Investor Perceptions of Traditional and Online Channels. In: *Communications of the ACM* 47 (2004) 7, S. 73-76.
- [Thei98] *Theissen, E.*: Organisationsformen des Wertpapierhandels: Gesamtkursermittlung, kontinuierliche Auktionen und Market-Maker-System. Gabler, Wiesbaden, 1998.
- [Theo00] *Theobald, A.*: Determinanten des Online Research. In: *Planung & Analyse*, 27 (2000) 5, S. 72-76.
- [WeHN03] *Weinhardt, C., Holtmann, C., Neumann, D.*: Market-Engineering. In: *Wirtschaftsinformatik* 45 (2003) 6, S. 635-640.

# Travo-Projekt – Der Handel mit Aktionärsstimmrechten

Christoph Lattemann, Hartmut Klemens

Juniorprofessur für Corporate Governance und E-Commerce  
Universität Potsdam  
14482 Potsdam  
lattema@uni-potsdam.de, hartmut.klemens@klemens.com

Michael Durica

Eurex Frankfurt AG  
60485 Frankfurt am Main  
mdurica@web.de

## Abstract

In den letzten Jahren waren weit unter 50% der stimmberechtigten Anteilscheine auf den Hauptversammlungen der DAX-30-Unternehmen vertreten. Dies wirkt sich negativ auf Corporate Governance und Unternehmenskontrolleffizienz aus.

Das TRAVO-Projekt (*Trading with Voting Rights*) stellt einen innovativen Ansatz dar, dem fallenden Trend zur Stimmrechtsausübung entgegenzuwirken. Er fokussiert nicht wie die herkömmlichen Ansätze auf die Reduktion der Transaktionskosten, sondern auf die effiziente Allokation von Stimmrechten über Marktmechanismen.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Problematik, die mit einem Handel mit Stimmrechten einhergeht, darzustellen und ein an die Marktbedürfnisse angepasstes Marktmodell aufzuzeigen. Sie ist Teil eines Forschungsprojektes, das in weiteren Stufen die prototypische Implementierung des Marktmodells vorsieht, um hiermit experimentelle Untersuchungen zum Beitrag des Stimmrechtehandels zu guter Corporate Governance durchzuführen.

## 1 Einleitung

Nach Erhebungen der Deutsche Schutzvereinigung für Wertpapierbesitz [DSW05] waren in den letzten Jahren bei fallender Tendenz weit unter 50% der stimmberechtigten Anteilscheine auf den Hauptversammlungen der DAX-30-Unternehmen vertreten. 26% aller Aktionäre, zumeist

Kleinaktionäre, zeigen kein Interesse an der Ausübung ihrer Stimmrechte auf Hauptversammlungen [ErGP05]. Diese schwache Präsenz auf den Hauptversammlungen liegt darin begründet, dass Anleger die Rolle des Trittbrettfahrers [EaFi83, GrHa88a] einnehmen oder vor dem Hintergrund der Rationalen Apathie keinen ökonomischen Anreiz darin sehen, ihr Stimmrecht auf der Hauptversammlung auszuüben [Körb89].

Durch die Nichtteilnahme an Hauptversammlungen ergeben sich Probleme: Erstens führt die schwache Präsenz des stimmberechtigten Kapitals zur Gefahr der Konzentration der Entscheidungsmacht auf der Hauptversammlung, da zum Beispiel die Gesellschaft mit vergleichsweise geringem Aufwand in Abhängigkeiten gebracht kann [Noac05]. Zweitens verfällt bei Nichtausübung des Stimmrechts der Wert des Stimmrechts, und damit erfolgt die Wertvernichtung eines ökonomischen Gutes.

Zur Darstellung des Stimmrechtehandels werden im folgenden Literaturüberblick zunächst die zwei Ansätze zur Lösung dieser Probleme beleuchtet und es wird der Stand der aktuellen Diskussion um die Stimmrechtsausübung vorgestellt. Überlegungen zur Identifikation der Anbieter- und Nachfragerseite und zum Potential eines Marktes für Aktienstimmrechte leiten nachfolgend über zur Skizzierung eines möglichen Marktmodells für den elektronischen Handel mit Aktienstimmrechten. Es wird ein innovatives funktionales Konzept für den Stimmrechtehandel dargestellt, das die Basis für eine marktliche Koordination von Stimmrechtsüberhängen und -nachfragen vorsieht. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick ab.

## 2 Literaturüberblick

Eine Vielzahl wissenschaftlicher wie praxisorientierter Arbeiten hat sich in den letzten Jahren mit der Thematik der Erhöhung der Stimmrechtspräsenz in den Hauptversammlungen beschäftigt. In der Literatur zeichnen sich als Lösungsansätze zur Erhöhung der Präsenzen zwei sich nicht zwingend gegenüberstehende Ansätze ab. Der erste Forschungszweig untersucht die Möglichkeiten zur Reduktion von Transaktionskosten bei der Ausübung von Stimmrechten in Hauptversammlungen (z.B. durch die Entbindung des Aktionärs von der Anwesenheit in der Hauptversammlung mit Hilfe von Proxy Votings und der Elektronisierung der Hauptversammlung [Bhat97; LaNi03; Noac05; Zetz02]) oder etwa durch die Etablierung von Bonussystemen [Noac05; Perl06]. Hierdurch soll die Präsenz des Abstimmungskapitals erhöht werden. Diese Maßnahmen werden hier unter dem *Kostenansatz* subsumiert. Obwohl vereinzelt durch solche



Maßnahmen eine Zunahme der Präsenz zu verzeichnen ist [FAZ06], zeigen breiter angelegte empirische Studien, dass solche Maßnahmen nur von geringer nachhaltiger Wirkung sind [Latt05; Noac05].

Der zweite - und der für diese Arbeit zentrale Forschungszweig - besteht darin, Aktie und Stimmrecht zu trennen und die Stimmrechte über einen Markt in die Hände der an der Unternehmenskontrolle interessierten Marktteilnehmer zu übertragen (Reallokation). Er wird in dieser Arbeit als *Handelsansatz* bezeichnet. Entsprechend der Ergebnisse verwandter Arbeiten (z.B. von [BIGG89; Mann75; Schü79; NeOr03]) können neben der Erhöhung der Stimmrechtspräsenz darüber hinaus auch Ineffizienzen im bisher existierenden Allokationsmechanismus überwunden und die Effizienz der Unternehmenskontrolle verbessert werden.

Grundlage aller Diskurse über die Reduktion der Transaktionskosten wie auch zur Etablierung eines Stimmrechtshandels stellen theoretische wie empirische Analysen zum Wert von Stimmrechten dar. Mit der Werthaltigkeit von Stimmrechten besteht ein ökonomisches Gut, das durch Nichtausübung qua definitio zu Marktineffizienzen führt, da der Wert bei Nichtausübung verfällt. So weisen aktuellere Analysen (u.a. von [DaEh02; ErGP05; Nico98; Rydq96]) einen ökonomischen Wert des Stimmrechts nach. In ihren Erklärungsansätzen zum Wert eines Stimmrechts gehen die Autoren von der Annahme aus, dass das Management zum Beispiel durch feindliche Übernahmen und damit über die Ausübung von Stimmrechten diszipliniert werden kann (u.a. [KiKM04; Nico98; Rydq96; Zing95]). Nach [Doer92] kann sogar bereits die Gefahr bzw. die Drohung einer Übernahme bei schlechter Performance des Unternehmens das Management disziplinieren. Unterschiedliche Stimmrechtsausstattungen bei den Aktien eines Unternehmens (z.B. bei Stammaktien, Vorzugsaktien) führen demnach zu unterschiedlichen Kurssteigerungen, wobei die Aktien mit Stimmrechten aufgrund des intensiven Bieterwettbewerbs hohe Aufschläge verzeichnen und Aktien ohne Stimmrechte im Gegensatz dazu von den Bietern nicht nachgefragt werden (u.a. [Rydq96]).

Diverse Autoren (u.a. [DaEh02; Doer92; Hoff99; RoMK94]) haben empirische Analysen zum Wert des Stimmrechts und dessen Einflussfaktoren durchgeführt. [DeDe85] sowie [Zing95] weisen zum Beispiel nach, dass die Werte von Stimmrechten bei feindlichen Übernahmen steigen. Ausgangspunkt der Überlegungen sind die in der Realität zu beobachtenden Kursdifferenzen zwischen Stamm- und Vorzugsaktien. Der hieraus abzuleitende Wert des Stimmrechts wird durch mehrere Faktoren, wie z.B. feindliche Übernahme, das Rechtssystem, der damit verbundene Rechtsschutz der Kleinaktionäre [LLSV99] sowie die Höhe der Stimmrechtsanteile ver-

schiedener Großaktionäre [DaEh02] beeinflusst. Trotz der zum Teil unterschiedlichen Ergebnisse hinsichtlich der Prämien für das Stimmrecht weisen die meisten Untersuchungen einen positiven Wert des Stimmrechts auf (u.a. [Horn88]). Nach [Rydq96] liegt die Differenz zwischen Stamm- und Vorzugsaktien in Deutschland zwischen 1956 und 1998 im Mittel bei etwa 17% und damit im Rahmen der auch für andere Länder beobachteten Werte, die zwischen 5% und 23% schwanken.

Die Trennung von Aktie und Stimmrecht wird aus ökonomischer wie aus rechtlicher Sicht kontrovers diskutiert. [Mann75] spricht sich für einen Handel mit Stimmrechten aus und misst der Möglichkeit zur Kontrolle eines Unternehmens direkt einen eigenen monetären Wert zu, da hiermit gleichzeitig die Verfügungs- und Dispositionsmöglichkeiten über die Unternehmensressourcen verbunden sind. Nach [Els88] haben die Trennung der Aktie vom Stimmrecht und der separate Stimmrechtshandel aber nicht nur positive Wirkung. Der Managementkontrolle könnte mit einer solchen Maßnahme entgegen gewirkt werden und wohlfahrtserhöhende Transaktionen könnten beeinträchtigt werden. Andererseits verhindert die erzwungene Koppelung von Aktie und Stimmrecht eine wesentliche ökonomische Signalwirkung [Mann75].

[EaFi83] weisen ebenfalls als Gegner des separaten Stimmrechtshandels darauf hin, dass nur beim gekoppelten Erwerb von Aktien und Stimmrecht gewährleistet sein kann, dass die Inhaber bei der Ausübung des Stimmrechts auch die daraus resultierenden Konsequenzen für ihr Vermögen, beispielsweise in Form der Aktienkursänderungen oder Dividendenzahlungen, mittragen müssen und dass so die entschädigungslose Beeinträchtigung der Interessen anderer Aktionäre ausgeschlossen werden könnte. Unter anderen vertreten [GrHa88b] die Meinung, dass durch einen separaten Stimmrechtshandel aus der Aktie nur negative Konsequenzen für Unternehmen und Aktionäre resultieren.

Befürworter eines Stimmrechtshandels wie [BIGG89] oder [Clar79] empfehlen hingegen die Einführung gesetzlicher Regelungen zum Stimmrechtshandel, denn die Gefahr von Plünderungen ist zwar nach ihrer Meinung nicht von der Hand zu weisen, doch die Vorteile einer effizienten Allokation der Stimmrechte und einer verbesserten Unternehmenskontrolle könnten die Nachteile kompensieren. Zu den vorgeschlagenen Lösungsansätzen zum Handel mit Aktienstimmrechten gehören beispielsweise die Gleichbehandlung aller verkaufswilligen Stimmrechtsinhaber zu im Vorfeld fest vereinbarten Konditionen, inhaltliche oder zeitliche Beschränkungen bei der Ausübung des Stimmrechts, Rückkaufsmöglichkeiten, zeitlich befristete Über-

lassung des Stimmrechts im Rahmen einer Wertpapierleihe [CGMR04; Davo02] und die Einführung zusätzlicher Kontroll- und Sanktionsrechte der Aktionäre [Els88].

Im aktuellen rechtlichen Diskurs geht es vor allem um die gesetzlichen Gestaltungsoptionen zum Stimmrechtehandel, insbesondere vor dem Hintergrund, dass die gegenwärtige Rechtslage die freie und getrennte Verfügung aller Aktionärsrechte blockiert (u.a. [Els88; Noac05]).

Empirische Studien über Wertpapierleihegeschäfte zeigen auf, dass ein *indirekter* Handel der Stimmrechte über den Markt für Wertpapierleihe bereits realisiert wird [CGMR02], diesbezügliche einschränkende Regelungen gelockert wurden [CGMR04] und ein Handel der Stimmrechte in Verbindung mit einer Wertpapierleihe in Australien bereits legal praktiziert wird [HaRa88]. Umso interessanter erscheint hier der Gedanke, einen solchen *Quasi-Handel* mit einem dedizierten Marktmodell zum Handel von Aktienstimmrechten zu standardisieren.

Trotz dieser Vielzahl von verwandten Forschungsrichtungen in dem Kontext des Stimmrechtehandels existieren bisher keine Arbeiten, die die erforderlichen Rahmenbedingungen eines *standardisierten* Stimmrechtehandels und ein mögliches Marktmodell explizit aufzeigen. Aus diesem Grund wird im Folgenden nach der Beschreibung der Besonderheiten des Stimmrechtehandels ein Marktmodell abgeleitet und beschrieben, das den Anforderungen an einen Stimmrechtehandel entspricht.

### **3 Der Markt für Aktienstimmrechte**

Ein möglicher Stimmrechtehandel wäre per se nicht nur auf professionelle Finanzakteure beschränkt. Vielmehr spielen Kleinanleger eine bedeutende Rolle im Handel mit Stimmrechten. Dies lässt sich vor allem aus der mangelnden Teilnahme dieser Investorengruppe auf Hauptversammlungen ableiten, die aus einem ungünstigen Kosten-/Nutzenverhältnis in der Ausübung der Stimmrechte resultiert. Sie stellen zusammen mit den Stimmen der rational handelnden Aktionäre, die bislang ihr Stimmrecht an Depotstimmrechtsvertreter kostenfrei abgegeben haben, und den Stimmen der „HV-Touristen“ die potentielle Angebotsseite dar (s. Abb. 1).

Um eine erste Einschätzung des realen Marktpotentials für einen Stimmrechtehandel zu erhalten, wird zunächst zur Vereinfachung auf die Unternehmen des DAX-30 und auf das Verhalten der Investoren bei Hauptversammlungen deutscher Aktiengesellschaften zurückgegriffen

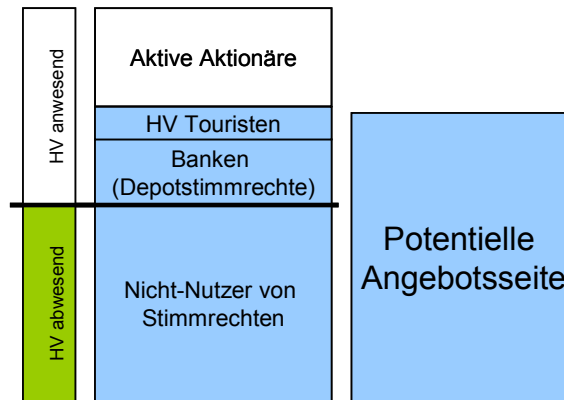


Abbildung 1: Gruppen von Stimmrechtsinhabern

Nach aktuellen Analysen des Deutschen Aktieninstituts [DAI05] treten in Deutschland rund 50% des stimmberechtigten Grundkapitals auf Hauptversammlungen auf. Werden durch einen Stimmrechtehandel lediglich 10 % (5% absolut) der bisher nicht ausgeübten Stimmrechte aktiviert, so ist für die 12 Mrd. Aktien [DeutoJ] des Deutschen DAX-30-Index mit einem Marktpotenzial von 600 Mio. gehandelten Stimmrechten zu rechnen. Über die Verrechnung des empirisch ermittelten Barwertes der Stimmrechte in Höhe von rund 20% der Unternehmenswerte [Rydq96] (bei 5% Diskontierung sind dies 1% vom Unternehmenswert für das einzelne Stimmrecht) mit der Marktkapitalisierung deutscher börsennotierter Unternehmen in Höhe von etwa 855 Mrd. Euro [DAI04] kann das jährliche Handelsvolumen allein auf dem deutschen Aktienmarkt auf etwa 400 Millionen Euro geschätzt werden. Diese Zahl würde sich deutlich erhöhen, wenn ein aktiver periodischer Stimmrechtehandel mit Weiterverkauf stattfinden würde.

Nachgefragt werden Stimmrechte bereits heute insbesondere im Rahmen feindlicher Übernahmen und Proxy Fights - was nichts anderes als eine Form des Marktes für Stimmrechte darstellt. Für diese Nachfragergruppe ist ein liquider Stimmrechtemarkt von besonderem Interesse.

## 4 Das Marktmodell<sup>1</sup> im TRAVO-Projekt

### 4.1 Rechtliche Aspekte

Gegenstand des Stimmrechtehandels ist die isolierte Übertragung von Stimmrechten vom Verkäufer zum Käufer. Nach aktueller Gesetzgebung ist der Handel von isolierten Stimmrechten in

<sup>1</sup> Nach Gomber stellt ein Marktmodell „die Gesamtheit der konkreten Ausprägungen der Strukturmerkmale einer Marktstruktur...“ dar [Gomb00; S.11].

vielen Ländern aufgrund des Abspaltungsverbots jedoch nicht möglich, und die Stimmrechtsausübung bleibt zumindest in Deutschland an den Besitz der Aktie gebunden (§12 Abs.1 AktG). Obwohl der deutsche Gesetzgeber bereits die restriktive Handhabung der Stimmrechtsabgabe bzw. -vertretung gelockert hat, ist die Ausübung des Stimmrechts nach wie vor dem Besitzer der Aktie zum Zeitpunkt des Record Date (stichtagsbezogene Hinterlegungspflicht, in der Regel ca. 7 Tage vor der HV) vorbehalten. Das Stimmrecht selbst stellt kein selbstständiges Recht dar und zählt im Gegensatz etwa zum Bezugsrechtehandel nicht zu den Wertpapieren im Sinne des § 11 BörsZulV.

Die Prämissen des Handelsansatzes können aufgrund dieser gesetzlichen Restriktionen nicht erfüllt werden. Bei der Realisierung eines Handels mit Stimmrechten nach heutigem Stand könnte in der Praxis allerdings auf Kassamarktgeschäfte mit Aktien zurückgegriffen werden. Denn es ist trotz der genannten rechtlichen Restriktionen möglich, durch einen gleichzeitig gezielten Kauf einer *Cum-Vote-Aktie* (mit Stimmrecht) und den Verkauf einer *Ex-Vote-Aktie* (*ohne Stimmrecht*) das Stimmrecht indirekt zu erwerben. Diese beiden Kassamarktgeschäfte könnten in einem Wertpapierleihegeschäft [Diwa99] gebündelt werden. Dieser Variante liegt die Idee zugrunde, den Aktienkauf vor der Ausübung des Stimmrechts mit einem festgelegten Rückkauf nach dessen Ausübung zu kombinieren, so dass die Aktie zusammen mit dem Stimmrecht am Record Date Eigentum des Käufers ist. Rechtlich ist die indirekte Realisierung eines Stimmrechtehandels auf diesen Wegen möglich. In Australien wird nach [CGMR04] ein solches Verfahren bereits indirekt (nicht über ein dediziertes Handelssystem) praktiziert. Allerdings verwehrt eine solche rein institutionelle und im OTC-Markt durchgeführte Wertpapierleihe beispielsweise den Kleinanlegern weitestgehend den Marktzugang.

## 4.2 Fungibilität der Stimmrechte

Ein Handel mit Stimmrechten setzt neben der Etablierung einer Marktorganisation auch die Marktfähigkeit der Stimmrechte voraus, die durch Fungibilität und Liquiditätsgrad determiniert wird [Geld00]. Da die in den Aktien einer Gesellschaft verbrieften Stimmrechte typisiert sind und gesetzlich normierte Einwirkungsmöglichkeiten implizieren, sind diese grundsätzlich als standardisierte und handelbare Objekte anzusehen, und eine Fungibilität ist gegeben, sofern die Stimmrechte in symmetrischer Weise auf die Aktien verteilt sind [Geld00].

Dem Aktienstimmrecht kann also durchaus Fungibilität zugeschrieben werden. Gleiches gilt für die dem Aktienstimmrecht zugrunde liegende börsengehandelte Aktie.

Hinsichtlich der Liquidität eines Stimmrechtehandels führen [GeFo99] als beschränkende Faktoren den nur teilsaisonalen Charakter des Stimmrechts, eine begrenzte Nachfragermenge sowie die fehlende Kontrahentenauswahl auf. Bezüglich des teilsaisonalen Charakters und der begrenzten Nachfragermenge muss diesen Aspekten im Rahmen der phasenspezifischen Modellierung des Handels Rechnung getragen werden (s. Abschnitt 4.6). Mit der Einbindung einer Kontrahentenauswahl in das Marktmodell [Gomb00] würde neben Preis und Menge eine höhere Komplexität einhergehen, die zu erheblichen Einbußen in der Liquidität führen könnte und auch die Systemkomplexität immens steigern würde.

### 4.3 Die Ausprägung des Handels mit Stimmrechten

Bei Vernachlässigung rechtlicher Restriktionen stellt der Handel des isolierten Stimmrechts die effizienteste Alternative zur Realisierung eines Stimmrechtehandels dar. Dem Kassamarkt-basierten Aktienhandel kann nur eine stark eingeschränkte Eignung für einen indirekten Stimmrechtehandel zugesprochen werden, da der Handel der ganzen Aktie nicht nur mit Transaktionskosten verbunden ist, sondern der Käufer auch das Aktienkursrisiko für den Besitzzeitraum trägt. Dieses Risiko könnte allerdings durch die Minimierung der Haltedauer reduziert sowie über den Terminmarkt abgesichert werden [CGMR04].

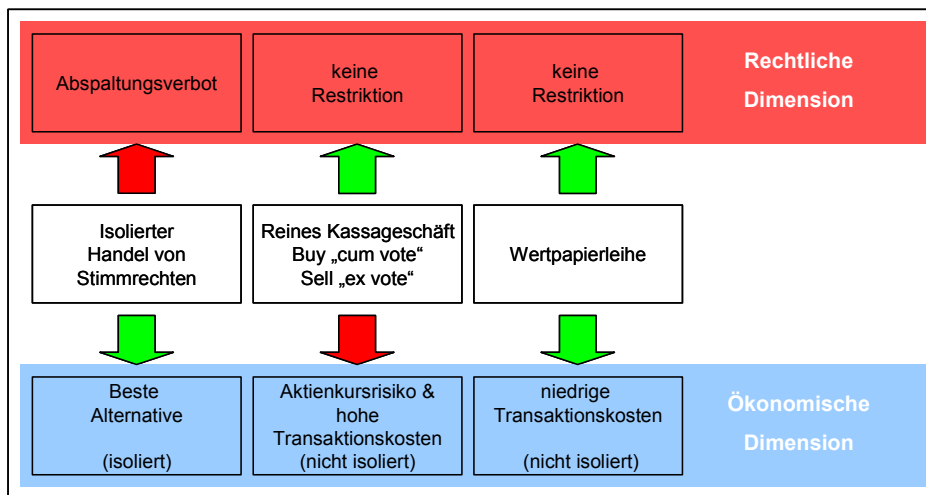


Abb. 2: Rechtliche und ökonomische Dimension eines Stimmrechtehandels

Abbildung 2 stellt die drei grundsätzlich möglichen Formen des direkten und indirekten Handels mit Stimmrechten dar, die sich aus dem Spannungsfeld zwischen rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen ergeben. Bei Berücksichtigung der rechtlichen Restriktionen kann die Wertpapierleihe zur *First-Best-Lösung* für den Stimmrechtehandel werden: Die bei einer Umsetzung über den Kassamarkt notwendigen Hedgegeschäfte entfallen, und das Marktrisiko

wird aufgrund des festgelegten Verkaufspreises eliminiert [CGMR04]. Eine solche Lösung muss dann im Rahmen der Standardisierung eines neuen Wertpapierleihegeschäfts voraussetzen, dass die Aktie mitsamt ihrer Vermögens- und Verwaltungsrechte an den Stimmrechtskäufer übertragen wird und die anfallenden Erträge aus den Vermögensrechten (z.B. Dividenden und Bezugsrechte) an den Verkäufer der Stimmrechte fließen. Nach Ablauf der Leihe wird die Aktie zurück übertragen. So kann das Ziel eines bestmöglichen isolierten Stimmrechtehandels unter Ausschluss etwaiger Preisverzerrungen realisiert werden (s. Abb. 3).

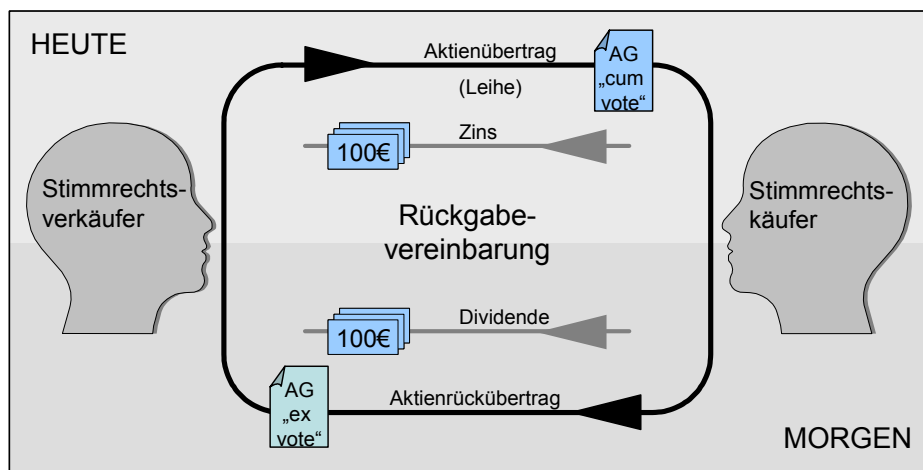


Abb. 3: Stimmrechtehandel basierend auf der Wertpapierleihe

Im vorgestellten Modell wird mit Geschäftsabschluss der Stimmrechtspreis in Form der Leihgebühr für den vereinbarten Zeitraum fällig. Zum Laufzeitende der Wertpapierleihe übereignet der Stimmrechtskäufer als derzeitiger Aktienbesitzer nach Ausübung seines Stimmrechts die Aktien in gleicher Qualität an den Stimmrechteverkäufer zurück. Der Zeithorizont der Wertpapierleihe muss sich hierbei nach der minimal notwendigen Haltefrist richten, die es erlaubt, dass der Stimmrechtskäufer zur Hauptversammlung stimmberechtigt ist.

Die Laufzeiten entsprechender Kontrakte werden dann im Rahmen der regulatorischen Vorgaben standardisiert. In der Regel ist bei Publikumsaktiengesellschaften eine satzungsmäßige Hinterlegung von Aktien üblich [Büsc01]; eine Hinterlegungsfrist wird zumeist auf eine Woche vor dem Tag der Hauptversammlung festgesetzt. Die Hauptversammlung wird in der Regel 5 bis 6 Wochen vor dem geplanten Versammlungstermin einberufen. Nach den derzeitigen Usancen müsste ein Handel des Stimmrechts aus organisatorischen Gründen spätestens am letzten Hinterlegungstag enden, d.h. in der Regel fünf Werktage vor der Hauptversammlung. Unter Berücksichtigung eines Abwicklungszeitraums zur Gewährleistung des Eigentumsübergangs an

der Aktie muss der Handel mit Stimmrechten um weitere zwei Tage verkürzt werden und sieben Werktagen vor der Hauptversammlung enden (s. Abb. 4).

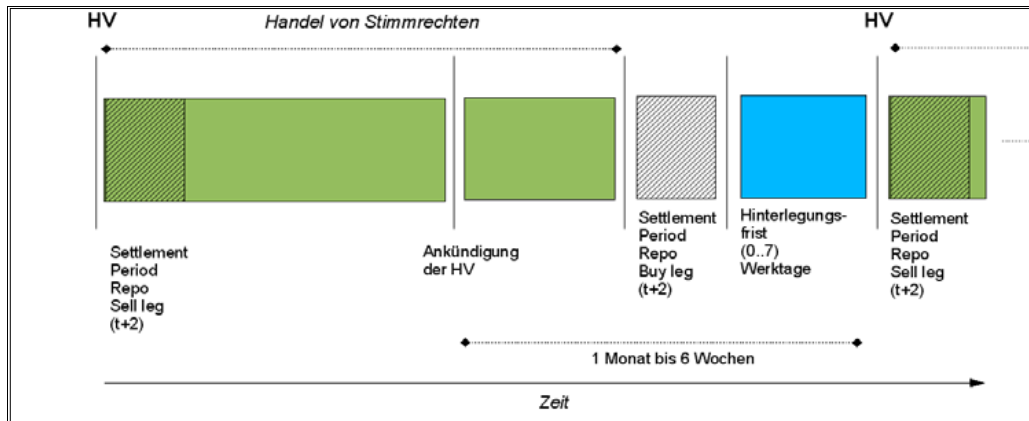


Abb. 4: Zeitliche Handelbarkeit des auf der Wertpapierleihe basierenden Stimmrechts

#### 4.4 Orderbuch

Abbildung 5 zeigt den möglichen Aufbau eines Orderbuches für den Handel mit Stimmrechten. Die Darstellung orientiert sich an herkömmlichen Handelssystemen wie dem Kassamarktsystem Xetra oder dem Derivatehandelssystem Eurex der Deutsche Börse AG.

Contract	LALV	3206	UNIT	100	days	27									
LstPrc	0.57	LstQty	10	NetChg	-0.01	High	0.58	Low	0.56	Volume	20,000	Phase	TRAD	Xchg	ESE
BidAvg	0.5543	BidAcc	46	BidQty	46	Bid	0.5543	Ask	0.5700	AskQty	38	AskAcc	38	AskAvg	0.5700
	0.5468	174	128	0.5441	0.5802	141	179	0.5780							
	0.5424	265	91	0.5339	0.5904	78	257	0.5818							
	0.5343	467	202	0.5237	0.6006	145	402	0.5886							
	0.5318	530	63	0.5135	0.6108	143	545	0.5944							
	0.5242	722	192	0.5033	0.6210	112	657	0.5989							
	0.5200	835	113	0.4931	0.6312	96	753	0.6031							
	0.5161	933	98	0.4829	0.6414	162	915	0.6098							
	0.5083	1,137	204	0.4727	0.6516	132	1,047	0.6151							
	0.5022	1,314	177	0.4625	0.6618	147	1,194	0.6209							

Abbildung 5: Beispiel Handelsbildschirm

In dem dargestellten Fall wird für eine Aktie der Allianz AG (WP-Kürzel ALV) das Stimmrecht LALV (Lending ALV) angeboten. Dieses Stimmrecht hat eine Laufzeit „3206“, d.h. in der 32. Kalenderwoche des Jahres 2006 findet eine Hauptversammlung statt, und der Rückübertrag der Aktie an den Stimmrechtsverkäufer erfolgt unmittelbar nach Abschluss der Hauptversammlung. 27 Tage ist das Handelsprodukt noch handelbar. Der aktuelle Marktpreis (LstPrc) liegt bei 0,57 €, der aktuelle Bid-Ask-Spread liegt bei 0,5543 zu 0,5700 €.



## **4.5 Die technologische Plattform**

Bisher existiert kein Referenzhandelssystem für Stimmrechte. Eine Realisierung auf Basis der Wertpapierleihe ist durch Implementierung in gängige Kassamarkthandelssysteme jedoch durchaus denkbar.

Die aktuelle informationstechnische Unterstützung im Umfeld des Aktienstimmrechts orientiert sich am gesetzlich möglichen Rahmen und deckt lediglich die elektronische Aktienregisterführung, Investor Relations, und die Unterstützung der Hauptversammlung ab [LaNi03], so dass bspw. Live-Anbindungen an den öffentlichen Teil der Hauptversammlung, aber auch insbesondere die elektronische Erteilung von Vollmachten und Weisungen an den Stimmrechtsvertreter ermöglicht werden.

Aufgrund der mit den Geschäften einhergehenden physischen Lieferung stellen sowohl die Generierung von Lieferinstruktionen wie auch deren Weiterleitung an die entsprechenden Settlementinstitutionen über Schnittstellen integrale Bestandteile der Kassamarkthandelssysteme dar. Um auf solchen Kassamarktsystemen einen Stimmrechtehandel aufzusetzen, sollte zusätzlich zur Lieferinstruktionsgenerierung auch eine entsprechende Verwaltung von Lieferinstruktionen aus dem später folgenden Gegengeschäft der Wertpapierleihe zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin ist diese unter ökonomischen Aspekten auch um eine Netting-Funktionalität zu erweitern, um die Anzahl der tatsächlich notwendigen physischen Lieferungen zu reduzieren. Darüber hinaus sollte das System in der Lage sein, die mit den neuen Produkten einhergehenden erweiterten Kontraktsspezifikationen abzubilden.

## **4.6 Handelsphasenspezifische Betrachtung**

Nach [ScLi98] besteht der Handel auf elektronischen Marktplätzen grundsätzlich aus den drei Phasen Informationssuche, Geschäftsabschluss und Abwicklung der Transaktion. Die mit dem Handel mit Stimmrechten einhergehenden Besonderheiten im Stimmrechtehandel im Vergleich zum traditionellen Aktienhandel werden anhand dieser drei Phasen im Folgenden dargestellt.

### *4.6.1 Informationsphase*

Die Gelegenheit einer effizienten Informationsbeschaffung und -auswertung über mögliche Handelsplätze, Produkte, Kontrahenten und Teilnehmer ist eine essentielle Voraussetzung für funktionierende Wertpapiermärkte und stellt somit den ersten Schritt im Marktprozess dar. Je

nach Risikoneigung des Marktteilnehmers variiert hierbei der Informationsbedarf hinsichtlich Informationstiefe und Zeitnähe [GeRa94].

Im Rahmen des elektronischen Stimmrechtehandels wird sich die Informationsbeschaffung und -auswertung der marktexogenen Seite primär auf die Beurteilung der Managementleistung des betreffenden Unternehmens konzentrieren. Sie kann dadurch gekennzeichnet sein, dass unter Inanspruchnahme externer Informationslieferanten eine bestimmte Managementleistung in Abhängigkeit zu einem mit dem Stimmrechtspreis negativ korrelierenden Index gemessen wird, der als Branchenindex gewählt wird, um eine möglichst objektive Bewertung zu gewährleisten [GeFo99]. Darüber hinaus können derartige Informationsdienstleister Informationen zu anstehenden regulären oder außerordentlichen Hauptversammlungen, zu Übernahmeangeboten sowie zu Tagesordnungspunkten kommunizieren.

#### *4.6.2 Abschlussphase*

Im Rahmen eines Stimmrechtehandels ist der Nutzen des Stimmrechts an die Ausübung und diese an die Hauptversammlung gebunden. In der Periode zwischen zwei Hauptversammlungen sollte daher eine Sofortigkeit des Stimmrechteerwerbs umso eher gewährleistet sein, je mehr man sich dem Zeitpunkt der Stimmrechtsausübung nähert. Dies liegt darin begründet, dass die Liquidität des Handels in einem spezifischen Stimmrecht dann umso unzulänglicher ist, je weiter der Zeitpunkt der nächsten Stimmrechtsausübung entfernt ist und bis zu diesem Zeitpunkt wenig Informationen über die Leistung des Managements vorliegen [Geld00].

Die Preisermittlung nach dem Auktionsprinzip ermöglicht durch die Ansammlung von Kauf- und Verkauforders und durch die Gesamtpreisermittlung nach dem Meistausführungsprinzip eine verbesserte Markttiefe, diese allerdings zulasten der sofortigen Ausführbarkeit.

#### *4.6.3 Abwicklungsphase*

Die Erfüllung der abgeschlossenen Geschäfte vollzieht sich in der Abwicklungsphase, indem die an der jeweiligen Transaktion beteiligten Parteien über die konkreten Handelsdaten informiert werden, die wechselseitigen Verpflichtungen festgestellt („Clearing“) und die Übertragung der Eigentumsrechte bzw. die Lieferung des Wertpapiers sowie die Zahlung des Kaufbetrages durchgeführt werden („Settlement“). Ein Stimmrechtskontrakt gilt im Rahmen des Settlements dann als erfüllt, wenn sowohl beide Eigentumsübertragungen als auch die während der Leihe vereinbarten monetären Zahlungen vollständig erfolgt sind [Büsc01]. Als weiteres optionales Strukturmerkmal des Marktes könnte die Anbindung an die elektronische Aktienregister-

verwaltung des Unternehmens angedacht werden. Das elektronische Aktienregister könnte dann eine Verwaltung der Stimmrechte und ein Autorisierungskonzept zur Online-Stimmabgabe vorsehen. Da die Settlementfrist einen Zeitraum darstellt, in dem beide Geschäftspartner dem Kontrahentenrisiko ausgesetzt sind [Gomb00], kann ein zentraler Kontrahent neben seiner Funktion als Clearingstelle auch für sämtliche Geschäfte die Rolle der Gegenpartei einnehmen und Handelsdaten zur Verfügung stellen. Die Absicherung des Kontrahentenrisikos erfolgt durch Sicherheitsleistungen der Marktteilnehmer, die nicht nur auf der Basis aktueller Kurse errechnet werden, sondern auch zukünftige mögliche Kursrisiken abdecken [Eure00]. Dem zentralen Kontrahenten kommt im Rahmen des Stimmrechtshandels eine bedeutende Rolle zu, da ein Ausfall des Kontrahenten den vollständigen Wertverlust des Stimmrechts aufgrund des Termincharakters zur Folge hätte.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Die Präsenz des stimmberechtigten Kapitals auf den Hauptversammlungen deutscher DAX-30-Unternehmen nimmt kontinuierlich ab und liegt mittlerweile bei unter 50%. Dies führt einerseits zu einer Konzentration der Entscheidungsmacht auf das vertretene Kapital, und andererseits verfallen jährlich etwa 6 Mrd. Stimmrechte mit dem entsprechenden monetären Gegenwert. Es wurden zwei Ansätze vorgestellt, die dieser Entwicklung entgegen wirken können. Im Rahmen des *Kostenansatzes* wird versucht, die Transaktionskosten der Stimmrechtsabgabe zu reduzieren, was jedoch nicht erfolgversprechend ist. Mit dem Kostenansatz werden darüber hinaus keine zwangsläufig besseren Entscheidungen im Sinne einer optimalen Ressourcenallokation herbeigeführt. Der *Handelsansatz* hingegen verfolgt das Ziel, Stimmrechte frei handelbar zu machen und den Stimmrechtspreis auf einer Handelsplattform durch Angebot und Nachfrage zu bilden. Es zeichnet sich ab, dass ein beträchtliches Angebots- und Nachfragepotential besteht, das zur Erhöhung der Stimmrechtspräsenz führen kann. Der isolierte Stimmrechteerwerb kann weiterhin den Effekt einer effizienteren Ressourcenallokation zur Folge haben. Aufgrund derzeitiger rechtlicher Restriktionen kann ein solcher Stimmrechtshandel nach dem Handelsansatz jedoch nur über den Umweg der Wertpapierleihe realisiert werden. Die derzeit gängige Form der Wertpapierleihe muss hierzu modifiziert und standardisiert werden. Dies beinhaltet die Beseitigung der Zugangsbarrieren für Kleinanleger, die Produktstandardisierung auch von kleineren Kontraktgrößen sowie den Rückfluss der Erträge aus den Vermögensrechten an den Ver-

käufer der Aktie. Nur so kann unter den gegebenen rechtlichen Restriktionen über den Weg der Wertpapierleihe in Deutschland ein weitgehend isolierter Handel des Stimmrechts realisiert werden. Hierfür wurde in diesem Artikel ein im Rahmen des TRAVO-Projektes entwickeltes Marktmodell für den Stimmrechtehandel vorgestellt, das in weiteren Schritten im Rahmen einer prototypischen Umsetzung validiert werden soll. Aus Experimenten, die auf dieser Plattform durchgeführt werden, könnten Erkenntnisse über die Auswirkungen auf die Gestaltung des Stimmrechtspreises und auf den Markt der Unternehmenskontrolle im Allgemeinen gewonnen werden, die unter Umständen aufgrund von Marktfriktionen den ursprünglichen Annahmen entgegenwirken. Für Ende 2006 ist die prototypische Umsetzung der Plattform geplant, auf der im zweiten Quartal 2007 Simulationen durchgeführt werden können.

## Literatur

- [AktG65] Aktiengesetz in der Fassung vom 6. September 1965, (BGBl I 1965).
- [Bhat97] Bhattacharya, U.: Communication Costs, Information Acquisition, and Voting Decisions in Proxy Contests, in: Review of Financial Studies, Vol. 10, Heft 4, 1997, S. 1065-1098.
- [BIGG89] Blair, D., Golbe, D., Gerard, J.: Unbundling the Voting Rights and Profit Claims of Common Shares, in: Journal of Political Economy, Vol. 97, Nr. 2, 1989, S. 420-443.
- [Büsc01] Büschgen, H.: Das kleine Börsenlexikon, 2. Aufl., Düsseldorf, 2001.
- [CGMR02] Christoffersen, S., Geczy, C., Musto, D., Reed, A.: The Market for Record-Date Ownership, in: Social Science Research Network, [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=302522](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=302522), 2002, Abruf am 03.03.2006.
- [CGMR04] Christoffersen, S., Geczy, C., Musto, D., Reed, A.: How and Why do Investors Trade Votes, and What does it Mean?, in: Scientific Series, <http://www.cirano.qc.ca/pdf/publication/2004s-23.pdf>, 2004, Abruf am 13.06.2005.

- [Clar79] Clark, R.: Vote Buying and the Corporate Law, in: Case Western Reserve Law Review, Vol. 29, 1979, S. 776-807.
- [DaEh02] Daske, S. / Ehrhardt, O.: Kursunterschiede und Renditen deutscher Stamm- und Vorzugsaktien, in: Financial Markets and Portfoliomangement, Vol. 16, 2002, S. 179-207.
- [DAI04] Deutsches Aktieninstitut: Factbook 2004, Eigenverlag, Frankfurt am Main, 2004.
- [DAI05] Deutsches Aktieninstitut: Kurzstudie 1/2005, Zahl der direkten Aktienanleger gestiegen - Zahl der Fondsanleger rückläufig, [http://www.dai.de/internet/dai/dai-2-0.nsf/LookupDL/CD16F46C0258BFC6C1256F880032785D/\\$File/DAI-KS-1-2005.pdf](http://www.dai.de/internet/dai/dai-2-0.nsf/LookupDL/CD16F46C0258BFC6C1256F880032785D/$File/DAI-KS-1-2005.pdf), 2005, Abruf am 2006-11-13.
- [Davo02] D'Avolio, G.: The Market for Borrowing Stock, in: Journal of Financial Economics, Vol. 66, Nr. 2-3, 2002, S. 271-306.
- [DeDe85] De Angelo, H. / De Angelo, L.: Managerial Ownership of Voting Rights, in: Journal of Financial Economics, Vol. 14, 1985, S. 33-69.
- [DeDe89] De Angelo, H. / De Angelo, L.: Proxy Contests and the Governance of Publicly held Corporations, in: Journal of Financial Economics, Vol. 23, 1989, S. 29-59.
- [DeutoJ] Deutsche Börse AG, <http://www.deutsche-boerse.com>, Abruf am 2006-03-27.
- [Diwa99] Diwald, H.: Zinsfutures und Zinsoptionen. Erfolgreicher Einsatz an internationalen Terminmärkten, Vahlen 1999.
- [Doer92] Doerks, W.: Der Kursunterschied zwischen Stamm- und Vorzugsaktien in der BRD: Eine empirische Untersuchung, Köln 1992.
- [DSW05] Deutsche Schutzvereinigung für Wertpapierbesitz e.V.: Hauptversammlungspräsenzen sinken weiter, [http://www.dsw-info.de/Hauptversammlungspraesenzen\\_sin.538.0.html](http://www.dsw-info.de/Hauptversammlungspraesenzen_sin.538.0.html), 2005-07-07, Abruf am 2006-06-27.

- [EaFi83] Easterbrook, F., Fischel, D.: Voting in Corporate Law, in: Journal of Law & Economics, Vol. 26, 1983, S. 395–427.
- [Els88] Elschen, R.: Die getrennte Handelbarkeit von Stimmrechten, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Jg. 40, Nr. 11, 1988, S. 1009-1037.
- [ErGP05] Ernst, E., Gassen, J., Pellens, B.: Verhalten und Präferenzen deutscher Aktionäre - Eine Befragung privater und institutioneller Anleger zu Informationsverhalten, Dividendenpräferenz und Wahrnehmung von Stimmrechten, in: Studien des Deutschen Aktieninstituts, Nr. 29, Frankfurt am Main 2005.
- [Eure00] Eurex Frankfurt AG, [http://www.eurexchange.com/download/documents/xpand/d\\_xpand\\_200027.pdf](http://www.eurexchange.com/download/documents/xpand/d_xpand_200027.pdf), 2000-11, Abruf am 2006-11-13.
- [FAZ06] FAZ v. 11.5.2006, S. 25.
- [FeOb86] Fehl, U. / Oberender, P.: Unternehmensverfassung, Kapitalmarktordnung und Wettbewerb: Zum Einfluß gesellschaftsrechtlicher Dimensionen der Kapitalmarktordnung auf den Wettbewerbsprozeß, in: Leipold, H., Schüller, A. (Hrsg.): Zur Interdependenz von Unternehmens- und Wirtschaftsordnung, Stuttgart 1986, S. 137-151.
- [GeFo99] Geldmacher, D., Foit, K.: Der Markt für Stimmrechte als Instrument einer verbesserten Managementkontrolle in Publikumsaktiengesellschaften, <http://www.uni-koeln.de/wisofak/bankseminar/veroeff/mub/81/geldmacher.pdf>, Abruf am 2005-06-03.
- [Geld00] Geldmacher, D.: Marktorientierte Managerkontrolle – Stimmrechte als Kontrollinstrument, Deutscher Universitäts-Verlag Wiesbaden 2000.
- [GeRa94] Gerke, W., Rapp, H.-W.: Strukturveränderungen im internationalen Börsenwesen, in: Die Betriebswirtschaft (DBW), 1, 1994, S. 5-23.
- [Gomb00] Gomber, P.: Elektronische Handelssysteme - Innovative Konzepte und Technologien im Wertpapierhandel, Physica Verlag Heidelberg, 2000.

- [GrHa88a] Grossman, S. J., Hart, O. D.: Takeover Bids, the Free-Rider Problem and the Theory of the Corporation, in: *British Journal of Economics and Political Science* Vol.11, 1980, S. 42-64.
- [GrHa88b] Grossmann, S. J., Hart, O. D.: One Share-One Vote and the Market for Corporate Control, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 20, 1988, S. 175–202.
- [HaRa88] Harris, M., Raviv, A.: Corporate Governance: Voting Rights and Majority Rules, in: *Journal of Financial Economics*, Vol. 20, 1988, S. 203-235.
- [Hoff99] Hoffmann-Burchardi, U.: Corporate Governance Rules and the Value of Control – A Study of German Dual-class Shares, Discussion Paper 315, London School of Economics, Financial Markets Group, 1999.
- [Horn88] Horner, M.: The Value of the Corporate Voting Right, in: *Journal of Banking and Finance*, Vol. 12, 1988, S. 69-83.
- [KiKM04] Kini, O., Kracaw, W., Mian, S.: The Nature of Discipline by Corporate Takeovers, in: *Journal of Finance*, Vol. 59, Nr. 4, 2004, S. 1511-1552.
- [Körb89] Körber, U.: Die Stimmrechtsvertretung durch Kreditinstitute - Überlegungen zur Fortentwicklung des deutschen Rechts unter Berücksichtigung der Vorschläge der Europäischen Kommission, Berlin 1989.
- [LaNi03] Lattemann, C., Niedermeyer, P.: Elektronische Stimmrechtsausübung zur Verbesserung der Corporate Governance in Deutschland?, in: *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, Jg. 56, 2003, S. 1415-1423.
- [Latt05] Lattemann, C.: Use of ICT in Annual Shareholder Meeting and Investor Relations on Returns on the German Stock Market, in: *Corporate Reputation Review – An International Journal*, Vol. 8 No. 2, 2005, S. 110-120.
- [LLSV99] La Porta, R., Lopez-De-Silanes, F., Shleifer, A., Vishny, R.: Corporate Ownership around the World, in: *Journal of Finance*, Vol. 54, 1999, S. 471-517.

- [Mann75] Manne, H.: Some Theoretical Aspects of Share Voting, in: Manne, H. (Hrsg.): The Economics of Legal Relationships. Readings in the Theory of Property Rights, 4. Reproduktion der Ausgabe von 1975, St. Paul, 1982, S. 534-554.
- [NeOr03] Neeman, Z., Orosel, G.: On the Efficiency of Vote Buying, <http://homepage.univie.ac.at/Gerhard.Orosel/Vote-Buying-Dec03.pdf>, 2003-12, Abruf vom 2005-06-01.
- [Nico98] Nicodano, G.: Corporate Groups, Dual-class Shares and the Value of Voting Rights, in: Journal of Banking and Finance, Vol. 22, 1998, S. 1117-1137.
- [Noac05] Noack, U.: Handgeld für Teilnahme an Hauptversammlungen, im Betriebsberater Nr. 42, 2005
- [Perl06] Perlitz, J.: Präsenzboni bei Hauptversammlungen, in: Finanzplatz (5) 2006.
- [RoMK94] Rothauge, F. A., Menkhoff, L., Krahen, J. P.: Erklärt Übernahmespekulation die Preisbildung von Vorzugsaktien?, in: Die Bank, Nr. 4., 1994, S. 239-244.
- [Rydq96] Rydqvist, K.: Takeover Bids and the Relative Prices of Shares that Differ in their Voting Rights, in: Journal of Banking and Finance, Vol. 20, S. 1407-1425.
- [Schü79] Schüller, A.: Eigentumsrechte, Unternehmenskontrollen und Wettbewerbsordnung, in: ORDO, Jg. 30, 1979, S. 325-346.
- [ScLi98] Schmid, B., Lindemann, M.A.: Elements of a Reference Model for Electronic Markets, in: Sprague, E. (Hrsg.): Proceedings of the 31st Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS'98). Nummer 4 (1998) S. 193-201.
- [Zetz02] Zetzsche, D. (Hrsg.): Die virtuelle Hauptversammlung: Aktionärsbeteiligung via Internet aus juristischer und betriebswirtschaftlicher Sicht mit Erfahrungsberichten, Berlin 2002.
- [Zing95] Zingales, L.: What Determines the Value of Corporate Votes?, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 60, 1995, S. 1047-1073.



# OR-basierte Persönliche Finanzplanung

## Zulässige und optimale Finanzpläne

Oliver Braun

Lehrstuhl für Informations- und Technologiemanagement  
Universität des Saarlandes  
66123 Saarbrücken  
ob@itm.uni-sb.de

### Abstract

Auf Basis von Techniken und Methoden des Operations Research (OR) wird ein Modell für das Problem der Persönlichen Finanzplanung formuliert. Dazu wird zunächst unter entscheidungsorientierter Sicht eine Zielbildung für das Problem der Persönlichen Finanzplanung vorgenommen. Neben Algorithmen zur Herstellung zulässiger Finanzpläne wird ein Goal Programming Modell der Persönlichen Finanzplanung beschrieben.

## 1 Einleitung

*Persönliche Finanzplanung* ist die gedankliche Vorbereitung zielgerichteter Entscheidungen bezüglich persönlicher finanzieller Angelegenheiten. Planung ist das Bindeglied zwischen Zielsetzung und kalkuliertem Handeln. Zielbildung, Planung und Entscheidung sind eng miteinander verknüpft. Der vorliegenden Artikel soll, basierend auf Methoden des *Operations Research*, zur Diskussion einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema der *Persönlichen Finanzplanung* anregen. *Operations Research* (OR) befasst sich mit der „angemessenen Modellierung von Entscheidungsproblemen. Die Formulierung angemessener Entscheidungsmodelle für zu lösende Problemstellungen ist eine Voraussetzung für das Finden optimaler oder befriedigender Problemlösungen.“ [Zimm05, S.12]. Eine sorgfältige und wissenschaftlich fundierte Auseinandersetzung mit dem Thema der *Persönlichen Finanzplanung* ist bislang nur unzureichend erfolgt. Im Bereich der *Persönlichen Finanzplanung* gibt es, mit Ausnahme der auf das Problem der *Persönlichen Finanzplanung* anzuwendenden umfang-

reichen Theorie des *Portfolio-Managements* sowie versicherungsmathematischer Berechnungen, keine Anwendung mathematischer (und insbesondere von OR) Methoden. Insbesondere fehlt ein Entscheidungsmodell der *Persönlichen Finanzplanung*, auf dessen Basis Entscheidungsprobleme im Rahmen der *Persönlichen Finanzplanung* beispielsweise mit Hilfe von Methoden des OR gelöst werden können. *Persönliche Finanzplanung* wird mehr als Kunst verstanden denn als wissenschaftliche Disziplin. Es gibt zwar zahlreiche Lehrbücher zur *Persönlichen Finanzplanung* [u.a. BoSt03; Keow03; NiRR04; Woer02], die als Ratgeber rund um Fragen der *Persönlichen Finanzplanung* genutzt werden können, allerdings nicht wesentlich mehr beinhalten als eine Sammlung von Anekdoten, Daumenregeln und persönlichen Erfahrungswerten. Keine der internationalen Zeitschriften, die sich umfassend mit Themen der *Persönlichen Finanzplanung* befassen (u.a. *Financial Services Review*, *Journal of Personal Financial Planning*, *Journal of Personal Finance*) befindet sich aktuell (Stand: Juli 2006) im *Social Sciences Citation Index* (SCSI). Die Zeitschrift *Financial Services Review* befindet sich im Begutachtungsprozess [Wars05].

**Literaturüberblick:** Unterscheidet man Betriebe in *Unternehmen* (Betriebe zur Fremdbedarfsdeckung) und in *Haushalte* (Betriebe zur Eigenbedarfsdeckung), so kann man feststellen, dass finanzwirtschaftliche Fragestellungen, die für Unternehmen gelten, in ähnlicher Weise auch für Haushalte Anwendung finden können. Dementsprechend wird in der Literatur als Pendant zum Begriff *Finance* (Finanzwirtschaft) der Begriff *Personal Finance* (Persönliche Finanzwirtschaft) verwendet. *Personal Financial Planning* (Persönliche Finanzplanung) ist Teil des Forschungsgebietes *Personal Finance*. Innerhalb des Forschungsgebietes *Finance* stellt heute die *Kapitalmarkttheorie* ein eigenständiges und anerkanntes wissenschaftliches Forschungsgebiet mit großem Einfluss auf die Praxis (Börsen und Investment-Industrie) dar.

Einen Literaturüberblick zur Anwendung mathematischer (und insbesondere von OR) Methoden in der Finanzwirtschaft geben [AsBD88; McCa82; Mert95]. Bis auf versicherungsmathematische Modelle (einen Überblick gibt [OBri92]) haben bis Anfang der 1950er Jahre keine mathematischen Modelle breitere Anwendung im Forschungsgebiet *Finance* gefunden. Die Arbeiten von Markowitz [Mark52] und Roy [Roy52] markieren den Beginn der *Modernen Portfoliotheorie* und stellen den Anfang einer Entwicklung weg von einer rein deskriptiven hin zu einer theoretischen, kapitalmarktorientierten Finanzierungslehre dar. Basierend auf diesen grundlegenden Arbeiten haben Sharpe [Shar64], Lintner [Lint65] und Mossin [Moss66] die Bewertung von risikobehafteten Kapitalanlagen im Marktgleichgewicht untersucht, und ihr

*Capital Asset Pricing Model* (CAPM) wurde das grundlegende quantitative Modell zur Messung und Bewertung von Einzelwertrisiken. Anfang der 1970er Jahre veröffentlicht, hat das *Black-Scholes-Modell* zur Preisfindung für Optionen [BlSc73] sowohl in der wissenschaftlichen Diskussion als auch in der praktischen Anwendung herausragende Auswirkungen. [SpSZ05] stellen fest, dass seit Mitte der 1970er Jahre die Forschung zur Anwendung von OR-Methoden im Forschungsgebiet *Finance* in typischen OR-Zeitschriften (namentlich u.a. *European Journal of Operational Research*, *Operations Research*, *Journal of the Operational Research Society*) fortgeführt wird und die Beiträge in klassischen finanzwirtschaftlichen Zeitschriften (namentlich *Journal of Finance*, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, *Journal of Financial Research*) sich in eine Richtung bewegt haben, in der mathematische Modelle wieder durch verbale Modelle ersetzt werden in Richtung einer positiven bzw. deskriptiven Finanztheorie.

Die OR-Methode der *Linearen Programmierung* hat im Bereich der Investitions- und Finanzplanung breite Anwendung gefunden. [ChCM59] beschreiben eine Anwendung der Linearen Programmierung auf die Finanzplanung. [Bern69; Carl69] geben einen Überblick über in den 1960er Jahren erstellte Modelle der mathematischen Programmierung für die Investitionsplanung (darunter [Wein63; BaQu65]). In der deutschsprachigen Literatur sind erstmals Anfang der 1960er Jahre grundlegende Beiträge zur Anwendung von *Linearer Programmierung* in der Investitions- und Finanzplanung erschienen [Alba60; Alba62; Hax64; Moxt63].

**Gliederung der Arbeit:** Im Kern der *Wirtschaftsinformatik* kann die Beantwortung der Frage gesehen werden, wie mit Hilfe von Techniken und Methoden der Informatik (dazu können Techniken und Methoden des *Operations Research* gezählt werden) betriebswirtschaftliche Probleme beschrieben (modelliert) und besser als ohne Anwendung dieser Techniken und Methoden gelöst werden können. Im Sinne der Modellierung und Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems wird in Abschnitt 2 zunächst herausgearbeitet, worin die Zielsetzung der *Persönlichen Finanzplanung* liegt. Im Anschluss daran werden in Abschnitt 3 Modelle beschrieben, mit deren Hilfe die Zulässigkeit von Finanzplänen überprüft und ggf. hergestellt werden kann. Bei der Betrachtung realer Problemstellungen aus dem Bereich der *Persönlichen Finanzplanung* liegt häufig nicht nur ein einziges Optimierungsziel vor, sondern es müssen im Allgemeinen mehrere Optimierungsziele gemeinsam betrachtet werden. Daher befasst sich Abschnitt 4 mit einem *Goal Programming Modell* der *Persönlichen Finanzplanung*. In Abschnitt 5 werden die Ergebnisse des Beitrags zusammengefasst und weitere Forschungsmöglichkeiten im Umfeld einer OR-basierten *Persönlichen Finanzplanung* diskutiert.

## 2 Zielsetzung der Persönlichen Finanzplanung

In Anlehnung an [Wöhe05, S.96], in der Planung als gedankliche Vorbereitung zielgerichteter Entscheidungen definiert wird, definieren wir *Persönliche Finanzplanung* als gedankliche Vorbereitung zielgerichteter Entscheidungen bezüglich persönlicher finanzieller Angelegenheiten. *Planungsgegenstand* sind somit die persönlichen finanziellen Angelegenheiten, *Planungsdaten* sind Vermögen und Verbindlichkeiten sowie Einzahlungen und Auszahlungen vergangener Perioden, zum aktuellen Zeitpunkt und in zukünftigen Perioden. Der *Planungszeitraum* kann unterteilt werden in strategisch (5 Jahre und mehr), taktisch (2-5 Jahre) und operativ (max. 1 Jahr). Unter Einbeziehung der Zielbildung ergibt sich für die Planung folgendes Phasenschema: Zielbildung, Problemanalyse, Alternativenermittlung, Alternativenbewertung. Weitere grundlegende Definitionen *Persönlicher Finanzplanung*, des *Prozesses der Persönlichen Finanzplanung*, von *Financial Modelling* sowie *finanzwirtschaftlicher Entscheidungsprobleme* sind [CFP06; ISO04; Sch06; SpHa97, S.113-114; SpSZ05, S.801] zu entnehmen.

### 2.1 Grundlegende Begriffe

Im Allgemeinen versteht man unter der *Finanzplanung einer Unternehmung* alle Berechnungen und Dispositionen im Hinblick auf die Abstimmung der kurzfristig zu erwartenden Einzahlungs- und Auszahlungsströme mit dem *Ziel der Erhaltung der Liquidität* und die mittel- und langfristige Abstimmung von Kapitalbedarf und Kapitaldeckungsmöglichkeiten (Finanzierungsmöglichkeiten) [BiKu00b, S.2]. *Persönliche Finanzplanung* ist eine Finanzdienstleistung. Das Gut, auf das sich Finanzdienstleistungen beziehen, ist Geld. Informationen sind der zentrale Produktionsfaktor der Finanzdienstleister. Informationsprodukte stehen im Mittelpunkt der Leistungserstellung. *Persönliche Finanzplanung* besteht aus Informationsbeschaffung und Informationsverarbeitung sowie Informationsweiterleitung an den Kunden (Mandanten). Entscheidungen sind vom Mandanten zu treffen, Entscheidungsunterstützung kann vom Finanzplaner, der als Berater fungiert, geleistet werden.

### 2.2 Zielbildung

Ähnlich wie bei Unternehmen muss in der *Persönlichen Finanzplanung* bei jeder Entscheidung über finanzwirtschaftliche Vorgänge die Frage beantwortet werden, welche *Zielsetzungen* zu Grunde gelegt werden. Erst aufgrund gesetzter Ziele als Angabe des gewünschten Zustandes der Realität ist der Entscheidungsträger in der Lage, die zur Verfügung stehenden Handlungs-

alternativen zu bewerten und so zu einer Entscheidung zu gelangen. Entscheidungsträger können also erst dann eine rationale Entscheidung treffen, wenn mittels eines vorgegebenen Zielkriteriums festgestellt werden kann, ob die durch die Entscheidung ausgelöste Maßnahme einen Beitrag zur Erreichung dieses Zieles liefert [BiKu00a, S.10, in Anlehnung an Süch95, S.295]. *Persönliche Finanzplanung* sollte dabei nicht lediglich die Frage behandeln, wie Vermögen maximiert werden kann, sondern, wie Vermögen und künftige Einzahlungen genutzt werden können, um damit ein erfülltes und glückliches Leben führen zu können. Das allgemeine Ziel einer *Persönlichen Finanzplanung* kann also darin gesehen werden, die persönliche Lebensqualität zu maximieren und dabei die Frage zu beantworten, wie eine Person ihr Vermögen und ihre künftigen Einzahlungen auf die für sie beste Art und Weise einsetzen kann. Ziele lassen sich nach unterschiedlichen Klassifikationsmerkmalen einteilen [Wöhe05, S.92 ff.; in Anlehnung an Mach03, S.187 ff.]. Bezüglich des *Zielinhalts* unterschieden zwischen *Formalzielen* und *Sachzielen*. Formalziele bestimmen die Grundlinie des Handelns, Sachziele haben Instrumentalcharakter. Hinsichtlich des *Zielausmaßes* unterscheidet man zwischen begrenzten Zielen (z.B. Verringerung der Lebenshaltungskosten um 10%) und unbegrenzten Zielen (z.B. Maximierung der Eigenkapitalrendite). Daneben wird zwischen lang-, mittel- und kurzfristigen Zielen (*Zeitbezug*), komplementären, konkurrierenden und indifferenten Zielen (*Zielbeziehungen*) und Ober-, Zwischen- und Unterzielen (*Rangordnung*) unterschieden. Offensichtlich ist, dass ein Haushalt immer mehrere Ziele zu gleicher Zeit verfolgt. Daraus entsteht die Notwendigkeit, die Ziele in eine sinnvolle Ordnung (in ein Zielsystem) zu bringen, d.h. den Zielplanungsprozess zu organisieren. Dabei sollen zumindest folgende Grundsätze beachtet werden: Motivationsfunktion, Realitätsbezug, Widerspruchsfreiheit, Verständlichkeit, Kontrollierbarkeit. Wichtig ist, dass jedes Unterziel operational ist. Im Entscheidungsprozess werden Ziele, Handlungsalternativen und Umweltbedingungen analysiert und aufeinander abgestimmt.

### 2.2.1 *Formalziele der Persönlichen Finanzplanung*

Die wichtigsten Formalziele der Persönlichen Finanzplanung sind Rentabilität, Sicherheitsstreben und Liquidität [BiKu00a, S.10ff]. Die *Rentabilität* (Ziel: Maximierung der Rendite) ist eine Messgröße, sie wird in Kennzahlen ausgedrückt und spiegelt das Verhältnis zwischen Kapitaleinsatz und dem Überschuss wider, der mit diesem Kapitaleinsatz erzielt wird. Der Einsatz der Rentabilität als Zielbildungsgröße ermöglicht es, Entscheidungen unter Zuhilfenahme von Plan- und Daten zu treffen, um gleichzeitig die Zielerreichung durch Steuerung und Überwachung zu gewährleisten. Rentabilitäten können für einzelne investive Maßnahmen aber auch für eine

Person als Gesamtheit ermittelt werden. Als Berechnungszeitraum können eine Periode oder die Gesamtdauer einer Investition herangezogen werden. Unter *Sicherheitsstreben* (Ziel: Vermeidung von Risiko) versteht man das Ziel, das für eine Investition zur Verfügung gestellte Kapital uneingeschränkt zu erhalten. Konsequenterweise würde dies der Verzicht auf jegliches Risiko bedeuten. Umgekehrt gilt: Je höher das Risiko einer Aktion ist, desto höher kann in der Regel der Gewinn aus dieser Aktion und damit die Steigerung der Rentabilität ausfallen. Der Eintritt eines Misserfolgs wirkt sich dagegen negativ auf die Rentabilität aus. *Liquidität* (Ziel: Erhaltung des finanziellen Gleichgewichts) fordert, dass die auf eine Person zukommenden Zahlungsverpflichtungen jederzeit erfüllt werden können [PeSt99, S.15-16]. Die Formalziele Rentabilität, Sicherheitsstreben und Liquidität widersprechen sich in dem Sinne, dass eine Verbesserung hinsichtlich eines Ziels eine Verschlechterung eines anderen Ziels bewirkt. Weitere Formalziele können aus dem Bereich sozialer Ziele (Spenden, Streben nach Ansehen, Prestige, Macht) sowie aus dem Bereich öffentlicher (zum Beispiel ökologischer) Ziele (Ressourcenschonung), abgeleitet werden, sollen hier aber nicht weiter betrachtet werden.

### 2.2.2 Sachziele der Persönlichen Finanzplanung

Sachziele der *Persönlichen Finanzplanung* lassen sich unterteilen in *Finanzwirtschaftliche Sachziele* (beziehen sich auf die Frage: Wie sicher ist die zukünftige Zahlungsfähigkeit?) und in *Erfolgswirtschaftliche Sachziele* (beziehen sich auf die Frage: Wie groß ist die zukünftige Ertragskraft?). In Abbildung 1 ist das Zielsystem entsprechend abgebildet.

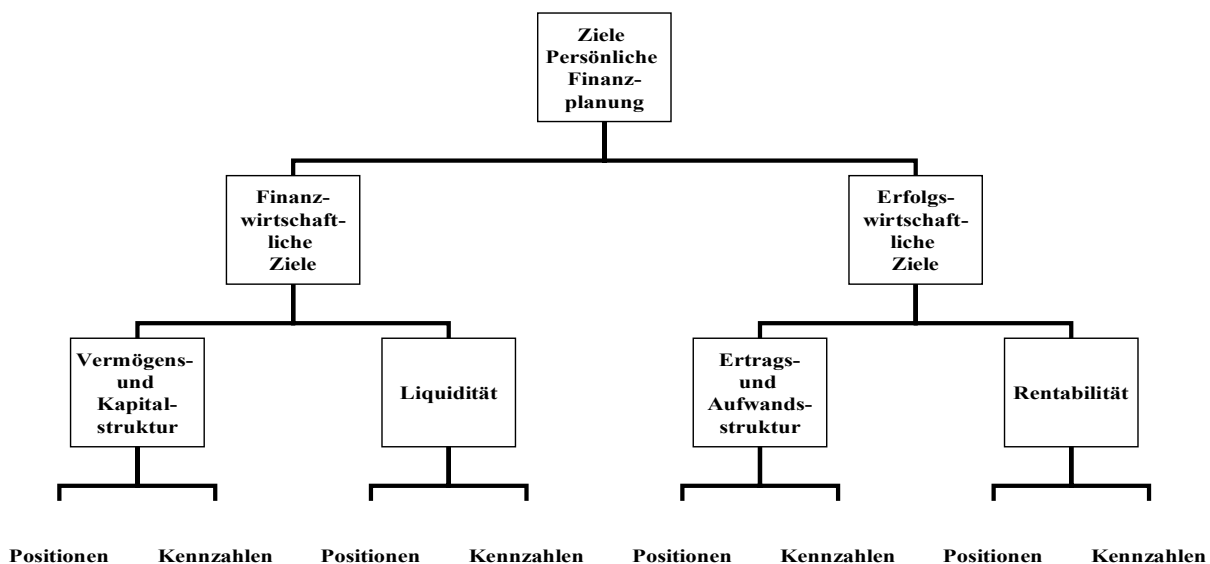


Abb. 1: Zielsystem Persönliche Finanzplanung

*Finanzwirtschaftliche Sachziele* beziehen sich im Kern auf die Vermögens- und Kapitalstruktur und die Liquidität. Dabei werden aus der Vermögensstruktur Aussagen über die künftige Zahlungsfähigkeit getroffen (z.B.  $\text{Finanzanlagenintensität} = \text{Finanzanlagevermögen} / \text{Gesamtvermögen}$ ), Finanzierungsrisiken betrachtet (z.B.  $\text{Verschuldungsgrad} = \text{Fremdkapital} / \text{Eigenkapital}$ ) und die Frage untersucht, inwieweit das Liquiditätspotential ausreicht, gegebenen Zahlungsverpflichtungen nachzukommen (z.B.  $\text{Liquidität I. Grades} = \text{Zahlungsmittel} / \text{kurzfristige Verbindlichkeiten}$ ). *Erfolgswirtschaftliche Sachziele* beziehen sich auf die Ertrags- und Aufwandsstruktur und die Rentabilität. Dabei werden Ziele bezüglich der Ertragslage gesetzt (z.B. Aufwand-Ertrag-Relationen) und Ergebnis- mit Kapitalgrößen in Verbindung gesetzt (z.B.  $\text{Eigenkapitalrentabilität} = \text{Gewinn} / \text{Eigenkapital}$ ). Hilfsmittel zur Festlegung und Überprüfung der Sachziele stellen die *Vermögensbilanz*, die *Cash-Flow-Rechnung* und die *Erfolgsrechnung* dar. Die *Vermögensbilanz* ist eine *Zeitpunktbilanz*. Eine *Zeitraumbilanz* bezieht sich dagegen auf einen Zeitraum und weist Strömungsgrößen aus. Zeitraumbilanzen verfolgen das Ziel, die Bilanzadressaten über Herkunft und Verwendung finanzieller Mittel während des Betrachtungszeitraums zu informieren. Sie werden auch als Kapitalflussrechnungen bezeichnet, die entweder vergangenheitsorientiert sind und somit auf Istgrößen basieren oder die als Zukunftsrechnungen auf Plangrößen beruhen [Wöhe05, S.831]. Zeitraumbilanzen im Rahmen der Persönlichen Finanzplanung sind die *Cash-Flow-Rechnung* (weist Einzahlungen und Auszahlungen einer Periode aus) und die *Erfolgsrechnung* (Gewinn- und Verlustrechnung, weist Erträge und Aufwendungen einer Periode aus). Zur (bilanzorientierten) Zielbildung können nun konkrete Vorgaben bezüglich einzelner Positionen (z.B. bzgl. der Vermögens- und Kapitalstruktur: Die Position Aktien soll 15% des gesamten Portfolios ausmachen, bzgl. der Liquidität: Die Position Auszahlungen für Lebenshaltungskosten soll weniger als 1600 Euro monatlich betragen) und Kennzahlen (z.B. bzgl. der Rentabilität: Die Kennzahl *Eigenkapitalrentabilität* soll bei mindestens 7% liegen) herangezogen werden

In Anti-Bilanz-Konzeptionen [u.a. Moxt84; Buss66] wird vorgeschlagen, den betrieblichen Jahresabschluss durch einen *prospektiven Finanzplan* zu ersetzen, da so die Informationsbedürfnisse externer Adressaten weitaus besser erfüllt werden könnten. Auf Grund dieser Überlegungen und da *Liquidität* unabdingbare Voraussetzung für die Überlebensfähigkeit einer Person ist (in dem Sinne, dass auf eine Person zukommende Zahlungsverpflichtungen jederzeit erfüllt werden können), wird in Abschnitt 3 das Ziel der Erhaltung der Liquidität in den Mittelpunkt der Überlegungen gestellt.

### 3 Zulässige Finanzpläne

Zentrales Steuerungsinstrument der *Persönlichen Finanzplanung* ist der *Finanzplan* als tabellarische, zeitliche und sachliche Aufgliederung des in Zukunft erwarteten Stroms der Ein- und Auszahlungen. In unserem Grundmodell ist ein *Finanzplan* mit  $n+1$  Einzahlungen  $E_i > 0$  ( $i = 0, \dots, n$ ) und  $n+1$  Auszahlungen  $A_i > 0$  ( $i = 0, \dots, n$ ) sowie ein Zinssatz  $z$ , mit dem die Einzahlungsüberschüsse verzinst werden können, gegeben (Tabelle 1).

$n$	wir betrachten $n+1$ Zeitpunkte $t = 0, \dots, n$ . Die Differenz zwischen zwei Zeitpunkten $t$ und $t+1$ entspricht dabei einer Periode. Wenn nichts Anderes festgelegt wird, entspricht eine Periode einem Jahr.
$E_i \geq 0$ ( $i=0, \dots, n$ ) $A_i \geq 0$ ( $i=0, \dots, n$ )	$n+1$ Einzahlungen $E_i \geq 0$ und $n+1$ Auszahlungen $A_i \geq 0$ ( $i = 0, \dots, n$ ). Eine Einzahlung $E_i$ oder Auszahlung $A_i$ entspricht dabei der Summe der jährlichen Einzahlungen oder Auszahlungen in $i$ Jahren. Die Differenz $E_0 - A_0$ entspricht dem aktuellen liquidierten Vermögen. Wir nehmen an, dass gilt: $E_0 > 0$ und $A_0 = 0$ .
$z$	Zinssatz $z$ gibt die durchschnittliche jährliche Verzinsung von Einzahlungsüberschüssen an.

Tab. 1: Notation

Damit alle Auszahlungen durch die Einzahlungen gedeckt werden können, muss für alle Zeitpunkte  $t=0, \dots, n$  gelten: *Summe aller Einzahlungen bis zum Zeitpunkt  $t$  sind größer oder gleich Summe aller Auszahlungen bis zum Zeitpunkt  $t$ . Oder äquivalent: Summe aller Einzahlungsüberschüsse bis zum Zeitpunkt  $t$  sind größer oder gleich 0.* Zusätzlich können Einzahlungsüberschüsse mit einem jährlichen Zinssatz von  $z$  % verzinst werden, also muss gelten: *Summe aller auf den Zeitpunkt  $t$  mit dem Zinssatz  $z$  aufgezinsten Einzahlungsüberschüsse bis zum Zeitpunkt  $t$  sind größer oder gleich 0.* Die Aufnahme eines Kredits (Fremdfinanzierung) kommt dabei einer zusätzlichen Einzahlung gleich, die gleichzeitig zusätzliche Auszahlungen mit sich bringt. Formal ist ein zulässiger Finanzplan wie folgt definiert: *Die Zulässigkeit eines Finanzplans ist genau dann erreicht, wenn zu jedem beliebigen Zeitpunkt  $t=0, \dots, n$  gilt: Die Summe aller mit dem Zinssatz  $z$  auf den Zeitpunkt  $t$  aufgezinsten Einzahlungsüberschüsse bis zum Zeitpunkt  $t$  sind größer oder gleich 0.* Um die *Zulässigkeit eines Finanzplans* zu prüfen, müssen also folgende  $n+1$  Bedingungen überprüft werden:

$$\sum_{\substack{i=0 \\ t=0 \dots n}}^t (E_i - A_i)(1+z)^{t-i} \geq 0$$

Daraus ergibt sich folgender Algorithmus zur Prüfung eines Finanzplans auf Zulässigkeit.



```

Input:       $E_i (i=0, \dots, n), A_i (i=0, \dots, n), z$ 
Schritte:
    for (  $t = 0..n$  )
    {
         $S_t := 0$  ;
        for (  $i = 0..t$  )
             $S_t := S_t + (E_i - A_i)(1+z)^{t-i}$  ;
        if (  $S_t < 0$  ) then
            print ("Finanzplan ist unzulässig") ; stop ;
    }
    print ("Finanzplan ist zulässig") ;
Output:    Ausgabe "Finanzplan ist zulässig" oder Ausgabe "Finanzplan ist unzulässig".

```

Ergibt die Zulässigkeitsprüfung als Ergebnis Unzulässigkeit vom Grad 0, so können folgende Maßnahmen ergriffen werden: Berechnung eines (risikoreicheren) Zinssatzes  $z$ , für den der Finanzplan zulässig ist: Abschnitt 3.1. Erhöhung der regelmäßigen Einzahlungen (beispielsweise Partner geht auch arbeiten) oder Verringerung der regelmäßigen Auszahlungen (beispielsweise Senkung der Lebenshaltungskosten): Abschnitt 3.2. Erhöhung einzelner Einzahlungen oder Verringerung einzelner Auszahlungen (beispielsweise kleineres Auto anschaffen): Abschnitt 3.3. Zeitliche Verschiebung von Einzahlungen nach vorne (beispielsweise Auszahlung einer Lebensversicherung) oder zeitliche Verschiebung von Auszahlungen nach hinten (beispielsweise Anschaffung eines neuen Autos verschieben): Abschnitt 3.4.

### 3.1 Variabler Zinssatz

Besteht die Bereitschaft, ein höheres Risiko einzugehen, einhergehend mit der Hoffnung auf eine höhere Rendite, so kann Zulässigkeit eines Finanzplans dadurch hergestellt werden, dass der Zinssatz  $z$ , mit der die Einzahlungsüberschüsse jährlich verzinst werden, erhöht wird. Zu beachten ist, dass stets gilt:  $E_0 > 0$  und  $A_0 = 0$ . Da der Finanzplan unzulässig ist, muss es wenigstens einen Zeitpunkt  $t$  geben mit  $\sum_{i=0}^t (E_i - A_i)(1+z)^{t-i} < 0$ . Führe nun für jedes dieser  $t$  folgendes durch: Berechne Zinssatz  $z_t$ , so dass gilt  $\sum_{i=0}^t (E_i - A_i)(1+z_t)^{t-i} = 0$ .  $z_t$  kann beispielsweise mit Hilfe des Newton-Verfahrens zur Berechnung der Nullstellen von Polynomen berechnet werden. Der Zinssatz  $z$ , mit der die Einzahlungsüberschüsse jährlich verzinst werden müssten, um einen zulässigen Finanzplan zu gewährleisten, ist dann das Maximum aller  $z_t$ .

Input:  $E_i (i=0, \dots, n), A_i (i=0, \dots, n), z$   
 Schritte:

```

for (  $t = 0..n$  )
  {
     $S_t := 0 ; z_t := 0 ;$ 
    for (  $i = 0..t$  )
       $S_t := S_t + (E_i - A_i)(1+z)^{t-i};$ 
    if(  $S_t < 0$  ) then
      Berechne Zinssatz  $z_t$  (z.B. mit dem Newton-Verfahren), so dass gilt:
       $(E_0 - A_0)(1+z_t)^t + (E_1 - A_1)(1+z_t)^{t-1} + \dots + (E_t - A_t)(1+z_t) = 0 ;$ 
    }
  }
   $z := \max \{ z_0..z_n \} ;$ 

```

Output: Zinssatz  $z$ , mit dem die Einzahlungsüberschüsse verzinst werden müssten, so dass der Finanzplan zulässig ist.

### 3.2 Erhöhung regelmäßiger jährlicher Einzahlungen oder Verringerung regelmäßiger jährlicher Auszahlungen

Bei gegebener jährlicher Verzinsung der Einzahlungsüberschüsse kann Zulässigkeit eines Finanzplans hergestellt werden, indem die regelmäßigen jährlichen Einzahlungen erhöht und/oder die regelmäßigen jährlichen Auszahlungen verringert werden. Eine Fragestellung, die so zu beantworten wäre, ist: „Um wieviel müssten die jährlichen Lebenshaltungskosten reduziert werden, um bei einem durchschnittlichen jährlichen Zinssatz von  $z$  % Zulässigkeit vom Grad 0 zu erreichen?“. Berechne nun für jeden Zeitpunkt  $t$  mit  $\sum_{i=0}^t (E_i - A_i)(1+z)^{t-i} < 0$  einen Betrag  $d_t$ , so dass gilt:  $\sum_{i=0}^t (E_i - A_i + d_t)(1+z_t)^{t-i} = 0$ . Gesucht ist also ein Betrag  $d = \max\{d_0..d_n\} \geq 0$ , so dass der Finanzplan zulässig ist.  $d$  gibt die konstante Veränderung der jährlichen Einzahlungen und Auszahlungen an.

Input:  $E_i (i=0, \dots, n), A_i (i=0, \dots, n), z$   
 Schritte:

```

for (  $t = 0..n$  )
  {
     $S_t := 0 ;$ 
    for (  $i = 0..t$  )
       $S_t := S_t + (E_i - A_i)(1+z)^{t-i};$ 
    if(  $S_t < 0$  ) then
       $d_t := - S_t / t;$ 
    }
  }
   $d := \max \{ d_0, \dots, d_n \};$ 

```

Output: Konstante Veränderung  $d$  der jährlichen Einzahlungen und Auszahlungen, so dass der Finanzplan zulässig ist.

### 3.3 Erhöhung einzelner jährlicher Einzahlungen oder Verringerung einzelner jährlicher Auszahlungen

Unzulässigkeit eines Finanzplans kann durch eine einzelne hohe Auszahlung eintreten. In diesem Fall bieten sich mehrere Lösungen an, um durch eine wertmäßige Veränderung von Einzahlungen oder Auszahlungen einen zulässigen Finanzplan herzustellen. Beispielsweise könnten die Einzahlungen erhöht oder die Auszahlungen gekürzt werden. Im Folgenden betrachten wir lediglich die Möglichkeit, Auszahlungen zu kürzen. Dabei soll der Betrag, um den die Auszahlungen gekürzt werden sollen, möglichst gering sein. Führe nun für jeden Zeitpunkt  $t$  mit  $\sum_{i=0}^t (E_i - A_i)(1+z)^{t-i} < 0$  folgendes durch: Ersetze die Auszahlung  $A_t$  durch  $A_t'$  mit  $A_t' = A_t + \sum_{i=0}^t (E_i - A_i)(1+z)^{t-i}$ , so dass gilt:  $\sum_{i=0}^t (E_i - A_i')(1+z)^{t-i} = 0$ . Die Auszahlung  $A_t$  wird also entsprechend gekürzt und ist auch bei den weiteren Zulässigkeitsprüfungen entsprechend gekürzt zu berücksichtigen.

```

Input:       $E_i (i=0, \dots, n), A_i (i=0, \dots, n), z$ 
Schritte:
    for (  $t = 0..n$  )
    {
         $S_t := 0$  ;
        for (  $i = 0..t$  )
             $S_t := S_t + (E_i - A_i)(1+z)^{t-i}$  ;
        if(  $S_t < 0$  ) then
             $A_t := A_t + S_t$  ;
    }
Output:    Liste der verringerten Auszahlungen  $A_t$ .

```

### 3.4 Zeitliche Veränderungen einzelner Auszahlungen oder Einzahlungen

Unzulässigkeit eines Finanzplans kann durch eine ungünstige zeitliche Reihenfolge von Einzahlungen und Auszahlungen eintreten. In diesem Fall bieten sich zwei Lösungen an, um durch eine zeitliche Veränderung von Einzahlungen oder Auszahlungen einen zulässigen Finanzplan herzustellen. Entweder werden Auszahlungen nach hinten verschoben oder Einzahlungen vorgezogen. Im Folgenden betrachten wir lediglich die Möglichkeit, eine Auszahlung nach hinten zu verschieben. Dabei soll der Zeitpunkt, zu dem die Auszahlung getätigt werden soll, so nahe wie möglich am ursprünglich geplanten Zeitpunkt liegen. Führe nun für jeden Zeitpunkt  $t$  mit  $\sum_{i=0}^t (E_i - A_i)(1+z)^{t-i} < 0$  folgendes durch: Setze  $A_t := 0$  und verschiebe die Auszahlung  $A_t$  so lange nach hinten bis zu einem Zeitpunkt  $t'$  gilt:  $\sum_{i=0}^{t'} (E_i - A_i)(1+z)^{t'-i} \geq A_t$ . Die Auszahlung  $A_t$  wird also zu  $A_t'$  hinzuaddiert und es gilt  $A_t = 0$  und  $A_t' = A_t' + A_t$ .

```

Input:       $E_i (i=0, \dots, n), A_i (i=0, \dots, n), z$ 
Schritte:
     $H := 0 ;$ 
    for (  $t = 0..n$  )
    {
         $S_t := H ;$ 
        for (  $i = 0..t$  )
             $S_t := S_t + (E_i - A_i)(1+z)^{t-i} ;$ 
        if(  $S_t < 0$  ) then
             $H := - A_t ; A_t := 0 ;$ 
        else
             $A_t := A_t + H ;$ 
    }
Output:    Liste der zeitlich verschobenen Auszahlungen  $A_t$ .

```

## 4 Goal Programming

Im Allgemeinen lassen sich Einzahlungen und Auszahlungen weder betragsmäßig noch zeitpunktbezogen exakt voraussagen, so dass die zur Zulässigkeitsprüfung notwendige Betrags- und Zeitpunktsgenauigkeit nicht gegeben ist. Daher stellt sich die Frage, wie eine Zulässigkeitsprüfung mit in Betrag und Zeitpunkten variablen Einzahlungen und Auszahlungen durchgeführt werden kann. Darüber hinaus stehen sich beispielsweise gewünschte Ausgaben konkurrierend gegenüber (z.B. Porsche für 80.000 Euro oder Immobilie für 200.000 Euro). Um solche reale Problemstellungen mit mehreren gemeinsam zu betrachtenden Optimierungszielen zu bearbeiten, hat sich im *Operations Research* die *Multikriterielle Analyse* (*Multicriteria analysis*, synonym zu verwenden *Multiple criteria decision making* (MCDM) oder *Multicriteria decision aid* (MCDA) [Zopo99, S.405]) als geeignetes Hilfsmittel herausgestellt. [HaSp02] beschreiben die Relevanz multikriterieller Analyse für finanzielle Entscheidungsprobleme. [StNa03] geben einen umfangreichen aktuellen Überblick über *Multiple criteria decision making combined with finance*. Finanzielle Entscheidungsprobleme mit mehreren Optimierungszielen betrachten beispielsweise [LeLe74; BhMc83; SpHa97]. Das Konzept des *Goal Programming* geht auf Charnes, Cooper und Ferguson [ChCF55] zurück. Einen Überblick liefern [Rome86; TaJE95; TaJR98]. Weitere Artikel zur multikriteriellen Analyse im Forschungsgebiet Finance sind den Übersichtsartikeln [SpSZ05; StNa03; ZoDo02; Zopo99] zu entnehmen. *Goal Programming* ermöglicht sowohl die Berücksichtigung einseitig als auch zweiseitig angestrebter Ziele [HiLi05, S.15 ff.]. Bei einem einseitigen Ziel soll ein Zielwert erreicht oder angenähert, keinesfalls aber über-, bzw. unterschritten werden (Satisfizierungsziele). Bei

einem zweiseitigen Ziel soll ein Zielwert möglichst exakt erreicht werden, Abweichungen nach unten oder oben sind möglich. In einem *Goal Programming Modell* werden dazu untere und obere (nicht negative) Abweichungsvariablen  $d_i^-$  und  $d_i^+$  ( $i=0, \dots, n$ ) eingeführt.

Bei dem Modell in diesem Abschnitt beschränken wir uns auf den Fall, lediglich Ziele bezüglich Einzahlungen und Auszahlungen zu betrachten. Zunächst soll der Fall betrachtet werden, dass nicht mehr betragsgenaue Einzahlungen und Auszahlungen gegeben sind, sondern dass obere (untere) Schranken, in denen sich die Auszahlungen (Einzahlungen) bewegen dürfen, mit Hilfe von Parametern  $d_i^- \geq 0$  und  $d_i^+ \geq 0$  ( $i=0, \dots, n$ ) wie folgt vorgegeben sind.  $d_i^-$  entspricht dem Betrag, um den die Auszahlung  $A_i$  gekürzt werden kann,  $d_i^+$  entspricht dem Betrag, um den die Einzahlung  $E_i$  gekürzt werden kann. Ziel ist, einen zulässigen Finanzplan zu finden, in dem  $\sum d_i^- + d_i^+$  ( $i=0 \dots n$ ) möglichst klein ist. Da einzelnen Einzahlungen und Auszahlungen unterschiedlich hohe relative Bedeutungen beigemessen werden können (z.B. „Immobilie ist mir wichtiger als Porsche“), werden die zu minimierenden Abweichungen  $d_i^- + d_i^+$  jeweils mit  $w_i \in \mathbb{R}, 0 \leq w_i \leq 1$ , gewichtet. Eine Beurteilung der unterschiedlich hohen relativen Bewertungen kann beispielsweise mit dem *Analytical Hierarchy Process* (AHP) [Saat86; Saat01; VaKu06] erfolgen. Im Rahmen des AHP lassen sich die vergleichenden Bedeutungen einzelner Einnahmen oder Ausgaben durch paarweise Vergleiche (Ordinalskala mit Werten von 1 bis 9) beurteilen. Beispielsweise bedeutet für das Paarvergleichsurteil  $a_{ij}$  der Eintrag einer 3 in die Evaluationsmatrix  $A$ , dass Ausgabe  $i$  etwas bedeutender als Ausgabe  $j$  eingeschätzt wird. Die Bedeutungsgewichte  $w_i$  können durch die Berechnung des normalisierten Eigenvektors der Matrix  $A$  bestimmt werden. Zusammenfassend kann folgendes mathematische Programm zur Minimierung der betragsmäßigen Zielabweichungen zukünftiger Einzahlungen und Auszahlungen formuliert werden.

$$Z = \sum_{i=0}^n w_i (d_i^- + d_i^+) \longrightarrow \min$$

*u.d.N.*

$$(1..n+1) \quad \sum_{i=0}^t (E_i - A_i + d_i^- - d_i^+) (1+z)^{t-i} = 0, \forall t = 0, \dots, n$$

$$(n+2..2n+2) \quad d_i^-, d_i^+ \geq 0, \forall i = 0, \dots, n$$

Der Fall, dass nicht mehr zeitpunktgenaue Einzahlungen und Auszahlungen gegeben sind, sondern Zeiträume, in denen sich die Einzahlungen und Auszahlungen bewegen dürfen, kann äh-

lich gehandhabt werden. Das mathematische Programm kann auf einfache Art und Weise derart erweitert werden, dass *einzelne Investitionen* entweder als oberes einseitiges Ziel (z.B. „maximal 80000 Euro“) oder als zweiseitiges Ziel („ca. 80000 Euro“) berücksichtigt werden können.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Bislang wird unter *Persönlicher Finanzplanung* mehr eine Kunst als eine Wissenschaft verstanden. Bis auf das Problem des *Portfolio-Managements*, das lediglich Teil einer umfassenden *Persönlichen Finanzplanung* darstellt, hat eine wissenschaftliche Methodik kaum Einklang gefunden bei der Untersuchung des Problems der *Persönlichen Finanzplanung*. Der vorliegende Artikel soll, basierend auf Techniken und Methoden des *Operations Research*, zur Diskussion einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema der *Persönlichen Finanzplanung* anregen. Dazu werden Probleme der *Persönlichen Finanzplanung* modelliert, mit Hilfe mathematischer Methoden gelöst und im Rahmen der Entwicklung eines webbasierten Systems zur *Persönlichen Finanzplanung* implementiert. Dabei kann beispielsweise eine Zulässigkeitsprüfung im Rahmen der Erstellung eines Sollkonzepts durchgeführt werden. Dazu werden alle erwarteten zukünftigen Einzahlungen und Auszahlungen periodenbezogen saldiert dargestellt (Abbildung 2).

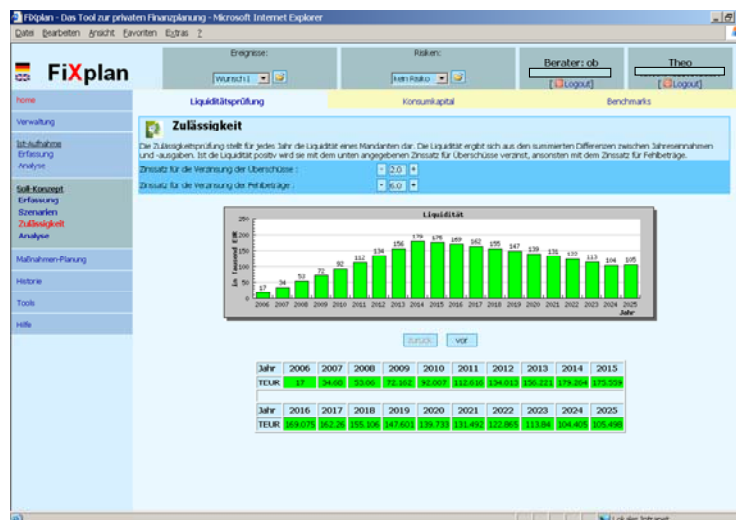


Abb. 2. Zulässigkeitsprüfung im Rahmen des Sollkonzepts

Grundlegend für eine *Persönliche Finanzplanung* ist eine Planung der zukünftigen Einzahlungen und Auszahlungen einer Person. Welche Einzahlungen und Auszahlungen eine Person in der Zukunft plant, ist klarerweise sehr individuell. In jedem Fall muss dabei die Liquidität

sichergestellt werden, damit die Person jederzeit ihren Zahlungsverpflichtungen nachkommen kann. Daher erhält die Sicherstellung der Liquidität die größte Bedeutung bei der Erstellung eines Finanzplans. Ein zulässiger Finanzplan kann ggf. hergestellt werden durch zeitpunktbezogene oder betragsmäßige Veränderungen zukünftiger Einzahlungen und Auszahlungen. Welche Auszahlungen eine Person in Zukunft reduzieren möchte oder auf welche Auszahlungen eine Person in Zukunft gar verzichten kann, ist wiederum sehr individuell. Alternativ können zur Herstellung eines zulässigen Finanzplans auch Einzahlungen erhöht oder vorgezogen werden. Ist Zulässigkeit eines Finanzplans hergestellt, kann, abhängig von den persönlichen Zielen, mit der Erstellung eines bezüglich einer (zu definierenden) *Nutzenfunktion* der Person optimalen Finanzplans begonnen werden. Zu berücksichtigen hierbei ist, dass viele Menschen offensichtlich Entscheidungen treffen, die nicht automatisch ihren Wohlstand oder ihr Einkommen maximieren. Diese Entscheidungen sind aus ihrer Sicht rational und wichtig für ihr Leben. *Persönliche Finanzplanung* sollte also nicht lediglich die Frage behandeln, wie Vermögen maximiert werden kann, sondern, wie Vermögen und Einkommen genutzt werden können, um damit ein erfülltes und glückliches Leben führen zu können. Weitergehende Forschungsmöglichkeiten bestehen darin, den Ansatz *multikriterieller Analyse* (Abschnitt 4) weiter auszubauen. Unsicherheit bzgl. künftiger Einzahlungen und Auszahlungen könnten mit Hilfe *stochastischer Prozesse* und Methoden der Behandlung von *Online-Problemen* modelliert werden [Ely98]. Die Formulierung von *Fuzzy Modellen* und *Fuzzy Goal Programming Modellen* [TaGu00; Rom04; Chan06] stellen weitere interessante Möglichkeiten dar, das in diesem Beitrag beschriebene Modell der *Persönlichen Finanzplanung* zu erweitern.

## Literaturverzeichnis

- [Alba60] Albach, Horst: Lineares Programmieren als Hilfsmittel betrieblicher Investitionsplanung. Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung. 12.Jg. (1960), S. 526-549.
- [AsBD88] Ashford, Robert W.; Berry, Robert H.; Dyson, Robert G.: Operational research and financial management. European Journal of Operational Research 36:2 (1988), S. 143–152.
- [BaQu65] Baumol, William J.; Quandt, Richard E.: Investment and discount rates under capital rationing – a programming approach. The Economic Journal 75:198 (1965), S. 317-329.
- [Bern69] Bernhard, Richard H.: Mathematical programming models for capital budgeting: A survey, generalization, and critique. Journal Financial Quantitative Analysis 4:2 (1969), S. 111-158.

- [BhMc83] Bhaskar, Krish; McNamee, Patrick: Multiple objectives in accounting and finance. *Journal of Business Finance & Accounting* 10:4 (1983), S. 595-621.
- [BiKu00a] Bieg, Hartmut; Kußmaul, Heinz: *Investitions- und Finanzierungsmanagement*. Band I: Investition. Vahlen, München 2000.
- [BiKu00b] Bieg, Hartmut; Kußmaul, Heinz: *Investitions- und Finanzierungsmanagement*. Band III: Finanzwirtschaftliche Entscheidungen. Vahlen, München 2000.
- [BlSc73] Black, Fischer; Scholes, Myron: The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy* 81:3 (1973), S. 637-654.
- [BoSt03] Böckhoff, Michael; Stracke, Guido: *Der Finanzplaner*. 2. Auflage. Sauer, Heidelberg 2003.
- [Buss66] Busse von Colbe, Walther: Aufbau und Informationsgehalt von Kapitalflußrechnungen. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* (1966), S.88-97.
- [Carl69] Carleton, Willard T.: Linear programming and capital budgeting models: A new interpretation. *Journal of Finance* 24:5 (1969), S. 825 – 833.
- [CFP06] Certified Financial Planner's (CFP) Board of Standards Inc (2006). Retrieved August 14, 2006, from <http://www.cfp.net>
- [Chan06] Chang, Ching-Ter: Binary fuzzy goal programming. *European Journal of Operational Research*, in Press, corrected proof, available online 15 May 2006.
- [ChCM59] Charnes, A.; Cooper, W.W., Miller, M.H.: Application of linear programming to financial budgeting and the costing of funds. *Journal of Business* 32:1 (1959). S. 20-46.
- [ElY98] El-Yaniv, Ran: Competitive solutions for online financial problems. *ACM Computing Surveys* 30:1 (1998), S. 28-69.
- [HaSp02] Hallerbach, Winfried; Spronk, Jaap: The relevance of MCDM for financial decisions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 11 (2002), S. 187-195.
- [Hax64] Hax, Herbert: *Investitions- und Finanzplanung mit Hilfe der linearen Programmierung*. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*. 16.Jg. (1964), S. 430-446.
- [HiLi05] Hillier, Frederick S.; Lieberman, Gerald J.: *Introduction to Operations Research*. 8. Auflage. McGraw-Hill, Boston 2005.
- [ISO04] International Organization for Standardization (ISO/TC 222) (2004) ISO/DIS 22222-1 of the Technical Committee ISO/TC 222, Personal financial planning.
- [Keow03] Keown, Alex J.: *Personal Finance: Turning Money into Wealth*. Prentice Hall 2003.
- [LeLe74] Lee, Sang M.; Lerro, A.J.: Capital budgeting for multiple objectives. *Financial Management* 3:1 (1974), S. 58-66.



- [Lint65] Lintner, John: The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics* 47:1 (1965), S. 13-37.
- [Mach03] Macharzina, Klaus: Unternehmensführung. 4. Auflage. Gabler, Wiesbaden 2003.
- [Mark52] Markowitz, Harry M.: Portfolio Selection. *Journal of Finance* 7:1 (1952), S. 77-91.
- [McCa82] McInnes, J. Morris; Carleton, Willard J.: Theory, Models and Implementation in Financial Management. *Management Science* 28:9 (1982), S. 957-978.
- [Mert95] Merton, Robert C.: Influence of Mathematical Models in Finance on Practice: Past, Present, and Future. *Financial Practice and Education* 5:1 (1995), S. 7-15.
- [Moss68] Mossin, Jan: Optimal multiperiod portfolio policies. *Journal of Business* 41 (1968), S.215-229.
- [Moxt63] Moxter, Adolf: Lineares Programmieren und betriebswirtschaftliche Kapitaltheorie. *Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung*. 15.Jg. (1963), S. 285-309.
- [Moxt93] Moxter, Adolf: Bilanzlehre. Band I: Einführung in die Bilanztheorie. Gabler, Wiesbaden 1993.
- [NiRR04] Nissenbaum, Martin; Raasch, Barbara J.; Ratner, Charles L.: Ernst & Young's Personal Financial Planning Guide, 5. Auflage, John Wiley & Sons, Hoboken NJ 2004.
- [OBri92] O'Brien, Chris: Actuarial methods in finance. IN: Peter Newman, Murray Milgate, John Eatwell (Eds.), *The new palgrave dictionary of money and Finance*, London, Macmillan Press Limited, S. 17-20.
- [PeSt99] Perridon, Louis; Steiner, Manfred: Finanzwirtschaft der Unternehmung. 10. Auflage. Vahlen, München 1999.
- [Rome86] Romero, Carlos: A survey of generalized goal programming (1970-1982). *European Journal of Operational Research* 25 (1986), S. 183-191.
- [Romm04] Rommelfanger, Heinrich J.: The advantages of fuzzy optimization models in practical use. *Fuzzy Optimization and Decision Making* 3:4 (2004), S. 295-309.
- [Roy52] Roy, A.D.: Safety first and the holding of assets. *Econometrica* 20 (1952), S. 431-449.
- [Rubi02] Rubinstein, Michael: Markowitz's portfolio selection: a fifty year retrospective, *Journal of Finance* 17 (2002), S. 1041-1045.
- [Saat01] Saaty, Thomas L.: Decision making for leaders – The analytic hierarchy process for decisions in a complex world. 2. Auflage. RWS Publications, Pittsburgh 2001.
- [Sch06] Schmidt, Günter: Persönliche Finanzplanung. Springer, Berlin 2006.
- [Shar64] Sharpe, William F.: Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance* 19:3 (1964), S. 425-442.

- [SpHa97] Spronk, Jaap; Hallerbach, Winfried G.: Financial modelling: Where to go? With an illustration for portfolio management. *European Journal of Operational Research* 99:1 (1997), S. 113-125.
- [SpSZ05] Spronk, Jaap; Steuer, Ralph E., Zopounidis, Constantin: Multicriteria Decision Aid / Analysis in Finance. In: Figuera, J., S. Greco and M. Ehrgott (Eds.): *Multiple criteria decision analysis: State-of-the-art surveys*, Springer Science, 2005, S. 799-857.
- [StNa03] Steuer, Ralph E.; Na, Paul: Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study. *European Journal of Operational Research* 150 (2003), S. 496-515.
- [Süch95] Süchting, Joachim: *Finanzmanagement – Theorie und Politik der Unternehmensfinanzierung*. 6. Auflage. Gabler, Wiesbaden 1995.
- [TaGu00] Tarrazo, Manuel; Gutierrez, Luis: Economic expectations, fuzzy sets and financial planning. *European Journal of Operational Research* 126 (2000), S. 89-105.
- [TaJE98] Tamiz, Mehrdad; Jones, Dylan; El-Darzi, Elia: A review of goal programming and its applications. *Annals of Operations Research* 58 (1995), S. 39-53.
- [TaJR98] Tamiz, Mehrdad; Jones, Dylan; Romero, Carlos: Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research* 111 (1998), S. 569-581.
- [VaKu06] Vaidya, Omkarprasad; Kumar, Sushil: Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research* 169:1 (2006), S. 1-29.
- [Wars05] Warschauer, Tom: email vom 2005-12-15.
- [Wein63] Weingartner, H. Martin: *Mathematical Programming and the analysis of capital budgeting problems*. Englewood Cliffs, NJ 1963.
- [Wöhe05] Wöhe, Günter: *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. 22. Auflage. Vahlen, München 2005.
- [Woer02] Woerheide, Walt: *Core concepts of Personal Finance*. John Wiley & Sons, New York, NY 2002.
- [Zimm05] Zimmermann, Hans-Jürgen: *Operations Research*. Vieweg, Wiesbaden 2005.
- [ZoDo02] Zopounidis, Constantin; Doumpos, Michael: Multi-criteria decision aid in financial decision making: Methodologies and literature review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 11 (2002), S. 167-186.
- [Zopo99] Zopounidis, Constantin: Multicriteria decision aid in financial management. *European Journal of Operational Research* 119 (1999), S. 404-415.

# An Order-Channel Management Framework for Institutional Investors

Bartholomäus Ende, Peter Gomber, Adrian Wranik

Chair of Business Administration, especially e-Finance

E-Finance Lab

Johann Wolfgang Goethe-University

60054 Frankfurt, Germany

{ende,gomber,wranik}@wiwi.uni-frankfurt.de

## Abstract

Efficient *Order-Channel Management*, i.e. the process of information gathering, evaluation, decision and control regarding the setup of the overall trading infrastructure and the actual order routing implementation plays a crucial role for trading success as well as the competitiveness of Institutional Investors. This article introduces a framework intended to support Institutional Investors in establishing an individual *Order-Channel Management* (OCM). For this overall goal, OCM is decomposed into its *strategic* and *operational* constituents and the involved *key entities*, *parameters*, *processes* and their interdependencies are outlined. Based on the identified properties, a *framework* is derived that aims at identifying a suitable mapping from order characteristics to execution venues.

## 1 Introduction

Investment decisions of Institutional Investors i.e. of buy-side<sup>1</sup> companies typically initiate the process of security trading. Within their quest for liquidity it is essential for execution success and the competitiveness of Institutional Investors to enforce an allocation process that identifies suitable venues as well as execution strategies before orders can be communicated down the value chain. The channeling decision itself is addressed mainly on two levels: First, on a strategic level, a setup for accessing execution venues and building up required infrastructure in terms of people and technology has to be established. Second, on an order by order basis, a suitable venue from this pool has to be selected.

With new upcoming execution venues in the security trading industry, the demand for order-channelling solutions has intensified [Rami06]. Primarily, the changing intermediation relationships, driven by technical innovations within electronic trading, create new pools of execution

---

<sup>1</sup>Buy-side refers to investment management companies that are "buying" trading services from the sell-side, i.e. investment banks and brokers [Harr03].

opportunities. Thus, Institutional Investors can choose to execute their orders bilaterally with their brokers at Regulated Markets, Alternative Trading Systems (e.g. Crossing Networks) or via new electronic execution concepts like Smart Order Routing, Direct Market Access (DMA) and Algorithmic Trading. Within this range of execution opportunities the two main entities, execution venues and orders, involved in the process of order-channeling can be described by a bundle of characteristics and interdependencies. Execution venues for instance can be determined by fixed (e.g. market model) and temporary (e.g. market situation and volatility) parameters whereas actual orders typically face a trade-off between urgency and costs. Altogether these bundles of characteristics cause the order-channeling process to become a complex, multidimensional task.

At the same time, new technology-driven solutions enable Institutional Investors to add value to their order processing and thus offer them the opportunity to outperform competitors. This potential for differentiation receives increased attention with the changes of the European regulation in securities trading. Within these changes that will take effect with the implementation of MiFID in November 2007, the topic Best Execution plays a major role as it requires investment firms to set up an individual 'Best Execution Policy' and to realize the best possible result for customer orders according to this policy [GoSe05]. The new regulation enables the buy-side to request evidence of best execution.

In order to support Institutional Investors with the decisions involved in order-channeling, this paper aims at introducing the concept of Order-Channel Management (OCM) and at outlining key parameters for its strategic and operational decisions. Altogether a framework for OCM is set up by identifying and analyzing the key considerations and decision parameters of traders based both on a literature review and an industry screening via interviewing industry representatives. Institutional Investors can utilize the presented results as a structural approach for implementing their own, individual OCM strategy.

To achieve this goal, the remainder of this article is organized as follows: Section 2 presents a brief overview of related work. Based on this, section 3 introduces the concept of OCM by outlining its strategic and operational aspects, their interdependencies, as well as by identifying their key decision parameters. Then, section 4 illustrates the day-to-day handling of operational OCM that maps particular orders to suitable execution venues. Finally section 5 concludes.

## 2 Related work

On a conceptual level, the overall set of available strategic and operational decision parameters for Institutional Investors and their interdependencies have not been investigated yet. Academic literature focuses on rather specific aspects of the securities trading value chain like *trading styles*, empirical analysis of *markets*, *execution quality* and *order routing decisions*, *market models* as well as *execution costs*:

Behavior of institutional traders, their *trading styles* and related transaction costs are analyzed e.g. in [KeMa97], using proprietary transaction data. There, various hypotheses regarding trading characteristics like the choice of order type, trade duration and immediacy demand are validated. Further, differences between trades initiated by value, index and technical investors are outlined. Focus on informed investors' order types and trading patterns is drawn by [LeFL01, LLRS04, AnWe04, BIOS05, AnCM05], where evidence for the application of hidden limit orders as well as their performance are presented. The impact of order aggressiveness on execution performance is investigated in [GSTW00].

*Markets* and the dimensions of execution quality and costs are addressed by [BaHo01]. Comparisons of European markets include an analysis of trading costs at the Paris Bourse and London's SEAQ-I [dJNR95]. Similar comparisons for US markets are provided by [BaHJ00, HaBJ01], containing an analysis of market order execution quality [Boeh05] after the introduction of decimals. An overview of the upstairs market for trading of block orders at Paris Bourse is given by [BeVe04]. Altogether an apparent trade-off between costs and execution speed is revealed, emphasizing the demand for models with multiple dimensions of execution quality.

Other investigations address *order flow* and *order routing decisions*. Indications of order flow stickiness to venues despite changes in transaction costs can be found in [AhCC98]. Opportunities to strategically route limit orders to improve execution quality are shown by [BGHJ02]. The negative impact of order flow fragmentation on market quality is depicted in [BeWe06]. Further, a competition-for-order-flow model based on liquidity provision is presented by [PaSe03]. These research results outline the importance of non-price dimensions for execution quality.

Beside these findings, related research also focuses on different *market models*, e.g. the central limit order book [BiHS95, GrHR03], the convergence to order-driven markets in Europe [DeFo98] and the relative advantages of floor versus electronic trading systems [KeKo98]. Market experiments for a comparison of call markets, continuous auctions and dealer markets are conducted by [Thei00]. Performance improvement of floor-based trading systems through information sharing among floor brokers can be found in [FoLe01].

Institutional *execution costs* across major US exchanges are compared by [JoLi99], suggesting that institutions consider characteristics of the used markets. A dynamic model of an order-driven market populated by discretionary liquidity traders that have to trade but can choose their strategy is developed by [FoKK01]. This generates a set of predictions on the relation between market parameters, time to execution and spreads. A model for strategic trading is developed by [HoRa02], where traders have to learn about liquidity from past prices and trading volume. The model implies that strategic trades and market statistics are path-dependent on past market outcomes. The decision of traders to supply or to demand liquidity in a limit order market is modeled by [HMSS02]. Simulations of alternative trading strategies based on a detailed data set from a large US investor indicate that the strategy of initially trying to cross all stocks is cost effective [NaSk03]. A look at best execution obligations can be found in [McC104].

Beside these rather singular investigations, the contribution of this article can be compared best to the work of Wagner describing a hierarchy of trading decisions [Wagn06]. The framework derived in this article goes beyond Wagner’s operational decision tree model as it creates a generic setup including a strategic level. Another related article that is focused on the operative level is [YaJi06] where a quantitative approach for the selection of the most suitable Algorithmic Trading Solution is derived.

### 3 Introducing the concept of Order-Channel Management

With the evolution of new execution opportunities, the security trading industry has undergone massive changes in recent years. Order execution transforms itself from a broker intermediated market access to one which is controlled mainly by electronic means at the buy-side trading desk. Furthermore, new execution venues (e.g. Alternative Trading Systems), trying to meet the requirements of institutional order flow, have been launched. Altogether these changes offer Institutional Investors potential for cost-savings and improvements in order execution quality.

#### Definition: Order-Channel Management

Order-Channel Management (*OCM*) is the process of information gathering, evaluation, decision and control of Institutional Investors concerning the setup of the overall trading infrastructure (strategic OCM) and the actual order routing implementation (operational OCM).

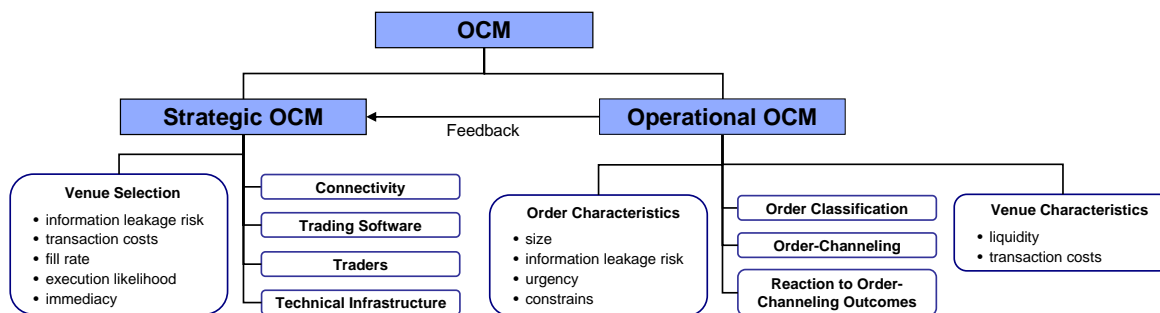


Figure 1: Decomposition of Order-Channel Management responsibilities.

OCM focuses on two interdependent levels that are depicted in figure 1: First, on the strategic level the focus is laid on a pre-selection from a pool of accessible venues. For this purpose, an introspection of the investment strategy is required in order to identify the expected order flow which provides the basis for the pre-selection. Further, within the strategic level the required personnel skills of traders, the technical and trading software infrastructure for the usage of new execution concepts like Algorithmic Trading and the connectivity to sell-side<sup>2</sup> companies and to markets have to be determined and set up. Second, within the environment defined by

<sup>2</sup>Sell-side refers to firms that trade for customers and earn money with fees, commissions and research [Harr03].

strategic OCM, on the operational level the actual routing of orders to the pre-selected venues has to be managed on an order by order basis. This is established by a comparison of venue characteristics (e.g. liquidity and transaction costs) with actual order parameters (e.g. size, information leakage risk and urgency) as well as execution constraints to be fulfilled. In order to achieve sound routing decisions, an analysis of order characteristic by combining Pre- and Post-Trade Analysis shall be incorporated. These two types of analyses provide important feedback information for future adjustments of the decisions within the strategic level.

### 3.1 Strategic Order-Channel Management

Traditionally, the infrastructure setup of Institutional Investors for the implementation of their investment decisions refers to their business relationships to brokers. The buy-side traders are responsible for order specifications, order releases to brokers and for phone-based over-the-counter trading, while brokers execute these orders at exchanges or OTC. New execution venues and access channels as well as Information Technology (IT) solutions expand the decision set and thus require a structured approach. Strategic decisions include the overall setup of a trading desk as well as its equipment, technological choices (e.g. usage of DMA or Algorithmic Trading), relationship management with execution brokers and the selection of execution venues as targets for actual investment decisions. This involves a make-or-buy decision for infrastructure provision and the services necessary to setup execution channels.

#### **Definition: Strategic Order-Channel Management**

Strategic Order-Channel Management (*strategic OCM*) is the process of information gathering, identification, selection and decision for implementation regarding execution venues, their connectivity, trading software, traders as well as the stipulation of technical infrastructure.

Figure 2 on the next page gives an overview of the aspects of strategic OCM that are described in detail in the following sections. Within the considerations of strategic OCM the investment strategy of a buy-side company is an important factor influencing the outcome of trades as well as execution costs [KeMa97] and thus has to be reflected in the strategic managerial decisions. Therefore, the first step is to determine the expected order flow via analysis of historical order data, interviewing fund managers or an introspection of quantitative investment models. Further, insights to venue performance collected by Post-Trade Analysis give important feedback for the selection of the trading setup and for its evaluation as well as future adjustments.

#### 3.1.1 Execution Venues

The value propositions of execution venues regarding *information leakage risk*, *transaction costs*, *fill rate*<sup>3</sup>, *execution likelihood* and *immediacy* are of high importance for the strategic se-

---

<sup>3</sup>Fill rate refers to the amount of purchased (sold) shares in relation to order size [Harr03].

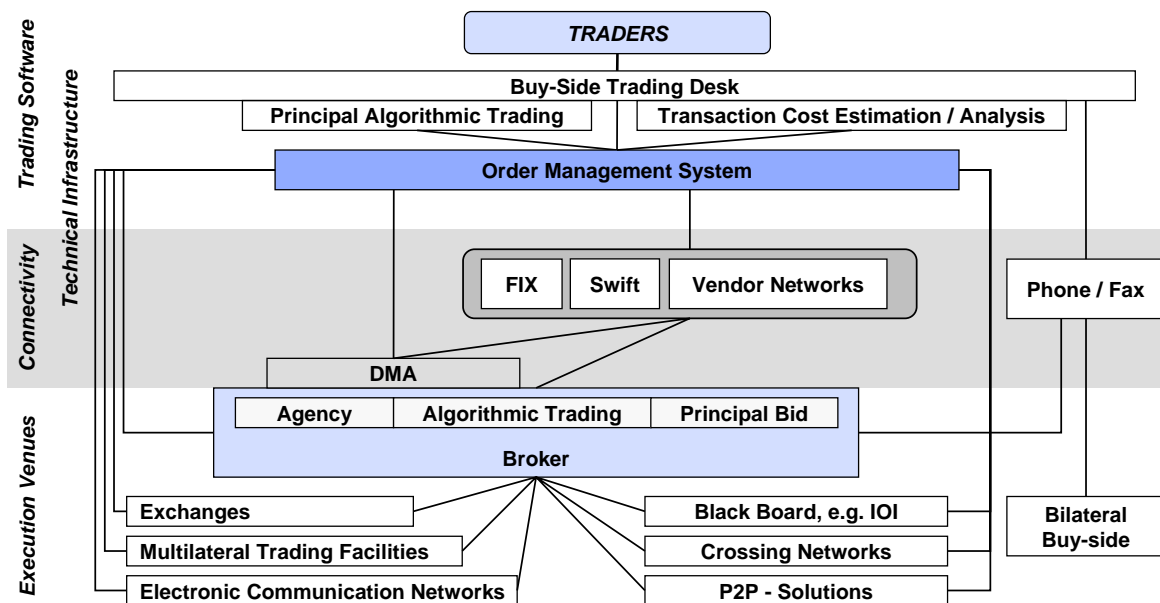


Figure 2: Decision Parameters in Strategic Order Channel Management

lection of venues by Institutional Investors. *Information leakage risk* is addressed by anonymity in one or several phases within a transaction and other functionalities that are offered to camouflage the information provided by order size (e.g. via iceberg orders) [Chak01]. Parameters like low fees and commissions as well as a high level of liquidity<sup>4</sup> [O’Ha98, Kind05] decrease *transaction costs* and are therefore an important proposition to reduce the implementation shortfall. Liquidity also influences *fill rates* and the *likelihood of execution* that is tightly related to order routing and counterparty search.

Further, *immediacy* for executable orders is determined by the degree of automatization as well as the access channel, e.g. electronic access to an electronic market enables faster execution.

The first traditional channel is direct trading, i.e. to trade *bilaterally with another buy-side investor*, which typically involves direct communication between the two trading desks. A drawback of this solution are its search costs within the order routing phase, leading to slow execution and high internal costs of manual processing through negotiation and reconciliation.

Another traditional execution path is the delegation of orders to an agency *broker* who acts on behalf of the investor. The broker chooses a venue that is available to him or identifies trading opportunities with other brokers. An advantage of this channel is the specialization and know-how of the brokerage company improving fill rate and execution likelihood. Its disadvantage is increased information leakage risk which is caused by interest conflicts that arise from broker relationships to multiple investors. On top of that, this kind of execution provides lower immediacy because orders are worked successively throughout a trading period.

There exists also the possibility of a *principal bid*, where a sell-side broker guarantees full execution of an order at a given price for a negotiated commission. However, as the commissions

<sup>4</sup>Schwartz defines liquidity as the ability to trade whenever one wants to trade [ScFr04]. A comprehensive overview of liquidity measures can be found in [Kind05].



or the net price provided by brokers compensates them for taking the position as well as the risk on their books, the transaction costs tend to be higher than those for other channels [KiGI03]. To overcome especially the transaction cost issue of these bilateral solutions, buy-side investors can use electronic venues. A first alternative is provided by black board tools, i.e. Indication of Interest (IOI) messages, which allow to locate counterparties' willingness to trade in a particular stock. However, as IOIs only represent indications rather than executable quotes, likelihood of execution is low. More advanced solutions are Crossing Networks like Posit, which are able to match large order sizes by applying closed order books and without dismantling the investment interest to other parties. As Crossing Networks execute orders at the midpoint imported from a reference market and therefore without any market impact, transaction costs are comparably low. Nevertheless, these closed order books have very limited likelihood of execution as well as fill rates. An extension of Crossing Networks is offered by Liquidnet which searches for liquidity using a Peer-to-Peer approach. Once the size on the opposite side has been found, both investors are informed and can bilaterally and anonymously negotiate trade price and volume. Further, orders can be executed on exchanges, Multilateral Trading Facilities (MTFs) or Electronic Communication Networks (ECNs). Today's exchanges and MTFs enable electronic access and fast, automated execution. Additionally, these markets offer the possibility to forecast the execution price of orders. Unfortunately, exchanges and MTFs incur higher transaction costs, which attributes especially to market impact and immediacy costs. Therefore, market participants slice their orders over time in order to exploit market resiliency. *Algorithmic Trading* [GoGW05] can be distinguished as another execution venue, which can be developed in-house, bought from a third party or used as a service from a sell-side provider. Finally, the use of sell-side connectivity for *Direct Market Access* to exchanges while retaining the trading strategies at the buy-side should also be taken into consideration.

### **3.1.2 Connectivity**

Various *connectivity* options exist that enable Institutional Investors to place their orders and receive execution confirmations. Some of them are based on industry standards and are independent from actual execution venues whereas others are proprietary to the respective venues. This requires an own infrastructure, causing operational costs, membership fees and data subscriptions. Standardized connectivity solutions are e.g. the Financial eXchange Protocol (FIX) and third party connectivity infrastructure like S.W.I.F.T's secure IP network to manage the various channels and to transport orders to various venues. Further, as mentioned before, sell-side connectivity like DMA can be used. These connectivity options can be combined depending on the selected channels.

### **3.1.3 Trading software**

Trading desks can utilize various software solutions with different features. The basic software are 'plain vanilla' trading screens that are often offered by venues at no additional costs to the access fee. These solutions provide core functions like order entry, receipt of execution status as well as single venue market data. More advanced solutions are Order Management Systems (e.g. Sungard Decalog or Simcorp Dimension) which allow for integrating multiple venues within a single front-end and additionally offer features for inventory management on quantity and value basis as well as reporting functions. Sophisticated software suites include e.g. Algorithmic Trading engines, Pre-Trade Analysis tools for the prediction of transaction costs, volatility and liquidity development based on historical data as well as tools for position and risk management.

### **3.1.4 Traders**

Even with sophisticated IT support, the need for experienced human traders will prevail. Especially for large orders or orders in illiquid securities human traders provide additional value. This highly skilled type of staff executes strategies for more difficult orders. Additionally, their experience is used to parameterize existing software and to develop new automated strategies. The number and skill level of traders is directly linked to the choice of execution venues, i.e. when DMA or Algorithmic Trading are used, significantly higher trader skills are required than in case of brokers as primary channels.

### **3.1.5 Technical infrastructure**

The infrastructure for trading consists of generic information system components. Because the data processed by these systems represents monetary value, these components have to meet high quality standards. Further constraints for infrastructure result from venues which define authorized components (e.g. network components). Additionally, infrastructure has to meet the criteria of scalability, performance, security and reliability. Especially automated venues like Algorithmic Trading require high computing power to handle real-time market data, which leads to bandwidth requirements in order to ensure real-time data receipt and processing. For example, 1.2 billion trades have been executed over the course of 252 trading days in 2005<sup>5</sup> on one exemplary venue, the New York Stock Exchange, leading to a corresponding number of updates to be processed by the investor's infrastructure, if this venue is used regularly. Thus an infrastructure for multiple venues represents a significant IT investment as well as the corresponding total costs of ownership.

---

<sup>5</sup>See statistics at World Federation of Exchanges <http://www.world-exchanges.org>.

## 3.2 Operational Order-Channel Management

Based on the setup defined by the strategic OCM process, *operational OCM* provides a framework for the actual order-channeling decision on an order by order basis. Therefore, it outlines order characteristics that can be utilized for the identification of suitable venues and access strategies according to the venue characterization outlined in section 3.1.1. Further, it provides important feedback about the performance of each venue that is to be considered in future adjustments of the setup established by strategic OCM. As the individual decisions within operational OCM are supposed to reflect *order constraints*, operational OCM is a constrained optimization process.

### Definition: Operational Order-Channel Management

Operational Order-Channel Management (*operational OCM*) is the decision process concerning the execution of individual orders reflecting order characteristics, constraints as well as access strategies based on the setup established by strategic OCM.

For the identification of relevant *order characteristics* the focus is drawn on the investment cycle depicted in figure 3, where an order represents the outcome of an investment decision. Because order execution is supposed to take place at venues which meet specified requirements and at the same time are cost-effective, additional information is required, specifying the actual execution characteristics for each order. Within the investment cycle this information can be provided by a combination of Pre-Trade Analysis concerning the venue accessible from the strategic OCM setup and a Post-Trade Analysis after the completed trade [KiG103].

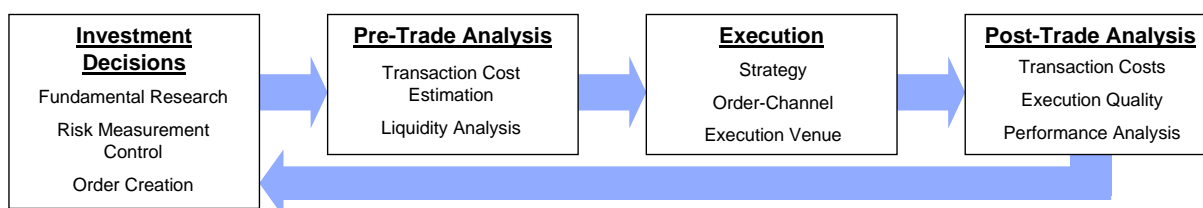


Figure 3: Investment Cycle adopted from [Madh02]

### 3.2.1 Key characteristics for operational Order-Channel Management

As actual transaction costs play a crucial role for execution success, they constitute the starting point for further investigation. These costs are defined as those associated with the implementation of the investment decision [KiG103]. They can be further split up into visible costs (e.g. commissions, fees, taxes, spreads) and hidden costs like price appreciation<sup>6</sup>, market impact, timing risk and opportunity costs. Hidden costs make the lion share of overall costs, especially

<sup>6</sup>Accordingly to Kissel price appreciation represents the costs of the natural price movement without market impact, i.e. the cost to buy (sell) in a rising (falling) market [KiG103].

Order Size	Difficulty Level
0 – 5%	Easy: one day
5 – 15%	Relatively Easy: one day with some work
15 – 25%	Difficult: may require multiple days
25% and more	Very Difficult: recommend multiple days

Table 1: Order Size and Difficulty Level from [KiGl03]

when it comes to large orders or block trades [ScFr04]: First of all, large trades create market pressure and thus lead to market impact e.g. because they sweep the book in an order-driven market. One common technique to avoid this market impact is to slice a large order and to trade more passively over multiple periods [KiGl03]. This slicing solution leads to other problems. The enlarged trading period leads to timing risk and an increased risk for price appreciation as prices can develop in an unfavorable direction. Furthermore, the motive can become obsolete or, because of information leakage, other market participants might anticipate the order and perform front-running. Thus, *order size*, *information leakage risk* and the *level of execution urgency* are the relevant characteristics for *operational OCM*.

The crucial role of *order size* arises from the fact that market impact costs are a convex function in order size [BSHvdS06]. This convexity can be outlined by liquidity-measures like the eXchange Liquidity Measure (XLM)<sup>7</sup>. Typically these measures quantify the round trip<sup>8</sup> costs for a specific order size in a security [GoST04]. For instance the round trip costs on XETRA for the DAX listed security Deutsche Bank in June 2006 are 1.4 *bps* for a 100k € order and raise up to 33.3 *bps* for a 2mn € order<sup>9</sup>. As the assessment of *order size* depends on the liquidity of the traded instrument, an estimation of the market's ability to execute the desired *order size* with little or no price movement should incorporate market liquidity statistics like XLM mentioned above. Liquidity is also strongly related to market capitalization [KiGl03]. The most common measure for *order size* that allows comparisons among different securities is the Average Daily Volume (ADV) [KiGl03]. Table 1 depicts different size categories as well as their implications for order execution.

Depending on the information other market participants can collect about the order as well as its motivation the risk of front-running arises. Hence, the *information leakage risk* is tightly related to the motive of the order. If it is initiated by liquidity motives like cash in and out flows or the requirement to track an index it will face lower *information leakage risk*. For orders based on private information the situation is contrary. Orders issued by Institutional Investors rebalancing portfolios accordingly to their research results encounter higher *information leakage risk* because their private information might be figured out. Thus, informed traders, especially prominent Institutional Investors, have to pay appropriate attention to *information leakage risk* in order to avoid other market participants gaining profits from their trading.

<sup>7</sup>XLM is a trademark of Deutsche Börse Group.

<sup>8</sup>A round trip is a purchase and immediate sale of a particular security or vice versa [GoST04].

<sup>9</sup>Data provided by Deutsche Börse Group.

Factor	Traders	CIOs	Factor	Weight
Lowest execution costs	3.53	3.39	Little or no market impact	3.95
Rewarding good research	3.39	3.42	Speed	3.42
Fastest possible execution	3.37	3.24	Not revealing the full size of order to market	3.40
Soft commission obligations	2.45	2.44	Not revealing the identity of company or fund	3.21
Portfolio manager direction	2.39	N/A	Within the current market inside spread	3.06
			Price better than the VWAP	2.93
			Low or no commission	1.29

Scale: 1 (never) to 5 (very frequently, or 75 to 100 percent of the time)

Table 2: On the left key factors determining how institutions choose brokers are highlighted. The table on the right presents factors important to chief investment officers in judging the quality of execution for large orders. Both tables are adopted from [ScFr04].

Several studies reveal that Institutional Investors commonly possess only trading-related reasons for urgent orders, but in fact do not receive immediacy [ScSt02, ChLa95]. For instance Chan and Lakonishok find out that only about 20% of the value of institutional buy orders are completed within one day, and less than half within four days [ChLa95]. Thus, the *execution urgency level* is also tightly related to information leakage. In this context, most attention is paid to the estimated time that is necessary for the motivation of a trade to become public knowledge [KiGl03]. Hence trades initiated by transient, private information are executed with higher urgency because this allows exploiting knowledge before it is reflected by market prices. This holds especially for human intermediated markets because of the risk that intermediaries like agency brokers might inform other clients about trading intentions [ScFr04]. Furthermore, the expected price appreciation has to be considered because it might convey information about the momentum of the security to be traded. Finally this information can be enriched by statistics for volatility as well as stock classifications like the affiliation to momentum or value growth stocks or the membership to indices that can lead to rapid price movements preceding index reconstructions [KiGl03]. The importance of the three order dimensions *order size* for market impact costs, *information leakage risk* as well as *urgency* in form of execution speed are further stressed by the results of the Schwartz and Steil survey [ScSt02] concerning the assessment of execution quality by chief investment officers which is depicted on the right of table 2.

### 3.2.2 Order classification within operational Order-Channel Management

With the three classification parameters at hand, we group orders to a total of six classes depicted on the next page in table 3. In a first step small orders are separated because they require less care to prevent market impact. Among these *low touch orders* there is no need for differentiation by information leakage risk because of their low information content. Thus only two further subcategories remain: The first contains *passive low touch orders* with a low level of execution urgency, that can be implemented via liquidity providing means like limit orders. The second class constitutes *active low touch orders* with a higher level of execution urgency which

		leakage risk	
		low	high
size	small	passive low touch order	
	large	strategic trading	high touch order
		low urgency	

		leakage risk	
		low	high
size	small	active low touch order	
	large	not applicable	urgent high touch order
		high urgency	

Table 3: Characterization of orders. On the left the order dimension *low urgency* is highlighted, whereas on the right the order dimension *high urgency* is presented.

implies active trading. Among large orders with a low level of execution urgency two additional classes can be specified: Orders with a low leakage risk belong to the class of orders resulting from *strategic trading* like those for share buy-back programs. Orders with higher leakage risk constitute the class of *high touch orders* because they require much attention during their implementation. Finally large orders with a high level of execution urgency can be subdivided into two additional categories: While the parameter setting of high urgency and low leakage risk is reasonably not existent (*not applicable*), orders with a high leakage risk constitute to the class of *urgent high touch orders* being the toughest order type.

### 3.2.3 Order constraints

Orders might also incorporate constraints which can be constituted already by the order data itself. These constraints narrow the number of possible execution paths or trading venues as well as the available trading models for a stock. In this context benchmarks like the Volume Weighted Average Price (VWAP) or Arrival Price (AP) are common parameters which are used especially by buy-side companies for an internal execution evaluation or when routing their orders to brokers. Reference prices are also used to measure implementation shortfall [Lehm03], but are not without critique [ScWo03], especially when the overall market moves in an unfavorable direction. Finally, orders can contain restrictions in form of predefined execution styles (e.g. provided by the portfolio managers of an investment fund company), dependencies on venues and proprietary handling instructions. For example in the left part of table 2 the fact is outlined that traders direct 26% of their orders to brokers as a means of rewarding them for non-trading related services like good research [ScSt02].

## 4 Illustration of actual order handling in operational Order-Channel Management

For the day-to-day handling of operational OCM we propose a subdivision into three phases that are passed by each order. First, *orders have to be classified* according to the three key order characteristics as already depicted in section 3.2.2. Second, the actual *order-channeling*

*decision* has to take place. In the final step order execution should be controlled which enables *reactions to observed outcomes*.

#### **4.1 Order classification**

The first step is the concrete classification of orders based on the three order characteristics defined in section 3.2.1 and the scheme depicted in section 3.2.2. For this purpose, rules as well as processes should be established that try to achieve a non-overlapping segregation. Here, IT infrastructure plays a crucial role for the processing of market data like daily volumes (e.g. for the comparison of order size to ADV), volatility as well as liquidity which are all required within the order classification.

A tight coordination between fund management and the trading desk enables an integrated optimization of this part of the security value chain and thus helps to achieve higher trading success. First, it increases the traders' insight to the motivation of investment decisions which helps them to quantify and mitigate the information leakage risk more appropriately. Second, as the emphasis concerning short and long-term alphas becomes available to the trading desk also the determination of the level of execution urgency should improve.

Together with further instructions (e.g. target trading strategies), a Pre-Trade Analysis should be performed and orders are supposed to be mapped to the corresponding classes. During this step, IT-based tools like artificial neural networks might also be incorporated in order to enforce automation in the classification process. Depending on the class, the number of suitable as well as usable venues is narrowed. The final mapping on an order by order basis and the 'channeling' is done in the following step.

#### **4.2 Actual order-channeling**

The actual order-channeling depends on the assignment of individual orders to the order classes. Processing of large *order size* requires usage of multiple liquidity pools. Therefore, state-of-the-art technology allows liquidity consolidation concerning location and time. The former is enabled by advanced Smart Order Routing software seeking hidden liquidity pools [HaId03] whereas the latter can be accomplished by manual as well as automated slicing strategies. In this context, Domowitz and Yegerman have shown that current Algorithmic Trading solutions are not suitable for all kinds of orders yet, as their investigations have identified a performance breakdown for order sizes above 10% of the ADV [DoYe05].

A common strategy to reduce the *information leakage risk* is to hide the complete trading interest or to show only smaller parts. This can be established by using stealth trading techniques that are supported by agency brokers or Algorithmic Trading. Another applicable technique is to select venues which offer an appropriate value proposition, e.g. pre-trade, trade as well as post-trade anonymity.

Finally, for orders with a high *level of execution urgency* a Pre-Trade Analysis shall be utilized to calculate or at least estimate a trade-off between immediacy and opportunity costs and thus to determine an optimized execution strategy.

Based on these general remarks, we focus on the order/strategy types identified in section 3.2.2. *Passive low touch orders* allow the usage of all venues. To optimize the achieved price and therefore trading revenues, passive strategies via limit orders or venues providing price improvement opportunities might be incorporated. In contrast, *active low touch orders* require a more aggressive execution via market or marketable limit orders<sup>10</sup> on venues offering immediacy. Further, *strategic trading* can also benefit from a passive realization throughout a longer period across several venues. As a single release of a *high touch order* would cause a significant market impact, one might initially try to cross them [NaSk03] and if this fails use slicing techniques, splitting the actual order into e.g. hourly or daily packages that can be handled similar to low touch orders. However, an extended execution period bears the risk of opportunity costs and thus has to be continuously tracked. As buy orders tend to convey more information than sell orders [ChLa95], their implementation should incorporate additional techniques to reduce information leakage. Finally for *urgent high touch orders*, constituting the hardest type, automated strategies are not suitable yet. Instead, the full order size or at least large parts of these orders shall be delegated to a broker to whom a trusted relationship has been build up and who either provides a principal bid or who is sophisticated enough to work the order or to 'smoke out' desired liquidity via IOIs within the given time frame.

### 4.3 Reaction to order-channeling outcomes

As, due to their size, orders from Institutional Investors are far from fire-and-forget tasks *continuous tracking* till their final completion is required. A *readjustment* of a stealth execution strategy becomes necessary when information disseminates or the order cannot be filled. Further exceptional market changes require also strategy reviews. Under such circumstances brokers typically inform their clients while some automated solutions might fail to achieve this and thus require manual tracking and intervention capabilities.

Beside strategy revisions, order-channeling outcomes should be incorporated in a comprehensive *Post-Trade Analysis* that evaluates execution quality relative to the predefined price benchmarks and adjusts the parameters for the actual strategy selection. Simulations based on historical market data allow to evaluate alternative channels. An example in this context is the Penn-Lehman Automated Trading Project that uses real-time data from US ECNs for the investigation of automated trading strategies [KeOr03].

---

<sup>10</sup>buy (sell) order with a limit equal or above (below) the best offer(bid)



## 5 Conclusion

For Institutional Investors, new technology-driven execution opportunities allow for self-directed trading and a greater independence from their brokers, their traditional channels for order execution. Thus, the complexity of their trading desks' tasks and infrastructure increases as they face upcoming execution venues, technology developments as well as new trading strategies. The management of this complexity requires a structured approach.

Our paper extends the existing literature on Institutional Equity Trading by introducing the concept of *Order-Channel Management* (OCM) providing a framework for Institutional Investors both on a *strategic* and on an *operational level* (section 3). First, strategic OCM addresses management issues regarding execution venues, connectivity, trading software, traders as well as technical infrastructure (section 3.1) and thus provides the framework for operational OCM on an order by order basis in daily operations. For the latter we have introduced a classification scheme that maps orders into five classes along the three dimensions of order size, information leakage risk and level of execution urgency (section 3.2). Finally, we have outlined how operational OCM can be implemented within three phases (section 4).

As a future research topic, we will empirically validate our framework - that was derived based on bilateral interviews and industry screening - via a series of structured case studies. Further, we intend to analyze strategic and operational topics like Pre- and Post-Trade Analysis for the evaluation of execution quality, especially on multiple venues.

### Acknowledgment:

We thankfully acknowledge the support of the *E-Finance Lab*, Frankfurt for this work.

## References

- [AhCC98] *Ahn, H.J.; Cao, C.Q.; Choe, H.:* Decimalization and competition among stock markets: Evidence from the Toronto Stock Exchange cross-listed securities. In: *Journal of Financial Markets* 1, (1998), pp. 51–87.
- [AnCM05] *Anand, A.; Chakravarty, S.; Martell, T.:* Empirical evidence on the evolution of liquidity: Choice of market versus limit orders by informed and uninformed traders. In: *Journal of Financial Markets* 8, (2005), pp. 289–309.
- [AnWe04] *Anand, A.; Weaver, D.G.:* Can order exposure be mandated? In: *Journal of Financial Markets* 7, (2004), pp. 405–426.
- [BaHJ00] *Battalio, R.; Hatch, B.; Jennings, R.:* Dimensions of Best Execution for Market Orders: Assessing Differences between the NYSE and the Nasdaq Third Market. Working Paper, 2000.

- [BaHo01] *Battalio, R.; Holden, C.W.*: A simple model of payment for order flow, internalization, and total trading cost. In: *Journal of Financial Markets* 4, (2001), pp. 33–71.
- [BeVe04] *Bessembinder, H.; Venkataraman, K.*: Does an electronic stock exchange need an upstairs market? In: *Journal of Financial Economics* 73, (2004), pp. 3–36.
- [BeWe06] *Bennett, P.; Wei, L.*: Market structure, fragmentation, and market quality. In: *Journal of Financial Markets* 9, (2006), pp. 49–78.
- [BGHJ02] *Battalio, R.; Greene, J.; Hatch, B.; Jennings, R.*: Does the Limit Order Routing Decision Matter? In: *The Review of Financial Studies* 15, (2002), pp. 159–194.
- [BiHS95] *Biais, B.; Hillion, P.; Spatt, C.*: An Empirical Analysis of the Limit Order Book and the Order Flow in the Paris Bourse. In: *The Journal of Finance* 50, (1995), pp. 1655–1689.
- [BIOS05] *Bloomfield, R.; O’Hara, M.; Saar, G.*: The ”make or take” decision in an electronic market: Evidence on the evolution of liquidity. In: *Journal of Financial Economics* 75, (2005), pp. 165–199.
- [Boeh05] *Boehmer, E.*: Dimensions of execution quality: Recent evidence for US equity markets. In: *Journal of Financial Economics* 78, (2005), pp. 553–582.
- [BSHvdS06] *Bikker, J.; Spierdijk, L.; Hoevenaars, R.; van der Sluis, P.J.*: Forecasting market impact costs and identifying expensive trades. Working paper, 2006.
- [Chak01] *Chakravarty, S.*: Stealth-trading: Which traders’ trades move stock prices? In: *Journal of Financial Economics* 61, (2001), pp. 289–307.
- [ChLa95] *Chan, L.K.C.; Lakonishok, J.*: The Behavior of Stock Prices Around Institutional Trades. In: *The Journal of Finance* 50, (1995), pp. 1147–1174.
- [DeFo98] *Demarchi, M.; Foucault, T.*: Equity Trading Systems in Europe. A survey of recent changes. Working Paper, 1998.
- [dJNR95] *de Jong, F.; Nijman, T.; Röell, A.*: A comparison of the cost of trading French shares on the Paris Bourse and on SEAQ International. In: *European Economic Review* 39, (1995), pp. 1277–1301.
- [DoYe05] *Domowitz, I.; Yegerman, H.*: The Cost of Algorithmic Trading: A First Look at Comparative Performance. In: *Algorithmic Trading - Precision, Control, Execution* , (2005), pp. 26–34.
- [FoKK01] *Foucault, T.; Kadan, O.; Kandel, E.*: Limit Order Book as a Market for Liquidity. Working Paper, 2001.
- [FoLe01] *Foucault, T.; Lescourret, L.*: Information Sharing, Liquidity and Transaction Costs in Floor-Based Trading Systems. Working Paper, 2001.
- [GoGW05] *Gomber, P.; Gsell, M.; Wraniak, A.*: Algorithmic Trading - Maschinen auf Finanzmärkten. In: *Die Bank Sonderausgabe zur E.B.I.F.*, (2005), pp. 40–45.

- [GoSe05] *Gomber, P.; Seitz, J.*: Neue Transparenzregeln für den Wertpapierhandel in Europa. In: *DIW - Quarterly Journal of Economic Research* , (2005), pp. 153–166.
- [GoST04] *Gomber, P.; Schweickert, U.; Theissen, E.*: Zooming in on Liquidity. In: 31st Annual Meeting of the European Finance Association, 2004.
- [GrHR03] *Grammig, J.; Heinen, A.; Rengifo, E.*: An analysis of order submissions on the Xetra trading system using multivariate time series of counts. Working Paper, 2003.
- [GSTW00] *Griffiths, M.D.; Smith, B.F.; Turnbull, D.A.S.; White, R.W.*: The costs and determinants of order aggressiveness. In: *Journal of Financial Economics* 56, (2000), pp. 65–88.
- [HaBJ01] *Hatch, B.; Battalio, R.; Jennings, R.*: Post-Reform Market-Order Execution Quality: Multidimensional Comparisons Across Market Centers. In: *The Financial Review* 38, (2001), pp. 123–152.
- [HaId03] *Hallam, N.; Idelson, N.*: Breaking the Barriers A Technological Study of the Obstacles to Pan-European Best Execution in Equities. Tech. rep., Traderserve Limited, 2003.
- [Harr03] *Harris, L.*: *Trading and Exchanges: Market Microstructure for Practitioners*. Oxford University Press, New York, 2003.
- [HMSS02] *Hollifield, B.; Miller, R.A.; Sandas, P.; Slive, J.*: Liquidity Supply and Demand in Limit Order Markets. CEPR Discussion Paper No. 3676, 2002.
- [HoRa02] *Hong, H.; Rady, S.*: Strategic trading and learning about liquidity. In: *Journal of Financial Markets* 5, (2002), pp. 419–450.
- [JoLi99] *Jones, C.M.; Lipson, M.L.*: Execution Costs of Institutional Equity Orders. In: *Journal of Financial Intermediation* 8, (1999), pp. 123–140.
- [KeKo98] *Kempf, A.; Korn, O.*: Trading System and Market Integration. In: *Journal of Financial Intermediation* 7, (1998), pp. 220–239.
- [KeMa97] *Keim, D.B.; Madhavan, A.*: Transaction costs and investment style: an inter-exchange analysis of institutional equity trades. In: *Journal of Financial Economics* 46, (1997), pp. 265–292.
- [KeOr03] *Kearns, M.; Ortiz, L.*: The Penn-Lehman Automated Trading Project. In: *IEEE Intelligent Systems* , (2003), pp. 22–31.
- [KiGl03] *Kissell, R.; Glantz, M.*: *Optimal Trading Strategies: Quantitative Approches for Managing Market Impact and Trading Risk*. AMACOM, New York, 2003.
- [Kind05] *Kindermann, S.*: *Liquiditäts- und Effizienzmessung im Aktienhandel*. Deutscher Universitätsverlag , 2005.
- [LeFL01] *Lee, Y.T.; Fok, R.C.; Liu, Y.J.*: Explaining Intraday Pattern of Trading Volume from the Order Flow Data. In: *Journal of Business Finance and Accounting*, 28, (2001), pp. 199–230.

- [Lehm03] *Lehmann, B.N.*: What we measure in execution cost measurement. In: *Journal of Financial Markets* 6, (2003), pp. 227–231.
- [LLRS04] *Lee, Y.T.; Liu, Y.J.; Roll, R.; Subrahmanyam, A.*: Order imbalances and market efficiency: evidence from the Taiwan stock exchange. In: *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 39, (2004), pp. 327–342.
- [Madh02] *Madhavan, A.*: Implementation of Hedge Fund Strategies. In: *Hedge Fund Strategies Fall Issue*, (2002), pp. 74–80.
- [McCl04] *McCleskey, S.*: *Achieving Market Integration. Best Execution, Fragmentation and the Free Flow of Capital.* Butterworth-Heinemann, Oxford, 2004.
- [NaSk03] *Naes, R.; Skjeltorp, J.A.*: Equity trading by institutional investors: Evidence on order submission strategies. In: *Journal of Banking and Finance* 27, (2003), pp. 1779–1817.
- [O’Ha98] *O’Hara, M.*: *Market Microstructure Theory.* Blackwell Publishers, 1998.
- [PaSe03] *Parlour, C.A.; Seppi, D.J.*: Liquidity-Based Competition for Order Flow. In: *The Review of Financial Studies* 16, (2003), pp. 301–343.
- [Rami06] *Ramistella, A.*: *Crossing Networks: Bringing Back Large Block Trades to Institutional Trading.* Tech. rep., Tower Group, Inc, 2006.
- [ScFr04] *Schwartz, R.A.; Francioni, R.*: *Equity Markets in Action: The Fundamentals of Liquidity, Market Structure & Trading.* Wiley Trading, New Jersey, 2004.
- [ScSt02] *Schwartz, R.A.; Steil, B.*: Controlling Institutional Trading Costs. In: *The Journal of Portfolio Management* Spring, (2002), pp. 39–49.
- [ScWo03] *Schwartz, R.A.; Wood, R.A.*: Best Execution - A candid analysis. In: *The Journal of Portfolio Management* Summer, (2003), pp. 37–48.
- [Thei00] *Theissen, E.*: Market structure, informational efficiency and liquidity: An experimental comparison of auction and dealer markets. In: *Journal of Financial Markets* 3, (2000), pp. 333–363.
- [Wagn06] *Wagner, W.H.*: Creating A Hierarchy of Trading Desicions. In: *The Journal of Trading* 1, (2006), pp. 6–11.
- [YaJi06] *Yang, J.; Jiu, B.*: Algorithm Selection: A Quantitative Approach. In: *Algorithmic Trading II - Precision, Control, Execution* , (2006), pp. 26–34.

# IT-Architekturmanagement in Banken

## Ergebnisse einer leitfadengestützten Expertenbefragung

Christian Schmidt, Peter Buxmann  
Fachgebiet Information Systems  
Technische Universität Darmstadt  
Hochschulstr. 1, 64289 Darmstadt  
{schmidt, buxmann}@is.tu-darmstadt.de

Zbynek Sokolovsky  
iED Consulting GmbH  
Karl-Hermann-Flach-Str. 36, 61440 Oberursel  
zbynek.sokolovsky@ied-consulting.de

### Abstract

In der Praxis setzt sich zunehmend die Auffassung durch, dass die Zukunftsfähigkeit komplexer Informationssystemlandschaften auf Dauer nur durch ein kontinuierliches Management auf Architekturebene zu gewährleisten ist. Viele Banken investieren daher verstärkt in den Aufbau eines entsprechenden Architekturmanagements (AM). In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer Expertenbefragung zum Entwicklungsstand von AM in der deutschsprachigen Kreditwirtschaft vorgestellt. Danach ist AM fast in allen befragten Häusern als eigene Funktion etabliert. Im Hinblick auf Ziele und Aufgaben existiert bisher jedoch noch kein einheitliches Verständnis. Dennoch sind in vielen Fällen bereits erste Erfolge sichtbar. Dies gilt vor allem im Hinblick auf ein nachhaltiges Komplexitäts- und Kostenmanagement.

## 1 Einführung

Viele Unternehmen verfügen heute über komplexe und heterogene Informationssystemlandschaften. Dies gilt in besonderer Weise für Banken, die aufgrund der Informationsintensität ihrer Produkte und Prozesse traditionell eine hohe Durchdringung mit Informationstechnologie (IT) aufweisen.

In der Praxis schlägt sich die Komplexität der bankbetrieblichen IT-Landschaften oft in erheblichen Wartungs- und Betriebskosten, einem hohen Änderungsaufwand (häufig mit mangelnder "Flexibilität" umschrieben) sowie letztlich in einem schlechten Business-IT-Alignment<sup>1</sup> nieder. Die Entwicklung der Bank-IT kann daher in vielen Fällen nicht mehr mit den bankpolitischen Anforderungen schritthalten.<sup>2</sup> Diese Problematik konnte bisher auch durch die Auslagerung von Teilen der Informationsverarbeitung sowie durch einen stärkeren Einsatz von Standardsoftware nicht grundsätzlich beseitigt werden.

In Banken setzt sich daher zunehmend die Auffassung durch, dass die Zukunftsfähigkeit der IT auf Dauer nur durch eine systematische und langfristig orientierte Planung und Steuerung auf Gesamtarchitekturebene gewährleistet werden kann. Viele Institute haben hierzu innerhalb der letzten Jahre in den Auf- bzw. Ausbau eines (IT-) Architekturmanagements (AM) investiert.

AM ist eine vergleichsweise junge Disziplin, für die sich bis heute keine allgemein anerkannten Standards herausgebildet haben. In der Praxis mangelt es daher oft an einem gemeinsamen Verständnis und einer klaren Orientierung. Eine theoretische Aufarbeitung des Themengebietes hat bislang nur in Ansätzen stattgefunden; zudem gibt es nur wenige empirische Untersuchungen zur Verbreitung und Ausgestaltung von AM in der Praxis sowie zu den dabei erzielten Wirkungen. Letzteres wiegt umso schwerer vor dem Hintergrund der oft erheblichen Anlauf- und Overheadkosten von AM.

Das vorliegende Forschungsvorhaben soll dazu beitragen, diese Lücke zu schließen. In einem ersten Schritt wurde daher eine Expertenbefragung in Unternehmen der deutschsprachigen Kreditwirtschaft durchgeführt. Ziel der Untersuchung war eine explorative Analyse des Entwicklungsstandes von AM in der Praxis. Dabei sollten insbesondere auch die bisherigen Erfahrungen im Hinblick auf Wirkungen, Probleme und Erfolgsfaktoren von AM ermittelt werden. Neben einer deskriptiven Bestandsaufnahme sollten die Untersuchungsbefunde darüber hinaus als Ausgangspunkt für die Formulierung von Hypothesen dienen.

Im Folgenden werden zentrale Ergebnisse der Untersuchung vorgestellt. Dabei wird in Abschnitt 2 zunächst ein Überblick zu den bereits bestehenden Forschungsarbeiten gegeben. Anschließend wird in Abschnitt 3 das Untersuchungsdesign erläutert. Es folgt die Darstellung der empirischen Befunde (Abschnitt 4). Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse sowie einigen Schlussfolgerungen.

---

<sup>1</sup> Der Begriff Alignment wird hier im Sinne von "Kohärenz zwischen Unternehmensstrategie und IT" gebraucht.

<sup>2</sup> So gelten die bestehenden Informationssystemlandschaften von Banken auch als ein wesentliches Hindernis für eine weitere Industrialisierung der Finanzwirtschaft.

## 2 Literaturübersicht

Das Themengebiet (Unternehmens-) Architektur ist traditionell durch eine gewisse begriffliche Unschärfe und Heterogenität gekennzeichnet. Eine Ursache hierfür kann in der vergleichsweise großen inhaltlichen Vielfalt gesehen werden, die sich auch in den unterschiedlichen Forschungsströmungen widerspiegelt. So stehen etwa bei den zahlreichen Ansätzen zur Unternehmensmodellierung [z. B. Sche91; FeSi95] integrierte Modelle des Unternehmens bzw. des Unternehmens-Informationssystems im Mittelpunkt der Betrachtung. "Unternehmensarchitekturen" werden hier primär als strategisches Planungsinstrument angesehen. Andere Strömungen fokussieren stärker auf Aspekte der Interoperabilität und Standardisierung [z. B. BYDH03]. Gemäß dieser Sichtweise werden Unternehmensarchitekturen als Rahmenwerke innerbetrieblicher Richtlinien und Standards für den IT-Einsatz aufgefasst. Breite Anwendung erfährt der Architekturbegriff schließlich auch auf dem Gebiet des Software Engineering [z. B. IEEE00]. Neben einer statischen Betrachtung rückt in Literatur und Praxis zunehmend das kontinuierliche Management von IT- bzw. Unternehmensarchitekturen in den Blickpunkt [Wint05]. Nach [Hafn05, 79ff.] kann ein solches *Architekturmanagement (AM)* als Teilfunktion des Informationsmanagements angesehen werden, welche die langfristige Steuerbarkeit der Informationssystemlandschaft sicherstellen soll.

Im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Forschung standen in der Vergangenheit vor allem die Entwicklung von Architektur-Frameworks sowie entsprechender Modellierungsmethoden [z. B. Zach87; Sche91]. Empirische Untersuchungen sind dagegen bisher kaum zu finden. Diese sind zudem meist auf Teilaspekte wie die Analyse bestehender Ist-Architekturen [z. B. Mehl03], die Verbreitung bestimmter Architekturformen [z. B. BChP05] oder die Anwendung von Integrationstechnologien [z. B. AiSc05] beschränkt. Nur wenige Arbeiten haben sich bisher mit AM als Disziplin bzw. als betrieblicher Funktion beschäftigt. Dabei überwiegen Erfahrungsberichte aus der Unternehmenspraxis [z. B. Gaer04, Penz04]. Darüber hinaus wurden von einigen Forschern Fallstudien durchgeführt. So analysiert etwa [Hafn05] die Ansätze zum AM in drei Unternehmen der Finanzindustrie im Hinblick auf die dort eingesetzten Vorgehensmodelle. Ferner betrachtet [Pulk06] die Entscheidungsprozesse bei der Unternehmensarchitekturplanung von drei finnischen Unternehmen. Weiterhin untersuchen [MaGH04] den Einsatz von Enterprise Architecture Frameworks im Bereich der öffentlichen Verwaltung. [BYDH03] schließlich analysieren anhand von zwei Fallstudien aus der Finanzwirtschaft den Einfluss bestimmter organisatorischer Rahmenbedingungen auf die Erreichung der verfolgten Architekturziele.

Unter einer *Architektur* wird im Folgenden in Anlehnung an [IEEE00] die grundlegende Organisation eines existierenden oder geplanten Systems im Hinblick auf einen oder mehrere relevante Systemaspekte verstanden. Mit *IT-Architektur* wird die Architektur der gesamten Informationssystemlandschaft bezeichnet ("Architecture in the Large"). Die Begriffe *Enterprise Architecture* bzw. *Unternehmensarchitektur* werden dagegen im Sinne von "Architektur des Unternehmens" verwendet. Unter *AM* wird schließlich eine Teilfunktion des Informationsmanagements verstanden, welche die ganzheitliche Steuerung der IT-Architektur zum Gegenstand hat.

### 3 Forschungsdesign

Um der explorativen Zielsetzung der Untersuchung und der Heterogenität des Untersuchungsgegenstandes gerecht zu werden, wurde ein qualitativer Forschungsansatz auf Basis leitfadengestützter Experteninterviews [GILa04] gewählt. Die Identifikation der Experten erfolgte dabei mit Hilfe einer Suchmaschinen-Recherche. Auf diese Weise konnten insgesamt 28 Kandidaten ermittelt werden. Diese wurden anschließend per E-Mail über das Forschungsvorhaben informiert und um einen entsprechenden Interviewtermin gebeten. Von den angeschriebenen Personen erklärten sich 14 zu einer Studienteilnahme bereit.

Obwohl die Untersuchungsgruppe keine repräsentative Stichprobe darstellt, konnte mit ihr dennoch ein relativ breites Spektrum der deutschsprachigen Kreditwirtschaft abgedeckt werden. So haben insbesondere Vertreter aller drei großen deutschen Bankengruppen (Sparkassensektor, Genossenschaftssector, privater Sektor) an der Studie teilgenommen. Die Untersuchungsgruppe umfasste darüber hinaus drei Institute aus der Schweiz. Zu den Teilnehmern gehörten sowohl Universal- als auch verschiedene Spezialbanken; sechs Institute verfügten zum Zeitpunkt der Befragung über eine Bilanzsumme von mehr als 300 Mrd. €. Abgerundet wird das Spektrum durch drei auf Banken spezialisierte IT- bzw. Outsourcing-Dienstleister.<sup>3</sup>

Bei den Interviewpartnern handelte es sich meist um die jeweiligen AM-Leiter<sup>4</sup> der betreffenden Unternehmen. In einigen Fällen waren die Teilnehmer auch Leiter von Teilfunktionen innerhalb des AM. Bei großen Konzernen existiert oft kein konzernübergreifendes AM. Die Interviewpartner repräsentieren hier zum Teil nur spezifische Sparten bzw. Regionen.<sup>5</sup> Die übrigen

---

<sup>3</sup> Streng genommen handelt es sich hierbei um branchenfremde Unternehmen. Diese wurden aufgrund der vergleichbaren Problemstruktur (Management bankbetrieblicher IT-Architekturen) mit in die Studie einbezogen.

<sup>4</sup> Z. B. "Leiter Architekturmanagement", "Leiter IT Architektur" oder "Leiter Enterprise Architecture".

<sup>5</sup> Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich hier entsprechend auch nur auf diese Konzernteile.



Teilnehmer kamen überwiegend aus dem höheren IT-Management bis hin zum Gesamtleiter IT. Die Studiendurchführung erfolgte zwischen Dezember 2005 und März 2006. Im Verlauf wurden 14 Einzelinterviews mit einer Dauer von ca. 1,5 bis 3 Stunden geführt. Die Gesprächspartner wurden dabei zunächst über Ziel und Ablauf des Interviews aufgeklärt. Der anschließende formale Teil wurde mit Hilfe eines Leitfadens strukturiert. Dieser umfasste unter anderem die Themenfelder Organisation, Ziele, Aufgaben, Instrumente, Wirkungen, Probleme und Erfolgsfaktoren des AM. Dabei wurden vor allem offene Fragen gestellt. Auf diese Weise sollten möglichst viele unterschiedliche (und ggf. unerwartete) Informationen erfasst werden.

Die Dokumentation der Interviews erfolgte über Notizen in einem Dokumentationsbogen und anschließendes Gedächtnisprotokoll. Auf eine Tonbandaufzeichnung wurde aufgrund der zu erwartenden schlechten Akzeptanz verzichtet. Für die Datenauswertung wurde eine Form der qualitativen Inhaltsanalyse eingesetzt [GILa04, 191ff.].

## **4 Empirische Ergebnisse**

AM ist in allen befragten Häusern ein wichtiges und sehr aktuelles Thema. Entsprechende Funktionen wurden oft erst innerhalb der letzten ein bis drei Jahre aufgebaut. Die Entwicklung ist dabei in vielen Fällen noch nicht abgeschlossen. Einige Institute verfügen auch bereits über längerjährige Erfahrungen. Im Laufe der Zeit kam es dort aber aufgrund einer zu großen Praxisferne häufig zu einem sukzessiven Akzeptanz- und Bedeutungsverlust des AM ("Elfenbeinturmbildung"). Erst innerhalb der letzten Jahre erfolgte dann eine Wiederbelebung.

Die von den einzelnen Unternehmen verfolgten Ansätze unterscheiden sich zum Teil erheblich. Unterschiede gibt es nicht nur bezüglich der Form der Implementierung (Abschnitte 4.1 und 4.3) und der eingesetzten Mittel (Abschnitt 4.4), sondern bereits auf der Ebene der verfolgten Ziele (Abschnitt 4.2). So orientieren sich bisher auch nur wenige Häuser an bestehenden Standards wie z. B. *TOGAF* [TheO03]. Interessanterweise stuft die Mehrheit der Teilnehmer die Reife ihrer AM-Implementierung trotzdem als mittel bis hoch ein. Dies erstaunt umso mehr als spezielle Reifegradmodelle des AM so gut wie unbekannt sind und bisher in keinem der befragten Unternehmen zum Einsatz kommen.

Trotz aller Unterschiede wird AM von allen Teilnehmern als ein Kernprozess angesehen, welcher nicht ausgelagert werden kann.

Im Folgenden werden die Ergebnisse ausgewählter Themenfelder im Detail vorgestellt.

## 4.1 Organisation

Fast alle befragten Unternehmen verfügen über ein institutionalisiertes AM (12 Fälle). In Großkonzernen bestehen dabei oft weitgehend autonome Teil-Organisationen für verschiedene Konzernbereiche. Dies überrascht angesichts des ganzheitlichen Anspruches von AM.

Die verschiedenen Organisationsformen lassen sich zunächst danach klassifizieren, inwieweit das AM über eine eigene Primär- und / oder Sekundärorganisation verfügt (vgl. Tab. 1).

Anzahl Fälle			Sekundärorganisation		Σ
			mit Entscheidungsgremien	ohne Entscheidungsgremien	
Primär- organisation	mit regulären Organisations- einheiten	zentrales Team	1	2	3
		föderative Struktur	4	2	6
		dezentrale Teams	0	1	1
	ohne reguläre Organisationseinheiten	2	2	4	
Σ			7	7	14

Tab. 1: Organisationsformen des Architekturmanagements

Von den teilnehmenden Instituten besitzen derzeit zehn eine eigene Primärorganisation. Diese ist in der Regel als IT- bzw. Operations-Querschnittsfunktion ausgelegt. Die Zahl der regulär beschäftigten Mitarbeiter liegt dabei typischerweise zwischen fünf und zehn. In Einzelfällen existieren auch AM-Organisationen mit bis zu 60 Mitarbeitern. Kleinere Häuser verfügen dagegen oft nur über einen einzelnen "IT-Architekten", welche alle Aufgaben in sich vereint.

Die Ansätze mit Primärorganisation können weiterhin nach dem Grad und den Kriterien der Zentralisierung bzw. Dezentralisierung differenziert werden. Bei den befragten Unternehmen lassen sich hier drei spezifische Ausprägungen unterscheiden: Im einfachsten Fall existiert lediglich eine integrierte Organisationseinheit. Vor allem in größeren Häusern werden die zentralen Teams darüber hinaus oft durch dezentrale Architekten (bzw. Architekturgruppen) ergänzt. Diese werden meist bestimmten Teilsegmenten der IT-Landschaft zugeordnet und der zentralen Einheit funktional unterstellt ("föderative Organisation"). In einer dritten Variante schließlich wird das AM in unabhängige Teilgruppen für die verschiedenen Architekturebenen unterteilt.

Die Hälfte der befragten Unternehmen verfügt weiterhin über eine Sekundärorganisation bestehend aus ein oder mehreren Entscheidungsgremien (z. B. "Architekturboard"). Viele andere Institute planen die Einführung solcher Gremien. Diese werden vorwiegend zur Verabschiedung von Architekturänderungen (z. B. Aufnahme eines neuen Standards, Abnahme eines Bauungsplanes) sowie für die Entscheidung über die Architekturkonformität von Änderungsvor-

haben eingesetzt. Sie sollen die Einbindung aller für eine erfolgreiche Implementierung relevanten Stellen ermöglichen und überdies eine querschnittliche Sichtweise fördern.

Beim Versuch, die Organisationskonzepte der befragten Unternehmen anhand der vorgenannten Kriterien in Gruppen einzuteilen, zeigt sich ein vergleichsweise heterogenes Bild (vgl. Tab. 1). Am weitesten verbreitet ist unter den teilnehmenden Instituten ein Ansatz mit föderativer Primärorganisation und zusätzlichen Entscheidungsgremien (aktuell 4 Fälle, mehrere in Planung). Als ein wesentlicher Vorteil dieses "schwergewichtigen" Ansatzes können die gute "Verankerung" des AM im Unternehmen sowie eine hohe Skalierbarkeit gelten. Dem steht jedoch auch ein vergleichsweise großer Personal- und Koordinationsaufwand entgegen.

Ein alternatives Modell stellt der zur Zeit von zwei Teilnehmern verfolgte "leichtgewichtige" Ansatz dar. Hierbei wird bewusst auf eine Primärorganisation verzichtet und stattdessen lediglich eine Koordination der ansonsten dezentral zuständigen IT-Einheiten auf Gremienebene vorgenommen. Dieser Ansatz kann als eine Reaktion auf negative Erfahrungen mit zu restriktiven und praxisfernen Architekturgruppen verstanden werden. Dem Vorteil geringer Kosten und einer hohen Problemorientierung stehen hier allerdings auch gewichtige Nachteile entgegen. So räumt eines der betroffenen Unternehmen ein, dass aufgrund der fehlenden Primärorganisation oft notwendige operative Aufgaben nicht (bzw. nicht fristgerecht) erledigt werden können.

## **4.2 Ziele**

Die befragten Unternehmen verfolgen mit dem AM zum Teil sehr unterschiedliche Ziele. Oft herrscht diesbezüglich auch eine gewisse Unsicherheit. Stringente Zielsysteme können nur von den wenigsten Häusern angegeben werden. Dies überrascht angesichts knapper IT-Budgets und der ohnehin bestehenden Legitimationsproblematik von AM (vgl. Abschnitt 4.6).

Als Hauptziele des AM werden am häufigsten eine Senkung der IT-Kosten, eine Erhöhung der IT-Effizienz und / oder eine Steigerung der IT-Produktivität angegeben (zusammen 8 Fälle). Sechs Unternehmen nennen weiterhin eine Erhöhung der IT-Flexibilität als wichtiges AM-Ziel. Damit soll vor allem der Zeitaufwand zur Implementierung neuer fachlicher Anforderungen (und insbesondere von Produktinnovationen) nachhaltig gesenkt werden ("Time-to-Market").

Viele weitere der genannten Ziele lassen sich ebenfalls direkt oder indirekt auf das Bestreben zur Verbesserung von IT-Effizienz und / oder IT-Flexibilität zurückführen. Dies gilt etwa für eine Reduktion der IT-Komplexität (4 Fälle), eine stärkere Standardisierung (2 Fälle), die Erhöhung der Wiederverwendung (2 Fälle) oder eine Verkürzung der Entwicklungszeiten (1 Fall).

Während viele Teilnehmer angeben, mit dem AM der eher kurzfristig und auf partikuläre Interessen ausgerichteten Business-Sichtweise eine systemübergreifende und zukunftsorientierte Betrachtung entgegensetzen zu wollen, betonen andere explizit die Business-Orientierung ihres Ansatzes. Für diese Unternehmen stellt daher vor allem auch die Erhöhung des Business-IT-Alignments ein Kernziel von AM dar (2 Fälle).

Einige Teilnehmer nennen schließlich generische Ziele wie eine ganzheitliche Planung und Optimierung des IT-Einsatzes oder die Umsetzung der IT-Strategie (jeweils 2 Fälle). Weiterhin wird die Schaffung von Transparenz als ein wichtiges Teilziel von AM angesehen (4 Fälle).

### **4.3 Aufgaben**

Zur Erreichung der verfolgten Ziele wird von den für das AM zuständigen Stellen und Gremien eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben wahrgenommen. Die Angaben der Interviewpartner wurden hier zu den in Abb. 1 dargestellten Aufgabenkategorien verdichtet. Dabei erfolgte in Anlehnung an [Niem05, 24] eine Unterteilung in operative und strategische Aufgaben.

#### *4.3.1 Strategische Aufgaben*

Eine wichtige Aufgabe des AM sehen viele Teilnehmer zunächst in der Dokumentation ihrer IT-Architektur (9 Fälle). Hierbei werden üblicherweise unterschiedliche Architektursichten unterschieden (vgl. Abschnitt 4.4.1). In acht Unternehmen wird darauf aufbauend eine systematische Architekturplanung durchgeführt. Dies beinhaltet meist die Entwicklung entsprechender Soll-Architektur-Modelle. Davon ausgehend werden in einigen Unternehmen spezielle Architekturprogramme zur gezielten Transformation der IT-Architektur geplant und gesteuert.

Als weitere wichtige Aufgaben von AM werden die Mitwirkung an der IT-Planung (und hier insbesondere dem Portfoliomanagement) sowie die Informationsversorgung gegenüber IT- und Business-Management genannt. In manchen Häusern umfasst das AM darüber hinaus Aufgaben aus dem Bereich des Technologiemanagements (z. B. Technology-Life-Cycle-Management).

#### *4.3.2 Operative Aufgaben*

Fast alle Institute nehmen weiterhin einer Regulation ihrer Prozesse zur Entwicklung bzw. Bereitstellung neuer Anwendungslösungen vor. So werden in 13 der 14 Unternehmen Standards definiert, welche von den durchgeführten Entwicklungs- bzw. Veränderungsvorhaben einzuhalten sind (vgl. Abschnitt 4.4.3). Die Verbindlichkeit der Vorgaben und die vorhandenen Kontrollmechanismen unterschieden sich dabei von Haus zu Haus. Zum Teil existieren hierzu for-

male Prüf- und Abnahmeprozesse, welche zu bestimmten Meilensteinen entsprechende "Architektur-Checks" vorschreiben.<sup>6</sup> Eine vollständige Abdeckung wird dabei jedoch nur von wenigen Häusern erreicht; zum Teil wird bewusst eine Quote von nicht mehr als 70 - 80 % angestrebt. Im Hinblick auf die Einhaltung der Standards müssen weiterhin häufig Zugeständnisse gemacht werden.<sup>7</sup> Verstöße werden nur selten formell sanktioniert.

Strategische Aufgaben		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dokumentation und Analyse der Ist-Architektur (+++)</li> <li>■ Planung der Soll-Architektur (++)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Planung und Steuerung der Architektur-Transformation (++)</li> <li>■ Informationsversorgung / Mitwirkung an der IT-Planung (++)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Technologie-management und Umfeldanalyse (+)</li> <li>■ Definition des Architekturframeworks / Metaaufgaben (++)</li> </ul>
Operative Aufgaben		
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Definition von Architekturstandards (+++)</li> <li>■ Entwicklung und Pflege wiederverwendbarer Komponenten (+)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Architekturkommunikation (Publikation, Schulung, Beratung) (++)</li> <li>■ Projektarbeit / Entwicklung von Projektarchitekturen (++)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prüfung der Architekturkonformität von Änderungsvorhaben (+++)</li> </ul>

+ bis zu 4 Nennungen    ++ zwischen 5 und 8 Nennungen    +++ mehr als 8 Nennungen

Abb. 1: Aufgaben des Architekturmanagements

Um die Anwendung und Akzeptanz der Standards zu fördern, werden oft auch verschiedene Maßnahmen der Kommunikation ergriffen (z. B. Publikationen, Schulungen).<sup>8</sup> Zum Teil wird darüber hinaus operative Projektarbeit geleistet. Das AM kann dabei insbesondere aktiv an der Architekturentwicklung auf Projektebene ("Architecture in the Small") mitwirken.<sup>9</sup> In einigen Häusern werden durch das AM schließlich auch wiederverwendbare Komponenten bereitgestellt (z. B. bankfachliche Komponentenbibliotheken, Services, Frameworks etc.). Insgesamt gesehen setzen die Unternehmen bei der Ausgestaltung des AM unterschiedliche Schwerpunkte. Das volle Aufgabenspektrum wird bisher nur von wenigen Instituten abgedeckt.

<sup>6</sup> Z. B. wurden in einer Großbank im vergangenen Jahr über 300 Projekte auf Architekturkonformität geprüft.

<sup>7</sup> So lag die Ausnahmekquote in einer teilnehmenden Großbank im vergangenen Jahr bei ca. 3 %. Ein vergleichbares Institut nennt sogar eine Quote von ca. 20 %.

<sup>8</sup> In einem Unternehmen werden sogar monatlich stattfindende Informations-Events veranstaltet. Ferner ist dort die Einführung von "Pflichtschulungen" geplant.

<sup>9</sup> In manchen Fällen werden für Projektarbeit sogar über 50 % der AM-Kapazitäten allokiert.

## 4.4 Instrumente

Bei der Aufgabenerfüllung bedienen sich die befragten Unternehmen unterschiedlicher Konzepte, Methoden und Werkzeuge. Diese wurden hinsichtlich ihres primären Verwendungszweckes in die Gruppen allgemeine Ordnungsinstrumente, Instrumente der Dokumentation und Planung sowie Instrumente der Standardisierung unterteilt.

### 4.4.1 Allgemeine Ordnungsinstrumente

Fast alle befragten Institute verwenden einen konzeptionellen *Ordnungsrahmen* zur Strukturierung ihrer Aktivitäten im AM. Am weitesten verbreitet ist dabei eine Unterteilung nach Techniknähe in die Ebenen Businessarchitektur, Anwendungsarchitektur und Infrastrukturarchitektur. Zum Teil werden auch weitere – hierzu orthogonale – Sichten verwendet.<sup>10</sup>

Der gewählte Ordnungsrahmen bildet in der Regel die Grundlage für die Architekturplanung und -dokumentation. Beim Einsatz eines Metadaten-Repositories (s. Abschnitt 4.4.2) determiniert er daher auch die Grobstruktur eines entsprechenden Metamodells. Er dient darüber hinaus oft als Vorlage für die Binnenorganisation des AM. So werden z. B. häufig Untergruppen oder Rollen nach den Elementen des Ordnungsrahmens definiert (z. B. "Anwendungsarchitekt").

Unabhängig von dem verwendeten Ordnungsrahmen nehmen neun der 14 befragten Unternehmen eine (vertikale) Segmentierung ihrer IT-Landschaft vor. Die Segmente werden dabei in der Regel als *Domänen* bezeichnet. Die Domänenbildung erfolgt meist nach fachlichen Kriterien. Sie dient in erster Linie der Komplexitätsbeherrschung. So werden die Domänen meist als Planungseinheiten verwendet, für welche separate Architekturpläne erstellt werden können. Weiterhin werden den einzelnen Domänen oft spezifische Architekturstandards zugeordnet. Vor allem in großen Unternehmen wird die Verantwortung für die Architekturkonformität dabei häufig auf spezielle Mitarbeiter (bzw. Rollen) übertragen ("Domänenarchitekten").

Die Segmentierung bildet schließlich oft auch die Grundlage für eine technische Entkopplung der einzelnen Landschaftssegmente. Hierzu werden entsprechende Dienste-Schnittstellen auf den Domänengrenzen definiert. Auf diese Weise soll insbesondere die Wartbarkeit der Informationssystemlandschaft erhöht werden. Ferner soll so die Umsetzung strategischer Management-Entscheidungen (z. B. Verkauf von Unternehmensteilen) erleichtert werden.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Gebräuchlich ist insbesondere die Betrachtung von Informations-, Integrations-, Sicherheits-, Entwicklungs- sowie Betriebsarchitekturen.

<sup>11</sup> Dabei sollen die Clustergrenzen im Idealfall als "Sollbruchstellen" dienen. Die Praktikabilität dieses Konzeptes ist unter den Teilnehmern allerdings umstritten.

Das Prinzip der *Serviceorientierung* findet auch über die Domänenentkopplung hinaus breite Anwendung. So werden in vielen Instituten zentrale Dienste definiert, die von anderen Anwendungen bzw. Diensten genutzt werden können. Damit soll insbesondere die Wiederverwendung gefördert werden. Außerdem sollen auf diesem Wege ähnliche Daten und Funktionen zentralisiert und entsprechende Redundanzen in der Systemlandschaft abgebaut werden.

#### 4.4.2 Instrumente der Dokumentation und Planung

Als Grundlage der Architekturdokumentation und -planung verwalten alle befragten Unternehmen strukturierte (Meta-) Daten über die Elemente und Beziehungen innerhalb ihrer IT- bzw. Unternehmensarchitektur. Art und Umfang dieser *Metadatenverwaltung* unterscheiden sich von Haus zu Haus. Am unteren Ende der Skala rangieren einfache – in der Regel isolierte – Verzeichnisse der eingesetzten Architekturkomponenten. So verfügen etwa alle teilnehmenden Institute über ein Inventar ihrer Anwendungssysteme. Verbreitet sind außerdem Verzeichnisse der im Einsatz befindlichen Infrastrukturelemente sowie der geltenden Standards.

Das obere Ende der Skala bilden weitgehend integrierte Datenbestände unter Einbeziehung der Businesssebene. Dabei werden insbesondere auch die Querbeziehungen zwischen den verschiedenen Architekturebenen erfasst (z. B. von Anwendungen unterstützte Prozesse). Zudem können Entwicklungsprojekte und die durch diese verursachten Änderungen abgebildet werden. Dieser Entwicklungsstufe lassen sich bislang allerdings nur wenige Institute zurechnen.

Als Werkzeuge zur Metadatenverwaltung verwenden die Unternehmen in erster Linie Eigenentwicklungen. Dabei handelt es sich oft um relativ einfache Datenbankanwendungen. Kommerzielle *Enterprise Architecture Tools* sind dagegen bis jetzt kaum im Einsatz.<sup>12</sup> Sie werden darüber hinaus nur selten voll ausgenutzt. Die Datenpflege erfolgt in der Regel manuell; nur wenige Häuser verfügen über eine (teil-) automatisierte Datenversorgung.

Die meisten Unternehmen verwenden weiterhin grafische *Architekturmodelle* zur Visualisierung verschiedener Sichten der Ist- und / oder Soll-Architektur. Diese stellen nicht zuletzt auch ein wichtiges Mittel der Kommunikation zwischen den verschiedenen Stakeholdern dar. Je nach Gegenstand und Zielgruppe kommen zum Teil sehr unterschiedliche Darstellungsformen zum Einsatz. So stehen etwa auf der Ebene der Anwendungsarchitektur Cluster- und Matrix-Modelle im Vordergrund.<sup>13</sup> Cluster-Modelle werden vor allem zur grafischen Repräsentation der bestehenden Domänenstruktur (s. Abschnitt 4.4.1) verwendet. Die einzelnen Informationssysteme

---

<sup>12</sup> Als ein Grund hierfür werden unter anderem zu hohe (nicht vertretbare) Lizenzkosten genannt.

werden dabei durch Rechtecke symbolisiert, welche räumlich zu Clustern gruppiert werden. Matrix-Modelle erlauben dagegen eine strukturierte Darstellung einer Anwendungslandschaft entlang von zwei nominal-skalierten Attribute-Dimensionen. Die einzelnen Informationssysteme werden hierzu ebenfalls in Form von Rechtecken symbolisiert, welche anhand ihrer spezifischen Merkmalsausprägung auf einer zweidimensionalen Matrix positioniert werden. Am weitesten verbreitet sind dabei unter den befragten Unternehmen Gliederungen nach unterstützten Prozess- bzw. Wertschöpfungsstufen einerseits sowie Bankprodukten andererseits.



Abb. 2: Instrumente der Standardisierung

Auf den übrigen Architekturebenen überwiegen einfache, graphenorientierte Modelltypen. Die Architekturelemente werden dabei in der Regel durch Rechtecke und die zwischen diesen bestehenden Beziehungen durch entsprechende Verbindungslinien repräsentiert. UML oder spezielle Architektursprachen kommen so gut wie nicht zum Einsatz.

Als Modellierungswerkzeuge nutzen die meisten Unternehmen einfache Office-Tools. Modellierung und Modellpflege erfolgen dabei in der Regel manuell. Die Ablage der Modelle geschieht meist unstrukturiert auf einem File-Server.<sup>14</sup> Nur in wenigen Fällen werden die Architekturmodelle mit Hilfe der eingesetzten Metadaten-Repositories erzeugt und verwaltet.

#### 4.4.3 Instrumente der Standardisierung

Die befragten Institute nutzen weiterhin verschiedene Instrumente zur Standardisierung ihrer Entwicklungsprozesse. Hinsichtlich des Standardisierungsgegenstandes lassen sich dabei Input-, Output- und Prozess-Standards unterscheiden (s. Abb. 2) [s. auch BaAX04, 3756].

Fast alle befragten Unternehmen verwenden Architekturprinzipien (13 Fälle). Hierbei handelt es sich um allgemeine Grundsätze und Verfahrensregeln, welche bei der Durchführung von Ände-

<sup>13</sup> [LaMW05] verwenden für solche Modelle den Oberbegriff "Softwarekarten".

<sup>14</sup> In einer Bank erstrecken sich allein die Modelle der Infrastruktur-Architektur auf über 150 Präsentationsfolien.



nungsvorhaben einzuhalten sind. Architekturprinzipien werden oft über mehrere Hierarchieebenen operationalisiert und können alle drei Standardisierungsdimensionen adressieren. Die meisten Unternehmen verwenden weiterhin Standardkataloge (12 Fälle). Darin werden die im Rahmen der (Neu-) Entwicklung (bzw. Beschaffung) zulässigen Technologien und Produkte festgelegt. Knapp die Hälfte der befragten Unternehmen nutzt darüber hinaus Referenzarchitekturen (6 Fälle). Hierunter werden vordefinierte Architektur-Templates für bestimmte Systemklassen verstanden (z. B. Referenzarchitektur für Vertriebssysteme). In einigen Häusern wird schließlich auch die Entwicklungsmethodik durch das AM festgelegt. Zum Teil werden Prinzipien, Standardkomponenten, Referenzarchitekturen und Entwicklungsmethoden zu ganzen "Standardplattformen" verknüpft (z. B. Java-Plattform, Mainframe-Plattform). Erklärtes Ziel ist dabei eine weitgehende Standardisierung von Entwicklungs- und Produktionsprozessen.

#### **4.5 Wirkungen**

Als beobachtete Wirkung von AM nennen sechs der befragten 14 Unternehmen eine Reduktion der Komplexität ihrer IT-Landschaft. So konnten in einigen Fällen die Anzahl von Anwendungen, Schnittstellen und / oder Plattformen deutlich verringert werden. Hierzu wurden teilweise aber auch entsprechende Konsolidierungsprojekte durchgeführt. In anderen Häusern konnte immerhin eine Begrenzung des Komplexitätswachstums erreicht werden.

Sechs Unternehmen berichten weiterhin über eine Senkung der IT-Kosten. So konnten in einem Fall über einen Zeitraum von ca. fünf Jahren Netto-Einsparungen in Höhe von 100 - 200 % des währenddessen eingesetzten AM-Aufwandes realisiert werden. In zwei anderen Häusern sind dagegen bisher vorwiegend zusätzliche Kosten entstanden. Dies wird einerseits auf Anlaufkosten, andererseits aber auch auf Wirkungsverzögerungen zurückgeführt.

Als Erfolg von AM wird außerdem häufig eine Erhöhung der Transparenz angegeben (6 Fälle). Eine Ursache hierfür ist in den durch das AM aufgebauten Dokumentationsbeständen zu sehen. In einigen Unternehmen konnte mit Hilfe des AM ferner eine Steigerung der Entwicklungseffizienz bzw. eine Reduktion der Durchlaufzeiten bewirkt werden (3 Fälle). Von einer Erhöhung der IT-Flexibilität wird hingegen nur in einem Fall explizit berichtet.

Insgesamt fällt es den befragten Unternehmen schwer, konkrete Wirkungen des AM anzugeben. Zum einen wird hierfür der zurückliegende Wirkungszeitraum oft noch als zu kurz angesehen. So erwarten einige Teilnehmer nachhaltige Ergebnisse erst mit einer Wirkungsverzögerung von fünf bis zehn Jahren. Zum anderen haben die Unternehmen meist Schwierigkeiten bei der Messung des Architektur Erfolges. Probleme bereiten hier sowohl die Operationalisierung der oft

qualitativen Architekturziele als auch die effiziente Erhebung der für eine regelmäßige Messung erforderlichen Daten. Bei der großen Mehrheit der befragten Institute wird daher bisher keine systematische Erfolgsmessung durchgeführt. In den anderen Fällen überwiegen einfache Kennzahlen (z. B. Anzahl technischer Plattformen, Anzahl wiederverwendbarer Services). Dass eine weitergehende Operationalisierung und Messung von Architekturzielen prinzipiell möglich ist, zeigt das Beispiel einer Großbank. Hier wurde eine integrierte Architektur-Scorecard entwickelt, welche unter anderem Kennzahlen aus den Bereichen IT-Effizienz (z. B. Entwicklungskosten pro Use Case Point), IT-Flexibilität (z. B. Entwicklungsdauer pro Use Case Point) und Wiederverwendung (z. B. Anzahl Nutzer pro Service) beinhaltet. Darüber hinaus werden interne Steuerungsgrößen wie etwa die operative Architekturkonformität (Anteil der architekturkonformen Projekte pro Kalenderjahr) oder die Prozessleistung des AM (z. B. durchschnittliche Review-Dauer, Anzahl betreuter Projekte) betrachtet.

#### **4.6 Probleme und Erfolgsfaktoren**

Die Schwierigkeiten bei der Erfolgsmessung und die auftretenden Wirkungsverzögerungen schlagen sich oftmals in einem gewissen Legitimationsdruck des AM nieder. Verstärkt wird dies meist noch durch ein geringes Architekturverständnis auf Seiten der Fachbereiche sowie eine allgemeine Kultur der Kurzfristorientierung. Einen Ansatzpunkt zur Lösung dieser Problematik sehen viele Teilnehmer in verstärkten Bemühungen zur Messung und Kommunikation des AM-Erfolges. Andere Interviewpartner halten dies für unpraktikabel und empfehlen stattdessen eine konsequente Business-Orientierung des AM.

In vielen Unternehmen hat das AM weiterhin mit Akzeptanzproblemen bei den von seinen Maßnahmen betroffenen Mitarbeitern zu kämpfen. Als wichtigen Erfolgsfaktor nennen daher die meisten Häuser eine konsequente Praxisorientierung. Nach Ansicht vieler Teilnehmer spielt dabei neben intensiver Kommunikation vor allem auch die konkrete Unterstützung von Entwicklungsprojekten eine wesentliche Rolle. Das AM kann so insbesondere Feedback-Informationen hinsichtlich der praktischen Anwendbarkeit der definierten Standards aufnehmen. Als erfolgskritisch werden außerdem ein pragmatischer und kompromissbereiter Umgang mit den Stakeholdern sowie eine moderate Restriktivität angesehen.

Zur effektiven Durchsetzung der Architekturziele halten darüber hinaus viele Teilnehmer einen nachhaltigen Rückhalt durch IT und Business-Management für unverzichtbar. Als wichtige Erfolgsfaktoren gelten weiterhin eine angemessene Ressourcenausstattung und Organisation des AM, eine hohe Mitarbeiterqualifikation sowie ein effizienter Werkzeugeinsatz.

## 5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Gegenstand der vorliegenden Studie war eine explorative Untersuchung zum Status Quo des AM in der deutschsprachigen Kreditwirtschaft. Hierzu wurden insgesamt 14 Experteninterviews mit Vertretern aus der Praxis durchgeführt. Der gewählte Forschungsansatz ermöglichte es dabei, einen vergleichsweise großen Ausschnitt der Wirklichkeit zu erfassen, ohne jedoch auf die Vorteile qualitativer Methoden verzichten zu müssen. Aufgrund des Auswahlverfahrens und der geringen Fallzahl sind die Ergebnisse allerdings nicht ohne Weiteres verallgemeinerbar.

AM ist unter den befragten Instituten bereits weit verbreitet. Es ist dabei fast in allen Häusern als eigenständige Funktion etabliert und institutionalisiert. Gleichwohl stellt es eine relativ junge Disziplin dar, deren Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist. So unterscheiden sich die einzelnen Implementierungen zum Teil erheblich. Mögliche Ursachen hierfür können in einem differierenden Architekturverständnis sowie in unterschiedlichen Rahmenbedingungen liegen.

Der gemeinsame Kern aller Ansätze kann in der Wahrnehmung einer zentralen Koordinationsfunktion im Hinblick auf eine ganzheitliche und zukunftsorientierte Gestaltung und Steuerung der IT-Architektur gesehen werden. Die Unternehmen scheinen dabei in Abhängigkeit ihrer Situation jeweils unterschiedliche Koordinationsziele in den Vordergrund zu stellen. Am häufigsten werden in diesem Kontext die Erhöhung bzw. Aufrechterhaltung von IT-Effizienz und / oder IT-Flexibilität genannt. Primär auf die Lenkbarkeit der IT ausgerichtete Zielsysteme, wie sie z. B. von [Hafn05, 79ff.] vorgeschlagen werden, lassen sich somit nur zum Teil bestätigen.

Zur Erreichung der verfolgten Ziele werden von den befragten Unternehmen im Wesentlichen zwei (zueinander komplementäre) Koordinationsmechanismen eingesetzt. So ist auf der strategischen Ebene eine Koordination durch Planung vorherrschend. Gegenstand dieser Architekturplanung ist die Entwicklung integrierter Modelle der Soll-Architektur. Die Koordinationswirkung wird dabei vor allem über eine entsprechende Beeinflussung der Vorhabenplanung erzielt. Auf der operativen Ebene steht demgegenüber eine Koordination durch Standardisierung im Vordergrund. Hierzu werden allgemeine Regeln definiert, welche von den durchgeführten Änderungsvorhaben einzuhalten sind. Die Koordinationswirkung wird dabei entsprechend über eine Kontrolle der Standardkonformität erreicht.<sup>15</sup> Zum Zwecke der Komplexitätsbewältigung kommen darüber hinaus in beiden Fällen systemtechnische Konzepte "im Großen" zur Anwendung (z. B. Modularisierung, Kapselung, Entkopplung).

---

<sup>15</sup> Dabei spielt es keine Rolle, ob die entsprechenden Leistungen intern oder extern erbracht werden.

Erste Erfolge in den befragten Unternehmen deuten darauf hin, dass AM einen Beitrag zur Lösung der bestehenden Probleme leisten kann. Dies gilt vor allem im Hinblick auf ein nachhaltiges Komplexitäts- und Kostenmanagement. Auswirkungen auf die Flexibilität bzw. Steuerbarkeit der IT können auf Basis der vorliegenden Daten hingegen nicht belegt werden. Möglicherweise ist hierfür der Wirkungszeitraum noch zu kurz. Insgesamt scheinen bei der Implementierung von AM erhebliche Verzögerungen aufzutreten. Entsprechende Investitionen sollten daher als mittel- bis langfristig eingestuft werden.

Die Erfahrungen einiger Studienteilnehmer legen den Schluss nahe, dass der Erfolg von AM wesentlich von einer intensiven Kommunikation mit den Stakeholdern und einer konsequenten Praxisorientierung abhängt. Im Falle einer Überregulation droht dagegen die Gefahr eines Akzeptanz- und Bedeutungsverlustes. Ein nicht zu vernachlässigender Faktor kann darüber hinaus in der richtigen Organisation des AM gesehen werden. In größeren Unternehmen hat sich hierfür ein föderativer Ansatz mit zentralem Team und übergreifendem Architekturboard bewährt.

Bisher werden die Potentiale von AM in der Praxis kaum ausgeschöpft. Hierzu erscheint vor allem eine klarere Positionierung des AM innerhalb des Informationsmanagements notwendig. Dies könnte unter anderem durch die Definition stringenter Zielsysteme und den Einsatz entsprechender Kennzahlen zur Messung der Zielerreichung bewirkt werden. Auf diese Weise ließe sich die Rolle des AM stärken und die inhärente Legitimationsproblematik entschärfen. Optimierungspotential gibt es darüber hinaus vor allem im Bereich der Werkzeugunterstützung. So könnte die Effizienz des AM durch eine Integration der bisher oft isolierten Daten- und Dokumentationsbestände in einem zentralen Repository in vielen Häusern deutlich erhöht werden.

Tab. 2 zeigt beispielhaft einige vorläufige Arbeitshypothesen, welche aus den Studienergebnissen abgeleitet werden können. Diese sollen in einem nächsten Schritt zusammen mit weiteren Hypothesen einem empirischen Test unterzogen werden. Hierzu ist die Durchführung einer quantitativen Breitenstudie geplant.

H1	Unternehmen verfolgen mit AM unterschiedliche Koordinationsziele. Am weitesten verbreitet sind dabei eine Erhöhung bzw. Aufrechterhaltung von IT-Effizienz und / oder IT-Flexibilität.
H2	Unternehmen, welche die Entwicklung ihrer IT-Architektur in stärkerem Umfang durch Architekturplanung und Standardisierung koordinieren, weisen höhere Erreichungsgrade im Hinblick auf die verfolgten Architekturziele auf.
H3	Der Einfluss von Architekturplanung und Standardisierung auf die Erreichungsgrade der verfolgten Architekturziele ist von der jeweiligen Anwendungsdauer abhängig.

Tab. 2: Vorläufige Arbeitshypothesen (Auszug)

## Literaturverzeichnis

- [AiSc05] Aier, S.; Schönherr, M.: EAI als integrierendes Element einer nachhaltigen Unternehmensarchitektur. In: Aier, S.; Schönherr, M. (Hrsg.): Unternehmensarchitekturen und Systemintegration. Gito, Berlin 2005, S. 3-56.
- [BaAX04] Ball, N. L.; Adams, C. R.; Xia, W.: IS/IT Architecture: An Integrated View and Typology. In: Proc. 10th Americas Conference on Information Systems, New York, 2004. S. 3753-3761.
- [BCHP05] Baskerville, R.; Cavallari, M.; Hjort-Madsen, K.; Pries-Heje, J.; Sorrentino, M.; Virili, F.: Extensible Architectures: The Strategic Value of Service-Oriented Architecture in Banking. In: Proc. 13th European Conference on Information Systems, Regensburg, 2005. S. 1-12.
- [BYDH03] Boh, W. F.; Yellin, D.; Dill, B.; Herbsleb, J. D.: Effectively Managing Information Systems Architecture Standards: An Intra-Organization Perspective. In: Proc. MISQ Special Issue Workshop: Standard Making: A Critical Research Frontier for Information Systems, Seattle, 2003. S. 171-187.
- [FeSi95] Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.: Der Ansatz des Semantischen Objektmodells (SOM) zur Modellierung von Geschäftsprozessen. In: Wirtschaftsinformatik 37 (1995) 3, S. 209-220.
- [Gaer04] Gaertner, W.: Ansatz für eine erfolgreiche Enterprise Architecture im Bereich Global Banking Division / Global Transaction Banking IT and Operations der Deutschen Bank. In: Wirtschaftsinformatik 46 (2004) 4, S. 311-313.
- [GILa04] Gläser, J.; Laudel, G.: Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden 2004.
- [Hafn05] Hafner, M.: Entwicklung einer Methodik für das Management der IS-Architektur im Unternehmen. Dissertation, Hochschule St. Gallen, 2005.
- [IEEE00] IEEE Computer Society (Hrsg.): IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems – IEEE Std 1471-2000.

- [LaMW05] Lankes, J.; Matthes, F.; Wittenburg, A.: Softwarekartographie: Systematische Darstellung von Anwendungslandschaften. In: Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.; Eckert, S.; Isselhorst, T. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2005 – eEconomy, eGovernment, eSociety. Physica, Heidelberg 2005, S. 1443-1462.
- [MaGH04] Martin, N.; Gregor, S.; Hart, D.: Using a Common Architecture in Australian E-Government: The Case of Smart Service Queensland. In: Proc. 6th International Conference on Electronic Commerce, Delft, 2004. S. 516-525.
- [Mehl03] Mehla, J. I.: IT-Architekturen von Finanzdienstleistern. In: Bartmann, D. (Hrsg.): Bankinformatik 2004 – Strategien, Konzepte, Technologien für das Retail Banking. Gabler, Wiesbaden 2003, S. 203-219.
- [Niem05] Niemann, K. D.: Von der Unternehmensarchitektur zur IT-Governance – Bausteine für ein wirksames IT-Management. Vieweg, Wiesbaden 2005.
- [Penz04] Penzel, H. G.: Architekturmanagement aus der Sicht einer Großbank. In: Moor- mann, J.; Fischer, T. (Hrsg.): Handbuch Informationstechnologie in Banken. 2. Aufl., Gabler, Wiesbaden 2004, S. 111-130.
- [Pulk06] Pulkkinen, M.: Systemic Management of Architectural Decisions in Enterprise Architecture Planning. Four Dimensions and Three Abstraction Levels. In: Proc. 39th Hawaii International Conference on Systems Science, Kauai, 2006. S. 179.
- [Sche91] Scheer, A.-W.: Architektur integrierter Informationssysteme: Grundlagen der Unternehmensmodellierung. Springer, Berlin et al. 1991.
- [The003] The Open Group (Hrsg.): TOGAF (The Open Group Architecture Framework) V. 8.1 "Enterprise Edition". [www.opengroup.org/togaf](http://www.opengroup.org/togaf), Abruf am 2006-05-10.
- [Wint05] Winter, R.: Architektur braucht Management. In: Wirtschaftsinformatik 46 (2004) 4, S. 317-319.
- [Zach87] Zachman, J. A.: A Framework for Information Systems Architecture. In: IBM Systems Journal 26 (1987) 3, S. 276-292.

# MiFID-Readiness

## - Die Umsetzung der MiFID “Markets in Financial Instruments Directive“ in der deutschen Finanzindustrie -

Peter Gomber, Markus Gsell

Lehrstuhl für BWL, insb. e-Finance  
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main  
60054 Frankfurt/Main  
{gomber,gsell}@wiwi.uni-frankfurt.de

Claudia Reininger

Goethestr. 34  
63674 Altstadt  
claudia.reininger@t-online.de

### Abstract

Aktuell stellen die neue EU Richtlinie „Markets in Financial Instruments Directive“ (MiFID) und deren Umsetzungserfordernisse ein wichtiges Thema für die Finanzindustrie in Europa dar, da diese Richtlinie die Erbringung von Wertpapierdienstleistungen und den Wertpapierhandel europaweit grundlegend neu regelt und harmonisiert. Die MiFID ist ab dem 01. November 2007 anzuwenden und erfordert die Anpassung von Prozessen und IT-Systemen. Der vorliegende Beitrag präsentiert die Ergebnisse einer Umfrage unter deutschen Wertpapierfirmen bezüglich des Umsetzungsstatus der Projekte zur MiFID und die Haltung der Häuser zu den strategischen Potenzialen sowie den Nutzen bzw. Kosteneinschätzungen bezüglich der neuen Richtlinie.

### 1 Einleitung

*“Any ‘Lamfalussy’ Directive is complicated. With the MiFID, the stakes are high. The sums involved big. This has given the debate an added edge. Indeed, my services tell me that this may be the toughest securities law dossier they have ever had to deal with!”* [McCr05]. EU Binnenmarktkommissar McCreevy beschreibt hiermit nicht nur die Sicht der Kommission,

sondern er trifft auch die Einschätzung vieler Marktteilnehmer zur neuen „Richtlinie über Märkte für Finanzinstrumente“ („Markets in Financial Instruments Directive“, MiFID) [Euro04]. Diese ist am 30. April 2004 in Kraft getreten und wird nach Umsetzung in das jeweilige nationale Recht der Mitgliedsstaaten ab 01. November 2007 von Marktteilnehmern, d. h. den Wertpapierfirmen und Börsen, anzuwenden sein. Die MiFID ist die Kernmaßnahme des Financial Services Action Plan der EU. Ziele der MiFID sind Integration und Harmonisierung der Finanzmärkte in Europa, Stärkung des Investorenschutzes, die Sicherung von Marktintegrität und -transparenz sowie eine Ausdehnung der einbezogenen Finanzinstrumente und Wertpapierdienstleistungen im Vergleich zur Vorgängerrichtlinie der MiFID, der „Investment Services Directive“ (ISD) aus dem Jahr 1993 [Euro93]. Damit soll die neue Richtlinie die Veränderungen der letzten fast 15 Jahre in Bezug auf neue Finanzinstrumente, auf neue z. B. internetbasierte Geschäftsmodelle im Banking und Brokerage sowie in Bezug auf technologiebasierte Handelsmodelle/-plattformen auf regulatorischer Seite nachvollziehen. Mit dieser Maßnahme wird der Wertpapierhandel in Europa grundsätzlich neu geregelt. Hieraus ergeben sich neue Chancen, aber auch Anpassungsbedarf bezüglich der Prozesse und IT-Systeme von Wertpapierfirmen.

Die 73 Artikel der MiFID adressieren die Themenblöcke Wertpapierhandel und Markttransparenz, Organisations- und Compliance-Anforderungen sowie Wohlverhaltensregeln und Operations von Wertpapierfirmen und Marktplatzbetreibern. Im Themenblock Wertpapierhandel – der im Zentrum der MiFID und der nachfolgenden Ausführungen steht – wird erstmals eine umfassende und europaweit gültige Verpflichtung von Wertpapierfirmen zur „*kundengünstigsten Ausführung von Aufträgen (Best Execution)*“ eingeführt. Weiterhin werden für viele Mitgliedsstaaten (insbesondere Deutschland) neue Transparenzanforderungen speziell für die außerbörsliche Orderausführung definiert. Diese verlangen neben der Veröffentlichung und Meldung der Transaktionsdaten abgeschlossener Transaktionen (Post-Trade Transparenz) auch die Offenlegung von Daten zu Orders und Quotierungen (Pre-Trade Transparenz) und beinhalten neue Anforderungen an Prozesse und Marktdatensysteme.

Die Umsetzung der Richtlinie erfolgt nach dem so genannten Lamfalussy-Gesetzgebungsverfahren, das die Implementierung regulatorischer Maßnahmen im Bereich Finanzmärkte in vier Stufen (*levels*) gliedert. Mit der Veröffentlichung der MiFID als Rahmenrichtlinie am 30. April 2004 wurde Level 1 und damit der Basisrechtsakt auf EU-Ebene



abgeschlossen. Am 10. August 2006 wurden die technischen Durchführungsbestimmungen<sup>1</sup> in der zweiten Stufe (Level 2), die in einem intensiven Abstimmungsprozess zwischen den Gesetzgebungsorganen der EU, den nationalen Wertpapieraufsichtsbehörden und den Marktteilnehmern definiert wurden, erlassen. Parallel zu den Prozessen auf europäischer Ebene hat die Umsetzung der Richtlinienbestimmungen durch die Mitgliedstaaten über nationale Gesetzgebungsverfahren<sup>2</sup> zu erfolgen und soll bis zum 31. Januar 2007 abgeschlossen sein<sup>3</sup>. Die Marktteilnehmer müssen die Anforderungen ab dem 01. November 2007 erfüllen. EU Binnenmarktkommissar McCreevy unterstreicht, dass sich die Marktteilnehmer rechtzeitig vorbereiten müssen [Exch06]: *„MiFID is a ground-breaking piece of legislation. It will transform the landscape for the trading of securities and introduce much needed competition and efficiency. [...] All firms in the business should now prepare.“*

Ziel dieses Beitrags ist es, vor dem Hintergrund des näher rückenden Umsetzungstermins, den Umsetzungsstatus der MiFID in der deutschen Finanzindustrie aufzuzeigen und die Einschätzung deutscher Wertpapierfirmen bezüglich der Nutzeffekte der Kernanforderungen der MiFID einerseits und bezüglich der Umsetzungserfordernisse im Hinblick auf Prozesse und IT-Systeme andererseits darzustellen. Weiterhin werden der Informationsstand der Häuser, der Projekt-Aufbau sowie die erwarteten Auswirkungen auf interne Prozesse und IT-Strukturen erhoben. Methodisch basiert diese Arbeit auf einer empirischen Studie, die zwischen Dezember 2005 und Februar 2006 mittels eines strukturierten Fragebogens unter 193 deutschen Wertpapierfirmen durchgeführt wurde. Die Ergebnisse wurden den Teilnehmern am 24. April 2006 übermittelt und dienen dem Benchmarking des eigenen Umsetzungsstands.

Kapitel 2 stellt kurz die existierende Literatur sowie existierende europäische Studien zur Umsetzung der MiFID-Anforderungen dar und erläutert den Aufbau der hier durchgeführten Studie zur MiFID-Readiness der deutschen Finanzindustrie. Kapitel 3 präsentiert die Ergebnisse der Umfrage zu den Projektrahmendaten und Kostenschätzungen sowie Einschätzungen bezüglich der Kernthemen Best Execution und Markttransparenz. Abschließend fasst Kapitel 4 die Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf weitere Forschungsschritte.

---

<sup>1</sup> [Euro06a] und [Euro06b]

<sup>2</sup> Hierzu veröffentlichte im September 2006 das Bundesfinanzministerium einen Referentenentwurf [BuMF06].

<sup>3</sup> Level 3 dient der Gewährleistung einheitlicher Umsetzung und Anwendung durch Empfehlungen zu Auslegungsfragen durch das „Committee of European Securities Regulators“ (CESR), während in Level 4 die EU Kommission die Einhaltung der Rechtsvorschriften durch die Mitgliedstaaten überprüft und gegebenenfalls Vertragsverletzungsverfahren einleitet.

## **2 Existierende Literatur und Aufbau der MiFID-Studie für die deutsche Finanzindustrie**

Naturgemäß existieren aufgrund der Umsetzung der MiFID ab 01. November 2007 und der noch fehlenden empirischen Datengrundlage bisher nur wenige wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit Inhalten und Auswirkungen der MiFID befassen. Die vorhandene Literatur in diesem Kontext fokussiert daher auf die Darstellung der inhaltlichen Anforderungen und Auslegungen der MiFID-Vorschriften (z. B. [GoSe05], [CaLa06]) oder versucht durch Analogieschluss die Konsequenzen anderer marktstruktureller Veränderungen auf die MiFID zu übertragen (z. B. [AyDe05]). Erste Erkenntnisse bzgl. des Umsetzungsstands in den Unternehmen wurden bisher durch Umfragen von Industrieinitiativen und Beratungsunternehmen gewonnen. Insbesondere in Großbritannien wurden verschiedene Umfragen zur MiFID durchgeführt: Im September 2005 zeigte die von der „MiFID Joint Working Group“ durchgeführte Studie unter Londoner Investmentbanken [Full05] eine große Unsicherheit auf. Lediglich 24% verstanden die inhaltlichen Anforderungen der Regulierung hinreichend, um z.B. notwendige Maßnahmen für die Entwicklung und Umsetzung der Best Execution Anforderungen zu ergreifen. 80% der antwortenden Firmen hatten noch keine technologische Strategie für die Anforderungen der Markttransparenz-Vorschriften entwickelt. Die im November 2005 von Liquidnet Europe [Liqu05] unter seinen Mitgliedern durchgeführte Studie setzte den Fokus auf das Kosten-/Nutzenverhältnis der MiFID. Mehr als 55% der Befragten sahen in der MiFID hohe Umsetzungskosten und geringe Nutzeffekte für ihre Firma. Insgesamt betrachteten lediglich 39% die MiFID als eine mögliche Verbesserung im Vergleich zur aktuellen Wettbewerbssituation. Eine Studie von KPMG [KPMG06] im Februar 2006 unter 199 europäischen Wertpapierfirmen unterstrich den noch geringen Vorbereitungsstatus: Erst 48% der antwortenden Firmen hatten sich mit der MiFID beschäftigt, 44% erwarteten dennoch, die MiFID bis November 2007 umgesetzt zu haben. Der größte Nutzen der MiFID wurde von 37% der Firmen im Angebot grenzüberschreitender Wertpapierdienstleistungen gesehen, 24% sahen für ihre Firma keine Vorteile durch die neue EU Richtlinie.

Die Stichprobe der vorliegenden MiFID-Studie für die deutsche Finanzindustrie umfasst 193 Wertpapierfirmen, die sich aus den 100 größten Kreditinstituten (Jahr 2004) sowie den Handelsteilnehmern der drei umsatzstärksten deutschen Börsen (Frankfurt, Stuttgart,

München)<sup>4</sup> zusammensetzen. Der Fragebogen umfasst 33 Fragen mit bis zu neun Unterfragen. Verständlichkeit und Handhabbarkeit der Fragen wurden durch fünf Pre-Tests<sup>5</sup> überprüft. Die Befragung startete am 12. Dezember 2005 mit einem festgesetzten Auswertungstichtag am 10. Februar 2006 (Feldzeit: neun Wochen). Von den versendeten Fragebögen wurden 55 zurückgeschickt<sup>6</sup>, 28 davon in elektronischer Form, 27 Antworten schriftlich, was einer Rücklaufquote von 28,5% entspricht. Tabelle 1 zeigt den Rücklauf der Studie im Überblick:

Anzahl der kontaktierten Firmen	Anzahl der versandten Fragebögen	Fragebogenrücklauf (Absolut-/Prozentwert)
193	131	55 ≈ 28,5 %

Tab. 1: Rücklauf der MiFID-Studie

Ein Test der Repräsentativität bezüglich der Größenverteilung der Wertpapierfirmen in der Stichprobe ist positiv und diese kann damit bezüglich der Verteilung der Bilanzsumme als repräsentativ für die Grundgesamtheit eingestuft werden<sup>7</sup>. Abbildung 1 stellt die Struktur des Rücklaufs bezüglich der Geschäftstypen der befragten Häuser dar:

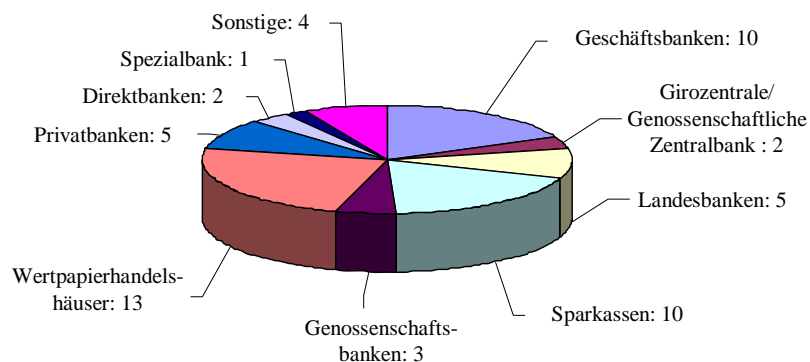


Abb. 1: Zusammensetzung der Wertpapierfirmen innerhalb des Rücklaufs

### 3 Zentrale Ergebnisse der Studie

Für die Auswertungen der Studie, wurden die teilnehmenden Wertpapierfirmen anhand zweier Dimensionen klassifiziert: i) die Größe anhand der Bilanzsumme der Unternehmen und ii) die

<sup>4</sup> Vgl. [Kars05]; vgl. [DeBöoJ]; vgl. [BöMüoJ]; vgl. [BöStoJ]

<sup>5</sup> Dadurch sollte erreicht werden, dass die Fragen für Wertpapierfirmen, die sich bereits mit der MiFID befasst haben, relevant sind und alle wichtigen Sachverhalte erfassen. Für Wertpapierfirmen, die sich noch nicht bzw. wenig mit der MiFID auseinandergesetzt haben, standen Allgemeinverständlichkeit und Klarheit der Fragestellung im Vordergrund.

<sup>6</sup> In einer telefonischen Kontaktaufnahme wurde vorab für die Teilnahme an der MiFID-Studie geworben, was in 131 Zustimmungen resultierte, den Fragebogen zu versenden.

<sup>7</sup> Der Wert der Irrtumswahrscheinlichkeit des Chi-Quadrat-Tests übersteigt mit 0,156 das üblicherweise geforderte Signifikanzniveau von 0,050, damit kann die Nullhypothese einer gleichen Verteilung in Stichprobe und Population nicht verworfen werden.

Selbsteinschätzung der Wertpapierfirmen bzgl. ihres Kenntnisstandes zur MiFID. In beiden Dimensionen wurden 3 Gruppen gebildet. Nach der Bilanzsumme lassen sich kleine (Gruppe K), mittlere (Gruppe M) und große Wertpapierfirmen (Gruppe G) unterscheiden, anhand des MiFID-Kennntnisstandes Wertpapierfirmen, die erst in der Informationssammlung sind (Gruppe A), Wertpapierfirmen, denen die Anforderungen der MiFID im Wesentlichen bekannt sind (Gruppe B), sowie Wertpapierfirmen, die mit der MiFID bereits sehr vertraut sind (Gruppe C). Tabelle 2 verdeutlicht, dass in allen Klassen von Unternehmensgrößen Häuser mit verschiedenen Informationsständen vorhanden sind. Statistisch konnte kein Zusammenhang zwischen den Dimensionen Unternehmensgröße und Informationsstand festgestellt werden<sup>8</sup>.

		Informationsstand			Summe
		A	B	C	
Unternehmensgröße nach Mrd. €Bilanzsumme	< 1 (Gruppe K)	6	7	2	15
	1 - 100 (Gruppe M)	15	10	2	27
	> 100 (Gruppe G)	2	7	4	13
Summe		23	24	8	

Tab. 2: Verteilung nach Informationsstand und Unternehmensgröße

Bei der weiteren Darstellung der Ergebnisse werden sowohl die Ergebnisse über alle antwortenden Häuser als auch relevante Abweichungen in den Ergebnissen bezüglich des MiFID-Kennntnisstandes (Gruppe A einerseits und Gruppen B&C der besser informierten Häuser andererseits) sowie bezüglich der Größenklassen K, M und G dargestellt. Auf Basis der Klassifizierung anhand der Dimensionen Unternehmensgröße und Informationsstand wurden die Antworten der Häuser auf Zusammenhänge mit dieser Klassifizierung hin untersucht. Hierzu wurde Goodman und Kruskals Gamma<sup>9</sup> und dessen Signifikanz berechnet. Signifikante Ergebnisse werden bei den jeweiligen Antworten erläutert. Für die folgenden Ausführungen werden die Antworten der Häuser zu 19 aus den insgesamt 33 Fragen einbezogen und dabei in die Themen Projektrahmendaten und Kostenschätzungen einerseits und Einschätzungen bezüglich der Kernthemen Best Execution und Markttransparenz andererseits gegliedert.

### 3.1 Projektrahmendaten und Kostenschätzungen

Bezüglich des geforderten Starttermins am 01. November 2007 stellt die folgende Tabelle 3 dar, welche Vorlaufzeiten die Wertpapierfirmen – aufgegliedert nach Unternehmensgröße – zur

<sup>8</sup> Für die beiden Klassifizierungsdimensionen Unternehmensgröße und Informationsstand selbst konnte nur ein schwacher positiver, jedoch nicht signifikanter Zusammenhang gefunden werden.

<sup>9</sup> Gamma ist ein Assoziationsmaß, das auf der Anzahl der Fehlorderungen einer Variablen basiert, die sich ergeben, wenn man nach einer zweiten Variable aufsteigend ordnet. Gamma kann Werte von -1 (totaler negativer Zusammenhang) bis +1 (totaler positiver Zusammenhang) annehmen. Für Gamma = 0 liegt keinerlei Zusammenhang vor. [BüZö02]

Umsetzung der MiFID insgesamt erwarten (Stand Februar 2006). Erwartungsgemäß steigt die notwendige Vorbereitungszeit mit der Unternehmensgröße an und beträgt für 8 Wertpapierfirmen über 18 Monate. 85,2% sehen eine Umsetzung innerhalb von 18 Monaten als realistisch an, d.h. die deutsche Finanzindustrie steht einer pünktlichen Implementierung der Anforderungen optimistisch gegenüber.

Frage: Wie viel Vorlaufzeit (in Monaten) halten Sie für erforderlich, um die Kern-Anforderungen der MiFID zu erfüllen? (n=54)

Bilanzsumme (in Mrd. €)	Vorlaufzeit in Monaten			
	1 – 6	6 – 12	12 – 18	> 18
<1 (Gruppe K)	3	7	5	0
1- 100 (Gruppe M)	3	11	9	3
> 100 (Gruppe G)	0	2	6	5
<b>Randhäufigkeit</b>	<b>6</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>8</b>

Tab. 3: Vorlaufzeit zur Umsetzung der MiFID insgesamt<sup>10</sup>

Die Dominanz von Softwareanbietern und Beratungsunternehmen als Dienstleister bei der Umsetzung des MiFID-Projekts (siehe Tabelle 4) kann durch die erforderlichen Änderungen in den Handelsprozessen und –systemen begründet werden. 46% der Wertpapierfirmen wollen keine Unterstützung durch externe Dienstleister in Anspruch nehmen.

Frage: Durch welche externen Dienstleister wird das Projekt unterstützt bzw. soll das Projekt unterstützt werden (mehrere Antworten möglich)? (n=50)

	Absolute Häufigkeit (Gesamt)	Relative Häufigkeit (Gesamt)	Absolute Häufigkeit (Gruppe A)	Relative Häufigkeit (Gruppe A)	Absolute Häufigkeit (Gruppe B&C)	Relative Häufigkeit (Gruppe B&C)
Beratungsunternehmen	11	22,0%	4	20,0%	7	23,3%
Anwaltskanzlei	10	20,0%	2	10,0%	8	26,7%
Softwareanbieter	12	24,0%	6	30,0%	6	20,0%
Informationsvendoren	2	4,0%	2	10,0%	0	0,0%
Makler/Broker	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Keine Unterstützung durch externe Dienstleister	23	46,0%	10	50,0%	13	43,3%
Sonstige	13	26,0%	3	15,0%	10	33,3%

Tab. 4: Externe Dienstleister

45 der befragten Wertpapierfirmen konnten bereits eine Schätzung der Gesamtkosten der Umsetzung der MiFID-Anforderungen in ihrem Unternehmen abgeben (siehe Tabelle 5). 57,8% aller Wertpapierfirmen (sogar 77,8% der Wertpapierfirmen aus der Gruppe A) schätzen ihre Umsetzungskosten kleiner als 0,5 Mio. € Insgesamt 80% der Befragten schätzen ihre Umsetzungskosten auf unter 1 Mio. € (94,5% in der Gruppe A). Auch die besser informierten Wertpapierfirmen (Gruppen B und C) schätzen zu 70,3% ihre Umsetzungskosten auf diesem

<sup>10</sup> Hier und im Weiteren wird bei den einzelnen Fragen auch die jeweilige Anzahl n der Wertpapierfirmen, die diese Frage beantwortet haben, angegeben.

niedrigen Niveau ein. Hier konnte ein positiver signifikanter Zusammenhang zwischen dem Informationsstand der antwortenden Unternehmen und den erwarteten einmaligen Umsetzungskosten gezeigt werden (Gamma = 0,616, Signifikanzniveau = 0,002). Lediglich 4,4% der insgesamt antwortenden Wertpapierfirmen schätzten ihre einmaligen Umsetzungskosten auf über 20 Mio. € Die Klassen 5 bis 10 Mio. € und 10 bis 20 Mio. € sind nicht besetzt. Ein etwas anderes Bild ergibt sich, wenn man die Antworten der Wertpapierfirmen nach der Unternehmensgröße getrennt betrachtet. Hierbei schätzen zwar auch 94,3% der kleinen und mittleren Unternehmen ihre einmaligen Umsetzungskosten kleiner als 1 Mio. € von den großen Unternehmen jedoch teilen nur 30% diese Einschätzung. Die Hälfte der großen Unternehmen schätzt die Kosten auf 1 bis 5 Mio. € Lediglich 20% der großen Unternehmen schätzen ihre Umsetzungskosten auf über 20 Mio. € Erwartungsgemäß konnte dabei ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und der erwarteten einmaligen Umsetzungskosten (Gamma = 0,8, Signifikanzniveau = 0) festgestellt werden.

Frage: Wie hoch schätzen Sie die Gesamtkosten in EUR (einmalige Umsetzungskosten) inkl. internen und externen Personalkosten für die Umsetzung der MiFID in Ihrem Unternehmen? (n=45)

	Absolute Häufigkeit (Gesamt)	Relative Häufigkeit (Gesamt)	Absolute Häufigkeit (Gruppe A)	Relative Häufigkeit (Gruppe A)	Absolute Häufigkeit (Gruppe B&C)	Relative Häufigkeit (Gruppe B&C)
< 500.000	26	57,8%	14	77,8%	12	44,4%
500.000 - 1 Mio.	10	22,2%	3	16,7%	7	25,9%
1 - 5 Mio.	7	15,6%	1	5,6%	6	22,2%
5 - 10 Mio.	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
10 - 20 Mio.	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
> 20 Mio.	2	4,4%	0	0,0%	2	7,4%

Tab. 5: Einmalige Umsetzungskosten

Knapp 70% der Wertpapierfirmen haben noch keine Budget-Planung für ein MiFID-Projekt vorgenommen (siehe Tabelle 6). Hier ist eine deutliche Diskrepanz zwischen den Wertpapierfirmen der Gruppe A und den Wertpapierfirmen aus den Gruppen B und C festzustellen.

Frage: Für welche Jahre wurden / werden Budgets zur Umsetzung der MiFID bereitgestellt (mehrere Antworten möglich)? (n=53)

	Absolute Häufigkeit (Gesamt)	Relative Häufigkeit (Gesamt)	Absolute Häufigkeit (Gruppe A)	Relative Häufigkeit (Gruppe A)	Absolute Häufigkeit (Gruppe B&C)	Relative Häufigkeit (Gruppe B&C)
Budget für 2005	1	1,9%	0	0,0%	1	3,2%
Budget für 2006	8	15,1%	2	9,1%	6	19,4%
Budget für 2007	16	30,2%	3	13,6%	13	41,9%
Noch keine Planung vorhanden	37	69,8%	19	86,4%	17	54,8%

Tab. 6: Budgetplanung

Erwartungsgemäß dominiert bei der Frage nach den inhaltlichen Themen, die die Unternehmen mit ihrem MiFID Projekt aktuell adressieren (siehe Tabelle 7), die Informationssammlung zum

Thema MiFID – was insbesondere dadurch begründet ist, dass die Level 2 Finalisierung und der nationale Umsetzungsprozess aktuell noch ausstehen. Auffällig hingegen ist, dass die Analyse der Auswirkungen auf Prozesse und IT über alle Gruppen hinweg von einer größeren Anzahl von Wertpapierfirmen adressiert wurde als die Analyse der Auswirkungen auf die Strategie. Die Wertpapierfirmen sehen die Anforderungen der MiFID bisher eher als eine regulatorische Pflicht, als eine strategische Chance im Wettbewerb.

Frage: Welche inhaltlichen Themen hat Ihr Haus adressiert (mehrere Antworten möglich)? (n=54)

	Absolute Häufigkeit (Gesamt)	Relative Häufigkeit (Gesamt)	Absolute Häufigkeit (Gruppe A)	Relative Häufigkeit (Gruppe A)	Absolute Häufigkeit (Gruppe B&C)	Relative Häufigkeit (Gruppe B&C)
Informationssammlung zur MiFID	50	92,6%	20	90,9%	30	93,8%
Planungsstatus des Projekts	20	37,0%	4	18,2%	16	50,0%
Analyse der Kundeninformation und rechtlichen Vertragsdokumentation	12	22,2%	2	9,1%	10	31,3%
Analyse der Auswirkungen auf Prozesse und IT	27	50,0%	5	22,7%	22	68,8%
Analyse der Auswirkungen auf die Strategie	17	31,5%	4	18,2%	13	40,6%
Durchführungsstatus des Projekts	6	11,1%	2	9,1%	4	12,5%

Tab. 7: Inhaltliche Themen

### 3.2 Einschätzungen bezüglich der Kernthemen Best Execution und Markttransparenz

Neben den Einschätzungen der Häuser zu den Projektrahmendaten wurden die Themen im Kontext Wertpapierhandel adressiert und im Folgenden werden die Antworten bezüglich der Kernthemen Best Execution und Markttransparenz aufgezeigt. Wertpapierfirmen werden mit der MiFID zur „kundengünstigsten Ausführung“ von Aufträgen verpflichtet („Best Execution“ gemäß Art. 21 MiFID) [Euro04]. Best Execution bezieht sich dabei nicht nur auf den Preis bzw. Kurs des Wertpapiers, sondern Wertpapierfirmen haben unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Parametern (u. a. Kurs, Kosten, Schnelligkeit, Umfang) alle angemessenen Maßnahmen zu ergreifen, um das bestmögliche Ergebnis für ihre Kunden zu erreichen. Dies ist in „Grundsätzen der Auftragsausführung (Best Execution Policy)“ einer Wertpapierfirma zu formulieren, die für jede Gattung von Finanzinstrumenten Angaben zu den Handelsplätzen, an denen die Wertpapierfirma Aufträge ihrer Kunden ausführt, und den Faktoren, die für die Wahl des Ausführungsplatzes ausschlaggebend sind, enthält. Für diese Best Execution Policy ist die vorherige Zustimmung der Kunden einzuholen (Art. 21(3) MiFID) und die Policy ist mindestens jährlich zu überprüfen. Insbesondere muss das Haus seinen Kunden ex post nachweisen können, dass es deren Aufträge im Einklang mit der Policy ausgeführt hat.

In diesem Kontext sehen 30,8% der Wertpapierfirmen in der Best Execution Policy selbst eine Differenzierungsmöglichkeit im Wettbewerb. Der Einsatz neuer Technologien und die Nutzung

neuer Geschäftsmodelle bei der Auftragsausführung werden mit jeweils 26,9% an zweiter Stelle genannt. 57,7% sehen diese Frage als für sie noch nicht relevant an (siehe Tabelle 8).

Frage: Wo sehen Sie Wettbewerbsmöglichkeiten, um sich mit Ihren Grundsätzen der Auftragsausführung gegenüber anderen Wertpapierfirmen differenziert zu positionieren (mehrere Antworten möglich)? (n=52)

	Absolute Häufigkeit (Gesamt)	Relative Häufigkeit (Gesamt)	Absolute Häufigkeit (Gruppe A)	Relative Häufigkeit (Gruppe A)	Absolute Häufigkeit (Gruppe B&C)	Relative Häufigkeit (Gruppe B&C)
In den Grundsätzen der Auftragsausführung selbst	16	30,8%	4	17,4%	12	41,4%
Anreize setzen, um Kundenweisungen abweichend von den Ausf.-Grundsätzen zu erhalten	6	11,5%	2	8,7%	4	13,8%
Neugestaltung von Preisen und Provisionssätzen	14	26,9%	4	17,4%	10	34,5%
Neue Geschäftsmodelle (z. B. Angebot neuer Wertpapierdienstleistungen)	10	19,2%	3	13,0%	7	24,1%
Einsatz neuer Technologien (z. B. für neue Order Routing Konzepte)	14	26,9%	4	17,4%	10	34,5%
Das ist für uns noch nicht relevant	30	57,7%	16	69,6%	14	48,3%
Eigene Ansätze	2	3,8%	0	0,0%	2	6,9%

Tab. 8: Wettbewerbsmöglichkeiten

Die Schätzungen für den Zusatzaufwand der Best Execution-Anforderungen verdeutlichen (siehe Abbildung 2), dass insbesondere die Umsetzung der Informationspflichten nach Art. 21(3) MiFID einen hohen Aufwand bedeuten - im Speziellen für große Unternehmen. Bezüglich des Aufwands für die Historisierung und Rekonstruktion der Daten zu Orderausführungen zum ex post-Nachweis der Ausführung gemäß Best Execution Policy kommt mehr als die Hälfte aller befragten Wertpapierfirmen zu eher niedrigen oder sehr niedrigen Aufwandsschätzungen.

Frage: Wie schätzen Sie den Zusatzaufwand für Ihr Unternehmen ein bezüglich der Anforderungen für die Grundsätze der Auftragsausführung?

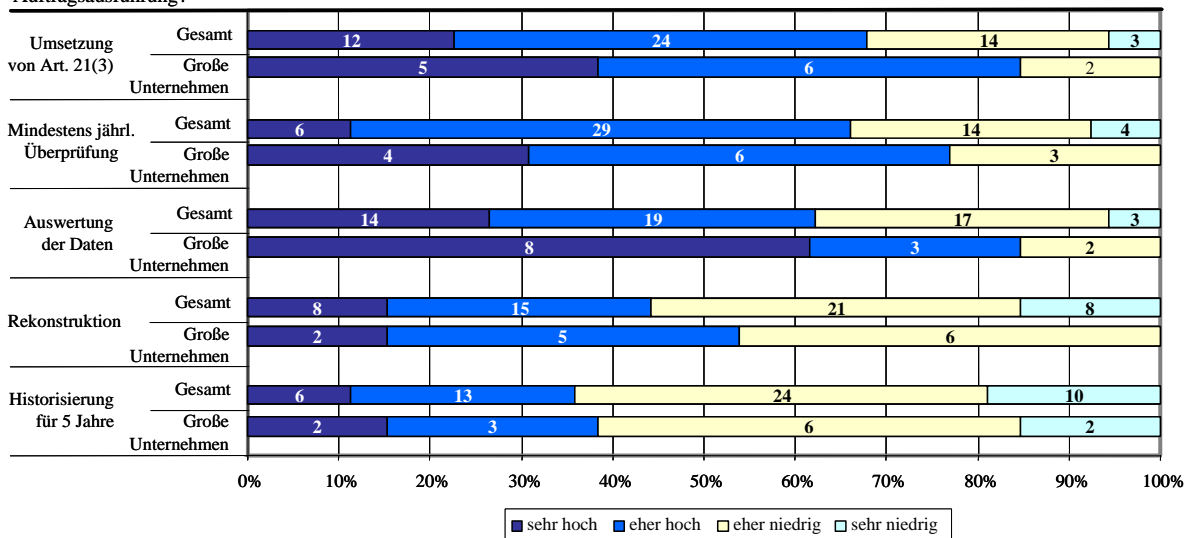


Abb. 2: Zusatzaufwand der Best Execution Anforderungen



Im Kontext des Themas Markttransparenz waren die Vorschriften des Art. 27 MiFID das zentrale Element der politischen Diskussion zur MiFID, da erstmals umfangreiche Transparenzanforderungen für systematische Internalisierer<sup>11</sup> vorgesehen werden, was für alle Finanzmärkte aller EU Mitgliedsstaaten eine grundlegende Neuerung darstellt. Gemäß Art. 27 sind systematische Internalisierer verpflichtet, verbindliche und zugängliche Kursofferten (sog. „Quotes“) für Transaktionen in liquiden Aktien zu veröffentlichen.

Die Einschätzungen zur Relevanz/Nützlichkeit der Vorschriften des Art. 27 weisen deutliche Unterschiede auf (siehe Abbildung 3). So stimmen 71,4% der Aussage voll bzw. eher zu, dass die Nützlichkeit von Quote-Daten für den Eigenhandel hoch ist. Die Nutzbarkeit für Privatkunden wird deutlich geringer eingeschätzt. Des Weiteren sehen 76,1% der Wertpapierfirmen die Unterteilung in liquide und weniger liquide Aktien als sinnvoll an.

Frage: Welche Meinung haben Sie zur Relevanz/Nützlichkeit des Art. 27(1) MiFID?

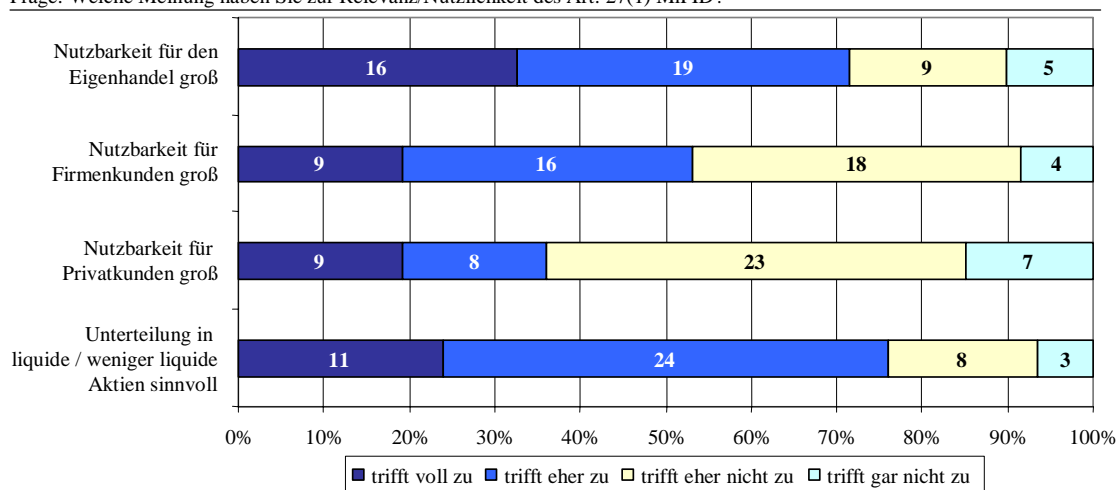


Abb. 3: Relevanz/Nützlichkeit des Art. 27(1) MiFID

Die Erfüllung von vier kumulativ vorliegenden Kriterien<sup>12</sup> ist Basis für die Einstufung einer Wertpapierfirma als systematischer Internalisierer. Aufgrund der regulatorischen Verpflichtungen zur Pre-Trade Transparenz, die mit der Einstufung als systematischer Internalisierer einhergehen, wurde die Selbsteinschätzung der Wertpapierfirmen bezüglich der Erfüllung dieser vier Kriterien erhoben (siehe Abbildung 4): Mehr als die Hälfte (55,1%) gibt an, dass sie über (i) Regeln und Prozesse zur Ausführung von Kundenaufträgen gegen den eigenen Handelsbestand verfügen. Bei 40,8% existiert (ii) Personal oder ein automatisches technisches System zur Ausführung von Kundenorders gegen den eigenen Handelsbestand.

<sup>11</sup> Nach Art. 4 Abs. 1 Nr. 7 MiFID ist ein „systematischen Internalisierer“ eine Wertpapierfirma, „die in organisierter und systematischer Weise häufig regelmäßig Handel für eigene Rechnung durch Ausführung von Kundenaufträgen außerhalb eines geregelten Marktes oder MTFs treibt“.

<sup>12</sup> Vgl. [Euro06a], Art. 21(1)

Über ein Viertel der Befragten (26,5%) bestätigte, dass die (iii) Bereitstellung für Kunden auf regelmäßiger und kontinuierlicher Basis stattfindet und 14,3% gaben an, dass die (iv) Internalisierung in ihrem Geschäftsmodell eine materielle kommerzielle Rolle spielt. Aus den Antworten lassen sich Hinweise auf die Zahl der zukünftig in Deutschland agierenden systematischen Internalisierer ableiten.

Frage: In wie weit könnten die folgenden Kriterien auf Ihr Unternehmen zutreffen?

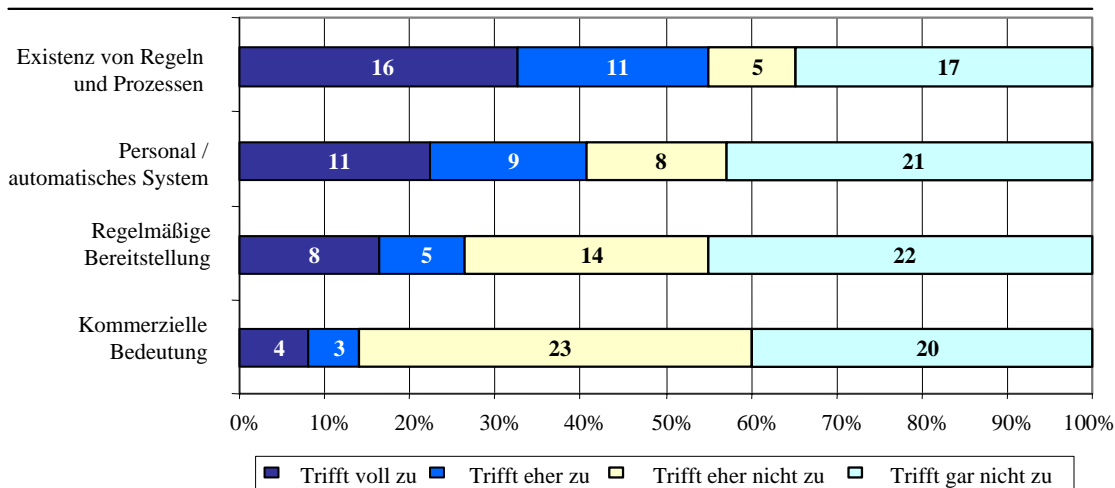


Abb. 4: Kriterien für systematische Internalisierung

Mit der MiFID werden umfassende Post-Trade Transparenz Anforderungen für den außerbörslichen Handel aufgestellt, die für den deutschen Markt neu, in anderen europäischen Märkten aber bereits etablierte Marktpraxis sind (z. B. UK). Für die außerbörsliche Orderausführung sieht Art. 28 MiFID vor, dass alle Geschäfte in Aktien auf Echtzeitbasis mit Umfang, Kurs und Zeitpunkt veröffentlicht werden müssen. Es ist den Wertpapierfirmen überlassen, auf welche Weise sie die Transaktionsdaten verbreiten; laut MiFID können auf der Basis „angemessener kaufmännischer Bedingungen“ hierfür auch Erlöse erzielt werden.

Post-Trade Daten sollen soweit möglich in Echtzeit veröffentlicht werden, in jedem Fall jedoch innerhalb von drei Minuten nach der Transaktion. Für Blocktrades ermöglicht die MiFID eine verzögerte Veröffentlichung. Die folgende Tabelle 9 zeigt die Einschätzungen der Wertpapierfirmen bzgl. der zusätzlichen Kosten, um eine Zeitvorgabe von 3 Minuten für die Veröffentlichung von Post-Trade Daten einzuhalten. Die Ergebnisse werden unterteilt nach der Unternehmensgröße dargestellt. Wie man sieht, schätzen auch 8 von 10 großen Unternehmen diese Kosten auf unter 1 Mio. € Auch hier konnte ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und den erwarteten Umsetzungskosten ( $\text{Gamma} = 0,767$ ,  $\text{Signifikanzniveau} = 0$ ) festgestellt werden. Ebenso konnte auch hier ein positiver signifikanter

Zusammenhang mit dem Informationsstand der antwortenden Unternehmen aufgezeigt werden (Gamma = 0,704, Signifikanzniveau = 0,003).

Frage: Wie hoch schätzen Sie die zusätzlichen Kosten (einmalige Umsetzungskosten) in EUR für die Anpassung der Interaktion von Handel, Middle Office und Back Office ein, um z.B. eine Zeitvorgabe von 3 Minuten für die Veröffentlichung von Post-Trade Daten einzuhalten?

Bilanzsumme (in Mrd. €)	Einmalige Umsetzungskosten (in €)					
	< 500.000	500.000 – 1 Mio.	1 – 5 Mio.	5 – 10 Mio.	10 – 20 Mio.	> 20 Mio.
<1 (Gruppe K)	9	1	0	0	0	0
1- 100 (Gruppe M)	16	4	1	0	0	0
> 100 (Gruppe G)	2	6	0	1	1	0
<b>Randhäufigkeit</b>	<b>27</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Tab. 9: Einmalige Umsetzungskosten für Post-Trade Anforderungen

Als Veröffentlichungskanäle für die Post-Trade Daten kommen gemäß Art. 28(3) MiFID das System eines Regulierten Marktes/Börse oder MTFs<sup>13</sup>, die zuständigen Stellen eines Dritten oder eigene Vorkehrungen in Frage. Zwei Drittel der Befragten Wertpapierfirmen haben sich noch für keinen Kommunikationskanal entschieden (siehe Tabelle 10). Aus der Gruppe der besser informierten Wertpapierfirmen haben sich 56,3% noch nicht entschieden. Von den Wertpapierfirmen, die bereits eine Entscheidung getroffen haben, werden am häufigsten die Systeme von Börsen oder Informationsvondoren (z.B. Reuters oder Bloomberg) als mögliche Kommunikationskanäle benannt. Nur sehr wenige Wertpapierfirmen planen bisher die Systeme eines MTFs zur Veröffentlichung zu verwenden oder eigene Systeme zu nutzen.

Frage: Welche Reporting-Kanäle planen Sie in Ihrem Unternehmen für die Bekanntmachung abgeschlossener Transaktionen einzurichten (mehrere Antworten möglich)? (n=54)

	Absolute Häufigkeit (Gesamt)	Relative Häufigkeit (Gesamt)	Absolute Häufigkeit (Gruppe A)	Relative Häufigkeit (Gruppe A)	Absolute Häufigkeit (Gruppe B&C)	Relative Häufigkeit (Gruppe B&C)
Systeme von Börsen	17	31,5%	4	18,2%	13	40,6%
Systeme von MTFs	1	1,9%	0	0,0%	1	3,1%
Systeme von Informationsvondoren	8	14,8%	2	9,1%	6	18,8%
Eigene Web-Anwendungen	2	3,7%	0	0,0%	2	6,3%
Eigene Marktdatensysteme	3	5,6%	1	4,5%	2	6,3%
Anderes System	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Das ist noch offen	36	66,7%	18	81,8%	18	56,3%

Tab. 10: Post-Trade Reporting Kanäle

Bei der Gestaltung des Geschäftsprozesses zur Veröffentlichung von Post-Trade Daten spielt das Kriterium der Anonymität für 57,9% der antwortenden Wertpapierfirmen eine wichtige Rolle, weshalb sie planen, keine eigenen Systeme zur Publikation zu verwenden (siehe Tabelle 11). 39,5% der Wertpapierfirmen möchten von der Möglichkeit zur verzögerten

<sup>13</sup> „Multilateral Trading Facility (MTF)“ ist ein börsenähnliches, von einer Wertpapierfirma oder einem Marktbetreiber betriebenes, multilaterales System, das bezüglich der regulatorischen Anforderungen weitgehend mit Regulierten Märkten gleichgestellt ist.

Veröffentlichung von Blocktrade-Daten Gebrauch machen. Insbesondere in der Gruppe der besser informierten Wertpapierfirmen (Gruppen B&C) will die Hälfte davon Gebrauch machen.

Frage: Wie planen Sie den Prozess zur Veröffentlichung von Post-Trade Daten zu gestalten (mehrere Antworten möglich)? (n=38)

	Absolute Häufigkeit (Gesamt)	Relative Häufigkeit (Gesamt)	Absolute Häufigkeit (Gruppe A)	Relative Häufigkeit (Gruppe A)	Absolute Häufigkeit (Gruppe B&C)	Relative Häufigkeit (Gruppe B&C)
Nutzung der Möglichkeit zur verzögerten Veröffentlichung bei großen Transaktionen	15	39,5%	3	21,4%	12	50,0%
Wegen des Aufwandes keine Separierung nach Transaktionsgrößen	12	31,6%	5	35,7%	7	29,2%
Wegen fehlender Anonymität keine eigenen Systeme zur Publikation	22	57,9%	10	71,4%	12	50,0%

Tab. 11: Prozess zur Veröffentlichung von Post-Trade Daten

18,6% der Befragten untersuchen, ob sich aus der Veröffentlichung von Post-Trade Daten eine neue Ertragsquelle für Wertpapierfirmen erschließen lässt und arbeiten an einer wirtschaftlichen Bewertung ihrer Transaktionsdaten. Allerdings hat kein befragtes Haus bisher eine Vorstellung bzgl. des Wertes der eigenen Transaktionsdaten. Unabhängig vom Informationsstand und Unternehmensgröße glaubt der überwiegende Teil der Wertpapierfirmen, dass mit den eigenen Transaktionsdaten keine Erlöse zu erzielen sind.

Die Transparenzvorschriften der MiFID in ihrer jetzigen Form gelten nur für Aktien. Die MiFID eröffnet jedoch den EU Mitgliedsstaaten die Möglichkeit, diese Vorschriften auf andere Finanzinstrumente auszudehnen. 51,1% der befragten Wertpapierfirmen gaben an, dass sie solch eine Ausweitung des Anwendungsbereiches als nicht sinnvoll erachten.

Tabelle 12 gliedert die geschätzten Vorlaufzeiten für die Umsetzung der Kernanforderungen der MiFID auf<sup>14</sup>:

Frage: Wie viel Vorlaufzeit (in Monaten) halten Sie für erforderlich, um die Kern-Anforderungen der MiFID zu erfüllen?

Anforderung	Vorlaufzeit in Monaten			
	1 – 6	6 – 12	12 – 18	> 18
Entwicklung der Grundsätze der Auftragsausführung	26	22	4	1
Umsetzung der Grundsätze der Auftragsausführung	19	26	7	1
Anforderungen zur Pre-Trade Transparenz	18	16	7	4
Anforderungen zur Post-Trade Transparenz	16	23	9	2

Tab. 12: Vorlaufzeit zur Umsetzung der Kernanforderungen

<sup>14</sup> Bezüglich dieser Frage liegt ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und erwarteten Vorlaufzeiten (Gamma > 0,55, Signifikanzniveau ≤ 0,01) vor.

Dabei wird deutlich, dass die Anforderungen zur Pre- und Post-Trade Transparenz zeitlich aufwendiger eingeschätzt werden als die Anforderungen zur Entwicklung und Umsetzung der Grundsätze der Auftragsausführung. Dies lässt sich dadurch begründen, dass diese neuen Transparenzanforderungen für deutsche Wertpapierfirmen auch neue Prozesse implizieren: Die Einhaltung der Erfordernisse, Pre-Trade Daten kontinuierlich und Post-Trade Daten „soweit wie möglich in Echtzeit“ (Art.29 [Euro06a]) zu publizieren, erfordern grundlegende Änderungen in der Interaktion zwischen Handel und Back-Office bei außerbörslichen Transaktionen.

Eine zentrale Frage ist die nach möglichen neuen Wettbewerbspotenzialen, die sich mit der MiFID für Wertpapierfirmen ergeben können (siehe Abbildung 5). In der Gesamtbetrachtung fällt auf, dass die Wertpapierfirmen für alle Dienstleistungen ein eher niedriges bzw. sehr niedriges Wettbewerbspotential sehen, wobei in der Bereitstellung von Services für Firmenkunden und in den Grundsätzen der Auftragsausführung die höchsten Wettbewerbspotentiale gesehen werden.

Frage: Wo sehen Sie Wettbewerbspotenzial für Ihre Firma, das sich mit der Umsetzung der MiFID bieten könnte?

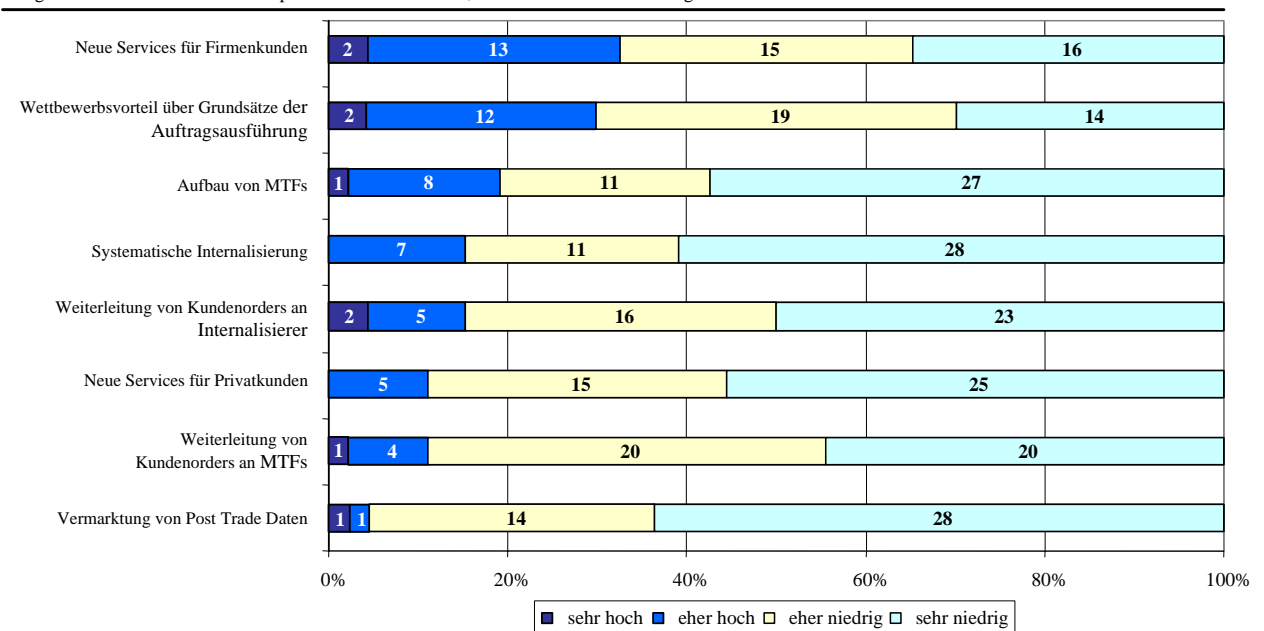


Abb. 5: Wettbewerbspotenzial der MiFID-Umsetzung

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Für die Umsetzung der Anforderungen der MiFID zum 01. November 2007 werden Wertpapierfirmen weit reichende Änderungen in ihren Prozessen und Systemen vorzunehmen

haben. Dies bezieht sich insbesondere auf die Themen Best Execution und Markttransparenz. Das Thema Best Execution wird dabei sowohl als Herausforderung als auch als Chance im Wettbewerb gesehen. Im Kontext der Best Execution stellt insbesondere die durch die MiFID geforderte Best Execution Policy einen möglichen Wettbewerbs- oder Differenzierungsfaktor dar. Im Kontext der Post-Trade Transparenz ist insbesondere die Umsetzung der Pre- und Post-Trade Publikationsverpflichtungen als neue Herausforderung zu nennen, die relevante Umsetzungserfordernisse in Prozessen und Systemen mit sich bringen werden, da diese Anforderungen für Deutschland, im Gegensatz zu anderen europäischen Staaten, völlig neu sind. Die Tatsache, dass 68,8% der besser informierten Unternehmen antworteten, sie hätten in ihren MiFID-Projekten bereits die Auswirkungen der neuen Anforderungen auf Prozesse und IT adressiert, verdeutlicht, dass die Unternehmen diese Herausforderung ernst nehmen. Deutlich wird das Ausmaß der zur bewältigenden Veränderungen auch durch die Tatsache, dass die Umsetzung der Transparenzanforderungen als zeitlich aufwendiger betrachtet werden, als die Anforderungen zur Entwicklung und Umsetzung der Grundsätze der Auftragsausführung. 42% der befragten Wertpapierfirmen sind noch nicht mit der MiFID vertraut und befinden sich erst in der Informationssammlung und scheinen viele Herausforderungen, die die MiFID mit sich bringen wird, noch zu unterschätzen. Die dargestellten Ergebnisse der Studie machen deutlich, dass die deutsche Finanzindustrie die MiFID bisher eher als regulatorische Pflicht begreift und weniger als strategische Chance im Wettbewerb. 80% der Häuser schätzen die Umsetzungskosten mit unter 1 Mio. € als recht moderat ein. Ebenso ist man optimistisch, die Anforderungen rechtzeitig zum 01. November 2007 umsetzen zu können. Um die Entwicklungen der deutschen Finanzindustrie im Thema MiFID in einer Längsschnittanalyse verfolgen zu können, ist für Anfang 2007, also ein Jahr nach Durchführung der ersten Studie und unmittelbar nach der Umsetzung der Level 2 Richtlinie in nationales Recht, geplant, die Studie zu wiederholen und auch europäische Marktplatzbetreiber/Börsen einzubeziehen.

## **Literaturverzeichnis**

- [AyDe05] Avgouleas, E; Degiannakis, S: The Impact of the EC Financial Instruments Markets Directive on the Trading Volume of EU Equity Markets. Athens University of Economics and Business, Statistics Technical Report No. 219.

- [BöMüoJ] Börse München: Marktteilnehmer. <http://www.boerse-muenchen.de/ueberuns/organisation/marktteilnehmer.html>, Abruf am 2005-11-07.
- [BöStoJ] Börse Stuttgart: Börsenmitglieder Inland. [http://www.boerse-stuttgart.de/gruppe\\_bs/bww/handelsteilnehmer/sub\\_index.php?headparam=bww](http://www.boerse-stuttgart.de/gruppe_bs/bww/handelsteilnehmer/sub_index.php?headparam=bww), Abruf am 2005-11-07.
- [BöZö02] Bühl, Achim; Zöfel, Peter: SPSS11 – Ein Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. Addison-Wesley. 2002.
- [BuMF06] Bundesministerium der Finanzen: Referentenentwurf Finanzmarktrichtlinie-Umsetzungsgesetz, 27.September 2006, [http://www.bundesfinanzministerium.de/lang\\_de/DE/Geld\\_\\_und\\_\\_Kredit/Aktuelle\\_\\_Gesetze/005\\_\\_a,templateId=raw,property=publicationFile.pdf](http://www.bundesfinanzministerium.de/lang_de/DE/Geld__und__Kredit/Aktuelle__Gesetze/005__a,templateId=raw,property=publicationFile.pdf), Abruf am 2006-11-08.
- [CaLa06] Casey, Jean-Pierre; Lannoo, Karel: The MiFID Implementing Measures - Excessive detail or level playing field?; ECMI, Policy Brief, No. 1, Mai 2006, [http://shop.ceps.be/BookDetail.php?item\\_id=1333](http://shop.ceps.be/BookDetail.php?item_id=1333), Abruf am 2006-07-03.
- [DeBöoJ] Deutsche Börse: Xetra Marktteilnehmer. [http://deutsche-boerse.com/dbag/dispatch/de/notescontent/gdb\\_navigation/trading\\_members/12\\_Xetra/80\\_Xetra\\_Participants/INTEGRATE/infoxetra?doc=xetra\\_teilnehmer\\_l&land=DE&seite=1](http://deutsche-boerse.com/dbag/dispatch/de/notescontent/gdb_navigation/trading_members/12_Xetra/80_Xetra_Participants/INTEGRATE/infoxetra?doc=xetra_teilnehmer_l&land=DE&seite=1), Abruf am 2005-11-07.
- [Euro93] Europäische Union: Richtlinie 93/22/EWG des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 10.5.1993 über Wertpapierdienstleistungen, ABl. Nr. L 141 v. 11.6.1993.
- [Euro04] Europäische Union: Richtlinie 2004/39/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2004/l\\_145/l\\_14520040430de00010044.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2004/l_145/l_14520040430de00010044.pdf), Abruf am 2005-10-07.
- [Euro06a] Europäische Kommission: Verordnung 1287/2006 zur Durchführung der Richtlinie 2004/39/EG. [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2006/l\\_241/l\\_24120060902de00010025.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2006/l_241/l_24120060902de00010025.pdf), Abruf am 2006-11-07.

- [Euro06b] Europäische Kommission: Richtlinie 2006/73/EG zur Durchführung der Richtlinie 2004/39/EG. [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2006/l\\_241/l\\_24120060902de00260058.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2006/l_241/l_24120060902de00260058.pdf), Abruf: am 2006-11-07.
- [Exch06] Ohne Verfasser: Markets In Financial Instruments Directive ("MiFID"): Implementing Measures Close To Adoption. [http://www.exchange-handbook.co.uk/news\\_story.cfm?id=60129](http://www.exchange-handbook.co.uk/news_story.cfm?id=60129), Abruf am 2006-06-27.
- [Full05] Fuller, Robert: MiFID Readiness Survey. [http://www.radianz.com/images/PDF/MiFID\\_Readiness\\_Survey.pdf](http://www.radianz.com/images/PDF/MiFID_Readiness_Survey.pdf), Abruf am 2006-05-23.
- [GoSe05] Gomber, Peter; Seitz, Jochen: How Europe's trading reform is taking shape. In: IFLR, June 2005; pp.28-30.
- [Kars05] Karsch, Wolfgang: Bewegte Bankenwelt – Top 100 der deutschen Kreditwirtschaft 2004. In: Die Bank. Nr. 10/2005. <http://www.die-bank.de/index.asp?issue=102005&art=411>, Abruf am 2005-11-07
- [KPMG06] KPMG, Capturing value from MiFID, [http://www.kpmg.at/media/Capturing\\_value\\_from\\_MiFID.pdf](http://www.kpmg.at/media/Capturing_value_from_MiFID.pdf), Abruf am 2006-05-23
- [Liqu05] Liquidnet: Liquidnet Europe Survey Gathers Buy-Side Opinion on MiFID and PS 05/9. <http://www.prnewswire.co.uk/cgi/news/release?id=158117>, Abruf am 2006-01-03.
- [McCr05] McCreevy, Charlie: Stock market consolidation and security markets regulation in Europe. Annual Lecture at SUERF, Brussels, 30 November 2005. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=SPEECH/05/746&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>, Abruf am 2006-06-25.



## **Einführung in den Track**

### **eLearning Geschäftsmodelle**

**Prof. Dr. Andrea Back**

Universität St. Gallen

**Prof. Dr. Uwe Hoppe**

Universität Osnabrück

**Prof. Dr. Michael H. Breitner**

Universität Hannover

**Dr. Wolfgang Kraemer**

imc AG

Integrierte Geschäftsmodelle repräsentieren die kunden-, prozess- und qualitätsorientierte Sicht der modernen Betriebswirtschaftslehre. Markterfolg und Nachhaltigkeit von eLearning Angeboten, d. h. Hard- und Software, Content, Services und Consulting, können so systematisch analysiert und sinnvoll prognostiziert werden. Kritische Erfolgsfaktoren und Risiken können systematisch identifiziert werden. Nach dem eLearning Hype Mitte bis Ende der 90er Jahre mit großzügiger staatlicher und betrieblicher Subventionierung sind heute solche Angebote und Anbieter erfolgreich, die ein ausgewogenes Kosten/Nutzen-Verhältnis nachweisen können (Return on Investment). Zur Senkung der Kosten haben sich z. B. Blended-Learning und Rapid Authoring Angebote etabliert. Für die Nutzenanalyse sind in den letzten Jahren neue Ansätze entstanden, z. B. das 6-Ebenen-Modell von Schenkel oder die eLearning Balanced-Scorecard.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Peter Baumgartner, Fernuniversität Hagen

Prof. Dr. Heinz Grob, Lothar Universität Münster

Prof. Dr. Dieter Euler, Universität St. Gallen

Prof. Dr. Lena Suhl, Universität Paderborn

Prof. Dr. Freimut Bodendorf, Universität Erlangen-Nürnberg

Dr. Andreas Knaben, Universität Osnabrück

Prof. Dr. Heimo Adelsberger, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Joachim Hasebrook, International School of New Media, Lübeck

Prof. Dr. Michael Kerres, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Rolf Schulmeister, Universität Hamburg

# **E-Learning-Geschäftsmodelle für Hochschulen**

## **Entscheidungsunterstützung bei der strategischen Positionierung**

Jan vom Brocke, Christian Buddendick

European Research Center for Information Systems  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
48149 Münster  
{jan.vom.brocke,christian.buddendick}@ercis.de

### **Abstract**

An Hochschulen sind zunehmend neue Erlösquellen zu erschließen. Der Vermarktung von E-Learning-Angeboten wird hierzu ein hohes Potenzial zugesprochen. Mittlerweile liegt eine Vielzahl unterschiedlicher Geschäftsmodelle vor, so dass die Aufgabe vor allem darin besteht, ein für die situativen Bedingungen einer Hochschule vorteilhaftes Modell auszuwählen. Zur Fundierung von Auswahlentscheidungen sind ausgehend von strategischen Überlegungen auch Kosten- und Erlöswirkungen der Modelle in Betracht zu ziehen, die unter Berücksichtigung von Risiken zu analysieren sind. Mit diesem Beitrag wird ein Methodensystem vorgestellt, das sowohl Unterstützung bei der strategischen Positionierung als auch bei der monetären Bewertung der Konsequenzen bietet. Dieses System wird anschließend durch ein Anwendungsbeispiel veranschaulicht.

### **1 E-Learning-Geschäftsmodelle – Neue Erlöspotentiale für Hochschulen**

Während sich Hochschulen in der Vergangenheit weitestgehend auf eine Finanzierung durch Bundes- bzw. Landesmittel und Drittmittel für Forschungsprojekte verlassen konnten, müssen sie neue Erlösquellen erschließen, um im internationalen Wettbewerb erfolgreich agieren zu können.

Diesbezüglich wird der Vermarktung von E-Learning-Angeboten eine hohe Bedeutung beigemessen [BKS98, GBB05, HB03, KW05, Se01]. Unter dem Begriff E-Learning werden

Potenziale computergestützter Lehr- und Lernsysteme zur Verbesserung von Lernprozessen thematisiert [BKS98, AP02, GB04, SBH01]. Zur Vermarktung dieser Potenziale sind geeignete Geschäftsmodelle zu entwickeln. Allgemein kann unter einem Geschäftsmodell „an architecture for the product, service and information flows, including a description of the various business actors and their roles; and a description of the potential benefits of the various business actors; and a description of the sources of revenues” [Ti98] verstanden werden. Für Hochschulen werden verschiedene Geschäftsmodelle vorgeschlagen, zu denen u. a. Content-Provider, Content-Broker und Full-Service-Provider [KW05, Se01] zählen. Diese Geschäftsmodelle können anhand einer Bildungswertkette strukturiert werden [Se01]. Bei der Auswahl eines spezifischen Geschäftsmodells sind zunächst die in der Hochschule vorhandenen Kernkompetenzen zu identifizieren [PH90]. Diese bestimmen, welche Aktivitäten entlang der Wertkette von der Hochschule in einem Geschäftsmodell integriert werden können. Oftmals halten Hochschulen eine Vielzahl von Kernkompetenzen vor, so dass mehrere Aktivitäten für ein Geschäftsmodell in Frage kommen. Den vorhandenen Kernkompetenzen und korrespondierenden Aktivitäten sind die Ergebnisse einer marktseitigen Analyse entgegen zu stellen. Diese Analyse dient der Identifikation von geeigneten strategischen Positionen im E-Learning-Markt [P0xx]. Nur solche Geschäftsmodelle können langfristig erfolgreich sein, bei denen ein Fit zwischen den in der Hochschule vorhandenen Kernkompetenzen [PH90] und der Positionierung der Leistungen am Markt [Po99] erreicht werden kann. Die eingenommene Position sollte möglichst einzigartig und langfristig zu verteidigen sein, um einen komparativen Konkurrenzvorteil zu erlangen. Aufgrund der vorhandenen Kompetenzen und der möglichen Positionen am Markt, stehen für Hochschulen oftmals verschiedene Geschäftsmodelle zur Auswahl die realisiert werden können.

Im Folgenden wird eine Methode vorgestellt, anhand der diese Alternativen identifiziert und hinsichtlich ihrer monetären Konsequenzen beurteilt werden können. Diese Methode wird anschließend für die Identifikation und Bewertung von zwei alternativen Geschäftsmodellen angewendet.

## **2 Einführung eines Methodensystems zur monetären Bewertung von E-Learning-Geschäftsmodellen**

## 2.1 Ordnungsrahmen

Ausgehend von den drei Teilmodellen eines Geschäftsmodells, *Marktmodell*, *Aktivitätenmodell* und *Kapitalmodell* [HB03], lässt sich ein Ordnungsrahmen für geeignete Methoden zur Entscheidungsunterstützung entwickeln [GBB05]. Das Marktmodell umfasst die Beschreibung der Struktur des E-Learning-Markts sowie die verschiedenen Akteure und deren Rollen [AP02]. In dem Aktivitätenmodell erfolgt eine Beschreibung der E-Learning-Aktivitäten, die ein Anbieter von E-Learning-Produkten ausführt [GBL01]. Beide Modelle bilden die Basis des Kapitalmodells, das die Beschreibung der durch die Aktivitäten verursachten Kosten und der durch sie zu erwirtschaftenden Erlöse umfasst. Das Aktivitätenmodell liefert das Mengengerüst für die Bestimmung der Auszahlungen, während im Marktmodell über die Grundlage zur Generierung von Einzahlungen disponiert wird. Die Saldierung der Ein- und Auszahlungen in der Zahlungsfolge, sowie deren finanzwirtschaftliche Verrechnung über die Perioden des Planungshorizonts, liefert eine angemessene Fundierung im Kapitalmodell. In dem Kapitalmodell können anschließend die monetären Implikationen der mit dem Markt- und Aktivitätenmodell einhergehenden Chancen und Risiken abgebildet werden. Der von GROB, VOM BROCKE und BENSBERG vorgeschlagene Ordnungsrahmen zur Strukturierung dieses Ansatzes ist in Abb. 1 dargestellt [GBB05].

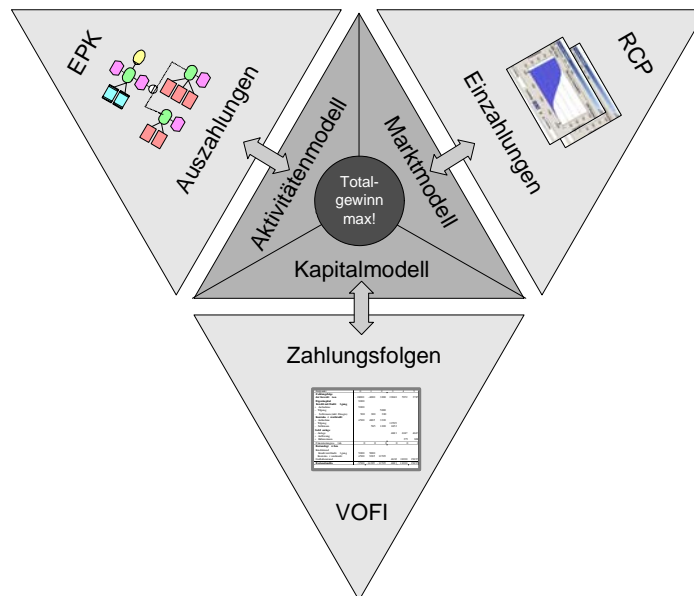


Abb. 1: Ordnungsrahmen zur Bewertung von Geschäftsmodellen im E-Learning [GBB05]

Innerhalb der identifizierten Teilbereiche stellen sich spezifische Anforderungen an das bereitzustellende Methodensystem [Br03]. Im Folgenden werden anforderungsgerechte Methoden vorgestellt.<sup>1</sup>

## **2.2 Bewertung des Marktmodells**

Bei der Bewertung des Marktmodells sind die Einzahlungen zu bestimmen, die einem Geschäftsmodell zuzurechnen sind. Hierzu sind diejenigen Märkte zu identifizieren, die aufgrund der vorhandenen Kompetenzen bearbeitet werden können und die gleichzeitig ein hohes Marktpotential (überdurchschnittliche Renditen) ermöglichen. Geeignete Methoden zur Bewertung des Marktmodells sind im Bereich des strategischen Managements, genauer dem Ressource Based View (RBV) und dem Market Based View (MBV), zu finden. Der RBV zielt auf die Identifikation von Kernkompetenzen ab. Kernkompetenzen sind Kompetenzen einer Hochschule, die sich durch drei zentrale Eigenschaften auszeichnen [HP99]: (1) Sie sind zunächst nicht an bestimmte Aktivitäten oder Produkte gebunden, so dass sie in verschiedenen Verwendungsrichtungen eingebracht werden können und den Zugang zu mehreren Märkten ermöglichen; (2) Kernkompetenzen müssen einen signifikanten Beitrag zum wahrgenommenen Kundennutzen leisten und somit in direktem Zusammenhang mit den am Markt angebotenen Leistungen stehen; (3) Sie müssen spezifisch sein, damit es den Konkurrenten nicht möglich ist, diese Kompetenzen in kurzer Zeit anzueignen. Kernkompetenzen können hierbei entweder durch Lernprozesse aufgebaut werden, oder durch die Einstellung von neuen Mitarbeitern.

Hinsichtlich der strategischen Positionierung am Bildungsmarkt sind zunächst diejenigen Teilmärkte des E-Learning-Markts zu bestimmen, in denen überdurchschnittliche Renditen zu erwarten sind. Zur Analyse kann das von Porter vorgeschlagene 5-Forces-Analyseraster [Po99] herangezogen werden. Bei Anwendung dieses Rahmens wird die Attraktivität eines bestimmten Teilmarktes über die herrschenden fünf Wettbewerbskräfte bestimmt: Verhandlungsstärke der Lieferanten, Verhandlungsstärke der Abnehmer, Bedrohung durch neue Konkurrenten, Bedrohung durch Ersatzprodukte und -dienste und die Rivalität unter den bestehenden Unternehmen. Die Stärke jeder dieser Wettbewerbskräfte kann anhand einer Reihe von Einflussfaktoren bestimmt werden. So sind z. B. für die Gefahr durch neue Wettbewerber die bestehenden Markteintritts- und Marktaustrittsbarrieren von zentraler Bedeutung. Ebenso kann

---

<sup>1</sup> Eine detaillierte Darstellung der einzelnen Methoden findet sich bei Grob et. al. 2005

eine detaillierte Konkurrentenanalyse [Po99], verdichtet zu einem Konkurrentenreaktionsprofil, Aufschlüsse über den Grad der Rivalität innerhalb des Teilmarkts liefern. Die Wettbewerbsanalyse ist für sämtliche Teilmärkte durchzuführen, die aufgrund der vorhandenen Kernkompetenzen bearbeitet werden können. Als Ergebnis der Analysen erhält man eine Liste derjenigen Teilmärkte, die eine hohe Attraktivität aufweisen und die von der Hochschule in einem E-Learning-Geschäftsmodell bearbeitet werden können. Aus dieser Liste sind diejenigen Teilmärkte herauszugreifen, bei denen ein hohes Ausmaß an vorhandenen Kernkompetenzen auf eine hohe Teilmarktattraktivität trifft. Für diese Teilmärkte ist aufbauend eine detaillierte Marktbearbeitungsstrategie zu entwickeln, bei der die distinktive Entscheidung zu treffen ist, ob eine Kosten- oder Qualitätsführerschaft angestrebt wird bzw. ob diese Führerschaft sich auf den gesamten Markt oder nur auf einzelne Nischen erstrecken soll. Bei der Strategiewahl ist eine eindeutige Entscheidung für eine der Optionen unabdingbar, um andere Wettbewerber zu übertreffen [Po99].

Ausgehend von den Teilmärkten auf denen ein komparativer Konkurrenzvorteil erreicht werden kann und der Wettbewerbsstrategie, können die Leistungen definiert werden, die angeboten werden. Für diese Leistungen sind zur Ermittlung der Einnahmen Kundenzahlen und Absatzpreise zu prognostizieren. Aufgrund der vorherrschenden Ungewissheit sind bei der Berechnung der monetären Konsequenzen bestimmter Geschäftsmodelle Methoden bereitzustellen, die Chancen und Risiken der Einnahmenseite abbilden können. Geeignete Methoden werden bei der Beschreibung der Methoden des Kapitalmodells vorgestellt. Zunächst sind jedoch die zur Erstellung der Leistungen notwendigen Aktivitäten zu bestimmen und mit Kosten zu bewerten, um eine Bewertung der E-Learning-Geschäftsmodelle vornehmen zu können.

### **2.3 Bewertung des Aktivitätenmodells**

Zur Bewertung der Auszahlungen werden Methoden benötigt, die Transparenz über die zu erbringenden Aktivitäten schaffen und die zugleich eine Ableitung der mit ihnen verbundenen monetären Konsequenzen ermöglichen. Angesichts der hohen Dynamik der Leistungserstellung im E-Learning [HB03, SBH01] sind dabei effiziente Möglichkeiten zur Adaption des Bewertungssystems zu gewährleisten. Durch einen neuartigen Ansatz kann auf der Grundlage dieser Prozessmodelle die Ableitung der relevanten Auszahlungen vorgenommen werden [GB04]. Diese Ansatz zur Modellierung der Aktivitätenstruktur basiert auf Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK) [KNS92].

Anhaltspunkte über die Erfassung von Auszahlungen auf Basis von EPK liefert das Referenzmodell zum Controlling von Prozessdesigns von GROB/VOM BROCKE [GB04]. Demnach sind die durch eine Funktion als Input genutzten Faktoren zu identifizieren und zu bewerten. Im Hinblick auf die Zurechnung sind Potenzial- und Repetierfaktoren zu unterscheiden. Potenzialfaktoren stellen Ressourcenobjekte dar, die von mehreren Funktionen in Anspruch genommen werden können. Im Aktivitätenmodell von E-Learning-Geschäftsmodellen sind dies vor allem die Arbeitskraft von Mitarbeitern sowie die Nutzung von Hardware- und Softwaresystemen. Repetierfaktoren fließen hingegen als Inputobjekte in die Verarbeitung einer Funktion ein.

Die Auszahlungen einer Funktion setzen sich aus den Auszahlungen für die in Anspruch genommenen Ressourcenobjekte und die in die Funktion eingeflossenen Inputobjekte zusammen. Zur Kalkulation der Inputobjekte ist die in der Funktion verwendete Menge des Objekts zu erfassen, die mit einem Verrechnungspreis des Objekts je Mengeneinheit zu verrechnen ist. Auszahlungen für Ressourcenobjekte werden nach dem Prinzip der Ressourceninanspruchnahme kalkuliert. Die Kalkulation der Ressourceninanspruchnahme kann analog zu dem Vorgehen in der Prozesskostenrechnung vorgenommen werden. Demnach wird die prozentuale Ressourceninanspruchnahme einer Funktion berechnet, indem die von dieser Funktion in Anspruch genommenen Leistungseinheiten einer Ressource in Relation gesetzt werden zu der Summe aller von dieser Ressource an Funktionen abgegebenen Leistungseinheiten. Durch die Bewertung des Aktivitätenmodells werden somit die zur Leistungserbringung auf einem bestimmten Teilmarkt prognostizierten Auszahlungen ermittelt, die bei der Bewertung des Kapitalmodells den Einzahlungen gegenübergestellt werden.

## **2.4 Bewertung des Kapitalmodells**

Ausgehend von den bei der Bewertung des Marktmodells ermittelten Einzahlungen sowie den aus der Bewertung des Aktivitätenmodells resultierenden Auszahlungen werden bei der Bewertung des Kapitalmodells die langfristigen Konsequenzen eines Geschäftsmodells bewertet. Um die periodenindividuellen Zahlungen zu entscheidungsrelevanten Zielwerten zu verdichten, werden Methoden der Investitionsrechnung benötigt. Einzubeziehen sind neben alternativen Formen der Kapitalbeschaffung und -anlage vor allem auch Ertragsteuern. Wegen der Langfristigkeit des Planungshorizonts sind auch Modifikationen der relevanten Einflussgrößen zu erwarten (z. B. Wechsel des Steuersystems). Um die Adaption der



Geschäftsmodelle im E-Learning zu ermöglichen, sollte die Methode transparent und ausbaufähig sein. Da herkömmliche Methoden des Investitionscontrollings diesen Anforderungen nur unzureichend gerecht werden, wird die Verwendung eines vollständigen Finanzplans (VOFI) [Gr01] vorgeschlagen. VOFI ermöglicht die finanzwirtschaftliche Verrechnung der einem Geschäftsmodell über mehrere Perioden hinweg zuzurechnenden Zahlungen. Unter Berücksichtigung differenzierter Konditionen für Finanzierungen, Reinvestitionen und Steuern kann eine breite Palette finanzwirtschaftlicher Zielwerte berechnet werden [Gr01].

Besonders aussagekräftig für den Vergleich alternativer Geschäftsmodelle ist die VOFI-Gesamtkapitalrentabilität, die den Return on Investment (ROI) auf Basis einer dynamischen Zahlenbasis ausdrückt. Die VOFI-Gesamtkapitalrentabilität zeigt die über die Nutzungsdauer realisierte Verzinsung des eingesetzten Kapitals auf, die zur rechnerischen Fundierung der Entscheidung mit den durchschnittlichen Kapitalkosten zu vergleichen ist.

Die Bewertung eines Geschäftsmodells hat die Unsicherheit der zu prognostizierenden Ein- und Auszahlungen zu berücksichtigen. Zwar wird dem E-Learning-Sektor mithin ein großes Marktpotenzial zugesprochen, doch ist weitgehend unklar, wie sich dieses Potenzial aufteilen wird [SG02]. Sowohl die prognostizierten Preise, als auch die prognostizierten Kundenzahlen, die zur Ermittlung der Einzahlungen benötigt werden, sind somit Variablen unter Unsicherheit. Ebenso besteht seitens der Leistungserstellung Unsicherheit. Diese konkretisiert sich z. B. durch Unsicherheit hinsichtlich der Entwicklung der Personalkosten und hinsichtlich der Höhe des zu erwartenden Erfahrungskurveneffekts. Die daher zu gewährleistenden Adaptionsmöglichkeiten stellen weitere Anforderungen an die Bewertungsmethoden. Herkömmliche Risikokennzahlen (z. B. Mittelwert, Varianz) erweisen sich hier als unzureichend, um die in mehrfacher Hinsicht variierenden Zahlungen zu verdichten. Die Risiko-Chancen-Analyse ist ein Verfahren, das die Unsicherheit eines Entscheidungsproblems durch Simulation behandelt [Gr01, He64]. Dabei werden mehrere unsichere Einflussgrößen anhand von Verteilungen modelliert und im Zuge des Simulationslaufs auf die Verteilung einer Zielgröße geschlossen. Das bisher beschriebene Instrumentarium dient hierzu als Rechensystem, indem die Auszahlungen und die im Simulationslauf ermittelten Einzahlungen im VOFI zu finanzwirtschaftlichen Zielwerten verdichtet werden. Als Ergebnis des Simulationslaufs liegt z. B. eine Verteilung des Endwerts der Investition oder des sich daraus ergebenden Return on Investments eines Geschäftsmodells vor. Diese Verteilung des Zielwerts wird in ein sog. Risiko-Chancen-Profil transformiert.

Risiko-Chancen-Profile ermöglichen es, die Wahrscheinlichkeit abzulesen, mit der ein Zielwert größer oder gleich einem kritischen Wert ist.

### 3 Anwendung des Methodensystems

Die Anwendung des Methodensystems wird im Folgenden anhand eines Beispiels voranschaulicht. Ausgangspunkt dieses Beispiels bilden die Planungen eines ein Fachbereichs, seine bereits etablierten E-Learning-Kompetenzen [BBS06], professionell zu vermarkten. Im Rahmen der Planung wurden zunächst die vorhandenen Kernkompetenzen identifiziert. Die Kernkompetenzen des Fachbereichs beziehen sich auf die Konzeption und die Erstellung von Lerninhalten. Ausgehend von diesen beiden Kernkompetenzen wurden verschiedene potentielle Positionen im E-Learning-Markt ermittelt. Grundlage hierfür bildet eine detaillierte Analyse der Wertkette des Bildungsmarkts [Se01]. Diese Wertkette, sowie potentielle Geschäftsmodelle sind in Abb. 2 dargestellt.

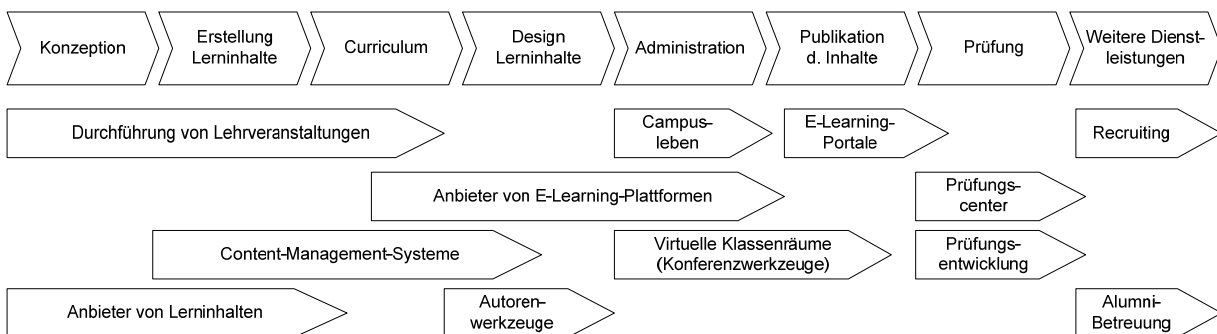


Abb. 2: Wertkette des Bildungsmarkts [Se01]

Von den alternativen Geschäftsmodellen die sich aus der Wertkette ergeben, werden unter Berücksichtigung der vorhandenen Kernkompetenzen zwei Alternativen als vorteilhaft erachtet. Die erste Alternative (GM 1) ist die Positionierung als Anbieter der komplette Lehrveranstaltungen durchführt. Hierbei sollen die selbst erstellten Lerninhalte in Veranstaltungen eingesetzt werden, für die ein eigener Weiterbildungsstudiengang eingerichtet werden soll. Die zweite Alternative (GM 2) ist die Positionierung als Anbieter von Lerninhalten. Diese Lerninhalte sollen über ein Portal vertrieben werden. Ausgehend von einer Wettbewerbsanalyse wurde festgestellt, dass beide Positionen überdurchschnittliche Renditen versprechen. Gründe hierfür sind u. a. die geringe Gefahr durch Substitutionsprodukte, die

hohen Spezifität der angebotenen Leistungen und die daraus resultierenden Markteintrittsbarrieren und die horizontale Integration entlang der Wertkette, da keine Vorlieferanten bei der Erstellung der Leistung involviert sind. Als weitere Planungsgrundlage wurde bestimmt, dass der Fachbereich ausschließlich als Nischenanbieter für das entsprechende Fach und die Fachinhalte auftreten will. Eine umfassende Qualitätsführerschaft bzw. Kostenführerschaft im Gesamt E-Learning-Markt erscheint aufgrund der gegebenen Ressourcenausstattung nicht möglich. In Abhängigkeit der Entwicklung des Geschäfts wird allerdings bereits heute angedacht in Zukunft das Produktangebot durch die Einbindung in Netzwerke auszubauen. Diese Entscheidung soll allerdings erst nach Ablauf der fünfjährigen Pilotphase getroffen werden.

Aktuell stellt sich dem Fachbereich somit die Frage, welches der beiden alternativen Geschäftsmodelle in der fünfjährigen Pilotphase realisiert werden soll. Für die Pilotphase soll zunächst eine GmbH gegründet werden, an der die Mitglieder des Fachbereichs beteiligt sind.

In einem nächsten Schritt wurden zunächst die Aktivitäten bestimmt, die den beiden Geschäftsmodellen zuzuordnen sind und in Prozessmodellen integriert. Beide Geschäftsmodelle verfügen sowohl über gemeinsame Prozesse als auch über distinktive Prozesse. Gemeinsame Prozesse der beiden Geschäftsmodelle betreffen vor allem den Bereich der Konzeption der Lerninhalte und die notwendigen administrativen Prozesse, wie z. B. die Erstellung der jährlichen Steuererklärung. Das GM 1 erfordert ergänzend zu den Aktivitäten des GM 2 auch Prozesse zur Erstellung eines Curriculum sowie die Administration der Teilnehmer der angebotenen Lehrveranstaltungen (Immatrikulation, Erstellen von Leistungsnachweisen, etc.).

In der folgenden Abb. 3 ist der Prozess der Erstellung des Angebots für eine Lehrveranstaltung dargestellt.

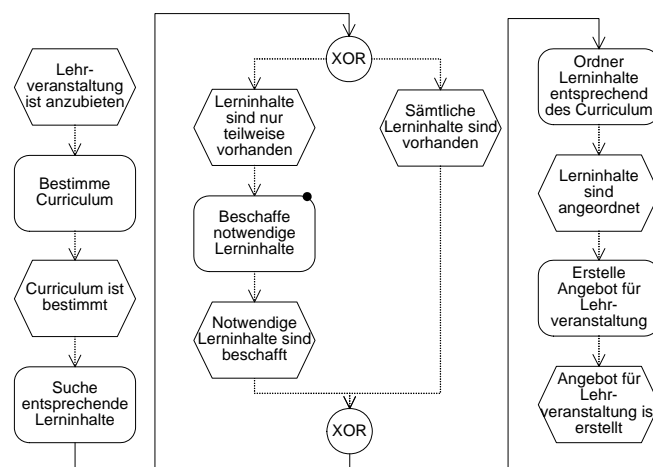


Abb. 3: Prozess GM 1: Erstellen eines Angebots für Lehrveranstaltungen

für den Fall, dass GM 2 realisiert werden soll, sind spezifische Prozesse vorzuzusehen, die die Distribution und Verwaltung der erstellten Lerninhalte in dem Portal betreffen. Typische Prozesse sind hierbei das Einstellen von neuen Lerninhalten in dem Portal sowie die Überwachung des Downloads von Lerninhalten. Diese beiden Prozessmodelle des GM 2 sind in der folgenden Abb. 4 dargestellt worden.

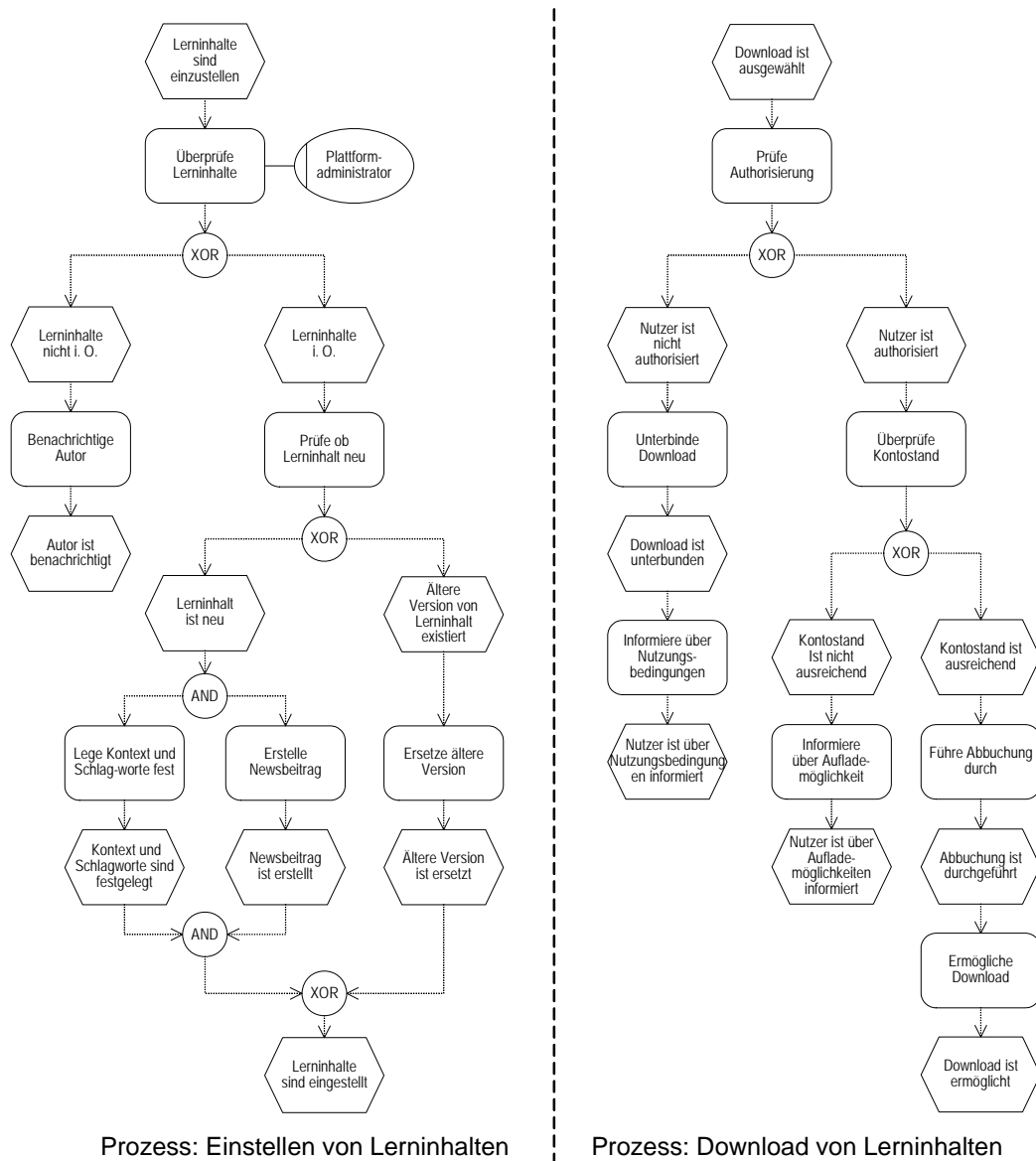


Abb. 4: Geschäftsmodell 2 – Prozesse Einstellen und Download von Lerninhalten

Ausgehend von den Prozessen wurden die Kundenzahlen und damit die Erlöse prognostiziert, die den beiden Geschäftsmodellen zugerechnet werden können. Für GM 1 wurde prognostiziert, dass in der ersten Periode zunächst 50 Personen an dem Weiterbildungsangebot teilnehmen

werden und die Teilnehmerzahlen kontinuierlich anwachsen. Im fünften Jahr wird mit insgesamt 120 Teilnehmern an dem Kurangebot gerechnet. Jeder Teilnehmer soll für die Nutzung des Angebots eine Pauschale in Höhe von 750 Euro entrichten.

Neben den Kundenzahlen und Erlösen wurden ebenfalls die Kosten pro Aktivität in den Prozessen der beiden Geschäftsmodelle ermittelt. Um die Kosten pro Prozessdurchlauf zu ermitteln sind zusätzlich auch die Wahrscheinlichkeiten zu berechnen, mit denen eine Variante des Prozessverlaufs eintritt. So wurde z. B. die Wahrscheinlichkeit, dass die Lerninhalte für ein Lehrangebot vollständig vorhanden sind (vgl. Abb. 3) im GM 1 im ersten Jahr mit 20 % prognostiziert. Durch die kontinuierliche Entwicklung weiterer Lerninhalte wird prognostiziert, dass diese Wahrscheinlichkeit in den folgenden Jahren kontinuierlich steigt und im Jahr fünf bei 80 % liegt. Die anfallenden zahlungswirksamen Kosten pro Prozess werden anschließend mit der Anzahl der Prozessdurchläufe multipliziert, um die prozessabhängigen Kosten pro Periode zu ermitteln. Um die Vorteilhaftigkeit eines Geschäftsmodells beurteilen zu können sind neben diesen Kosten auch die Funktionsunabhängigen Kosten zu ermitteln. Diese Kosten fallen unabhängig von der Anzahl der Prozessdurchläufe an. Zu diesen Kosten zählen z. B. bei dem GM 1 Kosten für die Anmietung eines Raums, in dem die Zertifikate feierlich übergeben werden sowie die Kosten für den telefonischen Support der Kursteilnehmer.

Für GM 2 ist ein zweistufiges Erlösmodell geplant. Neben einer Pauschale für die Nutzung des Portals wird zusätzlich pro Download einer Lehreinheit ein Entgelt von 25 Euro erhoben. Hinsichtlich der Kundenzahlen wird angenommen, dass diese von 250 Kunden im Jahr eins bis auf 600 Kunden im Jahr fünf ansteigen werden. Da zu Beginn des Portalangebots zunächst nur eine beschränkte Anzahl an Lerneinheiten zur Verfügung steht, wird damit gerechnet, dass die Anzahl der Einstellungen von neuen Lerneinheiten im Jahr eins 100 beträgt und kontinuierlich im Zeitablauf sinkt. Als Funktionsunabhängige Kosten sind bei GM 2 neben Raummieten auch die Kosten für die Bereitstellung und Wartung der Portalserver zu berücksichtigen.

In der folgenden Abb. 5 sind die zur Berechnung der Zahlungsfolge der Investition notwendigen Daten dargestellt.

<b>Variablen</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
Anzahl Kunden	250	325	400	450	600
Anzahl eingestellter Lerneinheiten	100	80	65	40	28
WSK Lerninhalt in Ordnung	0,5	0,55	0,7	0,75	0,9
WSK Lerninhalt neu	0,8	0,7	0,5	0,45	0,4
WSK Nutzer autorisiert	0,6	0,7	0,76	0,78	0,8
WSK Kontostand ausreichend	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85
<b>Funktionsunabhängige Kosten</b>					
Betriebskosten					
- Nettwerkkosten	3000	3000	3000	3000	3000
- Energiekosten	2400	2400	2400	2400	2400
- Wartung Server	4800	4800	4800	4800	4800
- Büromiete	10000	10000	10000	10000	10000
<b>Kosten pro Funktion</b>					
Überprüfe Lerninhalte	75	75	75	75	75
Benachrichtige Autor	15	15	15	15	15
Prüfe ob Lerneinheit neu	25	25	25	25	25
Lege Kontext und Schlagworte fest	15	15	15	15	15
Erstelle Newsbeitrag	5	5	5	5	5
Ersetze ältere Version	5	5	5	5	5
Prüfe Autorisierung	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Verhindere Download	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Informiere über Nutzungsbedingungen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Überprüfe Kontostand	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Informiere über Auflademöglichkeiten	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Führe Abbuchung durch	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Führe Download durch	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
<b>Weitere Kosten</b>					
Konzeption der Lerninhalte	120	120	120	120	120
Erstellung von Lerninhalten	500	500	500	500	500
<b>Erlöse</b>					
Gebühr Download Lerneinheit	25	25	25	25	25
Nutzungspauschale	100	100	100	100	100

Abb. 5: GM 2 – Daten zur Ermittlung der Zahlungsfolge

Durch die Saldierung der periodenspezifischen Ein- und Auszahlungen des jeweiligen Geschäftsmodells können die Elemente der Zahlungsfolge ermittelt werden, die in den VOFI als originäre Zahlungen übernommen werden. Originäre Zahlungen sind diejenigen Zahlungen, die in direktem Zusammenhang mit der Investition stehen. Um die monetären Konsequenzen vollständig bewerten zu können, sind ebenfalls die derivativen Zahlungen zu ermitteln. Diese stehen nicht im direkten Zusammenhang zu der Investition sondern ergeben sich aus den originären Zahlungen. Zu diesen Zahlungen zählen Abschreibungen, Soll- und Habenzinsen sowie Steuerzahlungen.

Die zur Gründung der GmbH notwendige Einlage in Höhe von 25.000 Euro wird durch die Mitglieder des Fachbereichs als Eigenkapital bereitgestellt. Um den Betrieb aufnehmen zu können sind zusätzlich Anschaffungsauszahlungen in Höhe von 30.000 Euro aufzubringen. Diese Anschaffungsauszahlungen beziehen sich z. B. auf die Anschaffung von Büro- und Geschäftsausstattung. Von diesen Auszahlungen sind 5.000 Euro aktivierungspflichtig, die Güter werden über einen Nutzungsdauer von 5 Jahren linear abgeschrieben. Die Anschaffungsauszahlungen sowie notwendige Zwischenfinanzierungen können über einen Kredit mit endfälliger Tilgung (Zinssatz 6,5%, Disagio 10%) oder über einen Kontokorrentkredit in beliebiger Höhe (Zinssatz 13%) finanziert werden. Freie Mittel werden auf einem Geldmarktkonto mit einem Zinssatz von 3% angelegt. In Abb. 4 ist der VOFI des Geschäftsmodells 1 dargestellt.

<b>VOFI</b>						
Zeitpunkt	0	1	2	3	4	5
<b>Zahlungsfolge der Investition</b>	-30000	-6900	7818	23310	33098	52539
<b>Eigenkapital</b>	25000					
<b>Kredit mit</b>						
<b>Endtilgung</b>						
+ Aufnahme (brutto)	5000					
- Disagio	500					
- Tilgung						5000
- Sollzinsen		325	325	325	325	325
<b>Kontokorrentkredit</b>						
+ Aufnahme	500	4233				
- Tilgung			4733			
- Sollzinsen		65	615			
<b>Standardanlage</b>						
- Anlage			40	15011	21518	29285
+ Auflösung						
+ Habenzinsen				1	452	1097
<b>Steuerzahlungen</b>						
- Auszahlungen			2105	7975	11706	19026
+ Erstattung		3057				
Finanzierungssaldo	0	0	0	0	0	0
<b>Bestandsgrößen</b>						
Kredit mit Endtilgung	5000	5000	5000	5000	5000	
Kontokorrentkredit	500	4733				
Guthabenstand			40	15050	36568	65853
<b>Bestandssaldo</b>	<b>-5500</b>	<b>-9733</b>	<b>-4960</b>	<b>10050</b>	<b>31568</b>	<b>65853</b>

Abb. 4: GM 1 – VOFI

Die in der Abb. 4 dargestellten Steuerzahlungen sind durch weitere Nebenrechnungen zu ermitteln. Neben der eigentlichen Körperschaftsteuer (25%) ist auch der Hebesatz der Gemeinde (360%) zu berücksichtigen. Um die Steuerzahlungen zu berechnen sind die periodenindividuellen Elemente der Zahlungsfolge um entstehende Abschreibungen sowie anfallende Soll- und Habenzinsen zu korrigieren.

Ausgehend von den im VOFI ermittelten Endwerten wird anschließend der ROI des Geschäftsmodells ermittelt. Beide Geschäftsmodelle weisen einen positiven ROI auf und sind lukrativer als eine Investition in festverzinsliche Wertpapiere (Zinssatz 8% p.a.). Die Endwerte der beiden Geschäftsmodelle sowie die korrespondierenden ROIs sind in der folgenden Abb. 5 dargestellt.

Endwert (EW <sup>M</sup> )	65853 EUR	Endwert (EW <sup>M</sup> )	61008 EUR
Endwert (EW <sup>O</sup> )	32036 EUR	Endwert (EW <sup>O</sup> )	32036 EUR
ΔEW	33817 EUR	ΔEW	28972 EUR
Eigenkapital (EK)	25000 EUR	Eigenkapital (EK)	25000 EUR
Sollzinsen der Anschaffungsauszahlung (Z <sup>S</sup> )	2282 EUR	Sollzinsen der Anschaffungsauszahlung (Z <sup>S</sup> )	2749 EUR
Anschaffungsauszahlung (a <sub>0</sub> )	30000 EUR	Anschaffungsauszahlung (a <sub>0</sub> )	30000 EUR
Gesamtkapitalrentabilität (g <sup>M</sup> <sub>GK</sub> )	19.24% [in%]	Gesamtkapitalrentabilität (g <sup>M</sup> <sub>GK</sub> )	17.70% [in%]
Referenzzinsfuß (k)	5.11% [in%]	Referenzzinsfuß (k)	5.27% [in%]
Gesamtkapitalrentabilität (g <sup>M</sup> <sub>GK</sub> ) Variante 2	19.24% [in%]	Gesamtkapitalrentabilität (g <sup>M</sup> <sub>GK</sub> ) Variante 2	17.70% [in%]
Eigenkapitalrentabilität der Investition (g <sup>M</sup> <sub>EK</sub> )	21.37% [in%]	Eigenkapitalrentabilität der Investition (g <sup>M</sup> <sub>EK</sub> )	19.53% [in%]
Eigenkapitalrentabilität der Opportunität (g <sup>O</sup> <sub>EK</sub> )	5.08% [in%]	Eigenkapitalrentabilität der Opportunität (g <sup>O</sup> <sub>EK</sub> )	5.08% [in%]
<p>Das Entscheidungskriterium lautet: Investiere, wenn <math>g^M_{GK} &gt; k</math>.</p> <p><b>Somit sollte man in diesem Fall investieren!</b></p>		<p>Das Entscheidungskriterium lautet: Investiere, wenn <math>g^M_{GK} &gt; k</math>.</p> <p><b>Somit sollte man in diesem Fall investieren!</b></p>	

Abb. 5: Endwerte und ROIs der beiden Geschäftsmodelle

Durch einen Vergleich der beiden ROIs wurde festgestellt, dass das Geschäftsmodell Durchführung von Lehrangeboten einen höheren ROI (19,24%) aufweist, als GM 2, bei dem Lerninhalte über ein Portal vertrieben werden.

Um der Unsicherheit, die den Planungen anhaftet, gerecht zu werden, wurden aufbauend Chancen und Risiken der beiden Geschäftsmodelle simuliert. Es wurde z. B. ermittelt, welche Auswirkungen eine Variation der Kundenzahlen verursacht. Hierzu wurde eine Normalverteilung der Kundenzahlen angenommen, die in den einzelnen Perioden den folgenden Mittelwert und Standardabweichung aufweist: (1) 250 : 40, (2) 325 : 45, (3) 400 : 50, (4) 450 : 52, (5) 600 : 60. Ausgehend von dieser Verteilung konnte festgestellt werden, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 61,43% GM 1 mindestens den ROI des bislang schlechteren GM 2 (17,70%) aufweist. In Abb. 6 ist die kumulative Häufigkeitsverteilung dargestellt.



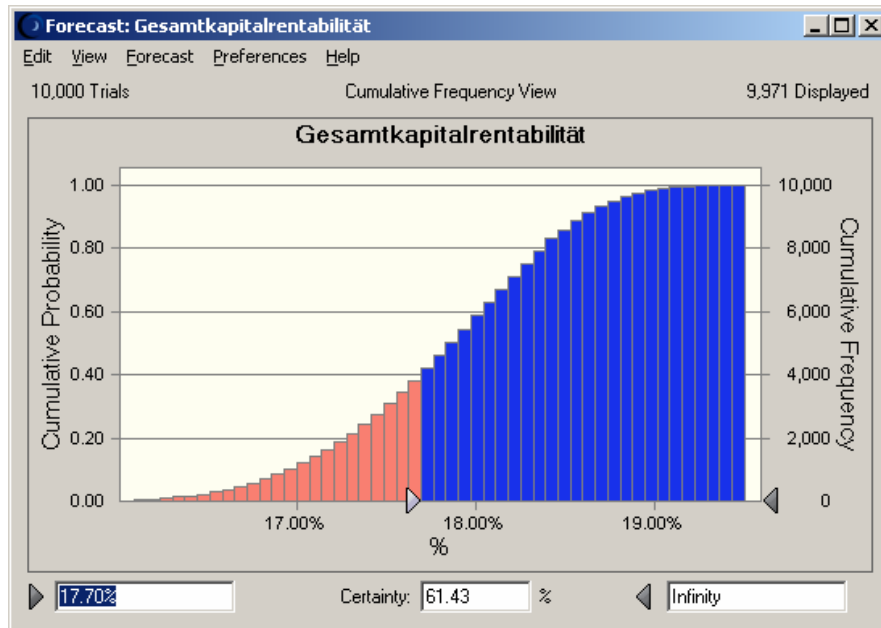


Abb. 6: Kumulative Häufigkeitsverteilung

Ebenfalls wurde anhand einer Dreiecksverteilung simuliert, welche Konsequenzen eine Variation des Erfahrungskurveneffekts hervorrufen würde.

#### 4 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Artikel wurde ein Methodensystem für die monetäre Bewertung von E-Learning-Geschäftsmodellen eingeführt. Diese Geschäftsmodelle können zur Erschließung neuer Erlösquellen für Hochschulen beitragen. Hierin besteht eine zentrale Herausforderung, der sich Hochschulen im internationalen Bildungswettbewerb stellen müssen.

Das Methodensystem unterstützt die Entscheidungsfindung, indem die langfristigen ökonomischen Konsequenzen von Geschäftsmodellen berücksichtigt werden. Auch werden die mit der Unsicherheit verbundenen Chancen und Risiken eines bestimmten Geschäftsmodells berücksichtigt. Durch einen ROI-Vergleich der Alternativen kann eine Entscheidungsunterstützung erfolgen.

Zukünftige Arbeiten sollen auf die praktische Anwendbarkeit des Methodensystems fokussieren. Insbesondere ist in diesen Arbeiten zu prüfen, inwiefern eine detaillierte Ermittlung der Auszahlungen pro Funktion in der Praxis möglich ist. Hierzu wurden bereits erste Kooperationen gebildet, in denen das entwickelte Methodensystem zur Beurteilung der monetären Konsequenzen von E-Learning-Geschäftsmodellen eingesetzt wird.

## Literaturverzeichnis

- [BKS98] *Back, A.; Kramhöller, S.; Seufert, S.*: Technology enabled Management Education. Die Lernumgebung MBE Genius im Bereich Executive Study an der Universität St. Gallen. In: IO Management (21) Nr. 3, 1998; S. 36-42.
- [GBB05] *Grob, H. L.; vom Brocke, J.; Bensberg, F.*: Finanzwirtschaftliche Bewertung von Geschäftsmodellen im E-Learning, Konzeption, Methoden und Perspektiven. In *Breitner, M. H.; Hoppe, G. (Hrsg.)*: E-Learning, Einsatzkonzepte und Geschäftsmodelle. Physica, Heidelberg, 2005; S. 101-116.
- [HB03] *Hoppe, G.; Breitner, M. H.*: Business Models for E-Learning. Hannover, 2003.
- [KW05] *Kleimann, B.; Wannemacher, K.*: Geschäftsmodelle für E-Learning. Konzepte und Beispiele aus der Hochschulpraxis. In *Tavangarian, D.; Nölting, K., (Hrsg.)*: Auf zu neuen Ufern! E-Learning heute und morgen. Waxmann, Münster, 2005; S. 187-196.
- [Se01] *Seufert, S.*: E-Learning Business Models, Strategies, Success Factors and BestPractice Examples. In *R. De Fillippi, R. W. (Hrsg.)*: Rethinking Management Education. Information Age Press, Greenwich, 2001.
- [AP02] *Adelsberger, H.; Pawlowski, J.*: Electronic Business and Education. In *Adelsberger, H.; Collis, B.; Pawlowski, J. (Hrsg.)*: Handbook on Information Technologies for Education & Training, International Handbook on Information Systems. Springer, Berlin, 2002; S. 653-671.
- [GB04] *Grob, H. L.; vom Brocke, J.*: Referenzmodelle für E-Learning-Systeme. Konzeption und Anwendung für die Produktionswirtschaft. In *Corsten, H.; Brassler, A. (Hrsg.)*: Entwicklungen im Produktionsmanagement. München, 2004; S. 43-62.
- [SBH01] *Seufert, S.; Back, A.; Häusler, M.*: E-Learning, Weiterbildung im Internet. Das „Plato-Cookbook“ für internetbasiertes Lernen. Kilchberg, 2001.

- [Ti98] *Timmers, P.:* Business Models for Electronic Markets. In: *Electronic Markets* (8) Nr. 2, 1998; S. 3-8.
- [PH90] *Prahalad, C. K.; Hamel, G.:* The core competencies of the corporation. In: *Harvard Business Review* (68) Nr. 3, 1990; S. 79-91.
- [Po99] *Porter, M. E.:* Wettbewerbsstrategie. 1999.
- [GBL01] *Grob, H. L.; vom Brocke, J.; Lahme, N.:* Freestyle Learning - Konzept und Entwicklungsprozess. In *Grob, H. L. (Hrsg.): cHL - computergestützte Hochschullehre, Dokumentation zum cHL-Tag 2000. Münster, 2001; S. 41-49.*
- [Br03] *vom Brocke, J.:* Referenzmodellierung. Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen. Dissertation am Institut für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, 2003.
- [Gr01] *Grob, H. L.:* Einführung in die Investitionsrechnung. Eine Fallstudiengeschichte. Vahlen, München, 2001.
- [GB04] *Grob, H. L.; vom Brocke, J.:* Controlling des Designs von Logistikprozessen. In *Baumgarten, H.; Becker, J.; Wiendahl, H.-P.; Zentes, J. (Hrsg.): Logistik Management, Springer Expertensystem Logistik Management. Berlin, 2004; S. 1-26.*
- [KNS92] *Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A. W.:* Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage „Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)“. Saarbrücken, 1992.
- [SG02] *Seufert, S.; Guttman, J.:* Wissens- und Lernportale auf dem E-Learning Markt, dargestellt am Fallbeispiel Siemens AG. In *Pawlowsky, J.; Reinhardt, R. (Hrsg.): Wissensmanagement für die Praxis. Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Umsetzung. München, 2002; S. 199-223.*
- [He64] *Hertz, D. B.:* Risk Analysis in Capital Investment. In: *Harvard Business Review* (42) Nr. January-February, 1964; S. 95-106.
- [Wr36] *Wright, T. P.:* Factors affecting the cost of airplanes. In: *Journal of the Aeronautical Science* Nr. 1936; S. 122-128.



# Ein Ansatz zur prozessorientierten Evaluation von Learning Management Systemen

Michael Luther

GOPA IT Consultants  
65428 Rüsselsheim  
Michael.luther@gopa.de

Dr. Matthias Trier

Fachgebiet Systemanalyse und EDV  
Institut für Wirtschaftsinformatik und Quantitative Methoden  
Technische Universität Berlin  
10587 Berlin  
Matthias.trier@syesdv.cs.tu-berlin.de

## Abstract

Bei der Bewertung und Auswahl von Lernplattformen helfen Kriterienlisten und Usabilitytests bei der Filterung einer großen Anzahl von Lernplattformen. Dabei sind Verfahren, die eine strukturierte Erarbeitung von Bewertungskriterien ermöglichen und die die Effizienz der Arbeit mit den Systemen verlässlich bewerten, nicht Teil des wissenschaftlichen Diskurses.

Vor dem Hintergrund, dass Learning Management Systeme gleiche Aufgaben wie eine Workflowmanagement-Anwendung übernehmen, zeigt dieser Beitrag, wie die Prozessanalyse zu einem strukturierten Auswahlverfahren von Learning Management Systemen entwickelt werden kann. Abschließend wird die Methode am Beispiel einer prozessorientierten Bewertung von Open Source LMS evaluiert.

## 1 Problemumfeld

Learning Management Systeme (LMS) sind ein zentrales Element einer technologischen Infrastruktur eines Lernszenarios (vgl. [TrWW03, 1]). Die Bewertung von Lernplattformen ist

als vorbereitender Schritt für die Entscheidung für ein bestimmtes Produkt von besonderer Bedeutung bei der Planung eines E-Learning-Angebots. Im aktuellen wissenschaftlichen Diskurs im E-Learning-Bereich werden verschiedene Vorgehen für die Evaluation von LMS diskutiert (vgl. z.B. [Stoc04], [ScTe04] oder [BaHM02]). Eine zentrale Rolle innerhalb des diskutierten Methodenkanons spielen Kriterienlisten und Usabilitytests. Kriterienlisten helfen bei der Filterung einer großen Anzahl von Lernplattformen. Inhaltlich beziehen sie sich auf die Zweckmäßigkeit von Lernplattformen für den spezifischen Einsatzzweck, für den die Evaluation durchgeführt wird. Die Zweckmäßigkeit wird im Sinne Nielsens dadurch bestimmt, in wieweit die Software die Benutzer dazu befähigt, ihre Aufgaben im vollen Umfang zu erfüllen, ohne auf andere Hilfsmittel zurückgreifen zu müssen.

Mit Hilfe von Usabilitytests soll festgestellt werden, ob die Produkte den Ansprüchen der Benutzer gerecht werden.

Innerhalb der einschlägigen Literatur herrscht Einigkeit darüber, dass Evaluationskriterien und –Methoden sich stark an dem jeweiligen Einsatzszenario und der Rolle der Software innerhalb der Lern- und Lehrprozesse orientieren sollen (vgl. [Terg04, 17]). Ein LMS soll die Verwaltung und Koordination des Lernprozesses ermöglichen (den Lernprozess *managen*). Es legt die Ausführungsreihenfolge bei der Bearbeitung bestimmter Aufgaben fest (z.B. erst Kurs initialisieren, Struktur festlegen und dann Inhalte einfügen), ordnet bestimmte Aufgaben bestimmten Personen zu (durch ein rollenbasiertes Rechtesystem, wie es die meisten modernen Lernplattformen aufweisen), hält Daten bereit, die für die Bearbeitung einer Aufgabe benötigt werden (z.B. werden dem Nutzer die E-Mail-Adressen der Kursteilnehmer innerhalb der E-Mail-Funktionalität angezeigt) und bietet die Werkzeuge an, mit denen die Bearbeitung erst möglich wird (z.B. eine Kalenderfunktion zur Koordination kooperativer Aufgabenbearbeitung oder Testwerkzeuge).

Damit erfüllt eine Lernplattform das Aufgabenportfolio, das Stein für *Workflowmanagement-Anwendungen* beschreibt (vgl. [Ste99, 16]). Allgemein gesprochen soll eine Workflowmanagement-Anwendung Prozessabläufe automatisieren und unterstützen (vgl. [MüHa05, 2]). Kriterienlisten genügen dem Anspruch, die Rolle des Learning Management Systems im Lernszenario zu berücksichtigen, nur dann, wenn die Auswahl der Kriterien sich an der Funktion der Lernplattform im Lern- und Lehrprozess orientiert. In den dokumentierten Evaluationsstudien, zum Beispiel in den vielbeachteten Studien von Rolf Schulmeister (vgl. [Schu03]) und von Peter Baumgartner (vgl. [BaHM02]), werden die geplanten Einsatzszena-

rien nicht strukturiert auf ihre Anforderungen an die Lernplattformen hin untersucht. Kriterien werden hier entweder aus Referenzstudien extrahiert oder per Delphi-Methode erarbeitet. Usabilitybefragungen werden im Rahmen von Evaluationsstudien regelmäßig nach einer zeitlich begrenzten Testphase durchgeführt. Während die Vergleichbarkeit der Ergebnisse insgesamt durch dieses Vorgehen erhöht wird (weil die Benutzungsbedingungen innerhalb einer Testphase eher kontrollierbar sind), ist die Effizienz der Arbeit mit einem bestimmten System nach einer Zeit von ca. 4 Monaten (die Tests an Hochschulen erstrecken sich meist auf ein Semester) kaum erfassbar. Nielsen postuliert, dass unter Effizienz der Aufwand eines *Experten* bei der Bearbeitung seiner Aufgaben zu verstehen ist (vgl. [Niel93, 30f.]). Die Benutzer befinden sich aber noch in der Lernphase, wenn die Befragung stattfindet (vgl. [StDZ00, 10]), so dass das effizienzbezogenen Ergebnisse der Befragung vor allem durch die Erlernbarkeit beeinflusst werden. Eine Bewertung der Effizienz kann auf diesem Weg kaum zuverlässige Ergebnisse liefern.

## 2 Forschungsziel

Vor dem Hintergrund der oben genannten Problemstellung diskutiert dieser Beitrag ein Verfahren zur strukturierten Erarbeitung von Bewertungskriterien für die Evaluation von Learning Management Systemen. Zudem sollen Informationen über die Effizienz der Arbeit bzw. des Lernens mit den jeweiligen Systemen erhoben werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass Learning Management Systeme grundsätzlich den Lernprozess managen sollen und daher gleiche Aufgaben wie eine *Workflowmanagement-Anwendung* übernehmen. Daher ist zu untersuchen, inwiefern eine Prozessanalyse als Evaluationsinstrument für die Auswahl von LMS herangezogen werden können, um die Mängel bisheriger Evaluationsansätze zu beheben.

Forschungstheoretisch findet dabei die Methodik der Designwissenschaften (Design Research, vgl. [VaKu04]) Anwendung, da kein empirischer Erkenntnisgewinn über ein Phänomen sondern die Gestaltung und Evaluation (einer Methode) im Mittelpunkt des Interesses steht.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Prozessanalyse erläutert und deren Anwendung zur Auswahl von Learning Management Systemen hergeleitet, bevor anschließend die

Methode evaluiert wird, in dem sie im Rahmen einer Fallstudie zur Auswahl eines geeigneten Open Source LMS für eine virtuelle Universität eingesetzt wird.

### **3 Prozessanalyse als Methodik zur Ableitung von Kriterien zur LMS Evaluation**

#### **3.1 Prozessorientierung**

Das zentrale Element der Prozessorientierung ist die Konzentration auf den Unternehmensprozess. Unter einem Unternehmensprozess wird ein „Bündel von Aktivitäten (verstanden), für das ein oder mehrere unterschiedliche Inputs benötigt werden und das für den Kunden ein Ergebnis von Wert erzeugt“ (vgl. [HaCh95, 52]). Weil es sich bei Universitäten nicht um ein Unternehmen handelt und die Schüler keine Kunden sind, wird in der Folge der allgemeiner gehaltene Begriff *Anwendungsprozess* verwendet. „Bei einem Anwendungsprozess handelt es sich um einen beliebigen Vorgang (...) zur Erfüllung einer Aufgabe.“ (vgl. [Ste99, 10]).

Im Unternehmenskontext werden Prozesse nach ihrer Bedeutung für den Kunden unterteilt. Es werden Leistungs- oder auch Kern- oder Primärprozesse und Unterstützungs- oder auch Sekundärprozesse unterschieden (vgl. [Epp100, 35], [BeKa05, 4]). Eine derartige Unterteilung macht im E-Learning-Bereich ebenfalls Sinn. Prozesse mit direktem Bezug zur Lern- und Lehrtätigkeit werden in der Folge als Primär- oder Kernprozesse bezeichnet, Aktivitäten mit eher administrativem und vorbereitendem Charakter zählen zu den sekundären Prozessen (Supportprozesse). Wie schon erwähnt, handelt es sich nicht um eine relevanzbezogene Einteilung. Vielmehr soll mit dieser Einteilung eine Denkrichtung angedeutet werden: Die Prozesse, die direkt zu einem Lernerfolg führen, werden zuvorderst betrachtet und in Hinblick auf das Lernziel entworfen.

#### **3.2 Prozessanalyse und Evaluation von LMS**

Dass einem LMS innerhalb eines komplexen E-Learningszenarios die Funktion einer Workflowmanagement-Anwendung zukommt, wurde bereits erwähnt. In der Folge soll der Zusammenhang zwischen der Prozessanalyse und der Auswahl einer Lernplattform verdeutlicht und das Vorgehen bei der Evaluation erläutert werden.



In dem von den Autoren vorgeschlagenen Vorgehensmodell kommt die Prozessanalyse an zwei Stellen im Evaluationsablauf zum Einsatz: In einem ersten Schritt wird die Prozessanalyse dazu verwendet, funktionale Kriterien für eine Kriterienliste zu erstellen, anhand derer eine kleine Anzahl von Systemen ausgewählt werden kann. Der zweite Schritt besteht in der Entwicklung von systemspezifischen Workflows für die Gruppe ausgewählter Lernplattformen. Die Workflows geben Auskunft über die Effizienz der Arbeit mit der Plattform und lassen Aussagen über die Zweckmäßigkeit des LMS zu.

### 3.2.1 Ermittlung von Bewertungskriterien durch Prozessanalyse

Da ein Workflow die Teilautomatisierung von Anwendungsprozessen ist (vgl. [MüHa05, 1]), hängt seine Gestalt notwendigerweise sowohl von der Form der Prozesse als auch von der eingesetzten Workflowmanagement-Software ab. Ein optimaler Workflow kommt also nur dann zustande, wenn die als Workflowmanagement-Anwendung fungierende Software optimal zu den durchgeführten Prozessen passt.

Um eine Bewertung verschiedener Softwaresysteme zur Prozessunterstützung vornehmen zu können, müssen also die Prozesse bekannt sein. Zur Mühlen und Hansemann gehen in ihrer Argumentation noch einen Schritt weiter: Nicht nur müssen die Prozesse bekannt sein, sondern sie sollten auch in Hinblick auf die Einführung einer Workflowmanagement-Anwendung neu entworfen werden, sonst „besteht die Gefahr, im Workflowmanagement-System bestehende Ineffizienzen abzubilden und damit künstliche Schwachstellen zu schaffen“ (vgl. [MüHa05, 8]). Tatsächlich bedingt sich der Bedarf eines neuen Prozessentwurfs oft schon durch die Neuartigkeit der möglichen Prozesse mit Hilfe von Lernplattformen. Die Neuartigkeit der Methoden besteht natürlich nicht zwangsläufig. Klingler führt das Scheitern vieler E-Learning-Projekte jedoch darauf zurück, „dass mit eLearning häufig versucht wird, traditionelle Lehr- und Lernmethoden durch Technikeinsatz nachzubilden oder zu optimieren“ (vgl. [Kling04, 1]).<sup>1</sup> Aus diesem Blickwinkel erscheint eine Neuentwicklung der Prozessentwürfe sinnvoll.

Anders als bei Prozessanalysen, die zum Zwecke der Prozessoptimierung, Unternehmensreorganisation oder der Softwareentwicklung durchgeführt werden, sind im hier beschriebenen Anwendungsfall der Prozessanalyse Prozessalternativen zu berücksichtigen, die aufgrund des hypothetischen Einsatzes verschiedener LMS mit unterschiedlichen Funkionali-

---

<sup>1</sup> Oder auch mit Hammer und Champy – gewohnt einprägsam – „Automating existing processes is analogous to paving cow paths“ [HaCh93, 48].

täten zustande kommen. Schließlich ist ein Ziel der Prozessmodellierung, die alternativen Prozessausprägungen gegeneinander Abwägen zu können, um so Informationen über die Relevanz einzelner Produktmerkmale zu erhalten.

Um aus der Betrachtung der Lern- und Lehrprozesse Anforderungen an die zu bewertenden Lernplattformen ableiten zu können, werden die Vorgänge im Rahmen der vorzustellenden Methode in Form von *erweiterten Ereignisgesteuerten Prozessketten* dargestellt. Das übliche Repertoire an Objekttypen wurde den Bedürfnissen der Evaluation angepasst (vgl. Abbildung 1) und es wurden Modellierungskonventionen eingeführt:

- Komplexe Objekte werden mit eigenen Modellen hinterlegt. Das Modell hat dann denselben Namen wie das Objekt.
- Ressourcenobjekte, die Teile des LMS darstellen (z.B. E-Mail- oder Forumsfunktionalität) werden orange dargestellt und Ressourcen, die nicht Teil des Learning Management Systems sind, in blau. Damit sind die notwendigen Eigenschaften des LMS leicht ablesbar.
- Ressourcenobjekte, die einer Schnittstelle zum LMS bedürfen, werden dunkelblau dargestellt, Ressourcenobjekte die keine Schnittstelle brauchen hellblau.
- Prozessalternativen, die modelliert werden, um unterschiedliche LMS-Eigenschaften zu berücksichtigen, werden mit einem hellblauen Funktionssymbol angekündigt.
- Funktionen werden durch Ereignisse beendet. Daraus folgt, dass auf eine Funktion stets ein Ereignis folgt. Wenn allerdings das Ereignis trivial ist, kann es weggelassen werden, um die Komplexität des Modells zu verringern, so dass zwei Funktionen aufeinander folgen können.
- In modernen LMS werden Stellentypen durch Rollen abgebildet. In diesem Sinne wird in dieser Arbeit statt des Objekttyps Stelle der Objekttyp *Rolle* verwendet.



Abbildung 1: Objekttypen der eEPK zum Zwecke der Evaluation von Lernplattformen

Eine weitere Designentscheidung betrifft den Feinheitsgrad, zu dem die Prozesse entworfen werden sollen. Mit dem Detaillierungsgrad steigt der Modellierungsaufwand. Welcher Feinheitsgrad sich wirtschaftlich noch lohnt, hängt von dem Verwendungszweck des Modells ab (vgl. [SpSc05, 2]). Da das Prozessmodell als Basis für die Auswahl von funktionalen Kriterien dienen soll, sollten die Prozesse wenigstens so detailliert dargestellt werden, dass den einzelnen Prozessschritten einzelne Softwarewerkzeuge innerhalb des LMS (wie E-Mail, Dateiapload, Forum oder Autorentools) zugeordnet werden können, die später auch abfragbar sind.

Wurden die Prozessmodelle mit hinreichendem Detaillierungsgrad erstellt, können die Kriterien extrahiert werden. Alle Ressourcen, die in den Prozessmodellen dem LMS zugeordnet wurden (erkennbar an der orangenen Färbung), stellen funktionale Anforderungen dar. Ein System, das gut zu den modellierten Prozessen passt, verfügt über diese Funktionalitäten. Je nach Detaillierungsgrad lassen sich auch noch weitere Eigenschaften der jeweiligen LMS-Funktionalitäten spezifizieren.

Schnittstellenanforderungen mit anderen Softwareanwendungen sind daran erkennbar, dass die gleichen Daten von dem LMS und einem anderen System benutzt werden. Die Anforderung an die Lernplattform besteht dann darin, ein Datenformat zu unterstützen, das auch von der anderen Softwareanwendung unterstützt wird. Anwendungen, die Schnittstellenanforderungen an die Lernplattform stellen, werden dunkelblau dargestellt.

Anforderungen an die Rollenspezifikationen lassen sich an den in der Prozessmodellierung verwendeten Rollen ablesen.

Die Kriterien sind so zu formulieren, dass sie die Existenz oder die Abwesenheit einer bestimmten Eigenschaft abfragen, so dass sie mit ‚ja‘ oder ‚nein‘ beantwortet werden können. Die einzelnen Kriterien sind nicht alle gleich wichtig, sondern einige Softwareeigenschaften tragen einen größeren Teil zur Geeignetheit des System bei als andere. Diesem Umstand soll durch eine Gewichtung der Kriterien Rechnung getragen werden. Aus der Literatur zum

Thema Prozessanalyse und Prozessmanagement konnten keine geeigneten Methoden zur Gewichtung der Kriterien anhand der Prozessanalyse extrahiert werden. In dieser Arbeit wird für die Gewichtung die Methode von Schulmeister (vgl. [Schu03, 67]) angewendet, der damit ebenfalls Lernplattformen evaluierte.

Bei dem von Schulmeister entwickelten Verfahren handelt es sich um eine Abwandlung der Numerischen Gewichtung und Summierung. Die Kriterien werden nach ihrer Relevanz in drei Gruppen eingeteilt: K.O.-, Soll- und Kann-Kriterien. Soll-Kriterien werden mit Werten zwischen eins und fünf gewichtet, Kann-Kriterien erhalten Gewichtungen zwischen 0,1 und 0,5. K.O.-Kriterien werden nicht weiter gewichtet – erfüllt eine Software ein K.O.Kriterium nicht, wird es nicht weiter berücksichtigt. Das Format der Punktwertung entspricht folgendem Muster: XX.YYY.ZZZ. X steht dafür für Anzahl der erfüllten K.O.-Kriterien, Y für die erzielten Punkte bei den Soll- und Z bei den Kann-Kriterien. Diese Methode führt nicht zwangsläufig zu einer eindeutigen Reihenfolge, erlaubt es aber, gute Performer von schlechten zu unterscheiden und so eine Gruppe herauszufiltern, die im nächsten Schritt eingehender betrachtet werden soll.

Harte Kriterien für die Gewichtung selbst können nicht angegeben werden, da die Relevanz nicht unabhängig von den Umständen des Einzelfalls diskutiert werden kann. Es werden stattdessen Richtlinien angegeben, die die Einordnung in K.O.-, Soll- und Kann-Kriterien unterstützen sollen:

- Ein Kriterium ist stärker zu gewichten, wenn es aus mehreren Anwendungsprozessen abgeleitet wurde.
- Ein Kriterium ist stärker zu gewichten, wenn die Erfüllung in hohem Maße zur Koordination eines Prozesses beiträgt.
- Ein Kriterium ist schwächer zu gewichten, wenn es zu dessen Erfüllung eine zweckmäßige Prozessalternative gibt. Dabei sind die Alternativprozesse miteinander auf Effizienz und Effektivität zu vergleichen.
- Kriterien, die sich auf Datenelemente beziehen, sind stärker zu gewichten, wenn sie von Anwendungen benötigt werden, als wenn sie rein informative Funktion besitzen.
- Kriterien sind umso stärker zu gewichten, desto häufiger der Prozess ausgeführt wird, aus dem das Kriterium abgeleitet wurde.

Liegen die gewichteten Kriterien vor, kann eine Bewertung entweder auf Basis eigener Erhebungen oder auch unter Benutzung von online verfügbaren Tools wie dem EduTools Evaluationswerkzeug (vgl. [edut06]) erfolgen. Werden Informationen mit Hilfe externer Dienstleister erhoben, besteht das Problem, dass nur jene Kriterien abgefragt werden können, die auch von den Bereitstellern erhoben wurden.

### 3.2.2 Workflowanalyse zum detaillierten Vergleich der LMS

Für die ausgewählten Systeme sind die modellierten Anwendungsprozesse in systemspezifische Workflows umzusetzen. Der übliche Weg, von einem Prozess- zu einem Workflowmodell zu kommen besteht, in der Übersetzung in eine workflowspezifische Notation und die Ergänzung workflowrelevanter Daten. Für die Modellierung von Workflows mit dem Ziel der Evaluation von Lernplattformen wird ein anderer Weg vorgeschlagen. Der Grund für die Übersetzung in eine workflowspezifische Notation besteht darin, dass eine Workflowspezifikation von dem WFM-S ausführbar sein muss (vgl. [RuSh95, 4]). Dieser Anforderung muss das Workflowmodell, anhand dessen die einzelnen LMS verglichen werden sollen, nicht genügen. Vielmehr muss das Modell leicht verständlich sein und alle workflowrelevanten Informationen enthalten. Stein gibt den notwendigen Umfang eines Workflowschemas an: Funktionalitäten, Verhalten, Informations- und Datenelemente, Ressourcen und Aufbauorganisation müssen darstellbar sein (vgl. [Ste99]). Diese Elemente sind alle in der im vorigen Kapitel beschriebenen eEPK enthalten.

Für die Modellierung der Workflows werden zudem noch zwei weitere Modellierungskonventionen eingeführt, die die Lesbarkeit und Nachvollziehbarkeit des Modells erhöhen sollen:

- Navigationsschritte werden mit dem *Text des Links* und dem Signalwort *wählen* beschrieben: Soll ein Link mit dem Text *Home* angeklickt werden, wird die Funktion mit „Home wählen“ beschriftet.
- Auswahlmöglichkeiten mit Hilfe von Checkboxen werden mit Hilfe der *Bezeichnung des/der zu wählenden Objekte* und dem Signalwort *auswählen* beschrieben: Soll eine Checkbox, die zu einem Student innerhalb eines Menüs gehört angeklickt werden, wird die Funktion mit “Student auswählen“ beschriftet.
- Werden Objekte erstellt, auf die später per Link zugegriffen werden kann, so werden diese später mit ihrem *Typ* und dem Signalwort *Name* referenziert: Hat ein

Tutor einen Kurs erstellt, auf den der Student später zugreifen soll, so wird die entsprechende Funktion des Zugriffs mit „Kursname wählen“ beschriftet.

Das hier anzuwendende Verfahren unterscheidet sich notwendigerweise von den in der Literatur zum Thema Workflowspezifikation vorgeschlagenen Vorgehensweisen.

Die Workflowmodellierung zum Zwecke der Workflowsteuerung stellt eine Form der Soll-Modellierung dar. Sollen die Workflows als Basis für einen Vergleich mehrerer Softwaresysteme dienen, so handelt es sich dabei um eine Ist-Modellierung der Soll-Prozesse (also die faktische Unterstützung hypothetischer Prozesse). Um die Workflows modellieren zu können, muss untersucht werden, wie die einzelnen Systeme die Umsetzung der Anwendungsprozesse unterstützen. Anhand von Testinstallationen sind die Prozesse durchzuspielen und das resultierende Vorgehen ist zu modellieren.

Die Workflows – und damit die jeweils eingesetzten Lernplattformen – sollen in Bezug auf die Effizienz und Zweckmäßigkeit untersucht werden.

Da die einzelnen Systeme aber unterschiedliche Anwendungsprozesse unterschiedlich gut unterstützen, ist nicht unbedingt mit einem eindeutigen Ergebnis über alle Anwendungsprozesse hinweg zu rechnen. In der Regel werden einige Prozesse am besten von einem System unterstützt, während ein anderes die beste Wahl für einen anderen Prozess darstellt. Es bedarf also einer Handhabe für den Umgang mit solchen Konflikten.

Hier bietet sich die Methode Baumgartners an, QGS, die von Baumgartner ausführlich beschrieben wird (vgl. [BaHM02, 68f.]). Die Methode wird in ihrer Auslegung den Bedürfnissen der Workflowbewertung angepasst und es werden Kriterien für die Gewichtung der Prozesse und Bewertung der Workflows angegeben.

- Die qualitative Gewichtung wird auf die Relevanz eines Teilprozesses bezogen. Die Skala der Gewichtung hat die Einteilung: Essentiell (E), äußerst wichtig (\*), sehr wichtig (#), wichtig (+), weniger wichtig (!) und nicht wichtig (0).
- Was bei Baumgartner der Grad der Erfüllung eines Kriteriums ist, wird für diesen Zweck als Ausprägung der Prozesseffizienz bzw. Zweckmäßigkeit definiert.

- Ein LMS kann in Bezug auf einen Prozess höchstens den Wert der Gewichtung des Prozesses für seine Zweckmäßigkeit bzw. Workfloweffizienz zugewiesen bekommen.
- Die Werte für Effizienz und Zweckmäßigkeit werden getrennt betrachtet – schließlich soll über beide Qualitäten eine Aussage getroffen werden. Eine Zusammenfassende Betrachtung der beiden Elemente ist nicht vorgesehen. Sie bleiben beide für sich jeweils ein Teil der Akzeptabilität des LMS.
- Um ein Gesamtergebnis für alle betrachteten Prozesse zu erlangen, werden die jeweiligen Ausprägungen Kriterien addiert. Ein LMS hat also stets ein Ergebnistupel, wobei beide Teile folgendes Format aufweisen:

§ Produkt A: 7 \*, 5 #, 2 +, 3 |.

- Wiederum gibt es im Ergebnis nicht unbedingt eine eindeutige Reihenfolge.

Die Gewichtung der einzelnen Prozesse richtet sich vor allem danach, wie häufig der jeweilige Prozess innerhalb eines Semesters stattfindet. Die Zielbeschreibungen der Hochschule selbst sind der zweite wichtige Indikator. Eine Hochschule, die sich das Ziel gesetzt hat, in den nächsten Jahren die Kosten zu reduzieren, muss vor allem auf die administrativen Prozesse achten. Steht für die Hochschule ein umfassender Service im Vordergrund, sind vor allem jene Prozesse stark zu gewichten, die für die Erfüllung dieses Ziels verantwortlich sind. Die Bewertung der Workflows geschieht innerhalb der angegebenen Skala. In der Folge werden die Kriterien für die Bewertung angegeben.

Die Zweckmäßigkeit richtet sich danach, in wie weit die Software den Benutzer in die Lage versetzt, das zu tun was er will oder soll. Dementsprechend sind auch die Bewertungskriterien wie folgt.

- Können alle Aufgaben in vollem Umfang erfüllt werden?
- Müssen andere Werkzeuge benutzt oder der Prozess manuell bearbeitet werden?

Die Effizienz wird durch die Ausprägung der einzelnen Workflows bestimmt. Zur Bewertung der Effizienz wird eine Auswahl der von Krallmann beschriebenen Merkmale dysfunktionaler Prozesse herangezogen (vgl. [KrGF02, 234]):

- ausufernder Informationsaustausch redundanter Daten,

- Mehrfacheingabe von Daten,
- hohes Maß an Kontrolle nötig,
- Nachbearbeitungen und Iteration,
- Komplexität und Ausnahmen.

## 4 Evaluation

Die vorgestellte Methode wurde im Rahmen einer Diplomarbeit auf das Lernszenario an der Virtual Global University (VGU) angewendet (vgl. [Luth06]). Die drei Open Source Lernplattformen Ilias, ATutor und Moodle wurden auf ihre Zweckmäßigkeit und Effizienz in Bezug auf die Lern- und Lehrprozesse an der VGU hin untersucht.

Die Prozesse wurden mit Hilfe von strukturierten Interviews erfasst und wie oben dargestellt modelliert. Die Bewertungskriterien wurden direkt aus den Prozess- und Datenmodellen abgeleitet. Die Gewichtung wurde unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.2.1 erläuterten Grundsätze vorgenommen. Es wurden 15 K.O.-, 15 Soll- und 16 Kann-Kriterien identifiziert. Die Daten wurden anhand von Testinstallationen ermittelt. Es qualifizierten sich Ilias und Moodle für die zweite Stufe, in der die systemspezifischen Workflows entwickelt wurden.

Die einzelnen Anwendungsprozesse wurden entsprechend der in Kapitel 3.2.2 dargestellten Kriterien in ihrer Relevanz bewertet, und anhand der angegebenen Kriterien auf Effizienz und Zweckmäßigkeit hin bewertet.

Im Ergebnis zeigte sich, dass Moodle zweckmäßiger ist und sein Einsatz zu effizienteren Workflows führt.

Vor der Durchführung der Evaluationsstudie hatte es noch Zweifel gegeben, ob die getrennte Betrachtung von Zweckmäßigkeit und Effizienz für den Fall einer Software mit Workflowmanagement-Funktion überhaupt sinnvoll ist. Da ein Hauptziel der Implementierung von Workflowmanagement-Anwendung in der Erhöhung der Prozesseffizienz liegt (vgl. [MüHa05, 2]), schien es möglich, dass eine höhere Zweckmäßigkeit zwangsläufig auch zu einer höheren Effizienz führen würde. In einzelnen Anwendungsprozessen zeigte sich allerdings, dass es durchaus Fälle gibt, in denen ein System zwar zweckmäßiger ist, aber zu weniger effizienten Prozessen führt. So lagen beide Systeme für den Prozess „Einstellen von



Kursinhalten“ bei der Zweckmäßigkeit gleich auf (Ilias: |, Moodle: |) während die Prozesseffizienz für den Einsatz von Moodle etwas besser war (Ilias: 0, Moodle: |).

In Hinsicht auf das Forschungsziel kann festgestellt werden, dass es gelungen ist, sinnvolle Kriterien aus der Prozessanalyse des geplanten Lernszenarios heraus zu entwickeln. Die Prozessmodelle lieferten auch in Verbindung mit prozessorientierten Richtlinien Ansatzpunkte für die Gewichtung der Kriterien und waren somit als Grundlage für den ersten Evaluationsschritt ein brauchbares Instrument. Ein Vergleich mit anderen Methoden der Kriteriengenerierung wurde nicht angestellt, wäre für die Zukunft aber sinnvoll.

Die Analyse der Effizienz führte ebenfalls zu verwertbaren Ergebnissen und ist, weil es sich um eine analytische Betrachtung der Prozesseffizienz handelt, in seiner Validität nicht von den Fähigkeiten von Testpersonen im Umgang mit der Software abhängig.

Die Prozessanalyse eignet sich allerdings nicht unbedingt als alleiniges Verfahren zur Bewertung von Lernplattformen. Prozessmodelle enthalten letztlich keine Informationen über viele relevante Produkteigenschaften wie beispielsweise den Preis, die Gestaltung der GUI oder dem Lernaufwand. Diese Daten sind dementsprechend auf anderen Wegen zu erheben.

Es stellte sich während der Anwendung der Methode heraus, dass neben dem Prozesswissen ein beträchtliches Produktwissen vonnöten war, um die optimalen Workflows für die jeweiligen Systeme zu erstellen. Es ist allerdings anzunehmen, dass der Einarbeitungsaufwand für andere Evaluationsverfahren kaum geringer ausfällt. Zumal ein einziger Modellierer ausreicht, der die Programme gut kennen muss, während empirische Evaluation die Einarbeitung mehrerer Personen verlangt.

Ob die Prozessanalyse ein geeignetes Instrument der Evaluation darstellt ist zudem abhängig davon, wie stark der Workflowmanagement-Charakter einer Lernplattform innerhalb des Lernszenarios ausgeprägt ist. Je geringer der Anteil der Lehre ist, der über das Internet abgewickelt wird, desto geringer ist der Koordinationsbedarf und desto weniger fällt die Prozessunterstützende Funktionalität ins Gewicht. Für den Fall einer virtuellen Universität greift diese Einschränkung allerdings nicht.

## **5 Fazit**

Dieser Beitrag diskutierte zunächst die Mängel gegenwärtiger Evaluationsmethoden für E-Learning. Es wurde festgestellt, dass insbesondere die Festlegung der Bewertungskriterien

problematisch ist. Zudem erschien die Ermittlung der Effizienz der Arbeit mit den jeweiligen Systemen nicht stichhaltig. Von dieser Situation ausgehend wurde festgestellt, dass die Prozessperspektive auf ein E-Learning System anwendbar ist und ein LMS prinzipiell die gleichen Aufgabentypen wie eine Workflowmanagement-Anwendung erfüllt. Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, eine Evaluationsmethode auf Basis der Prozessanalyse daraufhin zu untersuchen, ob sie die erkannten Mängel konventioneller Evaluationen überwinden hilft. Die entwickelte Methodik wurde evaluiert, in dem für spezielle Einsatzbereiche einer privatwirtschaftlichen international agierenden virtuelle Universität (VGU) verschiedene Open Source Learning Management Systeme evaluiert wurden, um zu einem Vergleich und einer Auswahlentscheidung zu kommen.

Die Anwendung der vorgestellten Methode zeigte, dass Kriterien sich bei passender Modifikation der Notationsregeln des Modelltyps eEPK direkt aus den Prozessmodellen ableiten lassen. Eine endgültige Bewertung von Effizienz und Zweckmäßigkeit ließen die software-spezifischen Workflowmodelle zu.

Die Prozessanalyse bietet sich nicht als einziges Evaluationsinstrument an, weil sich in Prozessmodellen viele Produkteigenschaften nicht adäquat abbilden lassen. Es wird ein multimethodisches Verfahren angeraten, um alle relevanten Eigenschaften von Lernplattformen zu erfassen.

## **Literaturverzeichnis**

- [BaHM02] Baumgartner, Peter; Häfele, Hartmut; Maier-Häfele, Kornelia: E-Learning Praxishandbuch: Auswahl von Lernplattformen. Studienverlag, Innsbruck 2002.
  
- [BeKa05] Becker, Jörg und Kahn, Dieter: Der Prozess im Fokus. In: Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M, (Hrsg): Prozessmanagement. 5. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg 2005, S. 373-408.
  
- [edut06] edutools: CMS – Features List. [http://edutools.info/feature\\_list.jsp?pj=8](http://edutools.info/feature_list.jsp?pj=8). Abruf am 2006-06.26.

- [Epl00] Epple, Martin: Prozessqualität – Ansätze zum Qualitätsmanagement bei innerbetrieblichen und zwischenbetrieblichen Prozessen. Difo-Druck, Bamberg 2000.
- [HaCh95] Hammer, Michael und Champy James: Business Reengineering – Die Radikalkur für das Unternehmen. 5. Aufl. Campus, Frankfurt New York 1995.
- [HaCh93] Hammer, Michael und Champy James: Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. Harper-Business, New York 1993.
- [Kling04] Klingler, Hugo: eLearning ist tot, es lebe eLearning. In: Roters, G., Turecek, O., Klingler, W. (Hrsg): eLearning – Trends und Perspektiven. Vistas, Berlin 2004, S. 41-45.
- [KrGF02] Krallmann, Hermann; Gronau, Norbert; Frank, Helmut: Systemanalyse im Unternehmen. 4. Aufl. Oldenbourg München 2002.
- [Luth06] Luther, Michael: Prozessanalytische Softwareevaluation – Bewertung von Open Source Lernplattformen für den Einsatz im Hochschulbereich. Diplomarbeit, Technische Universität Berlin 2006.
- [MüHa05] zur Mühlen, Michael und Hansmann, Holger: Workflowmanagement. In: Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M, (Hrsg): Prozessmanagement. 5. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg 2005, S. 373-408.
- [Niel93] Nielsen, Jacob: Engineering Usability. Academic Press, San Diego 1993
- [ScTe04] Schenkel, Peter und Tergan, Sigmar O.: Qualität von E-Learning – eine Einführung. In: Tergan, S. O., Schenkel, P. (Hrsg): Was macht E-Learning erfolgreich? Springer, Berlin 2004, S. 3-13.
- [Schu03] Schulmeister, Rolf: Lernplattformen für das virtuelle Lernen: Evaluation und Didaktik. Oldenbourg, München 2003.
- [SpSc05] Speck, Mario und Schnetgöke, Norbert: Sollmodellierung und Prozessoptimierung In: Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M, (Hrsg): Prozessmanagement. 5. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg 2005, S. 185-220.

- [StDZ00] Steffens, Franz; Dorrhauer, Carsten; Zlender, Andrej: Usability-Tests ausgewählter Geschäftsprozesse. HMD-Praxis der Wirtschaftsinformatik (2000) 212: 57-69
- [Ste99] Stein, Katrin: Integration von Anwendungsprozessmodellierung und Workflow-Management. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg 1999.
- [Stoc04] Stockmann, Reinhard: Wirkungsorientierte Programmevaluation: Konzepte und Methoden für die Evaluation von E-Learning. In: Meister D.M., Tergan, S. O., Zentel, P. (Hrsg): Evaluation von E-Learning. Waxmann, Münster 2004, S. 23-42.
- [Terg04] Tergan, Sigmar O.: Realistische Qualitätsevaluation von E-Learning. In: Meister, D. M.; Tergan S. O.; Zentel, P. (Hrsg): Evaluation von E-Learning. Waxmann, Münster 2004, S. 131-154.
- [TrWW03] Trahasch, Stephan; Wiedenbruch, Nadine; Wöhrle, Nicole () CampusOnline – E-learning an der Universität Freiburg. In: Bett, K.; Wedekind, J. (Hrsg): Lernplattformen in der Praxis. Waxmann, Münster 2003, S. 15-32.
- [VaKu04] Vaishnavi, Vijay; Kuechler, William: Design Research in Information Systems. <http://www.isworld.org/Researchdesign/drisISworld.htm>, 2004-01-20, Abruf am 2006-01-18.

# **Modellbasiertes Curriculum-Design für Learning Management Systeme: Ein Integrationsansatz auf Basis von ARIS und IMS Learning Design**

Guido Grohmann, Wolfgang Kraemer, Frank Milius, Volker Zimmermann

imc information multimedia communication AG

66115 Saarbrücken

{guido.grohmann,wolfgang.kraemer,frank.milius,volker.zimmermann}@im-c.de

## **Abstract**

Der Artikel diskutiert einen integrativen Ansatz zum modellbasierten Curriculum-Design und einer anschließenden Umsetzung in einem Learning Management System als Laufzeitumgebung. Der Lösungsweg wird anhand der Produkte CLIX<sup>®</sup> der imc AG sowie ARIS Business Architect<sup>®</sup> der IDS Scheer AG aufgezeigt. Er basiert auf Vorüberlegungen zum „Learning Design“ der Standardisierungsinitiative IMS Global Learning Consortium.

## **1 Werkzeuggestützte Planungs- und Designmethoden für Lernprozesse als Herausforderung**

Lehrpläne und Curricula sind das „Gerüst“ jeder Bildungs- und Trainingsmaßnahme. Die Aufgabenstellung Lehrpläne zu entwerfen wird nachfolgend als „Learning Design“ bezeichnet.

Meist zeichnen sich Programmplaner in Kommissionen oder auch Lehrer, Professoren, Dozenten und Trainer selbst für das Learning Design verantwortlich. Mit zunehmender Reife und Verbreitung von Lerntechnologien stehen sie vor der Herausforderung, den Lehrplan und Lernprozess für ihre Zielgruppe unter Nutzung aller technologischen Möglichkeiten optimal zu gestalten. In der Regel führt dies zu einer Kopplung von Präsenztrainingsbausteinen mit eLearning-Modulen und -Methoden entsprechend eines zu erreichenden Lernziels.

Konzepte zur Erstellung und Durchführung von Präsenztrainings sind seit langer Zeit vorhanden und stehen in der wissenschaftlichen Diskussion. Der Diskussion um das Thema „technologiegestütztes Lernen“ fehlte bisher ein systematischer und insbesondere standardisierter An-

satz für das Learning Design. Es ist weniger eine Frage der Ideen, als vielmehr eine Frage der Methodik und der Werkzeuge.

Vergleicht man die Situation mit dem Engineering von Softwaresystemen, das heute meist mit entsprechenden Modellierungsmethoden und Werkzeugen erfolgt, steht man beim Learning Design für technologiegestützte Lernszenarien erst am Anfang: Alle Phasen laufen papiergestützt ab. Erst wenn die Lehrpläne fertig gestellt sind, werden sie im Learning Management System „erfasst“. Das Ergebnis ist, dass nicht alle Möglichkeiten optimal genutzt wurden. Änderungen und Lernerfeedbacks fließen kaum noch in die Lehrpläne ein. Eine Weiterentwicklung unter Berücksichtigung von Änderungen gleicht somit meist einer Neukonzeption.

In Anlehnung an die Methoden des Softwareengineerings müssen deshalb Methoden zum Learning Designs entwickelt und genutzt werden. Zudem sollten Werkzeuge für die Planung in Learning Management Systeme integriert werden. Dieser Beitrag will einen ersten Lösungsansatz für Methoden und Werkzeuge aufzeigen. Dabei ist den Autoren bewusst, dass in diesem Thema erst die Anfänge gemacht sind. Erst langsam kommen unter Stichworten wie „IMS Learning Design“ Methoden auf. Ihre Praxiserprobung erfolgt derzeit in ausgewählten Projekten. Der vorliegende Beitrag soll einen Überblick über die Zielsetzungen geben und aufzeigen, in welche Richtung sich die Diskussion derzeit bewegt.

Hierzu wird in den folgenden Abschnitten wird ein integrativer Ansatz zur methodengestützten Umsetzung der Gestaltung von Lehrangeboten am Beispiel des Learning Management System CLIX<sup>®</sup> der imc AG sowie dem ARIS Business Architect<sup>®</sup> der IDS Scheer AG aufgezeigt. Der Lösungsansatz basiert auf Vorüberlegungen der Standardisierungsinitiative IMS Global Learning Consortium zum Learning Design.

## **2 Planungsmethoden und Design-Werkzeuge**

### **2.1 IMS Learning Design**

Um die Umsetzung pädagogischer Unterrichtskonzepte und -methoden in multimediale Trainingsmaterialien durchgängig zu unterstützen, wurden in den vergangenen Jahren Konzepte, Modellierungsmethoden und -sprachen zur Abbildung von Lerninhalten zur Diskussion gestellt [Groh06, S. 162ff.]. Als führende Entwicklungen auf diesem Gebiet gelten sowohl die Educati-

on Modelling Language (EML) [Kope01] als auch die daraus entstandene IMS Learning Design-Spezifikation, kurz IMS-LD, des IMS Global Learning Consortiums (CENoJ, S. 221ff.).

Die EML beschreibt im Kern den didaktisch kommentierten Aufbau von Lerninhalten, deren Verhalten und Beziehungen im Lehr-/Lernprozess sowie die Interaktion zwischen den Komponenten. Anzumerken ist, dass der Schwerpunkt der EML auf den didaktischen Aspekten liegt und die Beschreibung des Lehrmaterials nur am Rande erfolgt. Ebenso kommt der zugrunde liegenden Architektur der Anwendungssoftware ein untergeordneter Stellenwert zu und ist als nicht verpflichtender Bestandteil anzusehen [LuWS02, S. 212]. Durch die Loslösung des Einsatzes von Software ist die EML für verschiedenste pädagogische Szenarien geeignet und kann für die modellbasierte Konzeption und Beschreibung traditioneller Präsenzlehr- und Blended Learning-Veranstaltungen bis hin zu reinen eLearning-Angeboten genutzt werden. Sie basiert auf einem Metamodell, für welches eine XML-Notation bereitgestellt wird. Diese Notation soll dazu dienen, modellierte Lehr- und Lernszenarien in eine DV-orientierte Sprache zu überführen, um eine informationstechnische Umsetzung der Lernmaterialien in einer elektronischen Lernumgebung zu ermöglichen. Obwohl die EML nicht ausschließlich für die Beschreibung technologiegestützter Trainings konzipiert wurde, ist die Modellierung von eLearning-Content als integrativer Bestandteil der Spezifikation anzusehen [QuSi03, S. 151].

Aufgrund der anhaltenden Standardisierung und Standardisierungsbestrebungen im Bereich des eLearning wurde die Weiterentwicklung der EML als eigenständige Modellierungssprache eingestellt und dem IMS Global Consortium als Spezifikationsvorschlag zur Einbettung in die IMS-Gesamtstrategie übergeben. Als Ergebnis entstand 2003 die erste Version der IMS Learning Design-Spezifikation [KoOA03]. Neben der Erweiterbarkeit des IMS-LD um andere Komponenten und Spezifikation von IMS, wie bspw. IMS Content Packaging oder IMS/LOM Metadata usw., besteht der wesentliche Unterschied zu dem ursprünglich verfolgten Ansatz der EML in dem Verzicht auf die Beschreibung des eLearning-Contents zugunsten einer stärkeren Ausrichtung auf die reinen Lernprozesse sowie deren Ablauflogik bzw. -steuerung.

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass sich mit Hilfe des IMS-LD Lernszenarien für eine Vielzahl lerntheoretischer Ausrichtungen und Medienansätze beschreiben, modellieren und wieder verwenden lassen [JeCu05]. Die Komponenten der Beschreibung entsprechen dabei weitgehend den klassischen didaktischen Kategorien wie Lernzielen, Rollen, Sozialformen, Umgebungsvariablen etc.

Die *Environment* bildet den Rahmen für die Durchführung von Aktivitäten (*Activity*) und beinhaltet neben den reinen Inhaltsobjekten (*Learning Objects*) und Services auch sämtliche notwendige, infrastrukturelle und organisationale Ressourcen.

Analog des Verständnisses der Organisationsmodellierung beschreibt die Klasse *Person* die Einordnung von natürlichen Personen in die (Aufbau-) Organisation. Detaillierte Angaben zur Klasse „Person“ sowie die Ableitung von Rechten und Pflichten erfolgt bei der IMS-LD Spezifikation über das Rollenprofil (*Role*). Die Typklasse *Role* typisiert die Teilnehmer von Lerneinheiten und unterscheidet grundsätzlich zwischen Lernenden (*Learner*) und Mitarbeitern (*Staff*). Diese Subklassen können wiederum einer Tiefengliederung unterliegen. Gängige Ausprägungen von *Staff* sind bspw. Tutor, Mentor, Übungsleiter usw.

Activities sind die Kernelemente des IMS Learning Designs. Sie stellen die Verbindung zwischen den organisationalen Einheiten (*Role*), den anvisierten Zielen (*Learning Objective*), den bereitstehenden Lerneinheiten (*Learning Objects*) sowie den notwendigen Services dar. Innerhalb von IMS-LD erfolgt eine Unterscheidung in Lern- und Unterstützungsaktivitäten.

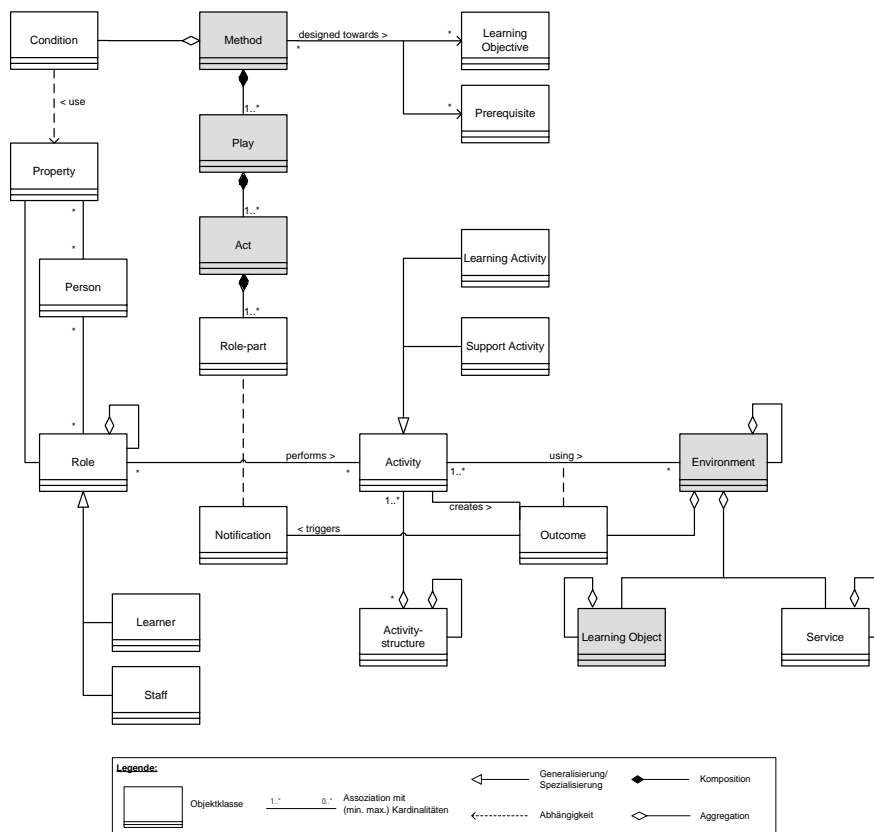


Abb. 1: IMS-LD Metamodell (In Anlehnung an Koper, Olivier, Anderson 2003)



Aktivitäten können innerhalb einer *Activity Structure* aggregiert werden. Die Aggregation dient als Mechanismus zur Strukturierung von Lerneinheiten, der Darstellung der Ablaufreihenfolge und deren Zusammenhänge zu anderen Komponenten des IMS-LD auf.

Learning Objectives definieren die globale Zielsetzung, die durch das erfolgreiche Absolvieren der Lerneinheiten und -veranstaltungen erreicht bzw. durch die methodisch-didaktische Planung intendiert werden.

*Lernobjekte* werden in der IMS-LD-Spezifikation nicht näher definiert. Stattdessen erfolgt der Verweis auf die Standardspezifikation Learning Object Metadata (LOM) Standards [LTSC05].

*Services* umfassen sämtliche Dienste und Kommunikationskanäle, die von der Umgebung (Environment) zur Unterstützung der Lernaktivität bereitgestellt werden.

*Notifications* ermöglichen den rollenbasierten Versand von Benachrichtigungen über neue Aktivitäten (inkl. Subklassen), besondere Ereignisse und Statusänderungen.

*Conditions* dienen zur Bestimmung personalisierter Lernangebote, sind als Startereignisse zu verstehen und werden zeitlich-logisch vor einer Durch-/Ausführung von Lernaktivitäten geprüft. Sie bestimmen auf Basis der dokumentierten Fähigkeiten/Fertigkeiten des Profils und der Lernhistorie des Lernenden über passende Lernpfade oder alternative Weg. Somit haben Conditions Einfluss auf die Ablaufsteuerung eines Lernarrangements.

Properties dienen der Überwachung und Personifizierung von Lernangeboten. Sie sind eng mit der Rolle (Role), den individuellen und fachlichen Vorgaben der Klassen „Condition“ und „Person“ verbunden. Properties sind durch Lernfortschritte veränderbar und liefern wiederum Daten für zeitlich nachgelagerte bzw. weiterführende Lernaktivitäten. Dieser Einfluss verändert somit die Vorbedingungen (Condition) hinsichtlich ihres Niveaus und verleiht den Properties den Charakter von „Endereignissen“ der Geschäftsprozessmodellierung.

*Prerequisites* bezeichnen die Anforderungen des Lernenden an eine Lerneinheit im Sinne von Eigenleistungen bzw. des erreichten Niveaus des Lernalters. Sie korrespondieren mit den definierten Lernzielen (Learning Objectives) und gelten als Richtlinien für Ab-/Erarbeitung der Lerninhalte um die Zielsetzungen zu erfüllen.

*Methods*, *Plays* und *Acts* sind der Kern des IMS-LD. Sie stehen in direktem Zusammenhang zueinander und werden durch die „Conditions“ aufgerufen und gesteuert. Methods können als aggregierte Funktionen beschrieben werden, die jeweils mehrere Plays umfassen. Plays wiederum setzen sich aus mehreren Acts zusammen.

## 2.2 Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS)

Wie oben dargestellt, liefert die Spezifikation von IMS Learning Design die theoretische Grundlage für die Planung von Lernprozessen. In der Praxis ist diese Methodik aufgrund ihrer Abstraktheit sehr schwierig anzuwenden. Deshalb wird vorgeschlagen, eine einfache und praxiserprobte Methode aus der Prozeßmodellierung einzusetzen, diese aber in Analogie zur semantischen Definition von IMS Learning Design anzuwenden.

Nach dem hier vertretenen Ansatz wird zur Modellierung von Lernprozessen die im Rahmen des ARIS-Konzepts entwickelte Methode der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) eingesetzt. ARIS ist als Bezugsrahmen für eine systematische und ganzheitliche Modellierung zu verstehen. Die in ARIS verwendeten Modellierungsmethoden, -sprachen und -techniken kennzeichnen die ablauforganisatorischen Problemstellungen durch semiformale Beschreibungsmöglichkeiten [Sche02, S. 1-4]. Zudem helfen sie Prozesse und Prozessschnittstellen sowie organisatorische Zuständigkeiten klar zu definieren.

Zur Modellierung der Geschäftsprozesse wird die im Rahmen des ARIS-Konzepts entwickelte Methode der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) eingesetzt. Zentrales Merkmal der EPK bildet die Veranschaulichung der zu einem Prozess gehörenden Funktionen in deren zeitlich-logischer Abfolge. Eingetretene Zustände, die wiederum nachgelagerte Prozessschritte anstoßen können, sowie Bedingungskomponenten werden unter dem zeitpunktbezogenen Konstrukt „Ereignis“ zusammengefasst. Für die Beschreibung der Kontrollflüsse innerhalb einer EPK kommen konjunktive, adjunktive und disjunktive Verknüpfungsoperatoren zur Anwendung.

Funktionen, Ereignisse und Verknüpfungsoperatoren bilden somit das Basismodell der EPK. Weitere semantische Darstellungsobjekte lassen sich an die Funktionen modellieren. Ein solcher Diagrammtyp wird als erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) bezeichnet und erlaubt bspw. die Abbildung von am Prozess beteiligten Organisationseinheiten. In Abhängigkeit vom gewünschten Abstraktionsniveau lassen sich Ereignisgesteuerte Prozessketten in verschiedenen Granularitätsgraden darstellen. Durch eine stufenweise und strukturierte Hierarchisierung des gesamten Geschäftsprozesses kann dessen Komplexität somit auf ein gewünschtes Maß justiert werden.

Verwendet man diese einfache Notation, so lassen sich sehr leicht Lernprozesse als ereignisgesteuerte Prozesskette abbilden. Zudem sind die meisten Aspekte von IMS Learning Design auch mit dieser einfachen Struktur abbildbar. Im Nachfolgenden wird ein Beispiel modelliert. Hierzu wird die beispielhafte Lehrveranstaltung „Grundlagen des Projektmanagements“ zunächst fach-

lich beschrieben. Hierbei handelt es sich von Struktur und Inhalt um ein überschaubares Szenario, welches die prinzipielle Idee verdeutlichen soll.

Zu Beginn des Kurses wird der Lerner zunächst aufgefordert, einen Einstiegstest „Wissens-Check Projektmanagement“ zu absolvieren, mit dessen Hilfe überprüft wird, ob der Lerner das erforderliche Vorwissen für die Lerninhalte mitbringt. Wird dieser Test mit mindestens 50% korrekten Antworten abgelegt, kann der Lerner am weiteren Verlauf des Kurses teilhaben. Beträgt das Ergebnis weniger als 50%, kann der Lerner den Einstiegstest beliebig oft wiederholen. Um den Test erfolgreich abschließen zu können, werden ihm jedoch nach dem ersten nicht erfolgreichen Absolvieren des Tests Lerninhalte bereitgestellt, die ihn auf die Wiederholung des Eingangstests vorbereiten. Diese Lerninhalte gliedern sich in zwei „Web-based Trainings“ (WBT „Führung und Motivation“ sowie WBT „Harvard Manage Mentor“).

Nach dem Bestehen des Tests wird der Kursteilnehmer zur Teilnahme an einer Präsenzveranstaltung „Veranstaltung zum PM-Kurs“ zugelassen, in welcher der eigentliche Lehrstoff zum Thema Projektmanagement durch einen Tutor vermittelt wird. Die für die Präsenzveranstaltung notwendigen Lernmaterialien stehen dem Lerner ab dem Bestehen des Eingangstests zur Verfügung.

Nach dem Besuch der Präsenzveranstaltung und der Teilnahmebestätigung durch den Tutor, bereitet sich der Lerner mit Hilfe eines weiteren Web-based Trainings auf einen Abschlusstest vor. Sind diese Vorbereitungen abgeschlossen, wird der Abschlusstest (online) durchgeführt.

Wird der Test mit mindestens 60% korrekter Antworten absolviert, gilt er als bestanden und der gesamte Kurs als erfolgreich absolviert. Sind weniger als 60% der Antworten korrekt, hat der Teilnehmer die einmalige Möglichkeit den Test zu wiederholen. Verfehlt der Lerner die 60% ein zweites Mal, gelten Test und Kurs als nicht bestanden.

Bevor der Kurs endgültig beendet wird, ist der Lerner verpflichtet, einen Feedbackbogen zur qualitativen Evaluation der Lehrveranstaltung auszufüllen und einzureichen.

Abbildung 2 enthalten ein Modell für das oben beschriebene Beispiel in Notation der eEPK. Die von einer Online-Lernumgebung durchzuführenden Prozessschritte sind ohne Zuordnung von Organisationseinheiten modelliert, die von Lerner oder Tutor durchzuführenden Prozessschritte sind entsprechend gekennzeichnet. Die an einzelne Funktionen modellierten Datenobjekte kennzeichnen Komponenten (Tests, Lerninhalte, Feedbackbögen) auf die zur Durchführung der Funktionen zugegriffen wird.

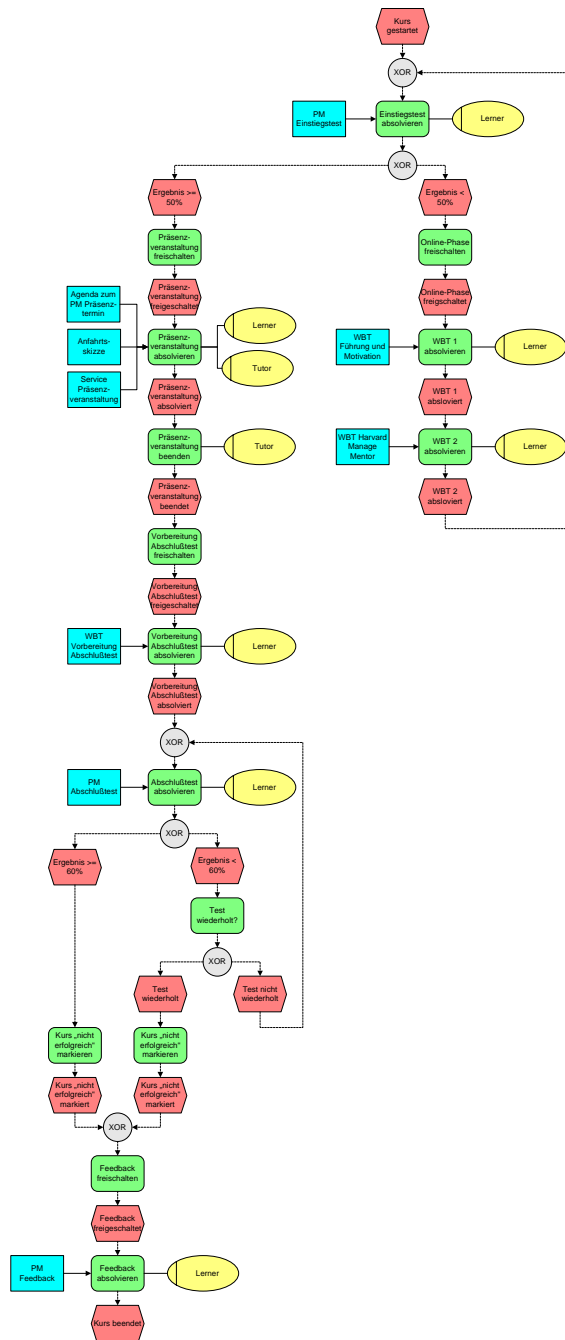


Abb. 2: Gesamtprozess „Grundlagen des Projektmanagements“

## 2.3 CLIX<sup>®</sup> als Umsetzungswerkzeug für Lernszenarien

Das Anwendungssystem CLIX<sup>®</sup> ist ein so genanntes Learning Management System (LMS), mit dem sämtliche Informations-, Lern- und Wissensprozesse über eine Webapplikation gesteuert werden. Anders formuliert kann CLIX<sup>®</sup> als eine Lernumgebung beschrieben werden, in der alle relevanten Geschäftsprozesse einer medien-basierten Lernwelt unterstützt werden [KrMZ05]. Innerhalb der Lernumgebung treffen Bildungsangebot und -nachfrage aufeinander und somit entstehen Prozesse des Lehrens und Lernens. Diese Prozesse bilden den Rahmen der medien-basierten Lernwelt.

Wird die in Abschnitt 2.1 vorgestellte IMS-LD-Spezifikation ihrem Anspruch gerecht, Lehr- und Lernszenarien aller Art abbilden zu können, so sollten auch unternehmens- und hochschul-spezifische Prozesse im Rahmen von in CLIX<sup>®</sup> durchgeführten Kursen oder Bildungsprogrammen abgebildet werden können. Um diese Annahme zu verifizieren, werden im Folgenden die Bestandteile eines CLIX<sup>®</sup>-spezifischen Lehr- und Lernprozesses zunächst definiert.

### 2.3.1 Lehr-/Lernszenarien

Innerhalb von CLIX<sup>®</sup> als Lernumgebung werden unterschiedliche Lehr-/Lernszenarien mit Hilfe unterschiedlicher Methodenabläufe umgesetzt. Zu diesen Abläufen zählen:

- Bildungsmaßnahmen bzw. Bildungsprogramme,
- Lehrveranstaltungen bzw. Kurse sowie
- Communities (virtuelle Gemeinschaften).

Während Lehrveranstaltungen ein eher expositorisches (strukturiertes) Lernen unterstützen, wird in virtuellen Gemeinschaften oft mit tutorieller Begleitung vorrangig der informelle Wissensaustausch und das explorative (entdeckende) Lernen unterstützt. Bildungsmaßnahmen sind ebenfalls als strukturierte Lehr-/ Lernszenarien zu verstehen, in denen eine definierte Anzahl von Lehrveranstaltungen zusammengefasst werden (bspw. ein Studiengang).

CLIX<sup>®</sup> unterstützt die Verwaltung von verschiedenen Lehrveranstaltungsvorlagen. Sie dienen als Vorlage im Sinne einer Blaupause, um daraus verschiedene Einzellehrveranstaltungen definieren zu können. Hierbei müssen bestimmte Elemente, welche in zahlreichen Lehrveranstaltungen eingesetzt werden sollen, nicht für jede einzelne definiert werden, sondern werden in der Lehrveranstaltungsvorlage bestimmt. Somit können schnell verschiedene Lehrveranstaltungsva-

rianten erstellt werden, welche alle von einer gemeinschaftlichen Lehrveranstaltungsvorlage abstammen. Die einzelnen Beschreibungsattribute, Inhalte (Komponenten) und der zugehörige Lernpfad (Lernlogik) können lehrveranstaltungsspezifisch angepasst werden, so dass die Vorgaben der Lehrveranstaltungsvorlage nicht obligatorisch sind.

### *2.3.2 Organisationseinheiten und Rollen*

Personen nehmen verschiedene Rollen in den oben genannten Prozessen ein. So wird unter anderem zwischen Lernenden, Trainern, Tutoren, Autoren, Redakteuren und Administratoren unterschieden. Mit CLIX<sup>®</sup> werden all diese Personen in ihren Rollen unterstützt. Neben der Verwaltung individueller Benutzer bietet CLIX<sup>®</sup> hierzu ein umfangreiches Gruppenmanagement. Der Administrator kann die Benutzer in beliebig viele Gruppen einordnen, die mit eindeutigen Rechten versehen werden. Zwischen einzelnen Gruppen können hierarchische Gliederungen mit vererbbaaren Strukturen aufgebaut werden.

### *2.3.3 Komponenten*

Bildungsmaßnahmen und Lehrveranstaltungen lassen sich als strukturierte Lehr-/Lernveranstaltungen mit granular zu beschreibenden Handlungssträngen klassifizieren. Bei Bildungsmaßnahmen werden die Handlungsstränge durch nacheinander zu durchlaufende Komponenten abgebildet. Handlungsstränge von Lehrveranstaltungen und Lehrveranstaltungsvorlagen werden ebenfalls durch einzelne Unterkomponenten repräsentiert. Hierzu zählen in CLIX<sup>®</sup> Strukturierungsordner, Medien, Services, Tests und Feedbacks.

Eine Lehrveranstaltung in CLIX<sup>®</sup> ist somit nicht gleichzusetzen mit einem einzelnen Web-basierten Training oder einem einzelnen Seminar. Erfolgreiches eLearning erfordert vielmehr einen Mix aus verschiedenen Medien wie Diskussionsforen, WBTs, Experten- oder Gruppenchats, Präsenzveranstaltungen und Lernerfolgtests. In CLIX<sup>®</sup> sind Bildungsplaner vollkommen frei in der Wahl der Mittel, aus denen Sie einen Kurs zusammenstellen. Entscheidend ist allein das optimale didaktische Einsatzszenario der zur Verfügung gestellten Komponenten. Sie werden im nachfolgenden erläutert.

Über CLIX<sup>®</sup> können den Lernenden alle gängigen Arten digitaler Medien zur Verfügung gestellt werden. Dies wird ermöglicht durch die Einhaltung von internationalen Standards für Lerninhalte. Folgende Medien stehen in CLIX<sup>®</sup> in Einzelnen zur Verfügung: Animation, Audio, Bild CBT, Dokument, FAQ, Glossar, Linkliste, Präsentation, Tutorial, Video, WBT, AICC-WBT, SCORM-WBT.

Tests sind in CLIX<sup>®</sup> Module, die eigenständig in der Plattform verwaltet werden. Das integrierte Test-Management von CLIX<sup>®</sup> gestattet es, bei der Zusammenstellung von Tests auf einen Pool von vorhandenen Aufgaben zurückzugreifen. Somit müssen Aufgaben, welche bei der Generierung von unterschiedlichen Testszenarien mehrmals verwendet werden, nicht immer wieder neu angelegt werden. Es gibt verschiedene Aufgabentypen, so dass je nach Komplexität der Lernziele adäquate Fragen entworfen werden können, von Multiple Choice und Lückentexten bis hin zu offenen Fragen und Fallstudien. Werden Tests zum Zweck der Zertifizierung durchgeführt, können Zertifikate in der Lernhistorie des Lerners abgelegt werden.

Es gilt jedoch nicht nur den Erfolg der Lerner zu evaluieren, sondern auch die Qualität des gesamten Bildungsangebotes zu überprüfen. Die Qualität und Bedarfsgerechtigkeit der angebotenen Bildungsinhalte sowie die Zufriedenheit der Lernbetreuung kann durch Feedback-Formulare erhoben werden. Im CLIX<sup>®</sup> Feedback-Management können - ähnlich dem Test-Management - Fragen erstellt und bearbeitet und zu Fragebögen zusammengestellt werden.

Über die verschiedenen synchronen und asynchronen Kommunikationsdienste, den so genannten Services in CLIX<sup>®</sup>, kann der Lernbegleiter (bspw. Tutor) die Lerner auf vielfältige Weise unterstützen und betreuen. Mögliche Services in CLIX<sup>®</sup> sind Foren, Chats, Nachrichten, Pinnwände, Hinweise auf Präsenzveranstaltungen, Dokumentenarchive. Der Moderator hat dabei die Funktion, die Diskussion zu steuern.

Zur zeitlichen Koordination der Gruppenarbeit werden Termine in einem gemeinsamen Kalender verwaltet. Dies können sowohl Termine für virtuelle Meetings als auch für die Fertigstellung von Gruppenaufgaben sein. So erhalten die Teilnehmer beim Eintritt in ihre virtuelle Lernwelt sofort neueste Nachrichten und sehen die aktuellen Termine ihres Kurses.

#### *2.3.4 Gestaltung eines Curriculums*

Curricula werden über Lernziele, Lerninhalte, Lernpfade, Handlungsanweisungen für Lerner bzw. Tutoren und Methoden zur Lernfortschrittskontrolle inklusive Regeln und Zeitparameter definiert. Zur Umsetzung der didaktisch-methodischen Struktur werden unstrukturierte und strukturierte Lernangebote in CLIX<sup>®</sup> systemseitig unterstützt. In unstrukturierten, lernerbestimmten Lernszenarien bestimmen die Lerner die Reihenfolge der Lernschritte selbst, der Tutor hat nur geringe Steuerungschancen. Regelbasierte Lernpfade hingegen sind strukturiert. Hier kann eine Steuerung durch instruktionale Ereignisse, Taktung und/oder Test und Rückmeldung erfolgen.

Adaptivität bezeichnet in einer spezifischen (multimedialen) Lernumgebung die Anpassungsfähigkeit des Lernpfades und der Lernangebote an die Bedürfnisse unterschiedlicher Lerner. Von Adaptivität eines Systems spricht man also, wenn sich das Lernarrangement in Abhängigkeit vom individuellen Lernfortschritt dynamisch anpasst.

Die Definition eines Lernpfades für ein Curriculum in Abhängigkeit mit der gewünschten Lernform umfasst aus technischer Sicht die Struktur bildenden Komponenten Strukturierungsgrad, Zuordnung des Regelwerkes, Adaptivität und Maßnahmen, kurz einer Lernlogik.

Mit Hilfe hierarchischer Kursstrukturen besteht in CLIX<sup>®</sup> die Möglichkeit, Inhalte innerhalb von Kursen nach thematischen, planerischen oder zeitlichen Kriterien zusammenzufassen und anzubieten. Damit steht bereits während der Kursdesignphase eine umfassende Funktionalität zur Gliederung von Inhalten - auch bei einer großen Anzahl - zur Verfügung.

Die Abbildung von Lernzielen, Lernpfaden, Handlungsanweisungen für Lerner und Tutoren, Methoden zur Lernfortschrittskontrolle inklusive Regeln und Zeitparameter - also das Curriculum eines Kurses - erfordert eine softwaretechnische Abbildung. In CLIX<sup>®</sup> steht Ihnen hierfür die Lernlogik zur Verfügung. Die Definition von Lernpfaden wird hierbei durch die Nutzung von Selbst- und Fremdsteuerungsmechanismen in den Ablauf des Curriculums integriert.

Zusammengefasst repräsentiert die Lernlogik den zeitlich-logischen Ablauf eines Lehr-/Lernszenarios und reagiert auf Zustandsänderungen. Ein Startzustand definiert, ob eine nachfolgende Komponente abgearbeitet bzw. durchgeführt werden kann. Ergebnis der Durchführung ist eine Zustandsänderung, die bei positiver Ausprägung in einen neuen Startzustand überleitet. Bei negativer Ausprägung bleibt der vorherige Startzustand entweder erhalten oder führt zu einem negativen Endzustand.

### **3 ARIS2CLIX mit IMS LD**

Mit dem Ansatz „ARIS2CLIX“ sollen die zuvor vorgestellten Ansätze und Werkzeuge integriert werden. In einem Gesamtzenario können so Lehr-/Lernprozesse definiert, mit Hilfe des ARIS-Konzeptes abgebildet, in die Notation von IMS-LD überführt und in CLIX<sup>®</sup> ausgeführt werden.

Um die oben aufgeführten Basiskonzepte mit den Bestandteilen von CLIX<sup>®</sup> in Einklang bringen zu können und die Potentiale bewerten zu können, werden die einzelnen Bestandteile zunächst gegenübergestellt. Dies erfolgt in Tabelle 1.



IMS-LD Komponente	Relevantes CLIX-Objekt	Semantische Vergleichbarkeit zu ARIS
Person	Benutzer	Person
Role Staff Learner	Gruppe / Rolle Tutor / Administrator / ... Lerner	Organisationseinheit / Rolle Rolleninstanz Rolleninstanz
Environment; Learning Objects; Services	Medien, Services, Tests, Feedbacks	Datenobjekte
Activity Learning Activity Support Activity	Arbeitsschritte innerhalb eines Curriculums	Funktion
Activity Structure	Kurshierarchie	Kontrollfluß
Learning Objective	Attribut „Lernziel“	Outputleistung
Notifications	Systemnachrichten	Nachrichtenobjekte
Conditions	Zustände der Lernlogik	Ereignisse in Kombination mit Operatoren
Properties	Zustände der Lernlogik (Werte, auch Werte die die Lernlogik beeinflussen)	„Ergebnisereignisse“
Methods Plays Acts	Kurse, Bildungsmaßnahmen, Communities	Prozesse bzw. Teilprozesse

Tab. 1: IMS-LD 2 CLIX 2 ARIS-Mapping (in Anlehnung an [Mart06])

Zur Reduktion der Komplexität enthält die Tabelle nur die Hauptelemente aus den jeweiligen Bereichen. Sie stellen die Gesamtmenge der für das nachfolgende Beispiel notwendigen Konstrukte dar.

Der Ablauf des oben ausgeführten Beispiels „Grundlagen des Projektmanagements“ im Sinne von einzelnen Arbeitsschritten wird im Folgenden als Umsetzung in CLIX<sup>®</sup> visualisiert.

Im Learning Management System CLIX<sup>®</sup> kann ein solcher Kurs inklusiver der notwendigen Lernkomponenten, Prozesse und Lernlogik-Regeln abgebildet werden. Im herkömmlichen Sinne erstellt der Kursadministrator zunächst die notwendigen Komponenten – im Beispiel die einzelnen Tests, Lernmaterialien sowie den Feedbackbogen, führt diese in einem CLIX<sup>®</sup>-Kurs zusammen und ordnet diesem Kurs die einzelnen Teilnehmer in ihren kursspezifischen Rollen (Lerner, Tutor) zu. Ebenso definiert wer das Curriculum in zeitlich-logischer Reihenfolge und definiert die notwendigen Lernlogik-Regeln.

Um dem Kursadministrator die Erstellungsarbeit zu erleichtern, wird ihm mit dem ARIS Business Architect<sup>®</sup> der IDS Scheer AG (vgl. Abbildung 3) und einem CLIX<sup>®</sup>-spezifischen Modellierungsfiler ein Werkzeug an die Hand gegeben, mit dessen Hilfe er die didaktische Komposi-

tion des Lehr- und Lernszenarios sowie die tatsächliche Umsetzung in einem CLIX®-Kurs kombinieren kann.

Im weiteren Verlauf kann der Bildungsverantwortliche als „Process Owner“ einzelne Modelle nach Erstellung in einem Repository ablegen. Ebenso kann ihm an gleicher Stelle eine Bibliothek an Referenzprozessen zur Verfügung gestellt werden die ihm die Modellierung erleichtern.

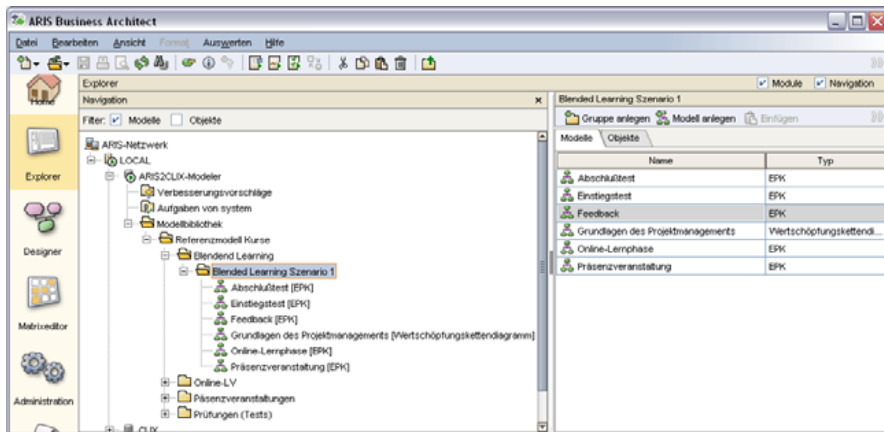


Abb. 3: CLIX® Kursbibliothek im ARIS Business Architect®

Die Erstellung eines solchen Modells soll anhand des oben beschriebenen Beispiels verdeutlicht werden. Der grundsätzliche Aufbau des im Beispiel beschriebenen Kurses kann in Form eines Wertschöpfungskettendiagramms dargestellt werden (vgl. Abbildung 4). Die angedeuteten eEPK-Symbole neben den einzelnen Wertschöpfungskettenkonstrukten symbolisieren dahinter liegende eEPKs, die die einzelnen Komponenten beschreiben.

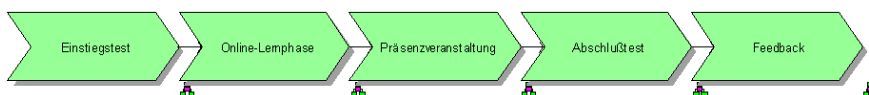


Abb. 4: WSK-Diagramm als Kursübersicht

Die hinterlegten eEPKs geben den logischen Ablauf der einzelnen Komponenten wieder. Der im Modellierungsbeispiel der Abbildung 2 dargestellte Prozess kann somit in kleinere Teilprozesse zerlegt werden, um insbesondere bei komplexen Lehr- und Lernszenarien die Übersichtlichkeit für den Bildungsverantwortlichen zu erhalten.

Wird der modellierte Kurs in CLIX® umgesetzt, erhält der Lerner nach dem Start des CLIX® Kurses den im folgenden Screenshot der Abbildung 5 umgesetzten Lehrplan.

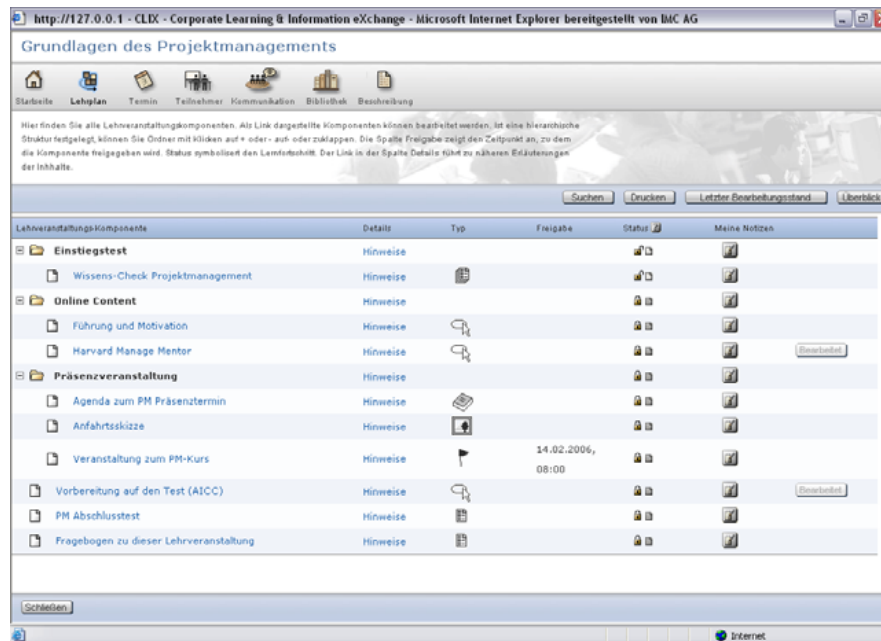


Abb. 4: Lehrplan „Grundlagen des Projektmanagements“

Das Curriculum ist hierbei grundsätzlich mit Ordern und Unterordnern strukturiert. Durch An-klicken der einzelnen Objekte (Komponenten) innerhalb der Ordner besteht die Möglichkeit die Lerninhalte bzw. Tests oder Feedbackbögen aufzurufen. Die Spalte „Typ“ gibt einen Überblick über die Art der Komponenten. Der Stand im zeitlich-logischen Prozess bzw. die momentan geltenden Zustände der Lernlogik-Regeln werden mit Hilfe der Spalte Status visualisiert. Im oben abgebildeten Screenshot wird bspw. angezeigt, dass sich der Kurs noch im Anfangszu-stand befindet. Der Einstiegstest ist frei gegeben, alle anderen Komponenten sind noch nicht zugänglich (ersichtlich durch das nicht geöffnete Schlosssymbol).

Der entscheidende Schritt vom in ARIS modellierten Lehr- und Lernprozess in einen in CLIX<sup>®</sup> abgebildeten Kurs erfolgt mit Hilfe der IMS-LD Spezifikation. Die dazugehörige XML-Notation wurde in einem gemeinschaftlichen Projekt von IDS Scheer AG und imc AG mit den Spezifika des ARIS Business Architect<sup>®</sup> und CLIX<sup>®</sup> in Einklang gebracht. Dies führt zu einem Gesamtszenario, welches in Abbildung 6 visualisiert ist.

Die grundsätzliche Notwendigkeit der Definition eines Curriculums ist Ausgangspunkt der Überlegungen eines Bildungsverantwortlichen. Die Umsetzung des Lehr-/ und Lernszenarios wird dann im ersten Schritt im ARIS Business Architect<sup>®</sup> mit Hilfe des CLIX-spezifischen Mo-dellierungsfilters modelliert. Der ARIS Business Architect<sup>®</sup> ermöglicht dann einen IMS-LD-konformen Export der Modellierungsergebnisse in Form einer XML Datei.

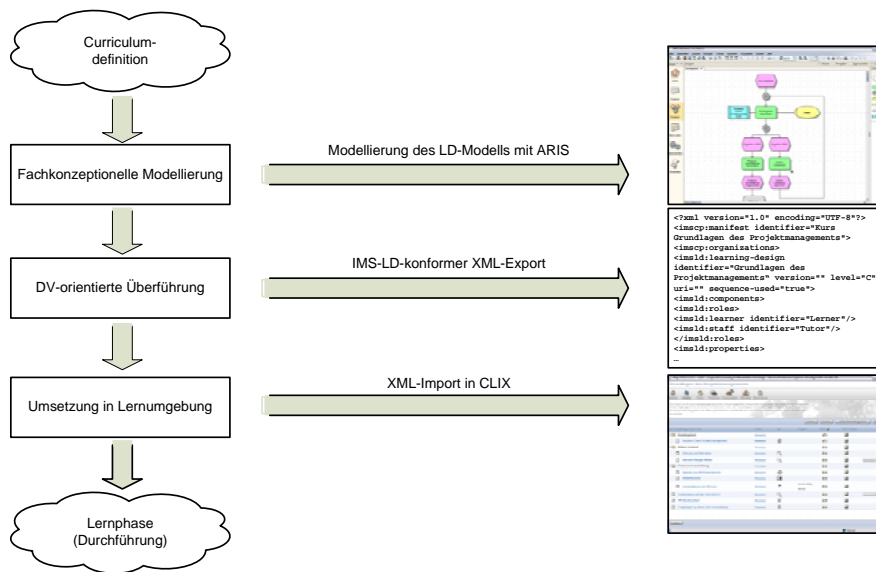


Abb. 6: Umsetzungsszenario

Der Bildungsverantwortliche loggt sich als Administrator in seiner CLIX<sup>®</sup> Lernumgebung ein und importiert die XML-Datei. Mit Hilfe einiger Abfragen zur Feinjustierung in Form eines Wizards kann CLIX<sup>®</sup> automatisch eine Lehrveranstaltung (bspw. einen Kurs) erstellen und dem Bildungsverantwortlichen zur Verfügung stellen. Ist die Lehrveranstaltung lediglich als eine Vorlage für später zu erstellende Instanzen gedacht, sind die Feinjustierungsschritte auf ein Minimum begrenzt. Soll CLIX<sup>®</sup> mit Hilfe des XML-Files eine (Lehrveranstaltungs-)Instanz generieren, hat der Bildungsverantwortliche zusätzliche Angaben zu tatsächlich zuzuweisenden Komponenten, Benutzern usw. zu machen.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem hier vorgestellten Ansatz des modellbasierten Learning Design erhalten Bildungsprogrammplaner in Unternehmen und Hochschulen die Möglichkeit, zukünftig auf ein hilfreiches, visuelles Instrument zurückzugreifen, das den Vorgang vereinfacht und erheblich effizienter macht – mit ähnlichen Effekten wie es die Geschäftsprozessmodellierung für die Analyse von Prozessen ist. Bildungsprogrammplaner können dann grafisch neue ihre Curricula und Kurse entwerfen. Die technische Integration mit LMS Systemen ermöglicht die Übernahme in die Lernumgebung und dortige Ausführung. Sie wird von den Autoren im Rahmen des laufenden EU-Projektes PROLIX durchgeführt (vgl. PROL06). Obgleich noch zahlreiche Forschungsfragen

gen zu klären sind ist das Ziel eine praxisnahe Umsetzung des Gesamtkonzeptes um einen wertvollen Beitrag für das Learning Design der Zukunft zu leisten.

## Literaturverzeichnis

- [CENoJ] Europäisches Institut für Normung (CEN): CEN - Learning Technologies Standards Observatory. <http://www.cen-ltso.net/Users/book/CEN-LTSO-eng.pdf>, Abruf am 2006-07-18.
- [Groh06] Grohmann, Guido: Learning Management. Eul, Lohmar 2006.
- [LTSC05] IEEE Learning Technology Standards Committee: WG 12: Learning Object Metadata. URL <http://ltsc.ieee.org/wg12/>, 2005, Abruf am 2006-07-18.
- [JeCu05] Jeffery, Ann; Currier, Sarah: What is ... IMS Learning Design? In: CETIS Centre For Educational Technology (Hrsg.): CETIS standards briefing series, University of Bolton, Bolton, 2005.
- [Kope01] Koper, Rob: Modeling units of study from a pedalogical perspective: the pedalogical meta-model behind EML. Educational Technology Expertise Center, Open University of the Netherlands, Heerlen 2001.
- [KoOA03] Koper, Rob; Olivier, Bill; Anderson, Thor: IMS learning Design information model. [http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld\\_infov1p0.html](http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_infov1p0.html), 2003-01-20, Abruf am 2006-07-18.
- [KrMZ05] Kraemer, Wolfgang; Milius, Frank; Zimmermann, Volker: Von WINFOLine zum Corporate Learning Management. In: Information Management 20 (2005), Nr. Sonderausgabe, S. 50-67.
- [LeHM95] Lehner, Franz; Hildebrand, Knut; Maier, Ronald: Wirtschaftsinformatik: Theoretische Grundlagen. Hanser, München 1995.

- [LuWS02] Lucke, Ulrike; Wiesner, André; Schmeck, Hartmut: XML: Nur ein neues Schlagwort? - Zum Nutzen von XML in Lehr- und Lernsystemen. In: it + ti - Informationstechnik und Technische Informatik 44 (2002), Nr. 4, S. 211-216.
- [Mart06] Geschäftsprozessorientiertes Learning Management: Konzept und Anwendung. Saarbrücken, Universität des Saarlandes 2006.
- [PROL06] PROLIX CONSORTIUM, Requirements Analysis Report, <http://www.prolixproject.org/>, September 2006.
- [QuSi03] Quemada, Juan; Simon, Bernd: A Use-Case Based Model for Learning Resources in Educational Mediators. In: Educational Technology and Society 6 (2003), Nr. 4, S. 149-163.
- [Sche02] Scheer, August-Wilhelm: ARIS - Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. 4., durchges. Aufl. Springer, Berlin [u.a.] 2002.

# **Einflussfaktoren für den Einsatz von Customer Focused E-Learning**

## **Qualitative Erhebung relevanter Faktoren aus Anbietersicht**

Kai-Uwe Götzelt, Susanne Robra-Bissantz

Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik II  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
90403 Nürnberg  
{goetzelt,robra}@wi2.wiso.uni-erlangen.de

### **Abstract**

Unternehmen stellen zunehmend auch Kunden E-Learning-Angebote zur Wissensvermittlung in verschiedenen Phasen des Customer Buying Cycle zur Verfügung. Der Einsatz von Customer Focused E-Learning (CFEL) ist dabei nicht für jedes Unternehmen Erfolg versprechend. Eine strategische Analyse für CFEL identifiziert relevante Faktoren, die zur Beurteilung der Eignung von CFEL für ein Unternehmen herangezogen werden können. Dazu werden in einer qualitativen Erhebung unter Anbietern von CFEL und Beratungsunternehmen, die an der Planung und Konzeption von CFEL-Angeboten beteiligt waren, Einflussfaktoren für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL aus Anbietersicht herausgearbeitet.

### **1 Motivation und Ziel**

Eine Reihe sozio-ökonomischer und technologischer Entwicklungen führen dazu, dass die Aneignung von Wissen ständig notwendig und gefordert ist [Stra05]. Relevantes Wissen wird dabei zunehmend in Echtzeit und auf Abruf abseits von formalen Lehr-Lernangeboten bereitgestellt und durch informelles Lernen im Rahmen von Alltagstätigkeiten erworben [Kirch00; Resn05]. Vor diesem Hintergrund stellen Unternehmen verstärkt auch ihren Kunden E-Learning-Angebote zur Befriedigung von im Kaufprozess entstehenden Wissensbedarfen in verschiedenen Phasen des Customer Buying Cycle zur Verfügung. Customer Focused E-Learning (CFEL) ist gekennzeichnet durch Lernangebote, die sich an Endkunden des

initiierenden Unternehmens richten, intrinsisch motiviertes Lernen im Rahmen des Customer Buying Cycle durch Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützen bzw. ermöglichen und der Erreichung von Unternehmenszielen dienen.

CFEL eröffnet Unternehmen die Chance, durch die Bereitstellung eines innovativen E-Services einerseits einem steigenden Wettbewerbsdruck zu begegnen und andererseits neue Zielgruppen für E-Learning zu erschließen. Der Einsatz von CFEL ist allerdings nicht für jedes Unternehmen Erfolg versprechend. Zahlreiche erfolgreiche Beispiele von kundenorientierten E-Learning-Angeboten stehen einer ebenso großen Anzahl von Misserfolgen gegenüber, bei denen bereits wenige Monate nach der Einführung von CFEL das Angebot wieder eingestellt wird. Relevante Einflussfaktoren für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL wurden bisher in einer Feldstudie aus Kundensicht untersucht [RoGo05].

Ziel des Beitrags ist es, anhand einer qualitativen Erhebung unter Anbietern von CFEL und Beratungsunternehmen, die an der Planung und Konzeption von CFEL-Angeboten beteiligt waren, Einflussfaktoren für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL aus Anbietersicht herauszuarbeiten.

## **2 Strategische Analyse für CFEL**

### **2.1 Betrachtungsdimensionen und Einflussbereiche**

Als Einflussfaktoren sind relevante Informationen zu bestimmen, die für die Beurteilung der Eignung von CFEL für ein Unternehmen eine Aussage über einen Erfolg versprechenden Einsatz zulassen. In Anlehnung an die Ideenbewertung bei Dienstleistungsinnovationen lassen sich die heranzuziehenden Informationen aus einer strategischen Analyse ableiten [ScDa06]. Mithilfe der strategischen Analyse werden gegenwärtige Situation und zukünftige Entwicklungen in der internen und externen Umwelt des Unternehmens betrachtet [StSc93, S. 155], die für den Einsatz von kundenorientiertem E-Learning relevant sind. Die externe Umwelt wird durch Rahmenbedingungen geprägt, die von außen auf ein Unternehmen einwirken und nicht direkt beeinflussbar sind [Hung00, S. 73]. Im Gegensatz dazu beschreiben Einflussfaktoren, die in der internen Umwelt angesiedelt sind, die Kompetenzen des Unternehmens, die für geeignete Maßnahmen oder Handlungen zur Verfügung stehen [Hung00, S. 98]. Da die Betrachtung unabhängig von spezifischen Unternehmen und Branchen erfolgen



soll, ist eine Bestimmung von Faktoren, die in der relevanten Makroumwelt eines Unternehmens angesiedelt sind und sich aus der Wettbewerbsstruktur einer bestimmten Branche durch potenzielle Handlungen der Akteure ergeben, nicht möglich.

Für eine detaillierte Betrachtung der engeren externen und internen Umwelt für CFEL wird daher das Konstrukt des Marktes verwendet, auf dem CFEL angeboten wird. Märkte lassen sich durch Nachfrager mit ihren speziellen Bedürfnissen, angebotene Güter und Leistungen als nutzenstiftende Eigenschaftsbündel sowie Anbieter mit Instrumenten der Nutzengestaltung charakterisieren [Baue94, S. 710]. Daraus ergeben sich die in Abbildung 1 dargestellten Betrachtungsdimensionen und Einflussbereiche. Die engere externe Umwelt wird durch die Kunden des Unternehmens, als potenzielle Nachfrager von CFEL-Angeboten, und die auf dem Markt offerierten Kernleistungen betrachtet. Die interne Umwelt für CFEL wird in der Dimension Anbieter untersucht. Bei der Betrachtung der Einflussfaktoren aus Anbietersicht, liegt der Fokus auf einer detaillierten Analyse von Faktoren in der letzten Dimension sowie der Erweiterung und Ergänzung der bereits aus Kundensicht erarbeiteten Einflussfaktoren [RoGo05].

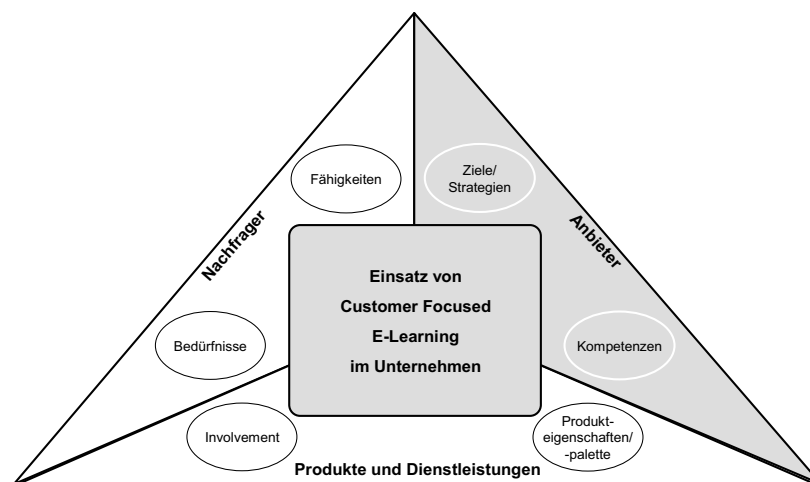


Abbildung 1: Betrachtungsdimensionen und Einflussbereiche für den Einsatz von CFEL

## 2.2 Untersuchungsansatz

Für die Untersuchung werden in den Betrachtungsdimensionen zunächst relevante Einflussbereiche auf Basis einer theoretischen Analyse näher spezifiziert und abgegrenzt. Im Anschluss werden Einflussfaktoren in den einzelnen Bereichen im Rahmen einer qualitativen

Befragung erhoben und die gewonnenen Daten analysiert, verdichtet und benannt [StCo90, S. 61-74]. Dabei wird das Vorgehen ebenfalls durch eine Literaturanalyse unterstützt.

Als Erhebungsmethode wird das freie und qualitative Interview (Experteninterview) verwendet [BEE96, S. 95]. Wie in der qualitativen Marktforschung üblich, ist die Stichprobengröße klein. Es wurden acht deutsche Unternehmen, die entweder ein gut konzipiertes CFEL-Angebot anbieten oder angeboten haben (comdirect Bank AG, Deutsche Börse AG, Dresdner Bank AG, eBay AG, SAP AG, Sony GmbH, Cortal Consors AG) sowie die zwei Dienstleistungsunternehmen M.I.T und Bassier, Bergmann und Kindler (BB-K), die mehrere kundenorientierte E-Learning-Projekte mitgestaltet haben, befragt. Die Erhebung erfolgte telefonisch im Zeitraum vom 25.01. bis zum 15.02.2005. Die Befragung war halb-standardisiert. Zur Sicherung der Vergleichbarkeit wurde ein sog. Interview-Leitfaden zugrunde gelegt [BEE96, S. 96], der den groben Befragungsrahmen vorgibt, aber entsprechend dem Gesprächsverlauf individuell angepasst wird (elastische Gesprächsführung). Um dem explorativen Charakter der Befragung gerecht zu werden, sind, bis auf zwei, alle Fragen offen formuliert [BEE96, S. 289].

### **3 Einflussfaktoren des Einsatzes von CFEL**

#### **3.1 Anbieterbezogene Faktoren**

##### *3.1.1 Verfolgte Ziele und Strategien*

Die Einflussbereiche in der Dimension „Anbieter“ beschreiben allgemein, ob ein Unternehmen in der Lage ist, auf Zustände und Entwicklungen in der externen Umwelt zu reagieren sowie Maßnahmen oder Handlungen erfolgreich umzusetzen. Von den Ergebnissen der Analyse und Prognose der Unternehmensumwelt ist auf der Ebene der strategischen Planung für das Gesamtunternehmen abhängig, welche Ziele in Form von gewünschten Soll-Zuständen angestrebt werden und welche Strategie verfolgt wird, um diese zu erreichen. Auf der Ebene der operativen Planung gilt es geeignete Maßnahmen zu wählen, mit denen die instrumentalisierten Ziele realisiert werden können [NDH97, S. 876]. Kundenorientiertes E-Learning als Dienstleistungsinnovation muss dabei konform zu den Zielen und Strategien des Gesamtunternehmens bzw. des verantwortlichen Geschäftsbereich sein. Alle Interviewpartner stimmen der Aussage zu, dass CFEL auf die Unternehmensziele und -strategie auszurichten ist und ordnen diesem Aspekt eine große Bedeutung für einen erfolgreichen Einsatz zu.

Im Unterschied zu klassischen, vom Kunden vorausgesetzten Serviceleistungen unterstützt CFEL als elektronische Dienstleistung nicht nur die Erreichung ökonomischer Zielgrößen sondern bietet als Sekundärleistung in Form eines Value-Added-Service (VAS) auch die Möglichkeit, dem Kunden zusätzlichen Nutzen im Hinblick auf die Primärleistung des Unternehmens zu stiften und so weitere Zielsetzungen zu erreichen [Laak95, S. 2]. In einer offen formulierten Frage nach den mit dem Einsatz von CFEL verfolgten Zielen, wurden die in Tabelle 1 dargestellten Zielsetzungen mit CFEL verbunden.

Anbieterbezogene Einflussfaktoren im Bereich „Ziele und Strategie“	Nennungen Anbieter	Nennungen Dienstleister	Gesamt
Differenzierung gegenüber Wettbewerbern	8	2	<b>10</b>
Steigerung der Kundenzufriedenheit	7	2	<b>9</b>
Steigerung der Kundenbindung	7	2	<b>9</b>
Verbesserung des Image, Branding	3	1	<b>4</b>
Umsatzsteigerung, Aktivierung	3	1	<b>4</b>
Steigerung der Kundengewinnung	3	0	<b>3</b>
Differenzierung der Leistungen	1	2	<b>3</b>
Verbesserung des Vertrauens	2	0	<b>2</b>
Steigerung der Cross-Selling-Rate	2	0	<b>2</b>
Bessere der Nutzung der Hauptleistung	1	1	<b>2</b>
Kostensenkung	0	1	<b>1</b>

Tabelle 1: Unterstützte Ziele und Strategien von CFEL

Dabei wird deutlich, dass der Differenzierung gegenüber den Wettbewerbern sowie der Steigerung der Kundenzufriedenheit und Kundenbindung eine besondere Bedeutung zukommt. Daneben wird CFEL auch eine Verbesserung der Unternehmenserscheinung und Stärkung der Marke zugeschrieben. Durch den Charakter eines VAS kann auch für CFEL allgemein festgestellt werden, dass dessen Einsatz mit den drei Primärzielen Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb, Profilierung durch Schaffung von Kundenpräferenzen und Demonstration der Problemlösungskompetenz des anbietenden Unternehmens verbunden ist [Mann98]. Dabei können die Vermutungen von Barron für den Einsatz von CFEL [2000a] „it’s a differentiator that sets us apart from competitors, and [...] adds significant value to our product suite” [Barron 2000a] und dass CFEL andererseits die Möglichkeit „to educate customers and keep them coming back“ [Barron 2000a] bietet, bestätigt werden. Als Sekundärziele können weitere kunden-, wettbewerbs- und leistungsprogrammbezogene sowie ökonomische Zielsetzungen, die konform zu CFEL sind und deren Erreichung CFEL unterstützt, identifiziert werden.

Als Voraussetzung für Kundenbindung und Ergebnis von Kundenzufriedenheit wird die Stärkung des Vertrauens durch CFEL gesehen. CFEL ist geeignet, um Kundenloyalität zu

steigern und langfristige Kundenbeziehungen aufzubauen [Conn01, S. 4; Finn02]. Die Bedeutung von CFEL zur Unterstützung der Neukundengewinnung wird durch den mit dem Angebot oftmals verbundenen Registrierungsprozess geringer eingeschätzt. Vier der betrachteten Angebote können nur nach vorheriger Registrierung eingesehen werden. Allerdings wird auf den positiven Referenzeffekt der Stammkunden verwiesen. Diese weisen eine größere Empfehlungsneigung („Mund-zu-Mund-Propaganda“) auf, was zur Weiterempfehlung durch Privatpersonen führt, die als glaubwürdiger empfunden wird und so wesentlich zur Kundengewinnung beiträgt [Dill95, S. 42]. Die positive Beurteilung der Sekundärleistung strahlt so auf die zugehörige Primärleistung aus [Laak95]. Daneben sind auch das Image des Unternehmens und seine Marke weitere Ansatzpunkte zur Steigerung der Kundenzufriedenheit und -bindung. Das „Mehr“ an Informationen im Rahmen kundenorientierter E-Learning-Angebote erhöht die Reputation und stärkt das Vertrauen in die Leistungsfähigkeit des initiiierenden Unternehmens. Es macht das Unternehmen gegenüber Wettbewerbern glaubwürdiger und reduziert Kaufunsicherheiten beim Kunden.

Im Rahmen der leistungsprogrammbezogenen Zielsetzungen unterstützt CFEL vor allem eine Differenzierung der Leistungen innerhalb des Programms der anbietenden Unternehmen. CFEL wird als sinnvolle Ergänzung zu bestehenden Webangeboten gesehen. Daneben wird CFEL vor allem ein Potenzial zur Sicherstellung sowie Steigerung und Ausweitung der Nutzung der Hauptleistung zugeschrieben. CFEL bietet die Möglichkeit, sowohl das Produkt in Form Zusatznutzenstiftender Informationen aufzuwerten als auch den Faktor Zeit zu beeinflussen, indem es die Einführung neuer Produkte am Markt beschleunigt [Morr03, S. 104].

Im Rahmen ökonomischer Zielsetzungen wird CFEL vor allem ein Beitrag zu Steigerung des Umsatzes und Aktivierung von Kunden zugeschrieben. Daneben kommt durch ein besseres Leistungsverständnis auch der Steigerung der Cross-Selling-Rate eine Bedeutung zu. Die Möglichkeit zur Kostensenkung und damit Gewinnsteigerung wird eher gering eingeschätzt. Zwar lassen sich die bisherigen Servicekosten, z.B. für Hotlines, reduzieren, wenn der Kunde durch das Wissensangebot Fehlbedienungen oder auch Falschbestellungen vermeidet, so die Aussage eines Beratungsunternehmens. Jedoch stehen den Einsparungen in diesem Bereich der Aufwand für Realisierung und Implementierung des CFEL-Angebots gegenüber.

### *3.1.2 Kompetenzen*

In der Kategorie Kompetenzen werden Ressourcen und Fähigkeiten betrachtet, die für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL im Unternehmen vorhanden sind oder angepasst bzw.

entwickelt werden müssen [Hung00, S. 98]. Für die Beurteilung des Einsatzes von CFEL sind angrenzende Funktionalbereiche, Prozesse und IT-Systeme relevant, die einen Bezug zur elektronischen Kundenschnittstelle oder E-Learning aufweisen [RoGo05, BBS01]. Der Aussage, dass CFEL insbesondere auf angrenzende Funktional- und Prozessstrategien sowie IT-Systeme ausgerichtet und damit abgestimmt sein muss, stimmen alle Gesprächspartner zu. Dies zielt auf die Bereitstellung und Integration nutzbarer und notwendiger Kompetenzen im Rahmen des weiteren Service Engineering ab [Meir01, BuMe01]. Eine Übersicht zu den innerbetrieblichen Einflussfaktoren im Bereich Kompetenzen für CFEL gibt Tabelle 2.

<b>Anbieterbezogene Einflussfaktoren im Bereich „Kompetenzen“</b>	<b>Nennungen Anbieter</b>	<b>Nennungen Dienstleister</b>	<b>Gesamt</b>
Integration angrenzender Funktionen, Prozesse und Systeme	8	2	<b>10</b>
Integration in bestehendes Geschäftsmodell	7	2	<b>9</b>
Ausgeprägte webbasierte Kundenschnittstelle	7	2	<b>9</b>
E-Learning-Erfahrungen	5	1	<b>6</b>
Schulung von Vertrieb und Service	5	0	<b>5</b>
E-Learning-Angebote für externe Zielgruppen	2	1	<b>3</b>
Nutzung für interne E-Learning-Angebote	3	0	<b>3</b>
Zentrale Erfassung von Kundendaten	2	1	<b>3</b>
Gesamtqualifizierungsstrategie	0	2	<b>2</b>
Vorhandene Lerninhalte/Anwendungen	1	0	<b>1</b>
Etablierung eines neuen Geschäftsmodells	1	0	<b>1</b>

Tabelle 2: Kompetenzen für CFEL

Auch im Rahmen der zuvor offen gestellten Frage nach den innerbetrieblichen Voraussetzungen für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL, wird die Integration angrenzender Kompetenzen von allen Befragten genannt. Dabei wird betont, dass CFEL i.d.R. als Customer Service eingesetzt wird und durch den Charakter einer Sekundärleistung in das Gesamtgefüge des Unternehmens entsprechend integriert werden muss und angrenzende Kompetenzen zu nutzen sind, um einen Erfolgsbeitrag leisten zu können. Bei genauerem Hinterfragen wird jedoch deutlich, dass dies in der Praxis häufig keine Anwendung findet und kaum Berührungspunkte zu anderen Funktionen, Prozessen und Systemen im Unternehmen geschaffen werden. Dementsprechend werden auch nur wenige direkt nutzbare Fähigkeiten und Ressourcen des Unternehmens als Einflussfaktoren für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL genannt. Dies bedeutet erhebliche Effizienz- und Effektivitätsverluste, die wirtschaftlichen Erfolg sowie dauerhafte Erfolgssicherung und Nachhaltigkeit des Angebots in Frage stellen können. Dementsprechend wird bei der Frage, was die Befragten aus der heutigen

Perspektive bei dem Einsatz von CFEL beachten und verbessern würden, die Verbindung zu anderen Bereichen und unternehmensinterne Zusammenarbeit viermal genannt.

Obwohl die befragten Unternehmen den Einsatz von CFEL durchweg positiv beurteilen und ihre Investitionen jederzeit wiederholen würden, kann darüber hinaus festgestellt werden, dass sich die Verantwortlichen vorab kaum Gedanken über die Integration von CFEL in ein Geschäftsmodell machen, das die gegenwärtige und zukünftige Finanzierung sichert. Als Customer Service wird CFEL lediglich additiv einer Abteilung, i.d.R. Marketing (5 Nennungen), Schulung/Personalentwicklung (2 Nennungen) oder Produktmanagement (1 Nennung), zugeordnet, die das notwendige Budget bereitstellt. Erlöse sowie Wert- und Zielbeitrag werden kaum berechnet und sind vielfach durch die gegebenen Strukturen in den Unternehmen nicht zurechenbar. Es wird lediglich auf Basis positiver Kundenresonanz auf die Erreichung der gesetzten Ziele geschlossen. Der Nachweis eines Ziel- und Wertbeitrags wird im Nachhinein von allen Unternehmen als notwendig eingeschätzt. Da CFEL als Customer Service den besonderen Charakter eines VAS aufweist, ist dies für die Sicherung der Nachhaltigkeit und des Erfolgs der Sekundärleistung besonders wichtig. In diesem Zusammenhang ist auch die Nennung von vorhandenen Instrumenten zur zentralen Erfassung von Kundendaten zu sehen, die eine Voraussetzung zur Messung des Erfolgs ist. Offensichtlich wird die Problematik auch am Beispiel eines befragten Anbieters, dessen von Kunden als sehr gut eingeschätztes CFEL-Angebot auf Grund des fehlenden Nachweises im Zuge von Umstrukturierungs- und Rationalisierungsmaßnahmen im Unternehmen eingestellt wurde. Der Fokus liegt dabei weniger auf der Etablierung eines eigenen Geschäftsmodells für CFEL, das z.B. durch die gleichzeitige Bereitstellung des Angebots für andere Zielgruppen oder den Verkauf an Partner die Finanzierung sicherstellt. Diese Option ist vor allem von den zu vermittelnden Inhalten und der Art des Lernangebots abhängig und konnte nur bei einem der befragten Unternehmen realisiert werden. Vielmehr liegt das Hauptaugenmerk auf der Integration von CFEL in bestehende Geschäftsmodelle, wobei als wesentliche Ansatzpunkte die Einbindung in das Geschäftsmodell der Primärleistung des Unternehmens oder in bestehende Kundenservice- bzw. E-Commerce-Angebote gesehen werden.

Dementsprechend wurde auch der Umfang der Geschäftstätigkeit des Unternehmens im Internet, insbesondere eine ausgeprägte webbasierte Kundenschnittstelle, als entscheidend für den Einsatz von CFEL beurteilt. Neben der Voraussetzung eines frequentierten Webangebots zur Nutzung von CFEL durch die Kunden, wurde dabei auch das Potenzial gesehen, das

vorhandene Webangebot attraktiv aufzuwerten. Wird vom Unternehmen der gesamte Transaktionsprozess mit den Kunden elektronisch unterstützt, bietet CFEL die Möglichkeit, fehlende olfaktorische und taktile Reize beim Onlinekauf durch umfangreiche Informationen auszugleichen sowie Cross-Selling-Potenziale im Anschluss an den Kauf auszuschöpfen [RoGo05]. Insbesondere die befragten Dienstleister sehen bei Anbietern, die das Internet als wesentlichen Vertriebskanal einsetzen, das Potenzial von CFEL besonders hoch, um mögliche Kaufabbrüche zu reduzieren und nach dem Kauf Cross-Selling-Möglichkeiten zu schaffen.

Weiterhin von Bedeutung für den Einsatz von CFEL ist, dass im Unternehmen bereits allgemein Erfahrungen mit dem Einsatz von E-Learning gesammelt werden konnten. Dies wird u.a. als Voraussetzung für die Einschätzung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses und für eine erfolgreiche Planung, Gestaltung und Implementierung gesehen. Dabei wird gesondert auf vorhandene Schulungsmaßnahmen für Service und Vertrieb sowie auf Erfahrungen bei der Bereitstellung von E-Learning für externe Zielgruppen verwiesen. Nach Meinung der befragten Dienstleister sollte CFEL generell Bestandteil einer Gesamtqualifizierungsstrategie im Unternehmen sein.

Allgemein werden erworbene Erfahrungen von den Befragten wichtiger eingeschätzt, als vorhandene Lerninhalte, denen eine geringe Bedeutung für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL zukommt. Die Lerninhalte werden i.d.R. eigenes für CFEL unternehmensintern entwickelt und in Zusammenarbeit mit einem externen Dienstleister umgesetzt. Mit Ausnahme eines Anbieters hat kein Unternehmen vorhandene Lerninhalte in die Gestaltung des CFEL-Angebots einbezogen. Die befragten Beratungsunternehmen weisen darauf hin, dass prinzipiell kein Unterschied bei der Einführung von E-Learning für Mitarbeiter oder Kunden zu sehen ist. In der Praxis sieht ein Großteil der Befragten die Übernahme von vorhandenen Lerninhalten allerdings als schwierig an, da oftmals ein Know-how-Gefälle zwischen Mitarbeitern und Partnern auf der einen Seite und Kunden auf der anderen Seite besteht. Darüber hinaus wird betont, dass der Fokus von Schulungsmaßnahmen in vielen Unternehmen nicht auf der Vertiefung von fachlichem Wissen, sondern v.a. auf Anwendungsprogrammen und Soft Skills liegt.

Am Beispiel eines befragten Anbieters wird allerdings deutlich, dass es durchaus sinnvoll ist, intern verfügbare Lerninhalte effizient für Kunden aufzubereiten und weiter zu entwickeln. Das Angebot befasst sich allerdings mit der Vermittlung von Basis-Medienkompetenzen. Häufiger zu beobachten ist hingegen, dass die für Kunden qualitativ hochwertig entwickelten Lerninhalte

und E-Learning-Anwendungen anschließend im Rahmen interner Schulungsmaßnahmen eingesetzt werden. Neben dem erwähnten Anbieter wurde dies noch von zwei weiteren Unternehmen realisiert. Dabei wird darauf hingewiesen, dass diese Einsatzoption am besten bereits am Anfang der Planung von CFEL zu berücksichtigen ist.

### 3.2 Nachfragerbezogene Faktoren

In der Dimension der nachfragerbezogenen Einflussfaktoren ist für einen Erfolg versprechenden Einsatz die Akzeptanz von CFEL bei potenziellen Nachfragern entscheidend [MaWi03, S. 13; AdPa02, S. 669]. Dabei ist neben einer tatsächlichen Steigerung des Kundennutzens durch einen Customer Service für CFEL als Lernangebot insbesondere zu berücksichtigen, dass es dann angenommen wird, wenn die bereitgestellten Dienste und Funktionalitäten auch den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Kunden entsprechen [Simo01, S. 104]. Die Betrachtung der Akzeptanz umfasst daher sowohl Einstellungen als auch Verhalten der Kundengruppe und wird vor allem durch deren Fähigkeiten und Bedürfnisse bestimmt [BKM04, S. 5]. In Tabelle 3 sind die nachfragerbezogenen Einflussfaktoren aus Unternehmenssicht dargestellt.

Nachfragerbezogene Einflussfaktoren	Nennungen Anbieter	Nennungen Dienstleister	Gesamt
Qualitäts- und Serviceorientierung	8	2	<b>10</b>
Ausmaß der Kundenintegration	8	2	<b>10</b>
Wertung/Wahrnehmung des Angebots	7	1	<b>8</b>
Motivation der Kunden zum Lernen	5	1	<b>6</b>
Affinität der Kunden zu Neuen Medien	4	1	<b>5</b>

Tabelle 3: Nachfragerbezogene Einflussfaktoren

Im Bereich der Kundenbedürfnisse geben die befragten Anbieter von CFEL allgemein an, dass die Kunden einem derartigen Angebot sehr positiv gegenüberstehen und dieses rege nutzen. Die meisten Unternehmen ziehen ihre Schlüsse aus dem direkten Kontakt mit den Kunden bzw. aus deren Feedback und der Auswertung der Zugriffe auf das Angebot. Nach Aussage der Gesprächspartner hilft CFEL vor allem die Kundenerwartungen an einen qualitäts- und serviceorientierten Anbieter zu erfüllen. Oftmals bestehen allerdings Unstimmigkeiten zwischen den Erwartungen der Kunden an angebotene Dienstleistungen und der Wahrnehmung dieser Erwartungen durch das Unternehmen [PBZ00]. So wird in im Rahmen der Befragung von potenziellen Nachfragern von CFEL ebenfalls bestätigt, dass qualitäts- und serviceorientierte Anbieter durch den Einsatz von CFEL Kundenerwartungen gerecht werden



[RoGo05]. Durch den Charakter eines VAS beeinflusst CFEL so ebenfalls die Einschätzung der Qualität der Kernleistung durch den Kunden positiv.

Der Charakter eines VAS wird auch dadurch deutlich, dass weiterhin die Wahrnehmung und Wertung des CFEL-Angebots durch die Kunden als bedeutend eingeschätzt wird. Es ist entscheidend, dass CFEL als Sekundärleistung des Unternehmens nicht nur die Kundenerwartungen erfüllt, sondern von den Kunden auch nicht als Basisleistung vorausgesetzt wird sowie relevant und wahrgenommen zur Nutzensteigerung beiträgt [Mann98]. Detaillierte Aussagen zu den Eigenschaften potenzieller Nutzer eines CFEL-Angebots können aus Unternehmenssicht nicht getroffen werden, da ein Großteil der Anbieter CFEL ohne vorherige Registrierung jedem Interessierten zur Verfügung stellt und auch in teilweise vorhandenen Registrierungsprozessen der verbleibenden Befragten persönliche Daten der Kunden nicht erfasst werden. Generell wurde aber die Motivation der Kunden zur Aneignung von Wissen als wichtige Voraussetzung für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL gesehen. Das Motivationsmodell unterscheidet sich wesentlich von der Bereitstellung von E-Learning für Mitarbeiter. CFEL bedarf einer Grundmotivation auf Seiten der Kunden und die Angebote sind noch ansprechender zu gestalten.

Eine detaillierte Betrachtung der Eignung von CFEL für anvisierte Kunden und Interessenten ist jeweils unternehmensspezifisch vorzunehmen. Aufschluss über Wahrnehmung und Kundennutzen von CFEL gibt eine genaue Typologisierung der Kunden eines Unternehmens, insbesondere anhand von Lebensstil-Typologien [RoGo05]. Da Interesse und Präferenzen der Kunden hinsichtlich E-Learning entscheidend von deren Wertvorstellungen, wie Alltagsbewusstsein, Lebensstil und Lebenszielen beeinflusst werden, reicht eine alleinige Betrachtung sozioökonomischer Kriterien nicht aus. Durch Lebensstil-Typologien werden Personen in Gruppen zusammengeführt, die in ihrer grundsätzlichen Wertorientierung und Lebensauffassung übereinstimmen und anhand sozioökonomischer Kriterien beschrieben [Jaco98, S. 74]. Im Rahmen der Nachfragerstudie wird allgemein festgestellt, dass der Einsatz von CFEL insbesondere Erfolg versprechend ist, wenn die Kunden des Unternehmens über einen eher hohen sozialen Status verfügen und gegenüber neuen Technologien offen eingestellt sind [RoGo05]. Der letzte Aspekt bezieht sich vor allem auf die Fähigkeiten der Kunden, CFEL umfassend zu nutzen und die elektronische Bereitstellung des Lernangebots als geeignet zu betrachten. Hier wurde von den Befragten festgestellt, dass die Kundengruppen grundsätzlich eine Affinität zu neuen Medien und Technologien aufweisen sollten.

Um den Bedürfnissen und Erwartungen der Kunden mit dem Angebot aber auch tatsächlich gerecht zu werden, wurde von allen Gesprächspartnern das Ausmaß der Kundenintegration als bedeutende Einsatzvoraussetzung angesehen. Dabei wird von einem Anbieter betont, dass nur ein aus Nutzersicht entwickeltes Lernangebot die Bedürfnisse bestmöglich abbilden und damit einhergehend Akzeptanz finden kann. Die Kunden wissen demnach am besten, wo ihre Defizite liegen und auf welche Weise sie lernen möchten. Die Kundenintegration umfasst zum einen die Möglichkeit, an den Kundenkontaktpunkten Wissen von und über den Kunden zu erheben bzw. vorhandenes Wissen nutzen. Zum anderen wurde das Bestehen der Option als Voraussetzung genannt, Lead User in den Entwicklungsprozess einzubinden, die trendführende Innovationsbedarfe identifizieren und formulieren [Hipp88]. Bei einem der befragten Anbieter kam den erfolgreichen handelnden sog. „Star Tradern“ eine wichtige beratende Rolle im Rahmen des Entwicklungsprozesses zu, um abzuschätzen, wie hoch der Wissensbedarf auf Kundenseite ist und welche Inhalte überhaupt vermittelt werden sollen.

### **3.3 Produktbezogene Faktoren**

In der Dimension der auf dem Markt angebotenen Produkte und Dienstleistungen wird durch das Involvement das persönliche Interesse der Kunden an den Leistungen des Unternehmens und das mit einer Kaufentscheidung verbundene psychologische (Dissonanzen vor und nach dem Kauf), finanzielle und soziale Risiko (Fremdeinschätzung) determiniert [Pepe01, S. 249]. Es steht im engen Zusammenhang mit den Kunden und ist ein Maßstab für die Intensität der Ich-Beteiligung. Das Involvement ist ausschlaggebend für die Qualität und Tiefe der Informationssuche, -verarbeitung und -speicherung und die Lern- und Wissensbedarfe im Zuge der Kaufentscheidung [KuTo00, S. 64].

Darüber hinaus determinieren die Leistungsmerkmale des Gesamtangebotes in hohem Maße die Beurteilungsmöglichkeiten einzelner Produkt- und Dienstleistungseigenschaften [MeBr00, S. 65]. Je komplexer ein Produkt ist, desto mehr Unsicherheit besteht aufgrund fehlender Informationen während des Kaufs und desto erklärungsbedürftiger wird auch seine Anwendung [HüMa00, S. 365]. Dies hat zur Folge, dass die Konsumenten zum Abbau von Unsicherheiten eine Reihe von Informationen heranziehen und Wissen aufbauen, um die Kaufentscheidungen nicht ohne vollständige Informationen über die Entscheidungsparameter zu treffen. Nach dem Kauf ist der Kunde umso zufriedener mit dem gekauften Produkt, umso besser er dessen Funktionalitäten kennt und beherrscht [Aldr00]. Der Umfang des Lern- und Wissensbedarfs der Kunden ist also weiterhin davon abhängig, welche Eigenschaften den Produkten und

Dienstleistungen zugeordnet werden. In Tabelle 4 sind die Einflussfaktoren für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL in der Dimension der angebotenen Produkte und Dienstleistungen dargestellt.

<b>Produktbezogene Einflussfaktoren</b>	<b>Nennungen Anbieter</b>	<b>Nennungen Dienstleister</b>	<b>Gesamt</b>
Komplexe und erklärungsbedürftige Leistungen	8	2	<b>10</b>
Verbindung des Lernens zur Kernleistung	5	0	<b>5</b>
Hohe Variantenvielfalt	3	1	<b>4</b>
Kurze Produktlebenszyklen	2	0	<b>2</b>

Tabelle 4: Produktbezogene Einflussfaktoren

Alle befragten Anbieter geben an, dass sie die von ihnen angebotenen Produkte und Dienstleistungen als komplex und erklärungsbedürftig ansehen. Mit Hilfe des Lernangebotes wird bestehenden und potenziellen Kunden gezielt Wissen zur Reduktion von Unsicherheiten oder zum Abbau von Hemmschwellen vermittelt. Die Kunden sollen durch CFEL mit den Möglichkeiten bzw. Funktionalitäten der jeweiligen Leistung vor und nach dem Kauf vertraut gemacht werden. Die Bedeutung dieses Aspekts wird auch in einer eingangs offen gestellten Frage zu den Hauptgründen der Einführung von CFEL deutlich, bei der sieben Anbieter das variantenreiche Angebot komplexer und erklärungsbedürftiger Leistungen anführten.

Einflussfaktoren im Bereich Involvement konnten nur in der Feldstudie aus Nachfragersicht analysiert werden. Es zeigt sich, dass Leistungen, die sowohl eine hohe Komplexität als auch ein hohes Involvement aufweisen, prädestiniert für den Einsatz von CFEL sind [RoGo05]. Dabei hat allerdings das Ausmaß des Involvements eine wesentlich geringere Bedeutung für den Einsatz von CFEL als die Leistungskomplexität.

Außerdem wird darauf hingewiesen, dass Lern- und Wissensbedarfe der Kunden unmittelbar im Zusammenhang mit der Primärleistung des Unternehmens stehen müssen. Für CFEL-Angebote, die auf Wissensbedarfe im weiteren Leistungsumfeld ausgerichtet sind, wird der Erfolg von CFEL geringer eingeschätzt. Dadurch wird wiederum sichtbar, dass CFEL vor allem als VAS betrachtet wird. Darüber hinaus wurden hohe Variantenvielfalt und kurze Produktlebenszyklen als Einflussfaktoren für einen Erfolg versprechenden Einsatz von CFEL genannt, da diese Faktoren ebenfalls Lern- und Wissensbedarfe bei Kunden entstehen lassen.

## 4 Fazit und Ausblick

Der Einsatz von CFEL ist insbesondere für Unternehmen, die eine Differenzierungsstrategie verfolgen, sinnvoll und Erfolg versprechend, da vor allem das Erreichen kunden- und wettbewerbsbezogener Zielsetzungen des Unternehmens unterstützt wird. Dabei weist CFEL den Charakter eines Value-Added-Service auf, der den Kunden einen zusätzlichen Nutzen im Zusammenhang mit der Primärleistung des Unternehmens stiftet. Dementsprechend muss CFEL auf angrenzende Funktional- und Prozessstrategien sowie IT-Systeme ausgerichtet und damit abgestimmt sein. Weiterhin ist CFEL in bestehende Geschäftsmodelle der Primärleistungen des Unternehmens einzubinden oder im Zusammenhang mit Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen des Corporate E-Learning ein gesondertes Geschäftsmodell, das auf die Distribution des E-Learning-Angebots an verschiedene Zielgruppen ausgerichtet ist, zu etablieren.

Insbesondere qualitäts- und serviceorientierte Anbieter können durch den Einsatz von CFEL Kundenerwartungen gerecht werden sowie einen zusätzlichen und wahrgenommenen Kundennutzen stiften. Voraussetzung ist allerdings eine vorhandene Grundmotivation der anvisierten Kundengruppe zum Lernen und deren Affinität zu neuen Medien und Technologien. Darüber hinaus forcieren insbesondere komplexe und erklärungsbedürftige Leistungen des Unternehmens den Einsatz von CFEL. Die durch CFEL zu deckenden Wissensbedarfe der Kunden müssen in möglichst engem Zusammenhang mit der Primärleistung des Unternehmens stehen.

Geplant, gestaltet und implementiert wird CFEL zurzeit meist als Marketingmaßnahme ohne die Integration bereichsübergreifender Kompetenzen. Die Ausschöpfung der Potenziale, die CFEL bietet, wird nur durch eine umfassende Betrachtung von CFEL mithilfe von Vorgehensmodellen und Standards zur systematischen Entwicklung von Dienstleistungen [ScDa06] möglich. Dadurch können bspw. in der Phase der Ideenfindung während der Entwicklung neue Mobil- und Sensortechnologien, die kontextbasiertes Lernen für Kunden auch on-site in realen, physischen Verkaufsumgebungen möglich machen, berücksichtigt und so neue Einsatzbereiche für CFEL eröffnet werden.

## Literaturverzeichnis

- [AdPa02] Adelsberger, H. H.; Pawlowski, J. M.: Electronic Business and Education. In: Adelsberger, H. H.; Collins, B.; Pawlowski, J. M. (Hrsg.): Handbook on Information Technologies for Education and Training. Springer, Berlin 2002, S. 653-671.
- [Aldr00] Aldrich, C.: Customer-Focused E-Learning: The Drivers. <http://www.learningcircuits.org/jul2000/aldrich.html>, Abruf am 2003-08-13.
- [Barr00] Barron, T.: Customer-Focused E-Learning: The Industry. <http://www.learningcircuits.org/2000/jul2000/barron.html>, Abruf am 2004-12-10.
- [Baue94] Bauer, H. H.: Markt. In: Diller, H. (Hrsg.): Vahlens Großes Marketing Lexikon. dtv, München 1994, S. 710-711.
- [BEE96] Berekoven, L.; Eckert, W.; Ellenrieder, P.: Marktforschung. Methodische Grundlagen und praktische Anwendung. Gabler, Wiesbaden 1996.
- [BBS01] Back, A., Bendel, O., Stoller-Schai, D.: E-Learning im Unternehmen. Orell Füssli, Zürich 2001.
- [BKM04] Bürg, O.; Kronburger, K.; Mandl, H.: Implementation von E-Learning in Unternehmen - Akzeptanzsicherung als zentrale Herausforderung. Forschungsbericht Nr. 170, Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Pädagogische Psychologie, München 2004.
- [BuMe01] Bullinger, H.-J.; Meiren, T.: Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung von Dienstleistungen. In: Bruhn, M.; Meffert, H. (Hrsg.): Handbuch Dienstleistungsmanagement, Gabler, Wiesbaden 2001.
- [BuSc96] Bullinger, H.-J.; Schäfer, M.: Die Rolle des Kunden in einem Lernenden Unternehmen. <http://www.htwm.de/bitsea/infoon/lernen/lernen.htm>, 1996, Abruf am 2003-02-20.

- [Conn01] Connell, R.: Educommerce: Online Learning Migrates to the E-Commerce-Arena. <http://www.eduventures.com/pdf/educommerce.pdf>, 2001, Abruf am 2004-12-10.
- [Dill95] Diller, H.: Kundenbindung als Zielvorgabe im Beziehungsmarketing. Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl Marketing, Arbeitspapier Nr. 40, Nürnberg 1995.
- [Finn02] Finn, A.: Trends in E-Learning. <http://www.learningcircuits.org/2002/nov2002/finn.htm>, 2002, Abruf am 2004-12-23.
- [Hipp88] Hippel, E.: The Source of Innovation. Oxford University Press, Oxford 1988.
- [Hube93] Huber, B.: Strategische Marketing- und Imageplanung: Theorie, Methoden und Integration der Wettbewerbsstrukturanalyse aus Imagedaten. Lang, Frankfurt a.M. 1993.
- [HüMa00] Hünerberg, R.; Mann A.: Online-Service. In: Bliemel, F.; Fassott, G.; Theobald, A. (Hrsg.): Electronic Commerce. Gabler, Wiesbaden 2000, S. 357-375.
- [Hung00] Hungenberg, H.: Strategisches Management im Unternehmen. Gabler, Wiesbaden 2000.
- [Jaco98] Jacob, E.: Media-Zukunft für Milieu-Typologien. [http://www.mediaundmarketing.de/imperia/md/content/pdfdateien/marktforschung/zielgruppen/typologien/06\\_072\\_074\\_Zielgruppe.pdf](http://www.mediaundmarketing.de/imperia/md/content/pdfdateien/marktforschung/zielgruppen/typologien/06_072_074_Zielgruppe.pdf), 1998, Abruf am 2004-03-03.
- [Karg01] Karg, M.: Kundenakquisition als Kernaufgabe im Marketing. Universität St. Gallen, St. Gallen 2001.
- [Kirch00] Kirchhoefer, D.: Informelles Lernen in alltäglichen Lebensführungen. QUEM, Berlin 2000.
- [KuTo00] Kuß, A.; Tomczak, T.: Käuferverhalten. Lucius und Lucius, Stuttgart 2000.
- [Laak95] Laakmann, K.: Value-Added Services als Profilierungsinstrument im Wettbewerb: Analyse, Generierung und Bewertung. Lang, Frankfurt a. M. 1995.

- [Mann98] Mann, A.: Erfolgsfaktor Service. Gabler, Wiesbaden 1998.
- [MaWi03] Mandl, H.; Winkler, K.: Auf dem Weg zu einer neuen Weiterbildungskultur. In: Dowling, M.; Eberspächer, J.; Picot, A. (Hrsg.): eLearning in Unternehmen: Neue Wege für Training und Weiterbildung. Springer, Berlin 2003, S. 3-15.
- [MeBr00] Meffert, H.; Bruhn, M.: Dienstleistungsmarketing. Gabler, Wiesbaden 2000.
- [Meir01] Meiren, T.: Entwicklung von Dienstleistungen unter besonderer Berücksichtigung von Human Resources. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. Tagungsband zur Service Engineering 2001, Stuttgart 2001.
- [MIT01] M.I.T newmedia: eduCommerce - Schulung als Marketing-Maßnahme. [http://educommerce.mit.de/whitepaper/educommerce\\_Wpmit.pdf](http://educommerce.mit.de/whitepaper/educommerce_Wpmit.pdf), 2001, Abruf am 2004-09-09.
- [Morr03] Morrison, D.: E-learning strategies: how to get implementation and delivery right first time. Wiley, Chichester 2003.
- [NDH97] Nieschlag, R.; Dichtl, E.; Hörschgen, H.: Marketing. Dunker und Humblot, Berlin 1997.
- [PBZ00] Parasurman, A.; Berry, L. L.; Zeithaml, V. A.: Kommunikations- und Kontrollprozesse bei der Erstellung von Dienstleistungsqualität. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Dienstleistungsqualität. Gabler, Wiesbaden 2000, S. 115-144.
- [Pepe01] Pepels, W.: Kommunikations-Management. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2001.
- [Resn05] Resnick, M.: Rethinking learning in the digital age. In: Kirkman, G. (Hrsg.): The Global Information Technology Report: Readiness for the Networked World. Oxford University Press, New York 2005.
- [RoGo05] Robra-Bissantz, S.; Götzelt, K.-U.: Erfolgsfaktoren des kundenorientierten E-Learning im E-Commerce. In: Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.; Eckert, S.; Isselhorst, T. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2005 - eEconomy, eGovernment, eSociety. Physica, Heidelberg 2005, S. 861-880.

- [ScDa06] Schneider, K.; Daun, C.: Vorgehensmodell und Standards zur systematischen Entwicklung von Dienstleistungen. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering. Springer, Berlin, 2006, S. 113- 138.
- [StCo90] Strauss, A.; Corbin, J.: Basics of Qualitative Research. Sage Publications, Newbury Park 1990.
- [Stra05] Straub, R.: Lernen im Kontext - Dynamischen Lernkonzepten gehört die Zukunft. <http://www.competence-site.de/e-learning.nsf/straub>, Abruf am 2005-01-05.
- [StSc93] Steinmann, H.; Schreyögg, G.: Management: Grundlagen der Unternehmensführung. Gabler, Wiesbaden 1993.
- [Simo01] Simon, B.: Wissensmedien im Bildungssektor. [http://nm.wu-wien.ac.at/lehre/dpas/Bernd\\_Simon\\_Wissensmedien\\_im\\_Bildungssektor.pdf](http://nm.wu-wien.ac.at/lehre/dpas/Bernd_Simon_Wissensmedien_im_Bildungssektor.pdf), 2001, Abruf am 2005-01-05.
- [Zoll95] Zollner, G.: Kundennähe in Dienstleistungsunternehmen. Gabler, Wiesbaden 1995.



## **Einführung in den Track**

### **Elektronische Märkte und elektronische Verhandlungen**

**Prof. Dr. Michael Rebstock**

FH Darmstadt

**Prof. Dr. Rudolf Vetschera**

Universität Wien

**Prof. Dr. Mareike Schoop**

Universität Hohenheim

Elektronische Märkte haben sich in der industriellen Praxis zu einem wichtigen Instrument entwickelt, um Transaktionen von Unternehmen sowohl mit Endverbrauchern als auch mit anderen Unternehmen zu tätigen. Gegenwärtige Herausforderungen bestehen in methodischen Konzepten zur Entwicklung, Unterstützung und Evaluierung elektronischer Märkte und in einer generellen Serviceorientierung, die sich mit elektronischen Diensten für elektronische Märkte beschäftigt. Elektronische Verhandlungen als Marktmechanismen sind schon seit mehreren Jahren Forschungsgegenstand. Praktisch sind diese Konzepte trotz technischer Möglichkeiten dagegen noch wenig verbreitet, wobei die verschiedenen Verhandlungsformen auf unterschiedliche Akzeptanz stoßen.

Wir laden für diesen Track Papiere der elektronischen Märkte und elektronische Verhandlungen ein, die sich mit theoretischen, methodischen, empirischen und anwendungsorientierten Fragestellungen beschäftigen. Relevante Themen sind unter anderem:

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Gregory Kersten, Concordia University, Kanada

Prof. Dr. Stefan Klein, University College Dublin, Irland

Dr. Sabine Köszegi, Universität Wien

Prof. Dr. Hans Weigand, Universität Tilburg, Niederlande

Dr. Hans-Dieter Zimmermann, Universität Münster

# Strategisches Gebotsverhalten in Name-Your-Own-Price- Auktionen

Oliver Hinz

Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main  
60054 Frankfurt am Main  
oliver.hinz@wiwi.uni-frankfurt.de

## Abstract

Bei so genannten Name-Your-Own-Price (NYOP)-Auktionen bieten Käufer gegen eine geheime Preisschwelle des Verkäufers. Trifft oder übersteigt das Gebot eines Käufers diese Preisschwelle, so findet der Kauf in Höhe der Käufergebots statt. In dieser Arbeit untersuchen wir, ob Käufer versuchen, ihre Konsumentenrente unter Berücksichtigung ihrer Zahlungsbereitschaft zu maximieren oder ob Käufer unabhängig von ihrer Zahlungsbereitschaft versuchen, ein möglichst gutes Schnäppchen zu machen. In einem ersten Modell, versucht der Käufer ausgehend von seiner Zahlungsbereitschaft und seiner Vermutung über die Preisschwelle, die er als exogen gegeben ansieht, seine erwartete Konsumentenrente zu maximieren. Im zweiten Modell auf Basis von Bargaining-Spielen, lässt der Käufer in seine Überlegungen auch die Erwartungen über das Verhalten des Verkäufers, der die Preisschwelle gesetzt hat, einfließen. Wir entwickeln für beide Fälle ein normatives Modell und testen diese in einem Laborexperiment, um schließlich Implikationen für das Market-Engineering ableiten zu können.

## 1 Einleitung

Gesunkene Transaktions- und Prozesskosten im Internet haben eine Vielzahl dynamischer Preismechanismen ermöglicht [Bako97]. Als interaktive Preismechanismen sei die Untermenge derjenigen dynamischen Preismechanismen definiert, bei der Käufer durch Abgabe von

Geboten oder das Austauschen von Nachrichten mit dem Verkäufer den Preis aktiv beeinflussen können.

Die Vorteile von interaktiven Preismechanismen sind vielfältig. Der wichtigste Vorteil für Verkäufer besteht in der Möglichkeit der Preisdifferenzierung. Preisdifferenzierung kann durch die Erzielung höherer durchschnittlicher Preise den Gewinn des Verkäufers erhöhen. Des Weiteren kann die Allokationseffizienz des Marktes verbessert werden, da Käufersegmente, die in einem Fixpreisszenario nicht bedient werden, das Produkt zu einem niedrigeren individuellen Preis erhalten können [Bako97].

Interaktive Preismechanismen werden auf zahlreichen Marktplätzen wie eBay oder Amazon eingesetzt. Oft unterscheiden sich diese Marktplätze primär durch den eingesetzten Preismechanismus. Der Marktführer eBay setzt neben klassischen Festpreisen („Sofort Kaufen“) eine Variante der Second Price-Auktion ein. Seit Kurzem ermöglicht eBay Deutschland allerdings Käufern auch, einen Preisvorschlag zu übermitteln, der vom Verkäufer angenommen oder abgelehnt werden kann.

Dieser Preismechanismus ist eng verwandt mit dem in der Literatur als Name-Your-Own-Price (NYOP) oder Reverse Pricing beschriebenen Mechanismus. NYOP erfreut sich zunehmender Beliebtheit, obgleich er bereits 1998 von dem US-Unternehmen Priceline zum Verkauf von Flügen, Mietwagen und Hotelzimmern eingeführt wurde. Priceline setzte 2005 bereits 962 Millionen USD [Pric05] um und andere Anbieter wie GermanWings und Expedia experimentieren ebenso mit diesem interaktiven Preismechanismus.

Bei NYOP können sowohl der Käufer als auch der Verkäufer eines Produktes Einfluss auf den zu zahlenden Transaktionspreis nehmen. Durch einen vorab festgelegten und geheim gehaltenen Mindestpreis legt der Verkäufer eine untere Preisschwelle für die Transaktion fest, während ein Käufer durch die Abgabe eines Gebotes den Transaktionspreis determiniert, sofern sich dieses Gebot oberhalb des geheimen Mindestpreises des Verkäufers befindet.

Im Unterschied zu gängigen Auktionsmechanismen besteht bei NYOP keine unmittelbare Preiskonkurrenz zwischen den Bietern. Um eine Transaktion zum Abschluss zu bringen, müssen diese lediglich die ihnen unbekannte Preisschwelle eines Anbieters überbieten. Gebote anderer Bieter hingegen haben keinen unmittelbaren Einfluss auf den Preis einer Transaktion. Im Fall einer begrenzt verfügbaren Produktkapazität bei gleichzeitig großer Nachfrage könnten sich Bieter dazu veranlasst sehen, ein Gebot möglichst früh abzugeben, um den Geboten

anderer Bieter zuvor zu kommen. In diesem Fall würde auf Basis eines First-Come/First-Serve-Prinzips an die erfolgreichen Bieter zugeteilt werden.

Eines der kennzeichnenden Merkmale von NYOP ist, dass nach Abschluss der Transaktion Informationen weder über bereits erzielte Preise noch über die geheime Preisschwelle eines Verkäufers bekannt gegeben werden. Die hieraus resultierende Preisintransparenz erlaubt es, Produkte über einen solchen Vertriebskanal auch zu günstigeren Preisen zu verkaufen und somit neue Käufersegmente anzusprechen, ohne hierdurch die Preisstrukturen anderer Vertriebskanäle zu kannibalisieren.

Schließlich eignet sich NYOP insbesondere für den Abverkauf einer großen Anzahl identischer Produkte, da hierfür lediglich ein einziges Angebot erstellt werden muss. Zwar bieten verschiedene Auktionsseiten mittlerweile so genannte „Power“- oder „Dutch“-Auktionen an (z.B. eBay.de, BesteAuktion.de), jedoch wird bei diesen für  $n$  Einheiten eines Produktes ein uniformer Preis durch das  $n$ -höchste Gebot eines Bieters determiniert. Im Gegensatz hierzu ermöglicht NYOP käuferindividuell differenzierte Preise und somit eine bessere Abschöpfung der Konsumentenrente für einen Anbieter.

Die Forschung hat sich zunächst hauptsächlich mit dem Gebotsverhalten und der optimalen Ausgestaltung eines NYOP-Mechanismus unter stark vereinfachenden Annahmen gewidmet. Die Modelle beruhen auf starken Annahmen und könnten daher das Verhalten in realen Märkten nur unzureichend darstellen. Bisherige Modelle gehen von rationalem Verhalten aus und setzen dabei eine exogen gegebene Preisschwelle voraus. Spieltheoretischen Überlegungen des Käufers und Verkäufers beim Setzen der Preisschwelle, wurde bisher unzureichend in diesen Modellen berücksichtigt.

In dieser Arbeit soll geklärt werden, ob sich Käufer Konsumentenrente-maximierend verhalten, indem sie primär durch ihre Zahlungsbereitschaft bei der Gebotsabgabe geleitet werden oder ob spieltheoretische Überlegungen das Gebotsverhalten weitgehend bestimmen. Diese Erkenntnisse sind sehr wichtig, da bei Konsumentenrente-maximierendem Verhalten über die eingegangenen Gebote auf die wahre Zahlungsbereitschaft des Käufers zurück geschlossen werden kann, während bei spieltheoretischen Verhalten wie wir es aus Verhandlungsspielen (Bargaining Games) kennen, keine Erkenntnisse über die Zahlungsbereitschaft möglich sind. Die Verschleierung der wahren Zahlungsbereitschaft wird in der Auktionstheorie auch „shading“ bzw. „bid shading“ genannt (siehe z. B. [Kris02]). Bisher wurde dieser Aspekt bei NYOP noch nicht berücksichtigt, obwohl er für die richtige Beurteilung dieses

Preismechanismus sehr wichtig ist und damit NYOP-Märkte optimal gestaltet werden können. Für den aktuellen Forschungsstand des Market Engineering siehe [WeHN03].

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut: An diese Einleitung anschließend stellt Kapitel 2 die genaue Funktionsweise und verschiedene Gestaltungsmöglichkeit von NYOP vor, fasst die Literatur zusammen und ordnet diese Arbeit in bisherige Forschungen ein. Kapitel 3 erarbeitet zwei normative Modelle für Gebotsverhalten in NYOP-Auktionen unter unterschiedlichen Annahmen. Kapitel 4 stellt ein Laborexperiment vor, das die beiden Modelle schließlich testet. Kapitel 5 schließt die Arbeit mit einer Zusammenfassungen und Implikationen für das Marktdesign.

## **2 Name-Your-Own-Price**

### **2.1 Funktionsweise**

Als interaktiver Preismechanismus ermöglicht NYOP sowohl dem Käufer als auch dem Verkäufer eines Produktes Einflussnahme auf den endgültigen Preis einer Transaktion. Während der Verkäufer durch die Bestimmung einer geheimen Preisschwelle einen Mindestpreis für diese Transaktion vorgibt, bestimmt ein Käufer die endgültige Höhe des Transaktionspreises durch die Abgabe eines Gebotes. Liegt dieses Gebot oberhalb der geheimen Preisschwelle des Verkäufers, wird die Transaktion in Höhe des vom Käufer genannten Gebotes ausgeführt.

Ein Verkäufer hat dabei die Möglichkeit, NYOP anhand verschiedener Design-Variablen seinen Bedürfnissen gemäß anzupassen. Design-Variablen beschreiben dabei diejenigen Eigenschaften, anhand derer sich eine konkrete Ausprägung des NYOP-Verfahrens bestimmen lässt (z.B. das Preisauswahlverfahren, die Anzahl der möglichen Gebote, die Wartezeit zwischen Geboten eines Käufers oder ein Mindestinkrement für zusätzliche Gebote). [Bern04] geht detailliert auf diese Design-Variablen ein.

Im Gegensatz zu klassischen Auktionsmechanismen besteht bei NYOP keine unmittelbare Preiskonkurrenz zwischen den Käufern. Um eine Transaktion zum Abschluss zu bringen, müssen diese lediglich die ihnen unbekannte Preisschwelle eines Verkäufers überbieten. Gebote anderer Käufers hingegen haben keinen direkten Einfluss auf den Preis einer Transaktion.

Abb. 1 zeigt die Aufteilung der Konsumenten- und Produzentenrente in Falle eines erfolgreichen Gebots: Der Verkäufer hat variable Kosten  $c$  für das von ihm angebotene Produkt. Er setzt die Preisschwelle  $TP$  im Normalfall auf seine variablen Kosten  $c$  oder aber darüber. Das garantiert ihm im Falle eines erfolgreichen Gebots eine Basisrente von  $BR$ . Dazu kommt der Betrag, mit der Käufer die Preisschwelle überbietet. Dieser Betrag wird auch als Informationsrente  $IR$  bezeichnet. Der Käufer hat eine gewisse Zahlungsbereitschaft und versucht dagegen die Informationsrente  $IR$  möglichst klein zu halten. Die Differenz zwischen einem erfolgreichen Gebot  $b$  und der Zahlungsbereitschaft  $WTP$  ist die Konsumentenrente  $CS$ .

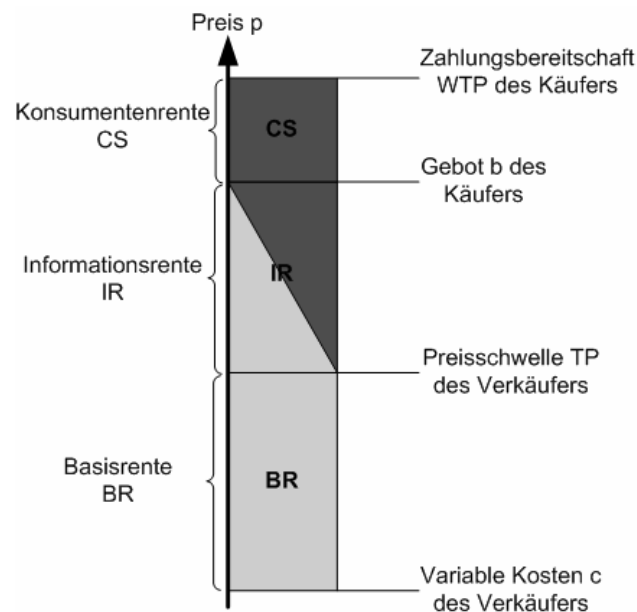


Abb. 1: Aufteilung der Konsumenten- und Produzentenrente

An dieser Abbildung wird deutlich, dass die Informationsrente  $IR$  die Verhandlungsmasse darstellt. Auf der einen Seite versucht der Käufer diese möglichst gering zu halten, um sich eine möglichst hohe Konsumentenrente zu sichern, während der Verkäufer natürlich auf ein möglichst deutliches Überbieten durch den Käufer hofft. Schließlich stellt das Überbieten die preisdifferenzierende Komponente dieses Mechanismus dar.

## 2.2 Literatur

NYOP wurde bisher aus zwei Richtungen analysiert: Eine Forschungsrichtung konzentriert sich auf die Erklärung des Gebotsverhaltens in NYOP-Märkten, während sich die zweite Forschungsrichtung auf die Bestimmung des optimalen Designs fokussiert. Die vorliegende Arbeit ordnet sich demnach in dem erstgenannten Feld ein. An dieser Stelle sollen die

bisherigen Erkenntnisse aus bereits veröffentlichten Arbeiten zusammengefasst werden und die vorliegende Arbeit soll entsprechend abgegrenzt und eingeordnet werden.

Bei der Ausgestaltung des optimalen Designs eines NYOP-Mechanismus schlägt [Cher03] eine interessante Designvariante für den Ein-Gebots-Fall vor, nachdem er die Präferenzen der Käufer in einem Laborexperiment untersucht hat. In diesem Experiment bietet er zwei grundsätzlich unterschiedliche Preisauswahlverfahren an: In einem ersten Fall können Bieter ihr Gebot frei („price generation“) abgeben, während im zweiten Fall dem Bieter lediglich gestattet wird, eine Auswahl aus einer gegebenen Gebotsliste („price selection“) zu treffen. [Cher03] kommt zu dem Ergebnis, dass Käufer lieber aus einer Liste auswählen, als einen Preis frei wählen zu müssen. [Cher03] lässt allerdings offen wie sich die Gebote bilden und ob Käufer eher von ihrer eigenen Zahlungsbereitschaft oder der Vermutung über die Preisschwelle des Verkäufers ausgehen.

[Fay04] leitet aus einem analytischen Modell ab wie sich der Gewinn für einen NYOP-Verkäufer bei einer variierenden Anzahl von zugelassenen Geboten entwickelt. Dabei vergleicht er den Ein-Gebots-Fall mit dem Fall, dass einige erfahrene Käufer sich zusätzliche Identitäten in Form mehrerer Kreditkarten besorgen und somit öfter bieten können. [Fay04] geht allerdings nicht davon aus, dass Käufer Überlegungen des Verkäufers beim Setzen der Preisschwelle in ihr Gebotsverhalten einfließen lassen und vernachlässigt von daher diesen Aspekt.

[HaTe03] untersuchen empirisch das Gebotsverhalten in einem Modell, das wiederholtes Bieten zulässt. Dabei entwickeln sie zuerst ein mikroökonomisches Modell, um das Gebotsverhalten zu erklären und wenden das Modell an, um die Suchkosten der Käufer in einem vorliegenden Datensatz eines NYOP-Verkäufers zu schätzen. [TeSH05] entwickeln dagegen ein Modell, das einem NYOP-Verkäufer bei der Setzung der optimalen Preisschwelle helfen kann. Allerdings gehen [TeSH05] nur von Konsumentenrente-maximierendem Verhalten aus. Für den Ein-Gebots-Fall kann aus dem Modell von [TeSH05] abgeleitet werden, dass es optimal ist, die Preisschwelle auf die variablen Kosten des Verkäufers zu setzen. Denn jedes Gebot oberhalb der variablen Kosten wird angenommen und leistet somit einen Kostendeckungsbeitrag. Legt ein Verkäufer die Preisschwelle höher als die variablen Kosten, so lässt er alle Gebote oberhalb der variablen Kosten aber unterhalb der Preisschwelle unrealisiert. Des Weiteren macht eine Preisschwelle unterhalb der variablen Kosten keinen Sinn, da angenommene Gebote somit zu Verlusten führen könnten. Diese Erkenntnis beruht allerdings auf der Annahme, dass Käufer



versuchen, ihre Konsumentenrente zu maximieren und nicht versuchen, unabhängig von ihrer Zahlungsbereitschaft ein Schnäppchen zu machen, und könnte somit zu suboptimalen Schlussfolgerungen führen.

[SpSS04] entwickeln ebenfalls ein Modell für die mehrfache Gebotsabgabe und schätzen mit Hilfe dieses Modells die Zahlungsbereitschaft der teilnehmenden Bieter. Ferner leiten die Autoren aus ihrem Modell das optimale Gebotsverhalten ab und vergleichen die Gewinne, die bei einfacher Gebotsabgabe resultieren mit den Gewinnen bei mehrfacher Gebotsabgabe.

[Bern04] fasst die möglichen Designvariablen zusammen, während [BeHi05] einen XML-Dialekt entwickeln, mit dem sich die verschiedene Designvarianten von NYOP in XML beschreiben lassen.

Im Gegensatz zu den zuletzt beschriebenen Studien, fokussieren sich einige Arbeiten nicht auf das optimale Design des NYOP-Mechanismus, sondern beschäftigen sich vorwiegend mit dem Konsumentenverhalten in einem NYOP-Kanal:

[DEHS05] untersuchen das Konsumentenverhalten im Ein-Gebots-Fall in der Situation, in der das Gebot abgelehnt wurde und der Bieter das Produkt daher über einen „traditionellen“ Verkaufskanal kaufen muss. Dabei berücksichtigen sie mehrere, aufeinander folgende Perioden und gehen davon aus, dass Bieter nicht nur ihren Nutzen in Form von Geldeinheiten maximieren, sondern dass Käufer auch einen zusätzlichen Nutzen durch das Gewinnen („excitement“) erhalten. Falls das Gebot allerdings abgelehnt wurde, so erleiden die Bieter einen Nutzenverlust („frustration“). [DEHS05] zeigen in diesem Paper analytisch und in einem Laborexperiment, dass das Gebotsverhalten vom Erfolg vorheriger Gebote abhängt. Allerdings gehen [DEHS05] nicht darauf ein, welche Annahmen zu einem Modell führen könnten, das das wahre Verhalten der Käufer besser modelliert.

Die neuste Arbeit von [SpTe06] zeigt anhand von realen NYOP-Datensätzen, dass Käufer sich nur in einem sehr beschränkten Maße rational verhalten. Dazu nutzen die Autoren zwei verschiedene Datensätze und kommen zum Schluss, dass das Internet nicht geholfen hat, irrationales Verhalten zu eliminieren wie es sich viele erhofft hatten. Allerdings gehen [SpTe06] nicht darauf ein, ob es eventuell Modelle unter anderen Annahmen gibt, die die Abweichung vom untersuchten rationalen Modell erklären könnten.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass bisher keine Arbeit existiert, die die Annahme einer exogen gegebenen Preisschwelle aufhebt. Einige Arbeiten wie [HaTe03] und [SpSS04] haben allerdings Modelle für rationales Verhalten unter Annahme einer exogen gegebenen

Preisschwelle entwickelt. Diese Modelle bilden die Grundlage für unsere normative Modellierung des Konsumentenrente-maximierenden Verhaltens im folgenden Kapitel. Im Anschluss werden wir unser Modell vorstellen, das in Anlehnung an Verhandlungsspiele aus der Spieltheorie die Überlegungen des Verkäufers beim Setzen der Preisschwelle mitberücksichtigt und somit die Annahme einer exogen gegebenen Preisschwelle aufhebt.

### 3 Normative Modellierung

#### 3.1 Maximierung der Konsumentenrente unter Annahme einer exogen gegebenen Preisschwelle

Das folgende Modell beruht auf den Erkenntnissen von [HaTe03] und [SpSS04] und trifft die Annahme eines risikoneutralen Käufers mit einer Zahlungsbereitschaft WTP, der seine erwartete Konsumentenrente maximiert. Weitere Annahmen sind, dass der Käufer von einer exogen festgelegten Preisschwelle ausgeht, die uniform im Intervall [LB, UB] verteilt ist. Das abgeleitete Verhalten lässt sich zwar auch für andere Verteilungsannahmen nachweisen, ist aber der Argumentation von [Stig61], [HaTe03] und [DEHS05] folgend für die Ergebnisse nachrangig.

Die erwartete Konsumentenrente ECS kann also unter Berücksichtigung von Suchkosten  $c$  durch folgenden Ausdruck dargestellt werden:

$$ECS = \int_{LB}^b (WTP - b) \cdot g(p_T) dp_T - c = (WTP - b) \cdot \frac{b - LB}{UB - LB} - c$$

Mit einem höheren Gebot  $b$  wird zwar die Wahrscheinlichkeit gesteigert, dass das Gebot die Preisschwelle trifft oder überbietet, aber auf der anderen Seite führt ein höheres Gebot natürlich zu einer geringeren Konsumentenrente ( $WTP - b$ ).

Um nun das optimale Gebot zu maximieren, leiten wir den Term nach  $b$  ab und setzen gleich 0.

$$\Rightarrow \max ECS = \frac{dECS}{db} = \frac{1}{UB - LB} \cdot [(-1) \cdot (b) - LB + (WTP - b) \cdot 1] \stackrel{!}{=} 0$$

Durch eine Umformung nach  $b$  kommen wir zu folgendem Ergebnis:

$$\Leftrightarrow b^* = \frac{WTP + LB}{2}$$

Demnach ist das optimale Gebot eine Funktion der Zahlungsbereitschaft und der Vermutung über das untere Ende der Verteilung der Preisschwelle und beide Faktoren wirken in gleicher Stärke auf die Gebotshöhe.

Sowohl [HaTe03] als auch [SpSS04] benutzen ähnliche Modelle, um auf die Zahlungsbereitschaft und die Suchkosten  $c$  zurückzurechnen. Allerdings wird experimentell in diesen Arbeiten nicht überprüft, ob sich das tatsächliche Verhalten wie oben dargestellt, modellieren lässt, was demnach zu suboptimalen Rückschlüssen führen könnte. [SpTe06] zeigen nämlich, dass sich Abweichungen zwischen einem ähnlichen rationalen Modell und dem tatsächlichen Verhalten ergeben.

### **3.2 NYOP als Verhandlungsspiel**

Das vorangegangene normative Modell basiert auf der starken Annahme, dass die Preisschwelle exogen gegeben ist. In der Realität wird aber der Verkäufer beim Setzen der Preisschwelle das Verhalten der Käufer in seine Überlegungen mit einbeziehen. Diese wiederum werden das antizipieren. Um solche Probleme zu modellieren, eignet sich die Spieltheorie hervorragend.

Daher modellieren wir das Setzen der Preisschwelle und die Gebotsabgabe als Spiel in Normalform, d.h. beide Spieler (Käufer und Verkäufer) legen ihre Strategien ohne Kenntnis der Wahl des anderen Spielers fest. Das Spiel kann demnach als statisches Bargaining-Spiel modelliert werden.

Da es sich um ein Spiel mit zwei Spielern,  $I = \{\text{Käufer, Verkäufer}\}$ , handelt, sind die Strategiemengen endlich und überschaubar und man kann dieses Spiel in Normalform auch als Tabelle darstellen. Wir gehen davon aus, dass jeder Spieler drei Strategien zur Verfügung hat, um so das Prinzip zu demonstrieren, da sich anschließend der Strategieraum in die Unendlichkeit erweitern lässt.

Der Verkäufer hat die Möglichkeit die Preisschwelle auf einen Preis nahe seiner variablen Kosten, einen mittleren Preis und einen hohen Preis zu setzen.

Bietet der Käufer über oder genau auf der Preisschwelle, findet eine Transaktion statt. Der Käufer erhält als Nutzen die Differenz zwischen seiner Zahlungsbereitschaft und seinem Gebot, also die Konsumentenrente. Die Produzentenrente stellt in diesem Fall den Nutzen der Transaktion für den Verkäufer dar. Bietet der Käufer unterhalb der Preisschwelle, so ist die Auszahlung für beide Marktteilnehmer gleich 0.

Der Verkäufer kann sich zwischen drei Strategien entscheiden: Der Wahl einer sehr niedrigen Preisschwelle ( $L_V$ ), einer mittleren Preisschwelle ( $M_V$ ) und einer hohen Preisschwelle ( $H_V$ ),

während sich der Käufer für ein niedriges Gebot, das bei Erfolg zu einer hohen Konsumentenrente ( $H_K$ ) führen würde, ein mittleres Gebot ( $M_K$ ) oder ein sehr hohes Gebot, das in einer niedrigen Konsumentenrente ( $L_K$ ) resultieren würde, entscheiden kann. Insgesamt ist nur der Fall zu betrachten, dass die Zahlungsbereitschaft des Käufers größer ist als die Kosten des Verkäufers. Andernfalls würde kein Verkauf zustande kommen. Insgesamt ist zwischen den beiden Parteien auch nur der Kuchen (Zahlungsbereitschaft-Kosten), also Informationsrente+Basisrente+Konsumentenrente, zu verteilen. Den Anteil an dieser ökonomischen Rente, den die Parteien jeweils erhalten, hängt vom Verhandlungsergebnis ab. Bietet der Käufer sehr hoch, so erhält der Verkäufer den größten Teil, bietet der Käufer dagegen sehr niedrig und ist erfolgreich, so erhält er einen größeren Anteil. Die Gebote müssen jedoch die Preisschwelle treffen oder übertreffen, ansonsten erhalten beide Parteien eine Auszahlung von 0.

Betrachten wir zum Beispiel den Fall, dass der Verkäufer variable Kosten von 50€ hat und ein Käufer eine Zahlungsbereitschaft von 110€. Dann ist die verhandelbare Rente  $110€ - 50€ = 60€$ . Je nach Verhandlungserfolg bekommt der Verkäufer oder der Käufer davon mehr oder weniger. Tab. 1 stellt die entsprechende Auszahlungsmatrix in absoluten Werten dar.

Käufer/Verkäufer	$H_V$ Preisschwelle=100€	$M_V$ Preisschwelle=80€	$L_V$ Preisschwelle=60€
$H_K$ Gebot=60€	0; 0	0; 0	50€, 10€
$M_K$ Gebot=80€	0; 0	30€, 30€	30€, 30€
$L_K$ Gebot=100€	10€, 50€	10€, 50€	10€, 50€

Tab. 1: Beispielhafte Auszahlungsmatrix für einen Käufer mit der Zahlungsbereitschaft 110€ und einem Verkäufer mit Kosten 50€

In allgemeiner Form stellt sich die Auszahlungsmatrix wie in Tab. 2 dar.  $K$  sei dabei die verhandelbare Rente (=Zahlungsbereitschaft-Kosten) und zusätzlich muss gelten, dass  $1 > A_H > A_M > A_L > 0$  und  $K > 0$ .

Käufer/Verkäufer	$H_V$ Hohe Preisschwelle	$M_V$ mittlere Preisschwelle	$L_V$ Niedrige Preisschwelle
$H_K$ niedriges Gebot	0; 0	0; 0	$K^*(A_H; 1-A_H)$
$M_K$ mittleres Gebot	0; 0	$K^*(A_M; 1-A_M)$	$K^*(A_M; 1-A_M)$

$L_K$ hohes Gebot	$K^*(A_L; 1-A_L)$	$K^*(A_L; 1-A_L)$	$K^*(A_L; 1-A_L)$
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Tab. 2: Auszahlungsmatrix in allgemeiner Form

Wir führen nun eine Eliminierung schwach dominierter Strategien durch. Dazu verwenden wir Tab. 3 mit typischen Werten ( $A_L=0,1$ ;  $A_M=0,5$ ;  $A_H=0,7$  und  $K=1$ ) zur besseren Anschaulichkeit.

Käufer/Verkäufer	$H_V$ hohe Preisschwelle	$M_V$ mittlere Preisschwelle	$L_V$ niedrige Preisschwelle
$H_K$ niedriges Gebot	0; 0	0; 0	70%; 30%
$M_K$ mittleres Gebot	0; 0	50%; 50%	50%; 50%
$L_K$ hohes Gebot	10%; 90%	10%; 90%	10%; 90%

Tab. 3: Auszahlungsmatrix des untersuchten Spiels

Mit Hilfe der Spieltheorie kann gezeigt werden, dass für den Verkäufer die Strategie  $H_V$  von der Strategie  $M_V$  schwach dominiert wird, da so eine Auszahlung von 50% gegenüber 0 bei der Strategiewahl  $M_K$  durch den Käufer möglich wird. Die anderen Alternativen bleiben in allen anderen Fällen genauso gut. Der Verkäufer würde also nie Strategie  $H_V$  (eine hohe Preisschwelle) wählen. Tab. 4 zeigt die Auszahlungsmatrix nach der Eliminierung der Strategie  $H_V$ .

Käufer/Verkäufer	$M_V$ mittlere Preisschwelle	$L_V$ niedrige Preisschwelle
$H_K$ niedriges Gebot	0; 0	70%; 30%
$M_K$ mittleres Gebot	50%; 50%	50%; 50%
$L_K$ hohes Gebot	10%; 90%	10%; 90%

Tab. 4: Nach Eliminierung der Strategie  $H_V$

Antizipiert der Käufer diese Überlegung, ist die Wahl von Strategie  $L_K$  (hohes Gebot) nicht mehr attraktiv, da Strategie  $M_K$  (Auszahlung 50% oder 50% gegenüber 10% oder 10% bei Strategie  $L_K$ ) die Strategie  $L_K$  dominiert. Daher eliminieren wir Strategie  $L_K$  und erhalten Tab. 5.

Käufer/Verkäufer	$M_V$ mittlere Preisschwelle	$L_V$ niedrige Preisschwelle

<b>H<sub>K</sub></b> niedriges Gebot	0; 0	70%; 30%
<b>M<sub>K</sub></b> mittleres Gebot	50%; 50%	50%; 50%

Tab. 5: Nach Eliminierung der Strategie L<sub>K</sub>

Damit wird die Strategie L<sub>V</sub> für den Verkäufer schwach dominant gegenüber M<sub>V</sub>, da er 30% als Auszahlung erhält, falls der Käufer die Strategie H<sub>K</sub> wählt, während sich keine Veränderung (50%) der Auszahlung ergibt, falls der Käufer M<sub>K</sub> wählt.

Käufer/Verkäufer	<b>L<sub>V</sub></b> niedrige Preisschwelle
<b>H<sub>K</sub></b> niedriges Gebot	70%; 30%
<b>M<sub>K</sub></b> mittleres Gebot	50%; 50%

Tab. 6: Nach Eliminierung der Strategie M<sub>V</sub>

Schließlich wird durch eine weitere Eliminierung schwach dominierter Strategien ein iteratives Gleichgewicht (schwach) dominanter Strategien in der Strategiekombination (H<sub>K</sub>; L<sub>V</sub>) erreicht, da der Käufer mit der Wahl H<sub>K</sub> 70% statt 50% Anteil erhält.

Die Anzahl der Strategien kann sowohl für den Käufer als auch den Verkäufer beliebig erweitert werden (Beweis durch Induktion möglich); das Gleichgewicht wird immer in der obersten, rechten Zelle liegen, d.h. also, dass der Verkäufer immer eine Preisschwelle nahe seiner variablen Kosten wählen wird, und ein strategischer Käufer wird unabhängig von seiner Zahlungsbereitschaft nur sehr niedrige Gebote abgeben und dabei weitgehend von seiner Vermutung über die Preisschwelle geleitet werden. Dieses Modell führt also zu einem anderen Ergebnis als das Modell aus Kapitel 3.1 und deutet darauf hin, dass der NYOP-Mechanismus den Käufer zu einem Schnäppchenjäger macht.

In einem Modell mit n Gebotsmöglichkeiten und bei Vernachlässigung von Biet- und Suchkosten, kann ein Gleichgewicht hergeleitet werden, in dem der Käufer zunächst (n-1) unakzeptable Gebote abgibt, um dann im n-ten Gebot ein Take-it-or-leave-it-offer zu unterbreiten (Prinzip der Rückwärtsinduktion). Dies führt letztlich zurück zum oben präsentierten Modell des Ein-Gebots-Falles.

Während also das erste Modell voraussagt, dass die Zahlungsbereitschaft einen starken Einfluss auf das Gebotsverhalten hat, sehen wir in diesem zweiten Modell, dass ausschließlich die

Vermutung über die Preisschwelle das Gebotsverhalten beeinflussen sollte. Um nun zu testen, welches Modell das reale Gebotsverhalten besser beschreibt, testen wir die Modelle empirisch.

#### **4 Empirische Validierung der Modelle**

Um die vorgestellten Modelle vergleichen zu können, greifen wir auf die Daten aus einem Laborexperiment mit dem induced-values-Paradigma nach [Smit76] und [Smit82] zurück. Dabei werden den Teilnehmern Zahlungsbereitschaften induziert, indem ihnen für die zu ersteigernden Produkte Wiederverkaufswerte genannt werden. Wenn es den Teilnehmern gelingt, das Produkt zu ersteigern, so ist die Differenz zwischen einem erfolgreichen Gebot und dem Wiederverkaufswert der Gewinn, der ihnen später ausgezahlt wird. Auf diese Art und Weise wird erreicht, dass sich die Teilnehmer ökonomisch verhalten und tatsächliche Anreize haben, sich vergleichbar zu wirklichen Kaufsituationen zu verhalten, in denen Käufer versuchen, ein Produkt möglichst günstig zu erwerben.

Neben induzierten Wertschätzungen müssen wir die Verteilungsannahme der Teilnehmer über die Preisschwelle kontrollieren. Wir greifen daher auf die Erkenntnisse von [HiSp06] zurück, die in ihrer Arbeit zeigen, dass durch Informationen wie „Ein Gebot in Höhe von 130 EUR wurde abgelehnt“ bei den Experimentteilnehmern eine Trunkierung der Verteilungsannahme erreicht werden kann. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass neben der Zahlungsbereitschaft auch die untere Grenze der Zahlungsbereitschaft induziert wird. Durch dieses kontrollierte Experiment können wir also mittels einer Regressionsanalyse feststellen, welchen Einfluss sowohl die induzierte LB als auch die induzierte Zahlungsbereitschaft WTP auf das Gebotsverhalten haben.

Das Experiment wurde in sechs Sitzungen durchgeführt und insgesamt nahmen 112 Teilnehmer daran teil.<sup>1</sup> Die Teilnehmer des Experiments waren größtenteils Studenten (97,3%) und männlich (59,8%).

Insgesamt durften die Teilnehmer auf zehn verschiedene Produkte bieten, so dass wir insgesamt 1120 Gebote erhielten. Für die hier vorliegende Frage benutzen wir allerdings lediglich die Fälle, bei denen den Teilnehmern eine Information über das untere Ende der

---

<sup>1</sup> Die Daten wurden für das Projekt von [HiSp06] erhoben, aber eignen sich perfekt auch für die vorliegende Fragestellung.

Preisschwellenverteilung vorgelegt wurde und somit eine Induzierung der LB vorliegt. Daher reduziert sich die Anzahl der relevanten Fälle auf n=224.

Nach dem Modell aus Kapitel 3.1 erwarten wir sowohl einen deutlichen Einfluss der Zahlungsbereitschaft als auch von LB, während das Modell aus Kapitel 3.2 lediglich einen starken Einfluss von LB voraussagt.

Wir führen eine lineare Regression mit der Gebotshöhe als abhängige Variable und WTP und LB als unabhängige Variable durch.

	<b>B</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>Beta</b>	<b>T</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>(Konstante)</b>	-9,344	5,702		-1,639	0,103
<b>WTP</b>	0,764	0,048	0,808	15,861	0,000
<b>LB</b>	0,188	0,063	0,152	2,982	0,003

Tab. 7: Regressionsanalyse mit der Gebotshöhe als abhängige Variable (n=224)

Das Modell kann mit einem  $R^2$  von 89,9% für Querschnittsdaten als sehr gut bezeichnet werden. Wie aus Tab. 7 schnell deutlich wird, haben sowohl WTP als auch LB einen hoch signifikanten positiven Einfluss auf die Gebotshöhe. Allerdings signalisiert sowohl der B-Wert der Koeffizienten als auch insbesondere der Beta-Wert, dass die Zahlungsbereitschaft WTP einen wesentlich stärkeren Einfluss auf die Gebotshöhe hat als LB.

Diese Ergebnisse stützen die These, dass Käufer sich vorwiegend an der eigenen Zahlungsbereitschaft orientieren und Verhalten wie wir es aus Bargaining-Spielen kennen eher nicht in der Laborsituation beobachtet werden kann. Allerdings ist in der Laborsituation die Preisschwelle tatsächlich eher exogen gegeben als in der wirklichen Marktsituation. Des Weiteren muss einschränkend gesagt werden, dass sich Equilibria in der Regel erst nach mehrfach wiederholtem Spiel einstellen und daher die Wiederholungen im Laborexperiment eventuell nicht ausreichend waren. Von daher kann an dieser Stelle weder die Überlegenheit des einen noch des anderen Modells mit Sicherheit festgestellt werden. Weitere Experimente sind daher notwendig.

Insgesamt bleibt allerdings festzuhalten, dass die Experimententeilnehmer eher sehr vorsichtig geboten haben, da sie sehr nahe an der eigenen Zahlungsbereitschaft geboten haben, um auf jeden Fall zu gewinnen. Diese Beobachtung könnte die Annahme der Risikoneutralität der Käufer angreifen, die beiden Modellen zugrunde liegt. Eventuell sollten daher die



ökonomischen Modelle um Faktoren aus der Verhaltenswissenschaft erweitert werden und somit der Argumentation von [TvKa91] folgen.

## **5 Zusammenfassung und Implikationen**

In dieser Arbeit untersuchen wir, welche Modelle das Verhalten von Käufer in NYOP-Auktionen gut beschreiben. Dazu wird das Verhalten unter unterschiedlichen Annahmen mikroökonomisch modelliert. Je nach Annahme kann unterschiedliches Verhalten erwartet werden. Daher prüfen wir die Modelle empirisch in einem Laborexperiment mit induzierten Zahlungsbereitschaften und induzierten Vermutungen über die Preisschwelle.

Die Ergebnisse sind interessant und deuten darauf hin, dass sich Käufer - zumindest in der Laborsituation - eher an der eigenen Zahlungsbereitschaft orientieren. Diese Erkenntnisse haben erhebliche Konsequenzen für das Market Engineering. Damit stellt NYOP nämlich nicht nur ein Preismechanismus zum gleichzeitigen Abverkauf mehrerer Einheiten dar, sondern scheint besonders gut dazu geeignet, die Konsumentenrente abzuschöpfen. Ferner können Käufer anhand der Gebote auf die Zahlungsbereitschaft der Käufer zurück schließen, da erste Experimente gezeigt haben, dass „bid shading“ in NYOP kein Problem darstellt. Diese Erkenntnisse könnten besonders für die Marktanalyse von Interesse sein und es könnten Entscheidungsstützungssysteme entworfen werden, die anhand der Gebotsanalyse den Markt analysieren und aus den Ergebnissen bessere Designvorschläge ableiten.

Alternativ könnten eingehenden Gebote „on-the-fly“ ausgewertet werden und das System könnte versuchen, Käufer in bestimmte Segmente einzuordnen. Anhand dieser Käufersegmente könnten Verhandlungssysteme versuchen, die Konsumentenrente noch besser abzuschöpfen oder aber die Allokationseffizienz des Marktes zu verbessern. Ob ein solches Verhandlungssystem allerdings auf Akzeptanz auf Käuferseite stößt, bleibt eine offene Forschungsfrage.

Mit Hilfe der normativen Modelle können Märkte adäquat modelliert werden und es können Vorraussagen über die Marktdynamik abgeleitet werden. Marktineffizienzen können durch regulatorische Maßnahmen oder durch die Einführung neuer Anreize beseitigt oder gemindert werden. In dem vorliegenden Fall von NYOP empfehlen wir allerdings eine verhaltenswissenschaftliche Analyse des Gebotsverhaltens, um noch genauere Modelle entwickeln zu können.

Ferner fehlt in der Literatur ein Vergleich interaktiver Preismechanismen (z. B. verschiedene Auktionsformate und elektronischer Verhandlungen) mit NYOP. Dieser Vergleich könnte eine interessante Forschungsfrage für die Zukunft sein, die unter anderem die Einsatzgebiete von NYOP besser ausleuchten könnte.

## Literaturverzeichnis

- [Bako97] Bakos, Y.: The Emerging Role of Electronic Marketplaces on the Internet. In: Communications of the ACM, 41 (1998) 8, S. 35-42.
- [BeHi05] Bernhardt, M.; Hinz, O.: RPXML - Standardisierung von Reverse-Pricing-Mechanismen, In: Ferstl, O. K.; Sinz, E. J.; Eckert, S.; Isselhorst, T. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2005, Heidelberg 2005, S. 309-329.
- [Bern04] Bernhardt, M.: Classification of Design Options in Reverse Pricing Mechanisms. In: Bichler, M.; Holtmann, C.; Kirn, S.; Müller, J. P.; Weinhardt, C. (Hrsg.): Coordination and Agent Technology in Value Networks. GITO: Berlin 2004, S. 29-43.
- [Cher03] Chernev, A.: Reverse Pricing and Online Price Elicitation Strategies in Consumer Choice. In: Journal of Consumer Psychology, 13 (2003) 1/2, S. 51-62.
- [DEHS05] Ding, M.; Eliashberg, J.; Huber, J.; Saini, R.: Emotional Bidders – An Analytical and Experimental Examination of Consumers' Behavior in Reverse Auctions. In: Management Science, 51 (2005) 3, S. 352-364.
- [Fay04] Fay, S.: Partial Repeat Bidding in the Name-Your-Own-Price Channel. In: Marketing Science 23 (2004) 3, S. 407-418.
- [HaTe03] Hann, I.-H.; Terwiesch, C.: Measuring the Frictional Costs of Online Transactions: The Case of a Name-Your-Own-Price Channel. In: Management Science 49 (2003) 11, S. 1563-1579.

- [HiSp06] Hinz, O.; Spann, M.: The Impact of Information Diffusion on Bidding Behavior and Seller Profit in Name-Your-Own-Price Markets, Arbeitspapier, Goethe-Universität Frankfurt.
- [Kris02] Krishna, V.: Auction Theory. Academic Press, San Diego 2002.
- [Pric05] Priceline.com: Reports Financial Results for 4th Quarter and Full-Year 2005, [http://www.corporate-ir.net/ireye/ir\\_site.zhtml?ticker=pcln&script=410&layout=-6&item\\_id=818428](http://www.corporate-ir.net/ireye/ir_site.zhtml?ticker=pcln&script=410&layout=-6&item_id=818428), Abruf am: 24.06.2006.
- [Smit76] Smith, V. L.: Experimental Economics: Induced Value Theory. In: American Economic Review, 66 (1976) 2, S. 274-279.
- [Smit82] Smith, V. L.: Microeconomic Systems as an Experimental Science. In: American Economic Review, 72 (1982) 5, S. 923-955.
- [SpSS04] Spann, M., Skiera, B.; Schäfers, B.: Measuring Individual Frictional Costs and Willingness-to-Pay via Name-Your-Own-Price Mechanisms. In: Journal of Interactive Marketing, 18 (2004) 4, S. 22-36.
- [SpTe06] Spann, M.; Tellis, G. J.: Does the Internet Promote Better Consumer Decisions? The Case of Name-Your-Own-Price Auctions. In: Journal of Marketing, 70 (2006) 1, S. 65-78.
- [Stig61] Stigler, G. J.: The Economics of Information. In: Journal of Political Economy, 69 (1961) 3, S. 213–225.
- [TeSH05] Terwiesch, C.; Savin, S.; Hann, I.-H.: Online Haggling and Price-Discrimination in a Name-Your-Own Price Channel. In: Management Science, 51 (2005) 3, S. 339-351.
- [TvKa91] Tversky, A.; Kahneman, D.: Loss Aversion in Riskless Choice: A Reference-Dependent Model. In: Quarterly Journal of Economics, 4 (1991), S. 1039-1061.
- [WeHN03] Weinhardt, C.; Holtmann, C., Neumann, D.: Market Engineering (Schlagwort). In: Wirtschaftsinformatik, 45 (2003) 6, S. 635-640.



# Design von Reputationssystemen in Online-Auktionen

## Eine vergleichende Marktanalyse

Kai Riemer, Dorothee Korn

European Research Center for Information Systems (ERCIS)

Universität Münster

48149 Münster

{kai.riemer, dorotheekorn}@uni-muenster.de

### Abstract

Ein Reputationssystem stellt Mechanismen zum Vertrauensaufbau zwischen den Transaktionspartnern in Online-Auktionen zur Verfügung. In diesem Beitrag werden die Reputationssysteme der sechs größten Online-Auktionshäuser im deutschen Markt evaluiert; hierzu wurde ein Kriterienkatalog mit Gestaltungsoptionen für Reputationssysteme erarbeitet. Da eBay.de für das eigene Reputationssystem vielfach kritisiert wird, wurde davon ausgegangen, dass die Wettbewerber bestrebt sind, sich in diesem Bereich zu profilieren und vom Marktführer zu differenzieren. Die Ergebnisse deuten jedoch im Gegenteil auf ein dominantes Design mit nur marginalen Abweichungen im Detail hin. Die Gründe hierfür, die Unterschiede zwischen den Reputationssystemen, sowie einige allgemeine Grenzen und Risiken werden diskutiert.

## 1 Motivation und Hintergrund

### 1.1 Online-Auktionen als Form des Distanzhandels

Online-Auktionen haben sich zu einem ernst zu nehmenden Vertriebskanal für den Handel zwischen und mit Konsumenten (C2C/B2C) entwickelt. Sie bieten einen einfachen Marktzugang, zeichnen sich durch eine schnelle Transaktionsabwicklung aus und ermöglichen den Handel unter räumlicher Distanz zwischen weitgehend anonymen Marktparteien [Dell03].

Die Abwicklung der Transaktionen leidet jedoch unter der Asynchronität: Der Auktionsgewinner lässt dem Verkäufer nach Auktionsende das Geld zukommen, ohne die Ware vorher phy-

sisch kontrollieren zu können; erst dann verschickt der Verkäufer die Ware. Online-Auktionshäuser treten dabei lediglich als Betreiber der Plattform auf. Die Handelsparteien (insbesondere die Käufer) tragen alle mit der Transaktion einhergehende Risiken [RZFK00]. Damit trotz der bestehenden Risiken ein Handel zwischen anonymen Parteien entstehen kann, muss zwischen diesen ein Vertrauensverhältnis entstehen. Betreiber von Online-Auktionen nutzen zu diesem Zweck so genannte Reputationssysteme [Dell03].

## **1.2 Zur Rolle von Reputationssysteme für den Vertrauensaufbau**

In herkömmlichen Geschäftsbeziehungen entsteht Vertrauen durch wiederkehrende, persönliche Kontakte. Auf Online-Handelsplattformen treffen jedoch anonyme Käufer und Verkäufer aufeinander, die in der Regel keine wiederkehrenden Transaktionen abwickeln. Ein Reputationssystem fungiert hierbei als Vermittlungsinstanz, indem es das zum Zustandekommen von Geschäftsabschlüssen notwendige Vertrauen begünstigt [RZFK00, Dell00]. Reputationen spiegeln das vergangene Verhalten eines Käufers oder Verkäufers wieder und dienen als Indikator für das zu erwartende zukünftige Verhalten in Interaktionen mit anderen Nutzern („shadow of the future“) [FrRe99a]. Sie entstehen aus der Sammlung von Bewertungen über den Ablauf vergangener Transaktionen und werden als verdichtete Größe im Bewertungsprofil des jeweiligen Nutzers zusammengefasst. Reputationssysteme schaffen eine künstliche Form der Mundpropaganda aus traditionellen Märkten, indem Erfahrungen der Vergangenheit unter allen Nutzern im Sinne eines öffentlichen Gutes geteilt werden [Dell04, Dell01]. Dabei ist die Reputation des Verkäufers sowohl als Maß für dessen Vertrauenswürdigkeit zu sehen [MeAl02, ShTa05], als auch als Servicequalität, die den Preis der Ware beeinflusst [MeAl02, LRBR00].

Werden die Verkäufer durch das Reputationssystem zu einem zuverlässigen Handeln angeleitet, wirkt sich das rückwirkend positiv auf die Reputation der Plattform aus. Diese erhält einen guten Ruf und zieht weitere Nutzer an. Dadurch wiederum steigt die Konkurrenz unter den Verkäufern, so dass diese ebenfalls verstärkt auf ihren guten Ruf achten [Koll99]. Dabei besteht eine positive Korrelation zwischen der bestehenden Reputation und dem Anreiz sich weiterhin eine positive Reputation aufbauen zu wollen [CaHo05].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Reputationssysteme aus Sicht des Betreibers der Gewinnung von Nutzern dienen, die auf der Online-Handelsplattform ihre Geschäfte abwickeln sollen. Dazu reduziert das Reputationssystem die Unsicherheit, indem es Mechanismen bereitstellt, die betrügerisches Verhalten negativ und kooperatives Verhalten positiv markieren. Somit

lenken die Mechanismen das Verhalten der Nutzer und prägen den „Umgangston“ auf der Plattform. Ein Verkäufer mit einer positiven Historie ist zudem an die Handelsplattform gebunden, da er sein Profil nicht auf eine andere Plattform übertragen kann. Dieses stellt somit Wechselkosten dar und erhöht so die Kundenbindung.

### **1.3 Motivation der vorliegenden Studie**

Gerade das Reputationssystem des Marktführers eBay.de wird für eine Reihe von Unzulänglichkeiten kritisiert. So ist es mit vertretbarem Aufwand möglich, eine positive Reputation selbst zu erstellen, z.B. durch den Handel vieler sehr preiswerter Artikel. Darüber hinaus erlaubt das eBay-System, eine so genannte Rachebewertung abzugeben. Bewertet der Käufer den Verkäufer gerechtfertigt negativ, so kann dieser im Gegenzug auch negativ bewerten. Ein solches System erlaubt dem Verkäufer, Druck auf den Käufer auszuüben. Es wird deutlich, dass das Reputationssystem von eBay keineswegs als optimal gelten kann. Es stellt sich daher die Frage, wie die Wettbewerber ihre Reputationssysteme gestalten, d.h. wie sie sich vom Marktführer abheben und welche Schlüsse man für die Verbesserung auf Seiten von eBay hieraus ziehen könnte. Vor diesem Hintergrund präsentiert der vorliegende Beitrag eine im deutschen Markt für Online-Auktionen durchgeführte Vergleichsstudie. Die grundlegende Forschungsfrage lautet: „Wie nutzen die Wettbewerber im Markt für Online-Auktionen ihre Reputationssysteme um sich vom Marktführer eBay zu differenzieren?“ Hinter der Frage steht die Annahme, dass Wettbewerber ein Interesse daran haben, ihre Reputationssysteme zu nutzen, potenziellen Kunden und wechselwilligen Nutzern ein vertrauenswürdiges Handelsumfeld zu bieten. Um dieser Frage nachzugehen, wurden zunächst typische Gestaltungsoptionen von Reputationssystemen herausgearbeitet. Basierend auf einem Katalog von Fragen wurde dann eine Evaluation der Systeme von eBay sowie der fünf größten Wettbewerber im deutschen Markt vorgenommen.

## **2 Anforderungen an die Gestaltung von Reputationssystemen**

### **2.1 Übersicht über den Reputationsprozess**

Ein Reputationssystem muss sich mehreren Herausforderungen stellen. Es soll ein faires Bewerten seitens der Käufer sicherstellen und gleichzeitig die Verkäufer zu einem Einhalten der ange-

prieseenen Qualität anhalten [Dell00]. Den Käufer interessieren aussagekräftige Informationen, die ein Identifizieren von vertrauenswürdigen Verkäufern erlauben [ReRe01]. In Anlehnung an Resnick et al. lassen sich zwei Phasen im Reputationsprozess auf Online-Handelsplattformen unterscheiden. In der ersten Phase wird das Feedback ermittelt, es erfolgt mithin die Bewertung durch die Nutzer. In der zweiten Phase wird das Feedback zu allen vergangenen Transaktionen eines Nutzers verdichtet und einem Interessenten aufbereitet als Bewertungsprofil präsentiert; es steht also die Nutzung der Reputation für die Kaufentscheidung im Vordergrund. Zu beiden Phasen ergeben sich nun unterschiedliche Optionen für das Design eines Reputationssystems. Die im Weiteren genannten Aspekte bilden die Grundlage für die Evaluation der Reputationsysteme der sechs ausgewählten Betreiber.

## 2.2 Gestaltung der Feedback-Ermittlung

Nach Ende einer Transaktion gilt es, die Benutzer zur Abgabe einer ehrlichen Bewertung zu animieren. Plattformbetreiber haben etliche Freiheitsgrade bei der Gestaltung der Feedback-Vergabe in der Bewertungsphase. Folgende Aspekte sollten hierbei berücksichtigt werden:

- Wer ist zur Abgabe einer Bewertung berechtigt [Koll99]? Bei einer bidirektionalen Kommunikation haben beide Parteien die Möglichkeit, den Ablauf der Transaktion zu beurteilen, dabei kann es jedoch zum Problem der Rachebewertung kommen.
- Liefert das Bewertungssystem Anreize zur Abgabe einer Bewertung [ReZe01]? Hier gilt es das Problem des „free-riding“ zu vermeiden, bei dem Nutzer zwar von positiven Bewertungen anderer Nutzer profitieren, selbst aber nicht bewerten. Was tut der Plattform-Anbieter um das Pflichtbewusstsein der Nutzer zu stärken und die Wichtigkeit der Bewertungsabgabe zu verdeutlichen?
- Ist die Bewertung verpflichtend, d.h. drohen andernfalls Sanktionen?
- Wie ist die Bewertung strukturiert [Koll99], d.h. auf welche Weise wird bewertet, durch Auswählen eines Urteiles aus einer Liste, Vergabe von Punktwerten, Kommentare etc.?
- Daran schließt sich die Frage an, wie ein einzelnes Urteil in das Profil des Bewerteten einfließt, werden Prozentwerte, Punktwerte etc. errechnet?
- Kann eine abgegebene Bewertung modifiziert werden oder ist das Urteil endgültig [Koll99]? Bietet der Anbieter die Möglichkeit im Konfliktfall Bewertungen zu löschen?



- Besteht die Möglichkeit auf eine erfolgte Bewertung eine Stellungnahme abzugeben? Dies kann hilfreich sein, um einen Disput offen und für Dritte sichtbar zu dokumentieren und es einem potenziellen Käufer zu überlassen, sich selbst ein Urteil zu bilden.
- Wie wird die Abgabe ehrlicher Bewertungen durch den Plattformbetreiber gefördert [ReZe01, Dell03]?
- Besteht die Möglichkeit für den Bewerteten (einzelne) Bewertungen auszublenden? Hier besteht die Gefahr, das System zu unterlaufen, wenn unerwünschte Bewertungen versteckt werden können.

### 2.3 Gestaltung der Bewertungsnutzung

Der Gestaltung der Feedbacknutzung kommt entscheidende Bedeutung zu, da der Nutzen eines Reputationssystems erst aus Sicht eines potenziellen Käufers deutlich wird. Hier geht es also insbesondere um eine übersichtliche und an den Bedürfnissen des Käufers orientierte Präsentation des Bewertungsprofils eines Verkäufers. Im Einzelnen stellen sich die folgenden Fragen:

- Wie werden das Bewertungsprofil und die Bewertungsanzahl visualisiert? Wird dem Käufer ermöglicht, die Reputation des Verkäufers auf der Auktionsseite unmittelbar abzuschätzen?
- (Wie) Kann der Nutzer weitere Informationen zur Reputation des Verkäufers erlangen?
- Wie wird die Bewertungs-Historie des Nutzers dargestellt [Koll99]? Das bloße Anzeigen eines Wertes als Differenz aller positiven und negativen Bewertungen vernachlässigt die Feinheiten einer Online-Transaktion. Deshalb ist es wichtig, ausführlichere Informationen zur Bewertungshistorie zu bekommen.
- Wichtig in diesem Zusammenhang ist außerdem, ob es einen Filter gibt, anhand derer der Käufer im ausführlichen Profil des Verkäufers gezielt suchen oder die Übersicht ändern kann. Kann man sich gezielt nur die negativen Bewertungen anzeigen lassen?
- Zur Vervollständigung des Reputationsprofils kann es sinnvoll sein, weitere Daten anzuzeigen, wie z.B. seit wann ein Nutzer registriert oder ob er gewerblich tätig ist.

- Darüber hinaus kann der Plattform-Anbieter den Nutzern die Möglichkeit geben, sich bei der Registrierung einer Identifikation zu unterziehen, um so ihre Existenz zu bestätigen und das Problem der Anonymität abzuschwächen.
- Zu guter letzt stellt sich die Frage, ob das Bewertungsprofil eines Nutzer immer neben dem Namen angezeigt wird, oder nur wenn der Nutzer als Verkäufer tätig ist [ReZe01].

## 2.4 Weitere anbieterbezogene Kriterien

Neben den Gestaltungsoptionen, die sich direkt auf die Phasen des Reputationsprozesses beziehen, können einige weitere Kriterien zur Charakterisierung eines Reputationssystems identifiziert werden:

- Ist das System eher positiv ausgerichtet oder negativ [Koll99]? Werden z.B. die nicht-vertrauenswürdigen oder die vertrauenswürdigen Verkäufer herausgestellt?
- Wie kommuniziert der Betreiber sein Bewertungssystem? Wo gibt es Informationen und wie ausführlich dokumentiert der Betreiber den Umgang mit Bewertungen?
- Welche sonstigen Besonderheiten bietet das Reputationssystem?

## 3 Reputationssysteme ausgewählter Online-Auktionsplattformen

Basierend auf den obigen Kriterien wurden die Reputationssysteme der Online-Auktionshäuser eBay.de, Hood.de, Auxion.de, BesteAuktion.de, Ricardo.ch und Azubo.de analysiert<sup>1</sup>. Eine tabellarische Übersicht dieser Evaluation findet sich im Anhang; hier werden die einzelnen Reputationssysteme kurz beschrieben. Dabei wird auf eBay ausführlicher eingegangen, während für die Wettbewerber lediglich Besonderheiten und Abweichungen herausgestellt werden.

### 3.1 eBay.de

Verkäufer stellen bei eBay ihre Ware als Auktionen ein; dabei erhält der Höchstbietende nach Ablauf der Auktionszeit den Zuschlag. Bevor ein Kunde auf der eBay-Plattform als Käufer oder

---

<sup>1</sup> Diese sind laut [www.auktionssuche.de](http://www.auktionssuche.de) [Stand Mai 2006] die sechs größten Anbieter. Dabei ist eBay mit über 15.000.000 Auktionen deutlich Marktführer vor dem zweitgrößten Anbieter Hood.de mit ca. 900.000 Auktionen.

Verkäufer tätig werden darf, muss sich dieser mit seinem Namen und seinen Kontaktinformationen registrieren. Dabei prüft eBay aber lediglich die Gültigkeit der E-Mail-Adresse. Zwar ist es möglich, seine Identität über das PostIdent-Verfahren der Deutschen Post AG offiziell bestätigen zu lassen, hiervon machen jedoch nur wenige Nutzer Gebrauch.

Nach Abschluss einer Transaktion haben beide Auktionspartner 90 Tage Zeit sich gegenseitig zu bewerten, jedoch sind sie hierzu nicht verpflichtet. Jede Bewertung besteht aus einer Kommentarzeile als Freitext zuzüglich einer Einstufung in die Kategorien „positiv“ (+1), „neutral“ (0) oder „negativ“ (-1). Das Bewertungsprofil eines Verkäufers wird immer bei seinen Auktionen angezeigt und ist für jeden Nutzer leicht zu erkennen. Es wird jedoch immer erst auf der eigentlichen Auktionsseite angezeigt, eine Nutzung als Auswahlkriterium in der Suchliste ist nicht möglich. eBay stellt folgende verdichtete Daten in einem Kurzprofil zur Verfügung:

1. Die Differenz aus der Anzahl positiver und negativer Bewertungen als Gesamtzahl hinter dem Nutzernamen, sowie einen farbigen Stern entsprechend der Einstufung in eine Kategorie zur Anzahl der aktuellen Bewertungen. Bei der Berechnung der Gesamtzahl zählen nur Bewertungen unterschiedlicher Mitglieder.
2. Den prozentualen Anteil positiver an den insgesamt erhaltenen Bewertungen.
3. Das Datum, an dem sich der Verkäufer bei eBay registriert hat und ob er privat oder gewerblich handelt, sowie
4. Links zu einer ausführlichen Seite mit Bewertungskommentaren und ggf. zu einer persönlichen Seite oder einem Online-Shop des Verkäufers.

Die vollständige Bewertungshistorie vergangener Bewertungen findet sich also auf einer gesonderten Seite. Hier gliedert eBay die Bewertungen in einer Tabelle nach positiven, neutralen und negativen Bewertungen, ebenso nach Wochen, Monaten und Sechs-Monats-Perioden. Eine Liste der neuesten Bewertungen enthält ausführliche Informationen wie das Urteil, den Bewertungskommentar, das Kurzprofil des Bewertenden und ob es sich um einen Käufer oder Verkäufer handelte, den Zeitpunkt, sowie einen Link zur zugehörigen Transaktion (dieser ist 90 Tage lang aktiv). Die Filterung dieser Bewertungen kann der Nutzer nach Zeiträumen, sowie nach den Kategorien „Von Käufern“ und „Von Verkäufern“ vornehmen. Eine Filterung nach neutralen und negativen Bewertungen versteckt eBay jedoch auf Unterseiten, die man erst erreicht, indem man zuerst nach einem Zeitraum filtert.

Einmal abgegebene Bewertungen können nicht gelöscht werden; sie werden von eBay nur im gegenseitigen Einverständnis nach Durchlaufen eines formularbasierten Prozesses entfernt. Be-

wertungen können jedoch mit einer Textzeile kommentiert werden. Zudem erlaubt es eBay dem Nutzer, seine bisher erhaltenen Bewertungen vor anderen Nutzern zu verstecken. Eine solche Entscheidung bezieht sich aber immer auf alle Bewertungen.

Bezüglich der Kommunikation weist eBay sehr intensiv auf das eigene Bewertungssystem hin: In den Hilfeseiten gibt es ausführliche Informationen zur Rolle und zum Verhalten bei der Bewertung. Auch wird der Nutzer nach Abschluss einer Transaktion daran erinnert, die Bewertung nicht zu vergessen. Dabei ist die Philosophie des Reputationssystems von eBay grundlegend positiv; will der Nutzer eine negative oder neutrale Bewertung abgeben, so erfolgt eine Sicherheitsabfrage und er wird darauf hingewiesen, zunächst eine Einigung mit dem Transaktionspartner zu suchen. eBay ist also sehr daran interessiert, den Nutzer zum Verzicht auf eine negative Bewertung zu bewegen.

### **3.2 Hood.de**

Das Reputationssystem von Hood.de weist eine große Ähnlichkeit zu dem von eBay genutzten auf. Wie auf eBay.de bewerten sich die Handelspartner nach einer abgeschlossenen Transaktion gegenseitig durch eine Bewertung „positiv“, „neutral“ oder „negativ“ und einem zusätzlichen Kommentar. Ebenso wird die Gesamtanzahl der bislang erhaltenen Bewertungen numerisch als auch durch Stern-Symbole ausgewiesen. Im Unterschied zu eBay berechnet sich der Wert aber aus allen erhaltenen Bewertungen, sodass sich ein Nutzer selber einen Überblick verschaffen muss, von wie vielen unterschiedlichen Nutzern der Nutzer Bewertungen erhalten hat. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass der Nutzer die Bewertungen auf der ausführlichen Profilleite nicht geeignet filtern kann. Zudem ist Hood.de sehr sparsam bei der Kommunikation des eigenen Bewertungssystems; hier geht eBay deutlich intensiver auf Verhaltensregeln ein.

### **3.3 Auxion.de**

Das Reputationssystem von Auxion.de ähnelt von der Grundstruktur her sehr stark dem von eBay: Käufer und Verkäufer bewerten sich gegenseitig durch ein Gesamturteil („positiv“, „neutral“ oder „negativ“) und einen Kommentar. Bewertungen werden dabei nicht zu einem Zahlenwert verdichtet, sondern einzeln hinter dem Nutzernamen ausgewiesen; ein Symbol wird nicht angezeigt. Das Profil wird nur angezeigt, wenn der Nutzer als Verkäufer aktiv ist. Daher ist die Reputation eines Bewertenden bei den Kommentaren auf der ausführlichen Profilleite

nicht ersichtlich. Allerdings kann der Nutzer im Gegensatz zu eBay hier sehr leicht nach neutralen und negativen Bewertungen filtern. Auch bei Auxion.de sind die Nutzer nicht zur Bewertung verpflichtet, jedoch verfällt die Bewertung nicht, vielmehr wird durch das System nach Ablauf einer Zeitspanne automatisch ein positives Urteil vergeben. Nutzer können sich bei Auxion.de anhand einer Kopie des Ausweises identifizieren lassen; dies wird durch Anzeige eines Symbols im Profil gekennzeichnet. Die Aufklärung hinsichtlich des Bewertungssystems von Auxion.de ist nicht umfassend und fällt im Vergleich zu den anderen Betreibern dürftig aus.

### **3.4 BesteAuktion.de**

BesteAuktion.de unterscheidet sich von eBay lediglich in Details, dabei fällt das Reputationssystem eher durch das Fehlen von aus eBay bekannten Funktionen auf. Eine Bewertung besteht wieder aus „positiv“, „neutral“ oder „negativ“ zuzüglich eines Kommentars. Diese werden einzeln ausgewiesen; dabei zählen alle Bewertungen, nicht nur die unterschiedlicher Mitglieder. Bei BesteAuktion.de wird im Unterschied zu anderen Auktionshäusern dem Nutzer als Anreiz zur Abgabe einer Bewertung ein positiver Viertelpunkt geboten. Im ausführlichen Bewertungsprofil lassen sich die Bewertungen nach „neutral“ und „negativ“, sowie nach der Aktualität filtern. Es fehlt jedoch ein Link zur Transaktion, auch ist nicht ersichtlich, ob die Bewertung von einem Käufer oder Verkäufer stammt. Die Kommunikation bei BesteAuktion.de fällt ebenfalls sehr dürftig aus. Allerdings verlangt der Betreiber bei der Registrierung eine gültige Telefonnummer zur Übermittlung einer Aktivierungs-PIN.

### **3.5 Ricardo.ch**

Die Registrierung bei Ricardo.ch setzt zwingend eine gültige Postadresse voraus, an die ein Aktivierungscode versendet wird. Ricardo.ch bietet die Möglichkeit der Bewertung mit Hilfe eines Assistenten. Für jede positive Bewertung gibt es einen Punkt (+1), für jede negative einen Punktabzug (-1). Auch hier ist die Darstellung des Bewertungsprofils sehr ähnlich der bei eBay: Es wird ein Prozentwert positiver Bewertungen errechnet und mit einem Symbol angezeigt. Auf der ausführlichen Profildseite ist eine Filterung nach negativen Bewertungen möglich, nicht jedoch nach Zeitraum; auch fehlen Links zu den zugehörigen Transaktionen. Wie eBay versucht Ricardo.ch die Nutzer zum Dialog statt zu negativen Bewertungen zu bewegen; in der Kommunikation ist Ricardo.ch recht aktiv, es finden sich viele Informationen zum Bewertungssystem.

### **3.6 Azubo.de**

Azubo.de unterscheidet sich von den anderen Plattformen durch eine besondere Form der Bewertungsabgabe: Mit Hilfe von drei Fragen wird die Zufriedenheit der Handelspartner ermittelt. So beurteilt der Käufer, ob der Zustand der Ware wie beschrieben war, die Lieferung in einer angemessenen Zeit erfolgte und wie seine allgemeine Zufriedenheit war. Der Verkäufer bewertet die Zahlungsmoral und Kontaktfreudigkeit des Käufers und seine allgemeine Zufriedenheit mit der Transaktion. Die Antworten auf die Fragen haben dabei die Gewichtung „gut-mittel-schlecht“. Darauf aufbauend wird jedoch wieder eine entsprechende Gesamtbewertung der Kategorien „positiv“, „neutral“ und „negativ“ generiert, sowie eine Bewertungszahl und ein Prozentwert. Auf der ausführlichen Bewertungsseite visualisiert ein Balkendiagramm das Verhältnis der positiven, neutralen und negativen Bewertungen untereinander. Eine weitergehende Filterung der Bewertungen ist dagegen nicht möglich. Eine Identifikation des Kunden ist mittels einer Kleinstüberweisung auf sein Girokonto optional möglich.

## **4 Diskussion der Ergebnisse**

### **4.1 Dominantes Design bei den untersuchten Reputationssysteme**

Die Eingangsvermutung dieser Studie, nach der die Wettbewerber von eBay daran interessiert sein sollten, sich im Bereich der Reputationssysteme zu differenzieren, um den von eBay.de bekannten Problemen zu begegnen und sich einen Vorsprung zu schaffen, kann nach der Evaluation der sechs Plattformen nicht bestätigt werden. Es stellt sich im Gegenteil heraus, dass die Bewertungssysteme sehr starke Übereinstimmungen in nahezu allen Bereichen der Gestaltung aufweisen. Es besteht große Übereinstimmung zwischen den Anbietern hinsichtlich der Erhebung der Profile, sowie insbesondere auch bei der Aufbereitung Profile. Dies wird auch bei der visuellen Präsentation deutlich, sowohl der Kurzprofile auf der Auktionsseite, als auch bei der Aufteilung der ausführlichen Bewertungsseite. Abbildung 1 zeigt die als Beispiel die Screenshots aller Kurzprofile bei den sechs Plattformen. Es wird deutlich, dass die Darstellung der Wettbewerber eng an die von eBay angelehnt ist, auch wenn natürlich die Zahlenwerte und Symbole variieren und oftmals einige Informationen weniger angezeigt werden.

Die Abweichungen zwischen den Plattformen beschränken sich lediglich auf Details und bestehen meist darin, dass die fünf Wettbewerber bei der Umsetzung einiger Funktionen hinter den Marktführer zurückfallen. Nur wenige Funktionen lassen dagegen eine eigenständige Entwicklung der Reputationssysteme von Seiten der Wettbewerber erkennen. Vielmehr kann hier bereits von einem dominanten Design für Reputationssysteme in B2C-Online-Auktionen gesprochen werden.

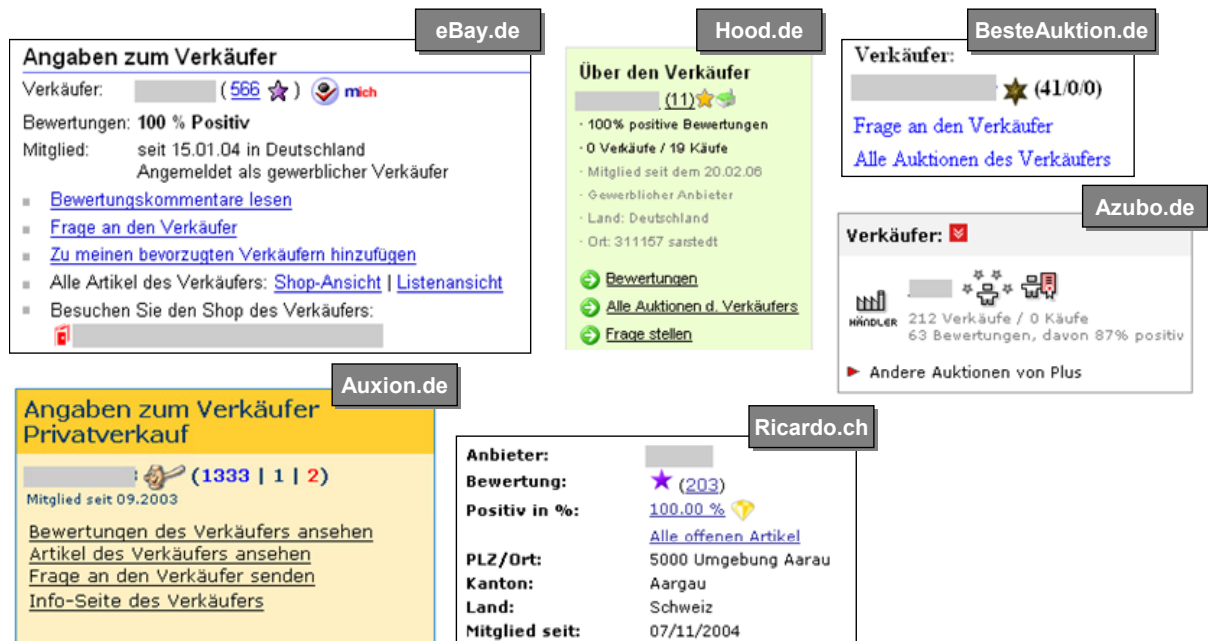


Abbildung 1: Screenshots der Kurzprofile bei allen sechs Plattformen

Ein dominantes Design bei einem Produkt oder einem Service existiert dann, wenn es sich im Markt so durchsetzt, dass es die Wettbewerber im Markt zur Vereinheitlichung und Imitation zwingt [Aber78] bzw. wenn Neueinsteiger in den Markt sich gezwungen sehen, das Design übernehmen zu müssen [Utte94]. Hat sich ein dominantes Design gebildet, finden Variationen nur noch in engen Grenzen statt [Voß04]. Dominante Designs können z.B. durch Nachahmungseffekte auftreten; dies ist meist dann der Fall, wenn es in einem Markt einen dominanten Spieler gibt, der den Markt beherrscht [Voß04]. Dies ist im Markt der Online-Auktionen gegeben<sup>2</sup>; das Internet macht zudem durch seine Transparenz und Offenheit das Imitieren von Frontend-Funktionen wie dem Bewertungssystem denkbar einfach.

Gründe für die Imitation des Reputationssystems durch die Wettbewerber können einerseits im Reduzieren der Unsicherheit liegen; der Betreiber muss nicht mit neuen Mechanismen experimentieren, wenn der dominante Spieler das Funktionieren bereits erfolgreich demonstriert. An-

<sup>2</sup> Die Anwendbarkeit des Konstrukts auf die E-Commerce-Domäne wurde von Voß gezeigt [Voß04].

dererseits besteht durch die Dominanz von eBay vermutlich bereits ein konditionierender Effekt auf Seiten der Kunden, d.h. die Bedienung und Interpretation eines Bewertungssystems wurde bereits vom Kunden am Beispiel von eBay gelernt. Weicht der Wettbewerber signifikant im Design ab, riskiert er, nicht anschlussfähig zu sein und so keine Kunden vom Marktführer abwerben zu können. Die bestehenden Abweichungen zwischen den Systemen sind denn auch, der Theorie des dominanten Designs folgend, eher marginal und in den Grenzen eines weitgehend einheitlich interpretierten Systemansatzes zu finden.

#### **4.2 Unterschiede zwischen den Plattformen im Detail**

Tabelle 1 macht deutlich, dass eBay in einigen wichtigen Details einen Schritt weiter geht als die Wettbewerber, was als typisches Merkmal eines Marktführers gelten kann. Erst die Kombination von Informationen über den Verkäufer und seine Aktivitäten versetzt den Käufer in die Lage, sich ein umfassendes Bild zu verschaffen und unliebsamen Überraschungen im Rahmen des in dieser Form von Distanz-Handel möglichen aus dem Weg zu gehen. Zu diesen Informationen gehören insbesondere die um mehrfache Einträge der gleichen Handelspartner bereinigte Gesamtzahl positiver Bewertungen, Informationen zu den Produkten und der Wertigkeit der Transaktionen, die eine Bewertung ausgelöst haben, sowie besonders die Profile der Bewerter, um auf diese Weise das künstliche Aufbauen von Profilen besser erkennen zu können. Hier und insbesondere bei Art und Umfang der Kommunikation zum Bewertungssystem zeigt sich bei den Wettbewerbern noch Nachholbedarf.

Neben diesen Unterschieden lassen sich aber auch bei den Wettbewerbern einige gute Ideen finden, die das von eBay gebotene Reputationssystem in wichtigen Details verbessern könnten (siehe Tabelle 2). Dabei ist insbesondere das gezielte Filtern nach negativen Bewertungen zu nennen, das eBay unverständlicherweise tief in der Navigation versteckt, sowie der Zwang zur Identifikation mittels Postadresse, Telefonnummer oder auch Ausweiskopie. Auch das von A-zubo.de gebotene differenzierte Bewertungsurteil könnte dazu beitragen unliebsame Verkäuferpraktiken aufzudecken, die einen Käufer bei einem einfachen Kategoriensystem aber nicht zu einer schlechten Bewertung veranlassen würden.



<b>Mechanismus/Maßnahme</b>	<b>Bemerkung</b>
Bewertungen werden nur von unterschiedlichen Nutzern gezählt	Dies ist eine wichtige Voraussetzung, dem Problem der Freundschaftsbewertungen zum künstlichen Aufbau von Profilen zu begegnen. Für Wettbewerber mit nur wenigen Nutzern in einzelnen Produktgruppen der Plattform besteht jedoch das Problem, dass sich Profile dann deutlich langsamer aufbauen und das Erreichen der kritischen Masse verzögern können.
Transaktion mit Art und Wertigkeit des Produkts ist bei der Bewertungshistorie zugänglich/ersichtlich	Die Wertigkeit und die Art des Produkts gibt wesentlichen Aufschluss über die Aktivitäten des Verkäufers: Wurden viele niedrigpreisige Artikel gekauft/verkauft, um das Profil aufzubauen? Hat der Verkäufer bisher mit ganz anderen Artikeln gehandelt? Dies kann ein Hinweis auf eine geklaute Identität oder unlautere Absichten des Verkäufers sein.
Profil des Bewertenden ist bei der Bewertungshistorie zugänglich/ersichtlich	Auf diese Weise kann erkannt werden, wenn ein Nutzer sehr viele Bewertungen von Neu-Nutzer bekommt, die nur angelegt wurden, um das Profil künstlich zu erhöhen. Zudem kann der Käufer in den Profilen negativ Bewertender ersehen, ob der Verkäufer Rachebewertungen vergibt.
Anzahl zurückgezogener Gebote	Wie verhält sich der Verkäufer als Käufer? Auch dies kann einen Hinweis auf die Persönlichkeit des Verkäufers geben.
Ausführliche Verhaltensregeln zum Bewertungssystem vorhanden	Die Aufklärung der Nutzer ist eine wesentliche Voraussetzung zur Vermeidung von Betrugsfällen; hier sieht sich eBay als Marktführer vermutlich mit den meisten Problem konfrontiert und ist deshalb hier sehr aktiv.

Tabelle 1: Maßnahmen, die eBay den meisten Wettbewerbern voraus hat

<b>Mechanismus/Maßnahme</b>	<b>Bemerkung</b>
Pflicht-Identifikation per Post, Telefon oder Girokonto	Eine sichere Identifikation der Nutzer hilft Mehrfachidentitäten zu unterbinden und unehrliche Nutzer dauerhaft von der Plattform auszuschließen. Allerdings ist das für einen Marktführer wie eBay mit erheblichen Kosten verbunden und könnte kurzfristig wachstumshemmend wirken.
Möglichkeit einfach und schnell nach negativen Bewertungen zu filtern	Dies ist eine Voraussetzung, sich ein umfassendes Bild vom Verkäufer zu machen. Dies in Verbindung mit dem Zugang zum Profil des Bewertenden hilft Rachebewertungen aufzudecken.
Differenzierung des Bewertungsurteils in mehreren Dimensionen (siehe Azubo.de)	Eine Differenzierung nach dem Verhalten des Verkäufers (Kommunikation und Versand), sowie der Produktqualität erlaubt eine bessere Abschätzung des Verkäufers. Es erlaubt zudem die Vergabe kritischer Urteile ohne gleich ein komplett negatives Urteil abzugeben, was viele Nutzer vermeiden wollen.
Anreize zur (schnellen) Abgabe von Bewertungen	Da sich Nutzer mit Bewertung Zeit lassen, kann ein Fehlverhalten lange Zeit unentdeckt bleiben.
Keine Zeitbeschränkung für das Abgeben von Bewertungen	Die künstliche Zeitbeschränkung führt zu Taktiken wie das Warten bis zur letzten Sekunde, um dann negativ zu bewerten ohne ein Rachebewertung fürchten zu müssen.

Tabelle 2: Maßnahmen von (einzelnen) Wettbewerbern, die über die Funktionen von eBay hinausgehen

### 4.3 Grenzen und Risiken der bestehenden Reputationssysteme

Das Design der untersuchten Reputationssysteme weist gemeinsame Grenzen und Risiken auf, von denen einige bereits oben am Beispiel von eBay erwähnt wurden. Eine abschließende Auflistung aller Probleme kann im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden, so dass hier nur einige typische Probleme diskutiert werden.

Die Möglichkeit der Mehrfachidentitäten durch Lücken im Anmeldeprozess wird häufig als Schwäche von eBay genannt [FrRe99], sie trifft aber genauso für die meisten der Plattformen zu, auch wenn diese bei der Identifikation der Nutzer teils einen Schritt weiter gehen. Des Weiteren können sich Mitglieder ein positives Profil erstellen, indem sie sich gegenseitig gute Bewertungen zuschanzen [Dell00, BhGo05]. Daher zählt eBay lediglich solche Bewertungen, die von unterschiedlichen Nutzern abgegeben wurden; dies erhöht zumindest die Kosten eines solchen Vorgehens. Ein weiteres Problem ist, dass das Bewertungsprofil eines Verkäufers unter Umständen seine aktuelle Servicequalität nicht widerspiegelt. Aufgrund vieler paralleler Transaktionen sind nicht zu jeder Zeit alle Bewertungen immer auch berücksichtigt – viele Nutzer lassen sich mit der Abgabe der Bewertung einige Wochen Zeit. Die von den Betreibern geforderte Klärung von Unstimmigkeiten verzögert zudem eventuelle negative Bewertungen, so dass der Verzögerungseffekt für Käufer unangenehme Folgen haben kann.

Ein weiteres Problem der Systeme liegt in der Möglichkeit des Rufmords oder der ungerechtfertigten Rachebewertung. Die Betreiber erlauben zwar das Abgeben einer Stellungnahme, eine Löschung von Bewertungen ist jedoch nur in Ausnahmefällen und nur nach einer langwierigen Prozedur möglich; bei eBay nur nach gegenseitigem Einverständnis der Parteien. So bleibt die Gefahr, dass Käufer unter Druck gesetzt oder Verkäufer von unliebsamen Wettbewerbern in ihrem Ruf geschädigt werden [Dell00]. Dies könnte verhindert werden, wenn z.B. die Urteile der jeweils anderen Partei erst nach Abgabe der eigenen Bewertung gezählt würden.

## 5 Fazit

Die Ergebnisse der Studie deuten auf ein dominantes Design bei der Gestaltung von Reputationssystemen hin, das darüber hinaus von eBay bestimmt wird. Nicht nur, dass sich die Wettbewerber nicht entscheidend von eBay abheben können, sie bleiben bei wichtigen Zusatzfunktionen hinter eBay zurück, so dass sich hier die Marktführerschaft nicht nur an Umsatzgrößen und Transaktionsvolumina festmacht, sondern auch durch einen Führungsanspruch bei der Gestal-

tung wichtiger Teilbereiche der Plattform untermauert wird. Die Tatsache, dass der Markt auf eBay.de funktioniert, zeigt, dass die Mehrheit der Nutzer Vertrauen in das System und in eBay als Betreiber haben [RZFK00, ReZe01]. Das Bewertungssystem von eBay erfüllt seine Aufgabe, obwohl es nicht optimal ist. Es vermittelt den Nutzern das Gefühl, dass die Plattform ein zuverlässiger Vermittler zwischen Käufern und Verkäufern ist. Dennoch hat das Online-Reputationssystem seine Grenzen, da es die Vertrauensmechanismen aus dem traditionellen Markt nicht vollständig zu kopieren vermag [BoKO04]. Hier bleibt einiges an Raum für die zukünftige Forschung zu Reputationssystemen; Cabral und Hortacsu bewerten das Reputationssystem von eBay denn auch verhalten positiv: „Obviously, the fact the reputation system has bite does not imply that it’s current structure is optimal. In fact, we believe an exciting area for future research is precisely the design of an efficient reputation mechanism.“ [CaHo05]

## Literaturverzeichnis

- [Aber78] Abernathy, William J.: The Productivity Dilemma. Baltimore, 1978.
- [BhGo05] Bhattacharjee, Rajat; Goel, Ashish: Avoiding Ballot Stuffing in eBay-like Reputation Systems. <http://www.stanford.edu/~ashishg/papers/ebay.pdf>, Abruf 2006-06-07.
- [BoKO04] Bolton, Gary E.; Katok, Elena; Ockenfels, Axel: How Effective Are Electronic Reputation Mechanisms? An Experimental Investigation. In: Management Science 50 (2004) 11, S. 1587-1602.
- [CaHo05] Cabral, Luis; Hortacsu, Ali: The Dynamics of Seller Reputation: Evidence from eBay. <http://www.colorado.edu/Economics/seminars/cabral.pdf>, Abruf am 2006-06-29.
- [Dell00] Dellarocas, Chrysanthos: Immunizing Online Reputation Systems Against Unfair Ratings and Discriminatory Behavior. <http://ccs.mit.edu/dell/ec00reputation.pdf>, 2000- 10-17, Abruf am 2006-06-06.
- [Dell03] Dellarocas, Chrysanthos: The Digitization of Word-of-Mouth: Promise and Challenges of Online Feedback Mechanisms. In: Management Science 49 (2003) 10, S. 1407-1424.

- [Dell04] Dellarocas, Chrysanthos: Building Trust Online: The Design of Robust Reputation Reporting Mechanisms for Online Trading Communities. <http://ccs.mit.edu/dell/papers/ideabook.pdf>, Abruf am 2006-06-07.
- [FrRe99] Friedman, Eric J.; Resnick, Paul: The Social Cost of Cheap Pseudonyms. <http://www.si.umich.edu/~presnick/papers/identifiers/081199.pdf>, 1999-08-11, Abruf am 2006-06-06.
- [Koll99] Kollock, Peter: The Production of Trust in Online Markets. [http://www.sscnet.ucla.edu/soc/faculty/kollock/papers/online\\_trust.htm](http://www.sscnet.ucla.edu/soc/faculty/kollock/papers/online_trust.htm), Abruf am 2006-06-07.
- [LRBR00] Lucking-Reily, David; Bryan, Doug; Reeves, Daniel: Pennies from eBay: The Determinants of Price in Online Auctions. <http://www.econometricsociety.org/meetings/wc00/pdf/1736.pdf>, Abruf am 2006-06-06.
- [MeAl02] Melnik, Mikhail I.; Alm, James: Does a Seller's Ecommerce Reputation Matter? Evidence from eBay Auctions. In: *The Journal of Industrial Economics* 3 (2002), S. 337-349.
- [RZFK00] Resnick, Paul; Zeckhauser, Richard; Friedman, Eric; Kuwabara, Ko: Reputation Systems. In: *Communications of the ACM* 43 (2000) 12, S. 45-48.
- [ReZe01] Resnick, Paul; Zeckhauser, Richard: Trust Among Strangers in Internet Transactions: Empirical Analysis of eBay's Reputation System. <http://www.si.umich.edu/~presnick/papers/ebayNBER/RZNBERBodegaBay.pdf>, 2001-05-02, Abruf am 2006-06-06.
- [ShTa05] Shmatikov, Vitaly; Talcott, Carolyn: Reputation-based trust management. In: *Journal of Computer Security* 13 (2005), S. 167-190.
- [Utter94] Utterback, James M.: *Mastering the Dynamics of Innovation*, Boston, 1994.
- [Voß04] Voß, Andreas: *Dominantes Design im Electronic Commerce – Analysen und Befunde bei Tourismus-Web Sites*, Lohmar, 2004.

# Anhang

	eBay.de	hood.de	auxion.de	BesteAuktion	ricardo.ch	azubo.de	
Bewertungsphase	Wer ist zur Abgabe berechtigt?	Käufer und Verkäufer	Käufer und Verkäufer	Käufer und Verkäufer	Käufer und Verkäufer	Käufer und Verkäufer	
	Anreiz / Entschädigung zur Abgabe einer Bewertung	nein	nein	nein	ja, für die Abgabe erhält der Nutzer einen Viertel-Punkt	nein	nein
	Ist die Bewertung verpflichtend	nein	nein	bewertet, erhält der Verkäufer automatisch eine positive Bewertung nach einer	nein	nein	nein
	Zusammensetzung der Bewertung	Drei Kategorien: positiv/neutral/negativ plus Kurzkommentar	Drei Kategorien: positiv/neutral/negativ plus Kurzkommentar	Drei Kategorien: positiv/neutral/negativ plus Kurzkommentar	Drei Kategorien: positiv/neutral/negativ plus Kurzkommentar	Drei Kategorien: positiv/neutral/negativ plus Kurzkommentar	Beantwortung von drei Fragen zum Verhalten des Verkäufers (Antworten gut/mittel/schlecht)
	Wie geht die Bewertung ins Profil ein?	Im Punktwert (Zahl) werden nur Bewertungen unterschiedlicher Mitglieder gezählt, Addition bei positiv, Subtraktion bei negativ	Im Punktwert (Zahl) werden alle Bewertungen gezählt, Addition bei positiv, Subtraktion bei negativ	Punktwerte der Kategorien werden einzeln ausgewiesen, alle Bewertungen werden gezählt	Punktwerte der Kategorien werden einzeln ausgewiesen	Berechnung eines Prozentwertes der positiven Bewertungen	Umrechnung der Beantwortung der drei Fragen in eine Gesamtwertung der Kategorien positiv/neutral/negativ
	Kann eine bereits abgegebene Bewertung modifiziert werden?	nein, Löschung nur in Ausnahmefällen und bei ggs Einverständnis	nein, Löschung nur in Ausnahmefällen (Beleidigungen, Werbung etc.)	nein	nein	nein, Löschung nur in Ausnahmefällen (Beleidigungen, Werbung etc.)	nein
	Möglichkeit einer Antwort	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Bewertungsregeln: Wie wird die Abgabe ehrlicher Urteile gefördert?	Ausführliche Verhaltensregeln	Ausführliche Verhaltensregeln	Sehr zurückhaltend / keine Angaben	Sehr zurückhaltend / keine Angaben	Ausführliche Verhaltensregeln	Ausführliche Verhaltensregeln
Nutzungsphase	Besteht die Möglichkeit, einzelne Bewertungen auszublenden?	Nutzer kann sein Profil als "privat" kennzeichnen und so alle Kommentare ausblenden	nein	nein	nein, wird aber nicht explizit erwähnt	nein	nein
	Visualisierung der Bewertungsanzahl	Zahl plus verschiedenfarbiger Stern (ab 10 positive), sowie Prozentwert, dazu für sehr umsatzstarke Verkäufer ein "Powerseller"-Symbol	Zahl plus bis zu 7 Sterne je nach Anzahl Bewertungen (ab 5 positive), sowie Prozentwert	Anzahl pos/neutral/neg	Anzahl pos/neutral/neg Bewertungen, sowie Sterne und Lorbeerkränze in Gold/Silber/Bronze	Prozentwert plus Kombination aus Anzahl und Farbe der Sterne (5 Farben und jeweils bis zu 4 Sterne), zus. Diamantensymbole, wenn Prozentsatz > 99%	Zahl plus bis zu fünf Sterne in drei Größen (ab 5 positive)
	Möglichkeiten der Bewertungseinsicht	Per Klick auf Bewertungszahl oder Link zum detaillierten Profil	Per Klick auf Bewertungszahl oder Link zum detaillierten Profil	Per Klick auf "Bewertungen des Verkäufers ansehen" zum detaillierten Profil	Klick auf Nutzernamen führt zu Profil	Klick auf Nutzernamen führt zum detaillierten Profil	Klick auf Nutzernamen führt zu Profil
Wie wird die Bewertungs-Historie dargestellt?	Tab. Aufschlüsselung nach pos/neutral/neg und Zeitraum, Bewertungskommentare mit Urteil, Kurzprofil des Bewertenden, Zeitpunkt und Link zum Artikel, sowie Angabe (K/V), zurückgezogene Gebote als zus. Information	Tab. Aufschlüsselung nach pos/neutral/neg und Zeitraum (zus. Einfaches Balkendiagramm), Bewertungskommentare mit Urteil, Kurzprofil des Bewertenden, Zeitpunkt und Link zum Artikel, sowie Angabe (K/V)	Aufschlüsselung nach pos/neutral/neg und Liste der Kommentare mit Urteil, Pseudonym des Bewertenden, Zeitpunkt und Link zum Artikel, sowie Angabe (K/V) (Profil des Bewertenden nicht ersichtlich)	Profilseite besteht im Wesentlichen aus der Liste der Kommentare; Bewertungskommentare mit Urteil, Kurzprofil des Bewertenden und Zeitpunkt (Kein Link zum Artikel, keine Angabe (K/V))	Aufschlüsselung nach Zeitraum und pos/neutral/neg, sowie Liste der Kommentare; Bewertungskommentare mit Urteil, Kurzprofil des Bewertenden und Zeitpunkt, sowie Angabe (K/V) (Kein Link zum Artikel)	Visuelle Aufschlüsselung nach pos/neutral/neg (Balkendiagramme) und nach den Bewertungsfragen (s.o.), sowie Liste der Kommentare; Bewertungskommentare mit Urteil, Kurzprofil des Bewertenden und Zeitpunkt, sowie Angabe (K/V) (Kein Link zum Artikel)	

	eBay.de	hood.de	auxion.de	BesteAuktion	ricardo.ch	azubo.de	
Nutzungsphase	Gibt es Bewertungsfilter, anhand derer man in dem Profil suchen kann?	Kriterien: "Von Käufern/Verkäufern", Filterung nach Zeitraum, Filterung nach pos/neg ist versteckt und nur zugänglich nach Filterung auf Zeitraum	nein, lediglich Auflistung	Filterung nach positiven/negativen Bewertungen, sowie nach "erhalten" und "abgegeben"	Filterung nach positiven/neutralen/negativen Bewertungen	Filterung nach positiven/negativen Bewertungen, sowie nach "abgegeben"	Nein, keine
	Zusätzliche Informationen zur Reputation	"Angemeldet seit", "privat/Gewerblich", Seite "über mich", Symbol für verifizierte Benutzer	"Angemeldet seit", "privat/Gewerblich", Seite "über mich"	"Mitglied seit", "Info-Seite des Verkäufers", "Abgegebene Bewertungen" auf der Profiseite, Hammersymbol für verifizierte Benutzer	Keine	"Mitglied seit", aber nur im detaillierten Profil	"privat/gewerblich", Seite "über mich".
	Gibt es verifizierte Benutzer?	optional, über das Postident-Verfahren der Deutschen Post	nein, nur eMail-Verifikation	optional, mit Ausweiskopie	immer, aber nur durch Mitteilung einer PIN über Telefon	immer, Aktivierungscode per Post	optional, Kontocheck mit Kleinstüberweisung
	Wird das Profil immer angezeigt oder nur bei Verkäufern?	immer	immer	Profil wird nur bei einem angebotenen Artikel angezeigt	immer	immer	immer
Allgemeines	Ist das System eher positiv oder eher negativ ausgerichtet?	Sicherheitsabfrage vor negativer/neutraler Bewertung. Eindringliche Hinweise möglichst nicht negativ zu bewerten. Unterliegende Philosophie von eBay geht von positivem Menschenbild aus.	Eher positiv, da Aufforderung der Verhandlung vor Abgabe einer negativen Bewertung.	Eher positiv, da nicht-abgegebene Bewertungen in positive umgewandelt werden	neutral	Ricardo.ch fordert die Mitglieder zum Dialog auf und will so negative Bewertungen verhindern	neutral
	Wo gibt es Informationen zum Bewertungssystem?	Unter dem Link "Hilfe" - Bewertungen (sehr ausführliche Grundsätze und Regeln)	wie eBay, Informationen aber sehr knapp	Unter dem Link "Hilfeseite" - Bewertungen (sehr versteckt), Informationen sehr knapp	Unter dem Link "Hilfe & Tipps" - Sonstiges, sehr knappe Informationen	Unter dem Link "Hilfe zu dieser Seite" - Bewertungssystem (recht ausführlich)	Unter dem Link "Hilfe" - Extras - Bewertungsschema, Informationen sind sehr knapp
	Besonderheiten des Systems	Neue Mitglieder müssen vor ihrer ersten neutralen oder negativen Bewertung eine kurze Lern-Tour absolvieren. Alle Bewertungen von Nutzern die vor Ablauf von 90 Tagen ausgeschlossen werden, gehen nicht in die Profile ein.		Übernimmt aus 3 anderen Auktionshäusern die Bewertungen. Bezahlt ein Bieter nicht wird ein Symbol eingeblendet, bei Wiederholung erfolgt Sperre. Verkäufer, die Ware nicht versenden werden gesperrt, bis Sachlage geklärt ist.		Ohne Aktivierung kann nur bei max. einer Auktion geboten werden.	Möglichkeit der Nichtbewertung ist gegeben, wenn z.B. der Kauf in ggs Einvernehmen nicht zustande kam.

Tabelle 3: Ausführliche Bewertung der sechs Reputationssysteme

# Einführung in den Track

## eMedia

**Prof. Dr. Thomas Hess**

LMU München

**Prof. Dr. Matthias Schumann**

Universität Göttingen

**Dr. Konrad Hilbers**

Home Shopping Europe

Der Track fokussiert die folgenden Themengebiete:

- Rechteschutzsysteme
- Interaktives Fernsehen
- Tauschbörsen für Musik- und Videoinhalte
- Wikis und nutzergenerierte Inhalte
- Digitalisierung von Produktionsprozessen
- Applikationsarchitekturen für Medienunternehmen

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Peter Buxmann, Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr. Michel Clement, Universität Hamburg

Prof. Dr. Martin Grauer, Universität Siegen

PD Dr. Hans-Dieter Groffmann, Universität Frankfurt am Main

Prof. Dr. Detlef Schoder, Universität zu Köln

Prof. Dr. Gerd Schwabe, Universität Zürich



# Intermediation in der TV-Branche: TV-Sender als Auslaufmodell?

Thomas Wilde

Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
D-80539 München  
wilde@bwl.uni-muenchen.de

Konrad Hilbers

Home Shopping Europe GmbH & Co KG  
D-85737 Ismaning  
k.hilbers@hse24.de

Thomas Hess

Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
D-80539 München  
thess@bwl.uni-muenchen.de

## Abstract

TV-Sender befinden sich heute in einer strategischen Situation, die derjenigen der Musikindustrie vor einigen Jahren nicht unähnlich ist: Interactive TV, Personal Video Recorder und andere Technologien stellen die Rolle des Intermediärs als Vermittler zwischen Angebot und Nachfrage grundsätzlich infrage – ganz ähnlich wie Tauschbörsen und digitale Endgeräte vor ein paar Jahren in der Musikindustrie. Der vorliegende Artikel analysiert diese Entwicklung mithilfe der Intermediärstheorie und leitet daraus Thesen zur Entwicklung zur Wertschöpfung im deutschen TV-Sektor ab. Im Gegensatz zur Musikindustrie zeichnet sich dabei ein Bedeutungszuwachs bei den Intermediären – namentlich von TV-Sendern und Infrastruktur-anbietern – ab. In Experteninterviews fanden diese Thesen weitgehend Bestätigung.

## **1 Einleitung: Status-Quo im TV-Sektor**

Digitales Fernsehen, interactiveTV, Video-On-Demand und Electronic Program Guides (EPGs) sind konvergente Dienste, die als Folge der Digitalisierung von Inhalten und Übertragungswegen den TV-Sektor verändern sollen – und das seit etwa 10 Jahren. Für die Branche zeichneten sich bis vor ca. 2 Jahren jedoch kaum nennenswerte Änderungen ab. Pilotprojekte von Microsoft, Intel oder AOL/TimeWarner scheiterten an zu schwacher Infrastruktur, fehlenden Standards oder nicht kundengerechten Diensten. Die Umstellung auf digitale Verbreitungswege wurde in Deutschland nur zögerlich vorangetrieben. Mit der Diffusion von Festplattenrekordern, Triple-Play (Telefon, Fernsehen und Internet aus einer Hand), IPTV oder HDTV scheint der Konvergenzprozess nun Fahrt aufzunehmen [CISA05]. Infrastruktur- und Internetprovider wie Kabel Deutschland, Unity Media oder T-Online und Arcor bieten entsprechende Produkte an. Welche Bedeutung hat diese Beschleunigung des Konvergenzprozesses nun für TV-Sender? Auf den ersten Blick lassen sich Bündelung und Distribution durch die konsequente Digitalisierung einfacher abwickeln, was zur Entstehung neuer und zur Substitution vorhandener Dienste führen kann. In einer solchen Situation befand sich die Musikbranche etwa um 2000 [BeCS06]. Die Digitalisierung und Kompression von Content im MP3-Format sowie neue, digitale Übertragungswege im Internet (Peer2Peer-Tauschbörsen, Musikportale) beeinträchtigen das traditionelle Geschäftsmodell von Musiclabels massiv. Musiclabels begegneten dem Problem lange nur auf rechtlicher und technischer Ebene [Scho00], um ihre angestammte Position zu verteidigen – nur mit mäßigem Erfolg. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob der TV-Branche ähnliche Strukturänderungen bevorstehen. Der Fokus dieses Beitrags liegt auf auf kommerziellen TV-Content-Anbietern, der Sachverhalt wird beispielhaft für den deutschen Markt analysiert.

## **2 Problemstellung und Analyserahmen**

Bezüglich dieser Fragestellung sind drei Teilfragestellungen zu unterscheiden: Welche konvergenzinduzierten Dienste entstehen im TV-Sektor? Wie verändert sich die Wertschöpfungsstruktur der TV-Branche dadurch? Und welche Bedeutung haben diese Veränderungen für TV-Sender als Vermittler zwischen Contentproduzenten und Contentrezipienten? Zu den Themenbereichen finden sich sowohl segmentübergreifende als

auch medienspezifische Analysen, sowohl aus ökonomischer als auch technologieorientierter Perspektive. Einen Überblick gibt Abbildung 1.

	Segmentunabhängig	spezifisch für die Medienbranche
Ökonomische Perspektive	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intermediation [Fing97;AlSa98]</li> <li>• Branchenkonvergenz [Stie04; Yoff97]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intermediation in der Medienbranche [Pica02, 34-49; ScHe06, 211-214]</li> <li>• Medientypspezifische Konvergenzanalysen [LöFa02; Thie00]</li> </ul>
Technologische Perspektive	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Änderung der Intermediationsstruktur durch Digitalisierung, z.B. [ChKa99]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implikationen von technologischer Konvergenz in der Medienbranche [Schm05; Clem04]</li> <li>• Technologiegetriebene Anwendungs-konzeption, z.B. [QiSX05]</li> </ul>

Abb. 1: Stand der Forschung

Der vorliegende Beitrag adressiert das im rechten unteren Quadranten adressierte Themenfeld. In der aufgeführten Literatur wurde das grundsätzliche Verständnis von Medienunternehmen als Intermediär herausgearbeitet und das Aufgabenspektrum für spezifische Kontexte (z. B. für die Musikindustrie) beschrieben. Neben den Konsequenzen der Digitalisierung für Intermediäre im Allgemeinen werden unter dem Schlagwort „Konvergenz“ technologisch getriebene Transformationsprozesse konzeptionell analysiert. Bei der Wahl des Analyserahmens ist im vorliegenden Fall zunächst das Problem zu lösen, dass viele bewährte Konzepte, wie das klassische Porter'sche Instrumentarium (Wertschöpfungsketten, Branchenstrukturanalyse, etc.), bei konvergierenden Branchen und Produkten zum Teil an ihre Grenzen stoßen [WaHe05, 14-16]. Da Medienunternehmen generell, wie auch TV-Sender im Speziellen, neben ihrer Rolle als Contentproduzenten vor allem als Vermittler bzw. Intermediär auf Medienmärkten agieren, scheint mit der Contentintermediation (CI) [WaHe05] ein vergleichsweise junges Konzept passend, welches sich bereits bei der Beschreibung und Erklärung der Wettbewerbsveränderungen in der Musikbranche bewährt hat [HeWa06].

Das Intermediationskonzept hat seine Wurzeln in der Mikroökonomie und postuliert die Einschaltung von Intermediären, falls die so anfallenden Kosten geringer sind als bei direktem Handel zwischen Produzenten und Nachfragern [Fing97]. Im Handel und in der Finanzindustrie wird es seit längerem erfolgreich als Analyserahmen eingesetzt. Auch zur Analyse der Wirkung digitaler Technologien auf die Intermediation hat es sich bereits bewährt [Scho00]. Das Konzept der Contentintermediation [HeWa06] knüpft an diese beiden Überlegungen an und passt das Konzept auf die Medienbranche an, insbesondere auf deren Digitalisierung. In diesem Konzept werden Contentintermediäre als Träger von Intermediationsfunktionen aufgefasst, die Koordinationsprobleme auf definitionsgemäß imperfekten Märkten zwischen Produzenten von

Content (z. B. Filmstudios) und Nutzern von Content (z. B. privaten Filmkonsumenten) am transaktionskosteneffizientesten lösen.

Das aus der Mikroökonomie stammende Intermediärskonzept sieht originär ein recht abstraktes Kostenkalkül vor, welches aber auf Kataloge mit einzelnen Intermediärfunktionen heruntergebrochen werden kann (z.B. [AlSa98]). So existiert auch für die Medienindustrie ein erster Vorschlag für einen solchen Funktionskatalog [HeWa06, 5-7]:

<b>Funktion</b>	<b>Beitrag der Funktion zur Bedürfnisbefriedigung</b>
<i>Identifikation</i>	Die Identifikation umfasst das Finden der Grundgesamtheiten von Contentangebot und Contentnachfrage und ermöglicht einen Überblick.
<i>Selektion</i>	Die Selektion umfasst die Auswahl aus den Grundgesamtheiten und stellt die Eignung des Contentangebots für die Contentnachfrage sicher.
<i>Transformation</i>	Die Transformation ist die Funktion, die die Verwendbarkeit des Content gewährleistet.
<i>Aggregation</i>	Die Aggregation stillt das Bedürfnis nach Anordnung der einzelnen Inhalte.
<i>Reproduktion</i>	Die Reproduktion umfasst die Vervielfältigung des Content nach der „First-Copy“ und sichert so die Verfügbarkeit des Content.
<i>Distribution</i>	Die Distribution ist die Funktion, die die Erreichbarkeit des Content für die Nachfrage sicherstellt.
<i>Präsentation</i>	Die Präsentation ist die Darstellung des Content gegenüber der Nachfrage und ermöglicht so den Zugang zum Content.

Abb. 2: Intermediärfunktionen in der Medienbranche

Zur Anwendung des Konzepts auf die TV-Branche wird in Abschnitt drei zunächst der Ist-Zustand in der TV-Branche aus Sicht der Contentintermediation dargestellt. Abschnitt vier systematisiert die Ergebnisse bisheriger Arbeiten zu konvergenzinduzierten Innovationen im TV-Bereich und diskutiert deren Bedeutung für die Intermediation von TV-Content. Durch die Zusammenführung dieser Ergebnisse können in Kapitel fünf Implikationen für die Wettbewerbsstruktur durch eine relative Analyse der Wirkung neuer Technologien auf die Transaktionskosten abgeleitet werden. Die Ergebnisse werden in Abschnitt sechs mit Experteninterviews validiert.

### 3 Intermediation in der TV-Branche

Das Konzept der Contentintermediation, das zur Analyse der zukünftigen Rolle von TV-Sendern verwendet werden soll, ist neu und daher in der Literatur noch nicht etabliert. Dagegen hat sich ein recht einheitliches Verständnis der typischen Aufgaben eines TV-Senders und unterstützenden Dienstleistern herausgebildet [Wirt05, 351-368; Sjur02, 138; Born04, 7-8;

Herm02, 30-44]. Nachfolgend wird diese Literatur aufgearbeitet, um einen speziellen Katalog an Intermediärsfunktionen für die TV-Branche aus dem allgemeinen Katalog der Intermediärsfunktionen in der Medienbranche zu entwickeln.

Gegenstand der *Identifikationsfunktion* ist das Screening der Beschaffungsmärkte für TV-Contentmodule. TV-Sender erbringen diese Leistung im Rahmen der Contentbeschaffung und werden hierbei von Rechtehändlern unterstützt. Output dieser Funktion ist eine Übersicht über am Markt verfügbaren TV-Contentmodule, die grundlegenden Qualitätsstandards entsprechen. Damit sind sie Input für den weiteren Prozess, für jedes Modul existiert also prinzipiell eine Zielgruppe. Hauptkostenblöcke sind klassische Suchkosten, in diesem Fall Kosten für Messebesuche, das Beobachten der Konkurrenz und die Qualitätsbewertung, die aufgrund des Erfahrungsgutcharakters von TV-Content [LöFa02] relativ aufwändig ist. Transaktionskosten entstehen bei der Kommunikation der Marktübersicht, genauer an dem Punkt, an dem die Qualität und grundsätzliche Eignung des Content dem Selektierer zu versichern ist. Diese Eigenschaft ist schwer objektiv beschreibbar, aber im Rahmen der Selektion von essentieller Bedeutung.

Die *Selektionsfunktion* wählt Contentmodule aus dem bereits identifizierten Bestand zielgruppengerichtet aus. Dies wird ebenfalls von der TV-Senderfunktion Contentbeschaffung abgedeckt und durch senderspezifische Programmportfoliostrategien gesteuert. Die Aggregationsstrategie stellt hierbei eine Nebenbedingung dar, da Contentmodule teilweise nur für bestimmte Sendezeiten geeignet sind. Output ist eine entsprechende Auswahl von Contentmodulen. Kostentreiber dieses Schritts ist einerseits der hohe Aufwand zur Ermittlung der Rezipientenpräferenzen bezüglich des TV-Content [RuNi97, 220-227] und andererseits die entsprechende Bewertung und Klassifikation der identifizierten Contentmodule. Transaktionskosten entstehen in geringem Umfang bei der Übermittlung der Bezugsdaten der ausgewählten Module an den Akteur, der die Transformation durchführt. Der Abstimmungsaufwand mit dem Aggregator hingegen ist enorm hoch: da die Programmportfolioplanung sowohl Timing- als auch Anordnungsaspekte umfasst, entstehen für die Entscheidungen in Selektions- und Aggregationsfunktion jeweils wechselseitig geltende Restriktionen.

Die *Transformation* stellt einen technischen Aufbereitungsschritt dar, der Formatanpassungen (z. B. Kompression, Bildseitenverhältnis, Tonkanäle), Einblendungen, Kürzungen und ähnliches umfasst. In der TV-Branche wird hierunter die Postproduktion verstanden, die entweder durch den TV-Sender selbst, oft aber durch technische Dienstleister abgewickelt wird.

Output sind technisch aufbereitete Contentmodule, Kosten entstehen bei digitaler Verarbeitungstechnik primär hinsichtlich IT. Transaktionskosten entstehen bis auf den Austausch des Content nahezu keine, da die Aufgabe stark standardisierbar ist.

Gegenstand der *Aggregation* ist die Anordnung der aufbereiteten Contentmodule und damit die Produktion des linearen TV-Programmstroms. Diese Erfüllung dieser Funktion ist komplex und umfasst einen hohen redaktionellen Aufwand, da mit Zielen wie der Maximierung der Rezipientenverweildauer, Mehrfachverwendung, Berücksichtigung von Konkurrenzverhalten und ggf. Werbeplatzierung zahlreiche Nebenbedingungen bestehen. Sie stellt die wichtigste Funktion der TV-Sender dar und ist durch den Umfang des notwendigen Know-how nur schwer imitierbar. Die Sender leisten diese Funktion im Rahmen der Contentaggregation und erzeugen als Output einen linearen Programmstrom. Kosten entstehen analog zur Selektion durch die Ermittlung der Rezipientenpräferenzen bezüglich der Anordnung und der entsprechenden Bewertung von Contentmodulen.

Infrastrukturanbieter erfüllen die *Reproduktion* im Rahmen der Contentdistribution [Schr95]: Die Versionierung des Signals für analoge und digitale Verbreitung stellt einen ersten Reproduktionsschritt dar. Anschließend werden die derart aufbereiteten Daten aller zu übertragenden Programmströme im so genannten Multiplexing-Verfahren zu einem Datenstrom zusammengefasst, der in dieser Form übertragen werden kann. Die Kostenstruktur ist ähnlich den Transformationskosten durch IT-Investitionen und entsprechendes Know-how geprägt. Bei der Verteilung von Reproduktion und Distribution auf zwei Akteure würden Transaktionskosten durch die Abstimmung der technischen Spezifika und der Übertragung des Datenmaterials entstehen.

Eng an die Reproduktion gebunden, betrifft die *Distribution* den physikalischen Transport des Signals über Satellit, Kabel, Terrestrik oder neuerdings auch DSL zu den Rezipientenhaushalten. Verstärkung und Konservierung der Signalqualität sind zentrale Aufgaben. Output dieser Funktion ist ein endgerätaquates Signal. Den enormen Fixkosten, die hier auf Infrastrukturseite entstehen, sind variable Verbreitungskosten nahe Null gegenüberzustellen. Transaktionskosten zu nachgelagerten Funktionen entstehen nur durch die Abstimmung mit Endgerätherstellern, die Vermarktung von Endgeräten und eventuelle Entschlüsselungstechnik.

Die *Präsentation* findet auf zwei Ebenen statt: Zum einen wird das ankommende Signal durch das Endgerät des Rezipienten in rezeptionsfähigen Content umgewandelt (Teil der

Contentdistribution), zum anderen wird der Rezipient beim Konsum des Content durch Aktivitäten des Contentmarketings unterstützt. Hierunter fallen Maßnahmen der Kommunikationspolitik, vor allem die Verbreitung von Programminformationen, typischerweise durch TV-Zeitschriften. Ein zweiter Distributionskanal besteht für diese Informationen, vorwiegend im digitalen Fernsehen, mit EPGs. Kosten entstehen vor allem durch Endgeräte und die Herstellung der Programminformationsprodukte.

Abbildung 3 ordnet die oben herausgearbeiteten Intermediärfunktionen Unternehmen als deren Träger zu. Zu beachten ist, dass die Wertschöpfungskette der TV-Branche auch Filmstudios und andere originäre Contentproduzenten sowie den Rezipienten umfasst. Sie sind jedoch nicht aufgeführt, da sie nicht Träger von Intermediärfunktionen sind.

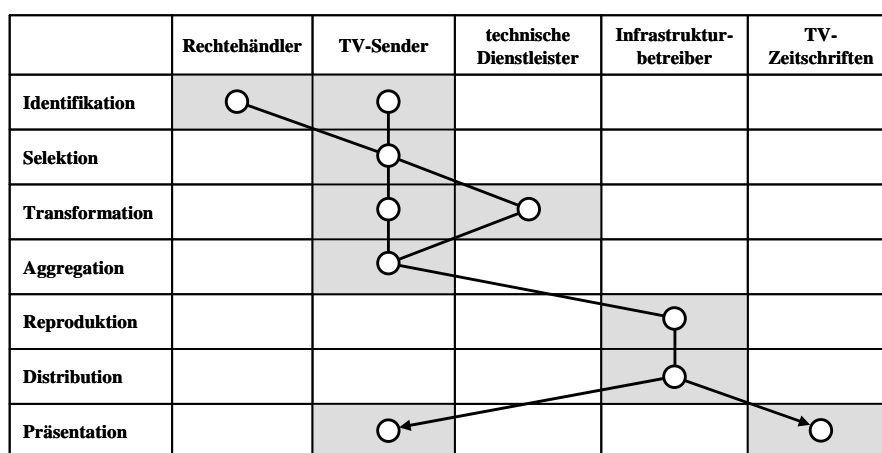


Abb. 3: Heutige Allokation der Intermediärfunktionen in der TV-Branche

So ist – folgt man dem Pfeil und blendet man mögliche regulatorische Eingriffe aus – der „transaktionskostenminimale Weg“ des TV-Content von Produzent zu Rezipient im heutigen technologischen Umfeld abgebildet. Abbildung 3 zeigt auch, dass Selektion, Aggregation, Reproduktion und Distribution nur von einer Klasse von Akteuren abgewickelt werden, während die anderen Funktionen sich auf mehrere Klassen von Akteuren aufteilen lassen. Hintergrund sind technische und inhaltliche Abhängigkeiten zwischen diesen Funktionen, die eine Teilung deutlich erschweren. Dieser Aspekt wird später nochmals aufgegriffen.

#### 4 Technologische Innovationen in der TV-Branche

TV-Sender werden mit einer kaum noch überschaubaren Zahl von neuen digitalen Technologien konfrontiert. Um die angestrebte Analyse der zukünftigen Rolle von Content-

intermediären durchführen zu können, wird als zweiter Baustein ein systematischer Überblick über die anstehenden Technologieschübe ermittelt. Die Systematisierung orientiert sich an der für die Medienbranche zweckmäßigen Unterscheidung zwischen Infrastruktur-, Dienst-, Content- und Endgeräteebene [Thie00, 22-26]. Abbildung 4 zeigt die wichtigsten Technologien im Überblick. Im nachfolgenden Text finden sich Erklärungen dazu.

<b>Endgeräteebene</b>	Personal Video Recorder
<b>Contentebene</b>	Mehrsprachigkeit, Multiperspektiv-TV, interaktive Werbung, Quizzes, Spiele, Wetten, Shopping, weitere Informationsdienste (Wetter etc.)
<b>Dienstebene</b>	Timeshifting, Personalisierung, Video-on-Demand, Electronic Program Guide Mehrkanalton/-video, Informationsdienste, interaktive Applikationen
<b>Infrastruktur- ebene</b>	DVB, HDTV, Multicasting, IPTV, IP-Rückkanal

Abb. 4: Technologische Innovationen in der TV-Branche

Auf *Infrastrukturebene* sind Innovationen zur Digitalisierung, Adressierbarkeit und Bidirektionalität der Übertragungswege angesiedelt. Über die bestehenden Übertragungswege (Kabel, Satellit, Terrestrik) werden seit Ende der 90er Jahre zunehmend digitale Signale im DVB-Standard (Digital Video Broadcasting) verbreitet [CISA05]. Damit verbunden ist die Erhöhung der maximal übertragbaren Anzahl an TV-Kanälen und die Steigerung der Bildqualität (z. B. HDTV). Möchte man nun über dieses Medium unterschiedliche Informationen an verschiedene Rezipienten übertragen, ist das Problem der Adressierbarkeit zu lösen [Herm02, 34]: Punkt-zu-Punkt-Verbindungen für jeden Rezipienten aufzubauen (Unicasting), würde die Kapazität der vorhanden Netze um ein Vielfaches übersteigen und zudem hohe Verzögerungszeiten nach sich ziehen. Als ein Lösungsansatz verspricht das Multicastingverfahren, Rezipienten gruppenindividuell anzusprechen, indem für jede Gruppe nur ein Datenstrom verschickt und dieser an den entsprechenden Verteilerstellen intelligent vervielfältigt wird. Bidirektionalität wird in Form eines integrierten IP-Rückkanals derzeit in den Kabelnetzen ergänzt. Satellitenbetreiber arbeiten hier mit einem Ergänzungsmedium wie z. B. dem Handy (Zusammenspiel von Set-Top-Box, Bluetooth und Handy im Fall von Astra Bluecom). Neben diesen Neuerungen etabliert sich mit dem DSL-Netz und dem IPTV-Standard eine alternative Distributionsvariante. Der Glasfaserbackbone soll entsprechend ausgebaut werden, um eine hinreichende Anzahl an Punkt-zu-Punkt- und Multicastverbindungen übertragen zu können [CISA05].



Auf *Dienstebene* lassen sich im Kontext TV programm- und programmmodulbezogene Dienste unterscheiden. Programmbezogene, konvergente Dienste betreffen Auswahl und Anordnung der Programmelemente. Innovationen in diesem Bereich zielen auf den Einbezug des Nutzers und erwirken dadurch die Personalisierung des Programms. Hierbei ist davon auszugehen, dass Rezipienten abhängig vom TV-Contenttyp und der Nutzungssituation unterschiedlich intensiv eingreifen möchten, da in gewissem Umfang auch eine Ausrichtung nach vorgefertigten TV-Programmstrukturen stattfindet und der Konsum vieler Inhalte eher impulsiv als geplant verläuft [Schm05, 278; Stip04, 125]. Mit Timeshifting [Clem04], Personalisierungstechniken und Video-On-Demand [HePS05] spannt sich auf technologischer Ebene ein Kontinuum der Eingriffsmöglichkeiten für den Rezipienten auf, das von zeitversetzter Betrachtung über die weitgehend unterstützte Auswahl und Anordnung hin zu individueller Programmzusammenstellung reicht. Diese Unterstützung bzw. stufenweise Aufbereitung des Programms (z. B. durch feiner werdende Klassifikationen) werden im Kontext von Profilbildungs- und Collaborative-Filtering-Techniken seit längerem diskutiert [HePS05, 34; Herm02, 120-121]. Als Bedienungsoberfläche für solche Dienste käme ein Electronic Program Guide infrage, der sowohl Informations- als auch Profil- und Personalisierungsfunktionen umfasst [HePS05, 42]. Bezogen auf einzelne Programmelemente ist die Erweiterung von Contentmodulen mit neuen Funktionen möglich [Born04, 12-14]: Mehrkanalnutzung ermöglicht alternative Ton- und Videospuren, Informationsdienste liefern Metadaten oder verknüpfen den Videostrom mit interaktiven Applikationen.

Hinsichtlich der *Contentebene* wird über Mehrsprachigkeit, freie Perspektivwahl (z. B. bei Sportereignissen), über interaktive Werbung und Product-Placements mit Ad-hoc-Bestellmöglichkeit, sowie über Quiz-, Spiele-, Wett- und Shoppingapplikationen diskutiert [Born04, 15-19; SiRe97]. Allen gemein ist die Erweiterung einer bestehenden Contentform um Zusatzinformationen, zum Teil interaktiv.

Auch auf *Endgeräteebe* finden sich konvergente Innovationen: Personal Video Recorder (PVR), die das TV-Programm auf Festplatte synchron aufzeichnen und so Timeshifting ermöglichen [Clem04], enthalten meist die Funktionalität einer Set-Top-Box und werden zunehmend mit DVD-Recordern und Netzwerkanschlüssen ausgerüstet um eine integrierte Home-Video-Plattform zu schaffen. Mit dieser Tendenz findet eine Produktbündelung statt, deren preisdiskriminatorischer Effekt sich positiv auf die Diffusionsproblematik von TV-Endgeräten auswirken könnte.

## 5 Implikationen für die Struktur des TV-Sektors

Aus dem Blickwinkel der Intermediationstheorie hat eine Innovation in zwei Fällen Einfluss auf die Struktur einer Branche. Sie kann (1) die Bedeutung von Intermediationsfunktionen verändern, indem sie den Beitrag einer Funktion zur Reduktion der gesamten Transaktionskosten verringert oder erhöht. In der Musikindustrie sind z. B. Selektion und Aggregation durch Suchmaschinen und Empfehlungssysteme deutlich kostengünstiger geworden. Andererseits kann eine Innovation (2) das Zusammenwirken der Träger von Intermediationsfunktionen verändern, wenn sich die Transaktionskosten zwischen den einzelnen Funktionen verändern. In der Musikbranche ermöglichte in diesem Sinne der Einsatz des MP3-Formats zur Kompression der Audiodaten die technische Weiterverbreitung von Songs (wiederholte Selektion, Aggregation, Reproduktion und Distribution) über unterschiedliche Tauschbörsensysteme hinweg bei deutlich reduzierten Transaktionskosten. In Abbildung 5 sind beide Ansatzpunkte an einem Beispiel dargestellt.

Im Folgenden soll diese Betrachtung für die generischen Intermediationsfunktionen durchgeführt werden, der Referenzpunkt ist hierbei die Ist-Situation wie in Abschnitt 3 skizziert.

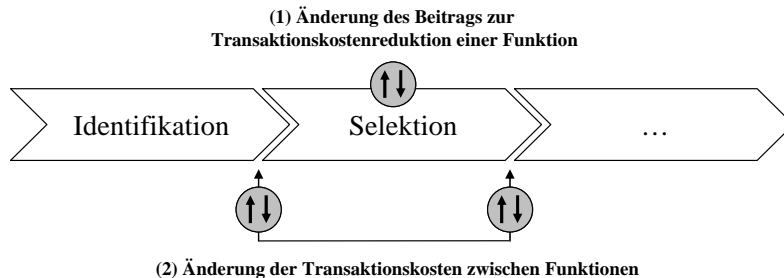


Abb. 5: Einfluss einer technischen Innovation auf die Transaktionskostenstruktur

Die *Identifikationsfunktion*, das Screening der Beschaffungsmärkte gestaltet sich komplexer, da der Markt um Anbieter von interaktiven Applikationen wächst und die Bewertung der featurereicheren Contentmodule (Multichannel, Interaktivität und entsprechender Content) aufwändiger wird. Die Bedeutung der Funktion nimmt zu, die Transaktionskosten in Bezug auf weitere Intermediärsfunktionen ändern sich nicht.

Hinsichtlich der *Selektionsfunktion* wird die zielgruppengerichtete Auswahl zunächst dadurch aufwändiger, dass die zeitliche Beschränkung des Hinkanals durch Personalisierung und Video-On-Demand auf 24 Stunden pro Tag wegfällt. Zudem ist aus dem Angebot an neuen Diensten und Contentformen zu selektieren und diesbezüglich neue Präferenzen der Rezipienten zu

berücksichtigen. Neben der so zunehmenden Bedeutung steigt auch der Abstimmungsaufwand mit dem Aggregator, da neben der Programmportfoliostrategie eine Personalisierungsstrategie zu berücksichtigen ist, die der Aggregator als Profildienstleister maßgeblich bestimmt. Ein weiterer Aspekt ist diesbezüglich die Ausgestaltung der Ausstrahlungsrechte, die bisher auf tradierten Strukturen beruht. Da die tatsächliche Anzahl der Rezipienten eines Contentmoduls zukünftig ermittelbar ist (IPTV oder separater Rückkanal) und neue Reichweitopotenziale via IPTV bestehen, werden sich vermutlich neue Formen von Rechtepaketen herausbilden. Um das optimale Rechtpaket zu ermitteln entstehen ebenfalls neue Interdependenzen zwischen Aggregation und Selektion. Die Effizienz des Intermediationsprozesses würde demnach fallen, sofern Selektion und Aggregation von separaten Akteuren ausgeführt würden.

Die *Transformationsfunktion* fällt kostenintensiver aus, da die technische Aufbereitung von neuen, insbesondere interaktiven Contentformen aufwändiger als bei herkömmlichem Videomaterial ist (z.B. Applikationsportierung für Set-Top-Box-Middleware). Neben dem größeren technischen Beitrag zur Intermediation, vor allem hinsichtlich der neuen Contentformen, bleibt die Transformationsfunktion weitgehend unberührt.

Die *Aggregationsfunktion* mündet neben einem linearen TV-Programmstrom nun zusätzlich in einem Programmportfolio, welches dem Rezipienten über Personalisierungsfunktionen zugänglich ist. Dieser Zugang ist eine maßgebliche Erweiterung des Leistungsangebots von Aggregatoren: Sie können ein Personalisierungssystem ausbilden, welches eine situations- und contenttypadäquate Entscheidungsunterstützung des Rezipienten ermöglicht. Derartige Ansätze werden bereits im Kontext der bereits angesprochenen EPGs diskutiert [HePS05]. Effektivität und Bedeutung der Aggregation nehmen auf diese Weise stark zu, zusätzliche Transaktionskosten entstehen bei der Abstimmung mit der Präsentationsebene, da anstelle der einfachen TV-Programmdaten nun Rezipientendaten und ein komplexes Regelsystem zu übermitteln sind. Im Hinblick auf Reproduktion und Distribution entstehen möglicherweise neue Transaktionskostenblöcke, da sich die Übertragung personalisierter TV-Inhalte wesentlich komplexer gestaltet, als die eines linearen Programmstroms. Je nach Technologie (IPTV oder DVB, Uni- oder Multicasting) entstehen verschiedene Restriktionen, die in der Personalisierungsstrategie berücksichtigt werden müssen.

Die Digitalisierung der Übertragung und der Einsatz verschiedener Standards ermöglichen es Infrastrukturanbietern (TV und Telekommunikation) mit unterschiedlichen technologischen Lösungsansätzen die Funktionen *Reproduktion und Distribution* zu erfüllen. Die Bedeutung im

Rahmen des Intermediationsprozesses nimmt zu, da die notwendigerweise bandbreiten-optimierte Distribution personalisierter Inhalte die Komplexität der Funktion erhöht, Transaktionskostenänderungen entstehen hingegen keine.

Die Anforderungen an die *Präsentationsfunktion*, vor allem an das Contentmarketing steigen mit personalisiertem TV, da ein komplexeres Produkt zu vermarkten ist. Wie bereits geschildert, nimmt mit der Erweiterung von EPGs um Steuerelemente für das TV-Programm auch der Leistungsumfang dieser Funktion zu. Input ist hier das entsprechend aufbereitete Programmportfolio, dessen Darstellung und Vermittlung an die Rezipienten ist Aufgabe der Präsentationsfunktion. Erfüllt wird dieser Aspekt hauptsächlich durch neue Endgeräte, die zudem einfache (nicht vonseiten des Programmanbieters vorbereitete) Funktionen wie Timeshifting bereitstellen. Die Änderungen innerhalb dieser Funktionen ziehen einen starken Bedeutungszuwachs nach sich, neben den für die Aggregation bereits beschriebenen Transaktionskostenänderungen entstehen keine weiteren Änderungen.

Abbildung 6 fasst diese Überlegungen zum Zusammenwirken von Intermediärsfunktionen (Ansatzpunkt (2) aus Abbildung 5) zusammen, indem sie die vier Stellen hervorhebt, an denen sich die Transaktionskosten erhöhen.

	Infrastrukturebene	Dienstebene
<b>Identifikation</b>		
<b>Selektion</b>	IPTV, Rückkanal	Personalisierung Video-On-Demand
<b>Transformation</b>		
<b>Aggregation</b>		Personalisierung Video-On-Demand Electronic Program Guides
<b>Reproduktion</b>	DVB, Multicasting	
<b>Distribution</b>	Rückkanal, IPTV	
<b>Präsentation</b>		Electronic Program Guides Timeshifting

Abb. 6: Einfluss neuer Technologien auf die Transaktionskosten zwischen Intermediärsfunktionen

Bezüglich der Änderung des Funktionsbeitrags zum Intermediationsprozess (Ansatzpunkt 1 aus Abbildung 5) bleibt festzuhalten, dass die Bedeutung aller Intermediärsfunktionen aufgrund der Anforderungen durch neue Dienst- und Contentformen zunimmt. Um (1,2) Selektion und Aggregation, (3) Aggregation, Reproduktion und Distribution sowie (4) Aggregation und Präsentation transaktionskostenminimal abzuwickeln, ist es nahe liegend, diese Funktionsgruppen jeweils in einem Akteur gebündelt abzuwickeln. Für einen TV-Sender bedeutet dies einerseits die Festigung der angestammten Position (1,2), da der hohe

Abstimmungsbedarf eine Markteintrittsbarriere für reine Selektionsdienstleister oder Aggregatoren darstellt. Zum anderen besteht die Notwendigkeit einer stärkeren Kooperation mit Infrastrukturanbietern (3), vor allem wenn die verschiedenen Diversifikationsmöglichkeiten hinsichtlich Personalisierung genutzt werden sollen (4). Von der anderen Seite betrachtet entsteht ebenfalls Diversifikationspotenzial für Infrastrukturanbieter (3), die Aggregation zumindest in Teilen anbieten könnten.

Abbildung 7 stellt die somit zu erwartenden Allokationsänderungen im Überblick dar.

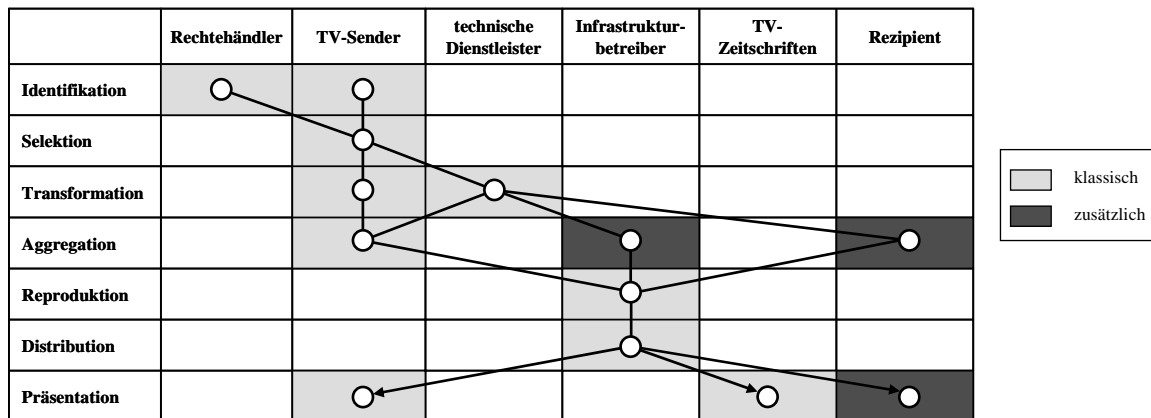


Abb. 7: Zukünftige Allokation von Intermediärfunktionen in der TV-Branche

Während die Digitalisierung in der Musikindustrie die Transaktionskosten zwischen den generischen Funktionen stark gesenkt hat [HeWa06], so dass Reproduktion, Distribution und Präsentation heute mit minimalen Transaktionskosten über Webportale abgewickelt werden können, lässt sich für die TV-Branche gerade das Gegenteil erwarten. Durch die Erhöhung bestehender und das Entstehen neuer Transaktionskostenblöcke wird die Intermediationsstruktur in ihrem Kern weitgehend stabil bleiben.

## 6 Add-on: Eine erste Validierung der Ergebnisse

Das Ergebnis der Analyse ist zunächst eher contra-intuitiv. Zur grundsätzlichen Validierung der Ergebnisse wurden daher Interviews mit fünf Experten der deutschen TV-Branche geführt. Befragt wurden Matthias Büchs (Direktor Operations SuperRTL, RTL Disney Fernsehen GmbH & Co KG), Andrej Henkler (Geschäftsführer, inLive Interactive GmbH), Malte Hildebrandt (Leiter Marketing, ProSieben Television GmbH), Bernd Schlötterer (Geschäftsführer Tele München Fernseh GmbH & Co Produktionsgesellschaft) und Beate Uhrmeister

(Programmeinkauf, VOX Film & Fernseh GmbH & Co KG). Die Interviews wurden telefonisch in jeweils ca. 20 Minuten durchgeführt. Die Ergebnisse wurden hierfür zu fünf Thesen verdichtet.

Hinsichtlich der Bewertung von Innovationen für die TV-Branche (vgl. Abschnitt 4) ergab sich hinsichtlich Nachfrage und Adaption *Personalisierungsthese I*: „Je nach Contenttyp und Benutzersituation wird ein unterschiedlicher Grad an Personalisierung hinsichtlich Auswahl und Anordnung von Inhalten nachgefragt.“, sowie hinsichtlich der möglichen Implementierung *Personalisierungsthese II*: „Bedingt durch die Komplexität des Produkts TV-Programm muss der Einbezug des Nutzers in den Prozess der Selektion und Aggregation aktiv unterstützt werden.“ Zur technischen Realisierbarkeit wurde die *Diversifikationsthese* vorgestellt: „Mit IPTV, Multicastingverfahren und PVRs bestehen die technischen Möglichkeiten, das bisherige TV-Angebot um verschiedene Arten von Nutzereingriffsmöglichkeiten zu erweitern.“ Aufbauend auf die Analyseergebnisse in Abschnitt 5 wurden zwei Thesen zu den Implikationen der Konvergenz für Intermediäre in der TV-Branche vorgestellt. Einerseits *Intermediationsthese I, die an die Festigung der Position von TV-Sendern anknüpft*: „Ein unmittelbares Eingreifen von Rezipienten in die Selektion und Aggregation von Content – analog der Musikbranche – würde eine lose, marktliche Koordination der beiden Funktionen voraussetzen. Aufgrund prohibitiv hoher Transaktionskosten ist eine solche Lösung in der TV-Branche ökonomisch nicht sinnvoll.“ Und abschließend *Intermediationsthese II, die das entstehende Diversifikationspotenzial umschreibt*: „Durch die zunehmend notwendige Abstimmung von Aggregatoren und Infrastrukturanbietern bei der Distribution von personalisierten TV-Inhalten entsteht Synergiepotenzial durch eine stärkere Integration der beiden Funktionen. So werden Infrastrukturanbieter zunehmend auch einzelne Teile der TV-Senderfunktionen übernehmen.“ Zur Auswertung wurden die Aussagen der Experten klassifiziert in „volle Zustimmung“, „teilweise Zustimmung“ und „keine Zustimmung“ und die weiteren Anmerkungen schlagwortartig verdichtet. So stimmen drei Experten der Personalisierungsthese I vollkommen, zwei Experten nur teilweise zu. Sie wenden zum einen ein, dass die individuelle Nutzensituation nur am Rande durch Personalisierung geprägt ist, maßgeblich seien weiterhin Exklusivität und Qualität der Inhalte. Zum anderen wird auf das gelernte Mediennutzungsverhalten verwiesen, was z. B. dazu führen würde, dass ältere Rezipienten gar keine Personalisierungsfunktionen nachfragen. Personalisierungsthese II wird von allen Experten als zutreffend erachtet. Hinsichtlich der Diversifikationsthese stimmen vier Experten

vollkommen zu, ein Experte verweist auf die seit Jahren geringe Nachfrage von Endgerätfunktionen wie Timeshifting und die Vorteile der Zeitgebundenheit von TV-Inhalten, beispielsweise bei Kultserien, über die sich Zuschauer nach der Rezeption austauschen wollen. Er stimmt daher nicht zu. Intermediationsthese I wird von drei Experten vollkommen zugestimmt. Mit der Einschätzung, dass auch neue Akteure „im Kleinen“ Markenführung und Programmauswahl wie TV-Sender leisten können und sich damit Nischenangebote etablieren können, stimmen zwei Experten der These nur teilweise zu. Der Intermediationsthese II wird von drei Experten nur bedingt zugestimmt: Infrastrukturanbieter versuchen zwar derartige Angebote zu etablieren, jedoch sei das Erlernen der Programmkompetenz sehr aufwändig, weshalb mit einer Spezialisierung der neuen Programmanbieter zu rechnen ist und somit hier keine unmittelbare Konkurrenz zum FreeTV entstünde. Zwei Experten stimmen der These vollkommen zu.

Mit nur einer „Nicht-Zustimmung“ können die ersten drei Thesen als bestätigt angesehen werden. Die in Teilen nur bedingte Zustimmung zu Intermediationsthese I und II unter Angabe von Ausnahmen, kann als grundsätzliche Bestätigung interpretiert werden, wenn auch das Bild offenbar noch nachzuschärfen ist, um diese Fälle erklären zu können.

## **7 Fazit**

Ziel des Beitrags war die Analyse des Einflusses von Innovationen im TV-Sektor auf die Wertschöpfungsstruktur der Branche. Es ließen sich drei Schnittstellen zwischen Intermediationsfunktionen identifizieren, an denen zukünftig Transaktionskosten entstehen oder steigen. Der Effekt dieser Änderung ist die Festigung (!) der bisherigen Position von TV-Sendern als Selektions- und Aggregationsakteure sowie das Entstehen von Diversifikationspotenzial sowohl für einen Sender hinsichtlich Personalisierungsleistungen, als auch für Infrastrukturanbieter hinsichtlich Contentaggregation. In Summe entspricht dies genau dem Gegenteil der bereits angesprochenen Erfahrungen aus der Musikindustrie: Anstelle der Disintermediation nimmt die Bedeutung der TV-Intermediäre im deutschen Markt eher zu. In Großbritannien und den USA, die typischerweise eine Vorreiterrolle bei technischen Innovation im Mediensektor einnehmen, zeigt sich übrigens ein ganz ähnliches Bild [Colw05].

## Literaturverzeichnis

- [AlSa98] Allen, F. ; Santomero, A. M.: The Theory of Financial Intermediation. In: Journal of Banking and Finance 21. Jg. (1998) Nr. 11/12, S. 1461-1485.
- [BeCS06] Becker, J. U.; Clement, M.; Schusser, O.: Peer-to-Peer-Netzwerke und die Generation Napster. In: Clement, M. and Schusser, O. (Hrsg.): Ökonomie der Musikindustrie. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2005, S. 201-214.
- [Born04] Bornemann, J.-U.: Das digitale Programmangebot werbefinanzierter Fernsehveranstalter. Arbeitspapiere des Instituts für Rundfunkökonomie an der Universität zu Köln, Köln 2004.
- [ChKa99] Chircu, A. M.; Kauffman, Robert J.: Strategies for Internet Middlemen in the Intermediation/Disintermediation/Reintermediation Cycle. In: Electronic Markets 9. Jg. (1999) Nr. 1/2, S. 109-117.
- [Clem04] Clement, M.: Fernsehen im Zeitalter von Networked Personal Video Recordern. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaftliche Forschung 12. Jg. (2004) Nr. 12, S. 760-779.
- [CISA05] Clement, Michel; Schneider, Holger; Albers, Sönke: Status Quo des Digitalen Fernsehens in Deutschland. In: Medienwirtschaft 2. Jg. (2005) Nr. 1, S. 1-12.
- [Colw05] Colwell, T.: Interaktives TV: Als Ergänzung zum traditionellen Fernsehen akzeptiert. In: Media Perspektiven 3 (2005) S. 125-133.
- [Eisn00] Eisner, Hubert: Möglichkeiten und Probleme von Electronic Program Guides. In: Kruse, J. (Hrsg.): Ökonomische Perspektiven des Fernsehens in Deutschland. Fischer, München 2000, S. 149-162.
- [Fing97] Fingleton, John: Competition between intermediated and direct trade and the timing of disintermediation. In: Oxford Economic Papers 49. Jg. (1997) Nr. 4, S. 543-556.



- [Herm02] Hermann, Michael: Vom Broadcast zum Personalcast: ökonomische Potenziale der Individualisierung audiovisueller Medienprodukte. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2002.
- [HePS05] Hess, Thomas; Picot, Arnold; Schmid, Martin: Intermediation durch interaktives Fernsehen: eine Zwischenbilanz aus ökonomischer Sicht. In: zu Salm, C. (Hrsg.): Zaubermaschine interaktives Fernsehen? TV-Zukunft zwischen Blümenträumen und Businessmodellen. Gabler, Wiesbaden 2005, S. 17-50.
- [HeWa06] Hess, Thomas; Von Walter, Benedikt: Toward Content Intermediation: Shedding New Light on the Media Sector. In: The International Journal on Media Management 8. Jg. (2006) Nr. 1, S. 2-8.
- [LöFa02] Löbbecke, Claudia; Falkenberg, Marcia: A Framework for Assessing Market Entry Opportunities for Internet-Based TV. In: International Journal on Media Management 4. Jg. (2002) Nr. 2, S. 95-104.
- [Pica02] Picard, Robert G.: The Economics and Financing of Media Companies. Fordham University Press, New York 2002.
- [QiSX05] Qiang, Xie; Shibao, Zheng; Xiaojing, Yu: A Smart-Card-based Conditional Access Subsystem Separation Scheme for Digital TV Broadcasting. In: IEEE Transactions on Consumer Electronics 51. Jg. (2005) Nr. 3, S. 925-932.
- [RuNi97] Ruhrmann, Georg; Nieland, Jörg-Uwe: Interaktives Fernsehen: Entwicklung, Dimensionen, Fragen, Thesen. Westdeutscher Verlag, Opladen 1997.
- [Scho00] Schoder, D.: Die ökonomische Bedeutung von Intermediären im Electronic Commerce. Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg 2000.
- [Schm05] Schmid, Martin: Die Abkehr vom synchronen Broadcast - Die Zersplitterung der Distributionskanäle im TV-Bereich und ihre Bedeutung für das Wertschöpfungs-system des Fernsehens. In: Rebenburg, K. (Hrsg.): NMI 2005 - Neue Medien der Informationsgesellschaft. Shaker Verlag, Aachen 2005, S. 259-281.

- [ScHe06] Schumann, Matthias; Hess, Thomas; Schumann, Hess: Grundfragen der Medienwirtschaft : eine betriebswirtschaftliche Einführung. 3., akt. und überarb. Auflage, Springer-Verl., Berlin u.a. 2006.
- [Schr95] Schrape, Klaus: Digitales Fernsehen: Marktchancen und ordnungspolitischer Regelungsbedarf. Fischer, München 1995.
- [SiRe97] Silberer, Günter; Rengelshausen, Oliver: Interaktive Werbung: Marketingkommunikation auf dem Weg ins digitale Zeitalter. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1997.
- [Sjur02] Sjurts, Insa: Strategien in der Medienbranche : Grundlagen und Fallbeispiele. 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden 2002.
- [Stie04] Stieglitz, Nils: Strategie und Wettbewerb in konvergierenden Märkten. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden 2004.
- [Stip04] Stipp, Horst: Der Zuschauer und das Bedürfnis nach Interaktivität: ein Blick in die USA. In: zu Salm, C. (Hrsg.): Zaubermaschine interaktives Fernsehen? : TV-Zukunft zwischen Blümenträumen und Businessmodellen. Gabler, Wiesbaden 2004, S. 121-127.
- [Thie00] Thielmann, Bodo: Strategisches Innovations-Management in konvergierenden Märkten : Medien- und Telekommunikationsunternehmen in Online-Diensten und im digitalen Fernsehen. Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden 2000.
- [WaHe05] Von Walter, Benedikt; Hess, Thomas: Content-Intermediation - Konzeption und Anwendungsgebiet. Arbeitsbericht 5/2005 des Instituts für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien der LMU München, München 2005.
- [Wirt05] Wirtz, Bernd W.: Medien- und Internetmanagement. 4. Auflage, Gabler, Wiesbaden 2005.
- [Yoff97] Yoffie, David B.: Chess and Competing in the Age of Digital Convergence. In: Yoffie, D. B. (Hrsg.): Competing in the Age of Digital Convergence. Harvard Business School Press, Harvard 1997, S. 1-36.

## **Einführung in den Track**

### **eServices: Anwendungen, Technologien und Management**

**Prof. Dr. Martin Bichler**

Technische Universität München

**Prof. Dr. Lutz Heuser**

SAP Research

**Prof. Dr. Peter Buxmann**

Technische Universität Darmstadt

Der Track fokussiert die folgenden Themengebiete:

- Dienstmodellierung, -komposition und -choreographie (BPEL, WSCI, WS-Security, etc.)
- Geschäftsprozessintegration ( Enterprise Service Bus, EAI, XML/EDI)
- Service-orientierte Architekturen in der Softwareentwicklung
- Prozesse und Methoden des IT-Service-Management
- Verrechnung von eServices (Utility Computing, etc.)
- Anwendungsszenarios, Geschäftsmodelle und betriebswirtschaftliche Bewertung

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Manfred Grauer, Universität Siegen

Prof. Dr. Stefan Kirn, Universität Hohenheim

Prof. Dr. Winfried Lamersdorf, Universität Hamburg

Dr. Heiko Ludwig (IBM Research)

Prof. Dr. Gustaf Neumann, WU Wien

Prof. Dr. Dirk Stelzer, Technische Universität Ilmenau

Dr. Tim Weitzel, Universität Bamberg

# Optimized Dynamic Allocation Management for ERP Systems and Enterprise Services

Valentin Nicolescu, Martin Wimmer, Raphael Geissler, Daniel Gmach, Matthias Mohr,

Alfons Kemper and Helmut Krcmar

Technische Universität München,  
85748 Garching b. München, Germany

{nicolesc|wimmerma|geisslra|gmach|mohrm|kemper|krcmar}@in.tum.de

## Abstract

To ensure the operability and reliability of large scale Enterprise Resource Planning Systems (ERP) and enterprise services, a peak-load oriented hardware sizing is often used, which results in low average utilization. The evaluation of historical load data revealed that many applications show cyclical resource consumption. The identification of load patterns can be used for static as well as dynamic allocation optimization.

In this paper we show the extraction of load patterns and present self-organizing service allocation concepts. This practical evaluation of theoretical adaptive computing concepts is of particular importance for the configuration of emerging service oriented architectures (SOA).

## 1 Introduction

Enterprise resource planning systems (ERP) undergo significant changes with regard to the hardware and software architecture: Clusters of commodity servers are displacing classical mainframe architectures and monolithic software systems are decomposed into smaller modular enterprise services. These new computing paradigms provide higher levels of flexibility, but also demand for new administration principles and more powerful resources resulting in an increased administration overhead [Erl05, 67]. Thereby, ERP systems have to respond with consistently low latency as requests are posted in a dialog mode. Thus, an integrated Quality of Service (QoS) management is an important issue for ERP systems and their services. User requests can vary according to the frequency they occur and the load they induce. Nevertheless,

using an aggregated view on the number of served users, ERP applications often show statistically periodic load characteristics.

In order to justify this theory, we analyzed the time dependent workload of monolithic ERP training systems (SAP R/3 Enterprise edition). Our contribution is an approach for the extraction of load patterns, which we evaluated on the basis of real-world monitoring data that was provided by the SAP Hochschul Competence Center (SAP HCC) at Technische Universität München (TUM). Furthermore we achieved to extract central monitoring data for realtime analysis and pattern identification purposes. Thus we focused on the runtime behaviour of a large ERP landscape. The cyclical behaviour of applications allows us to optimize the static application-to-server allocation and to supervise the deployment at runtime. Moreover, predictable critical situations like overload on servers can be prevented. Knowing the load characteristics of applications, those with complementary behavior can reliably be deployed onto the same servers.

## 2 Related Work

The analysis of monitoring data and the detection of application specific load characteristics are beneficial for the prediction of future system states. Such load patterns can be used to predict future resource requirements. A flexible architecture supporting the statistical evaluation of log data is presented in [BFBL05]. In [DiOH; SmFT98], CPU usage and application runtime have been evaluated and in [VaSh03] the data requirements of applications were examined. In this paper we present our pattern extraction algorithms by means of CPU monitoring data. Furthermore, we evaluated various log data like memory usage and quality of service parameters like the number of served users and application response times. These evaluations show that in particular business services oftentimes reveal quite regular behaviours. As shown in [HeZS01; RZAA04], load traces of such applications in many cases demonstrate clear daily and weekly patterns. In [ShHe00], also the trend and residual process of load traces was analyzed. Corresponding to the results presented in [CSCD05] and [CCDS05], our experience is that business applications oftentimes show future load demands that are similar to their requirements in the past, meaning that the trend process has minor impact on short-term forecasts. As we will show in this paper, load forecasts allow warning of potential critical situations, like service crashes and overload situations. Thus, sophisticated feedback and feedforward control mechanisms can

be realized [HDPT04]. For instance, in case of a server overload situation, servers that can satisfy the applications' resource requirements can be determined reliably. Future overload situations can be anticipated and avoided through a dynamic allocation management. The authors of [CZGS05] show how system state patterns can be extracted automatically at runtime. Failure diagnosis can be leveraged through the evaluation of such system "signatures". Case studies on the application of prediction schemes were presented in [VAHM02] and [XZSW06]. The forecasts of failures or anomalies have for example been analyzed in [CKFF02; KiFo04] and [BFBL05]. In [CKFF02; KiFo04], anomaly detection methods are employed to determine problems of internet services. In [BFBL05], the authors show, how HTTP logs can be analyzed and, e.g., certain site failures can be inferred from changes in the user behaviour. Monitoring and analysis of log data are crucial for the realization of self-organizing computing principles – also referred to as adaptive or autonomic computing [Horn01]. Astrolabe [ReBV03] is an example of a self-organizing computing infrastructure. It provides self-management computing concepts for distributed environments. Our main focus is rather on vast distributed applications than on classical intra-organizational enterprise resource planning (ERP) systems and enterprise grids. In [SGKK06] we presented our self-organizing computing infrastructure called AutoGlobe. AutoGlobe is a research prototype, used to evaluate upcoming adaptive computing trends, mainly by means of simulations. In the context of a long-term collaboration with the SAP HCC [MWNK06] – which is an application service provider for the academia (see Section 3) – self-organizing techniques examined in the AutoGlobe project are also step by step evaluated on the basis of productive systems. First results of this collaboration were presented in [WNGM06]. In this paper we present further technical details about the extraction of application load patterns and the current state of the collaboration. In particular, the evaluation of application load patterns, which we present in this paper, can constitute the basis for a sophisticated admission control [SeBH06].

The demand for flexible, self-organizing infrastructures stems from the requirement of enterprises to sooner react on changes of the market. Therefore, leading hardware and software vendors provide self-organizing products in their portfolio, like IBM Director [MeYa04], Sun N1 Grid [Sun06] or Fujitsu-Siemens FlexFrame [FuSi06]. The SAP HCC provides classical ERP (training) applications. But the evaluation results gained in this environment are supposed to apply to a large extent also to the emerging service oriented architectures [BeCT05; Erl05].

These provide higher levels of service flexibility, thus, supporting dynamic allocation schemes even more comprehensive than classical ERP systems.

### 3 Target Infrastructure

We examined the CPU load caused by the ERP training applications hosted by the SAP HCC at TUM. The SAP HCC acts as an application service provider (ASP) for academia [BIJa04]. As shown in Table 1, it provides support for 61 academic customers with an estimated number of about 18,400 users. An ERP training system in terms of the SAP HCC is typically an SAP R/3 Enterprise edition, which includes the classical enterprise functionalities. Some of these basic configurations are enhanced by business analytics covered by SAP's Business Warehouse (BW). We identified three different effects that determine the load curve of such an ERP training system [MoSK05].

- The basic characteristics can be described as a *long-term component*. For example the number of user requests is noticeably reduced during weekends and holidays. This effect can also be recognized in productive enterprise environments, with the load depending on the work time of the employees.
- *Short-term influences* can be identified by the kind of performed tasks that vary during a day depending on the users' work rhythm, e.g., the course structure. In an enterprise environment this effect can for example be seen, if sales representatives work in-house or a number of batch jobs are worked off.
- A third component describes *unusual workloads* that emerge when certain tasks are performed by all course participants simultaneously. In general, this does not apply to ERP production systems but for training environments like the one regarded in this work.



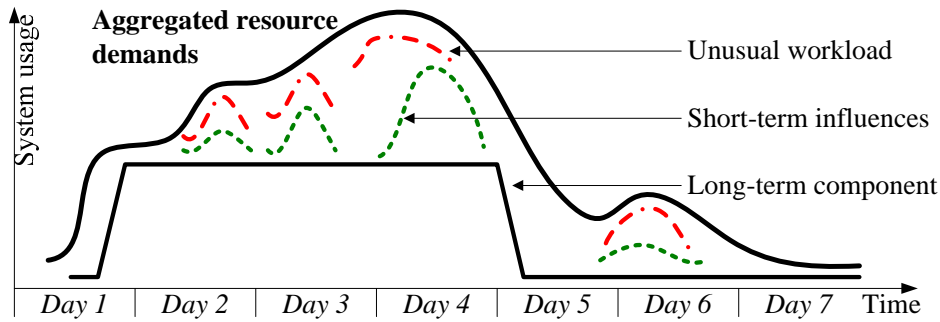


Figure 1: Schematic composition of a 7-day load pattern of an ERP training application

If several of these characteristics occur at the same time, a so-called *whiplash effect* can be observed, meaning that high load peaks appear after short build-up times (see Figure 1).

The SAP HCC employs a Blade server architecture that allows to be adaptively extended. Normally, each of the 55 SAP systems consists of several dialog instances (DI) and one central instance (CI). Initially, only one instance runs on each server. While the DIs can be allocated dynamically on the available hardware, the CI is by default statically assigned to one of the database servers. However, the static deployment can be changed easily due to virtual host names and an SAN infrastructure. The CI provides basic functionality, like dispatching user requests onto the available instances. The assignment of requests to instances can be parameterized. For example, the percentage of user requests for each instance can be defined.

<b>Institutions</b> (partially more than one per system)	Universities	13
	Schools for applied sciences	27
	Vocational schools	17
	University of cooperative education	3
	Total	61
	SAP systems	55
<b>Users</b>	Students	18,390
<b>Application servers</b>	Blade Servers (Sun B100s)	80
	Others (Sun T2000, V40z, X2100, X4200)	17
<b>DB servers</b>	Sun Fire V210, V240, V880, V890	50
<b>Storage</b>	RAID capacity	42 TB

Table 1: SAP HCC customers and infrastructure (June 2006)

Initially, the hardware allocation was done in a traditional, peak-load oriented way. Better, cost-effective results can be achieved by considering the characteristics of courses. In this regard, applications with statistically complementary load patterns are supposed to be allocated onto the same servers. Therefore, we analyzed the historical load information and extracted application specific load patterns. The protocolled load represents 15 min average-aggregates of CPU load

that was measured every 5 seconds. The basis for our experimental evaluation constitutes the monitoring data for 38 ERP training systems that was generated during a German summer semester (February to July). As the predominantly homogeneous HCC landscape is running in a separate subnet, allocation constraints regarding different subnets and performance of servers were not taken into account.

## 4 Extraction of Application Load Patterns and Application Classification

We developed a three-staged approach for the extraction and evaluation of load patterns. Thereby, we kept the parametrization at a minimum level – a prerequisite for its integration into a self-organizing infrastructure. During the *preprocessing phase* the historical load information is transformed into time series of equidistant sampling rate. Hypothetical load patterns are determined for each time series during the *analysis phase*. Finally, in the *classification phase*, the quality of the extracted patterns is estimated.

In our experiments we analyzed the CPU load induced by ERP systems of the SAP HCC, but our approach is not restricted to a certain notion of load. For example, memory usage or Quality-of-Service (QoS)-relevant parameters like response time, system throughput, or the number of served users can be handled as well. In the following paragraphs we therefore look at time series referring to generic historical load information.

### 4.1 The Preprocessing Phase

At runtime, all application instances are monitored and the load induced by them is logged. Let  $S$  be the set of all ERP training systems. In order to determine the characteristics of a certain ERP training system  $s \in S$ , the aggregated historical load information of all instances of  $s$  has to be determined. Thereby, in heterogeneous computing environments, the load induced on host machines of varying capability is considered through performance normalization. Consequently, for each system  $s$  an equidistantly sampled time series  $(l^{(s)}(t_i))_{1 \leq i \leq N}$  is calculated, representing its entire load influence over a monitored period of length  $T = t_N - t_1$ .

### 4.2 The Analysis Phase

The extraction of a load pattern proceeds under the assumption of the time series being cyclic. Whether this assumption holds is evaluated in the classification phase. The stages of the analy-

sis phase are exemplified for two time series in Figure 2. The left part of the figure represents an ERP training system with periodic characteristics, while the right part represents a system with irregular load characteristics. According to the classical additive component model, a time series consists of a trend component, a cyclical component, and a remainder, e.g., characterizing the influence of noise. The trend is a monotonic function, modelling an overall upwards or downwards development. We focus on the cyclical component that describes the periodic load characteristics of a system.

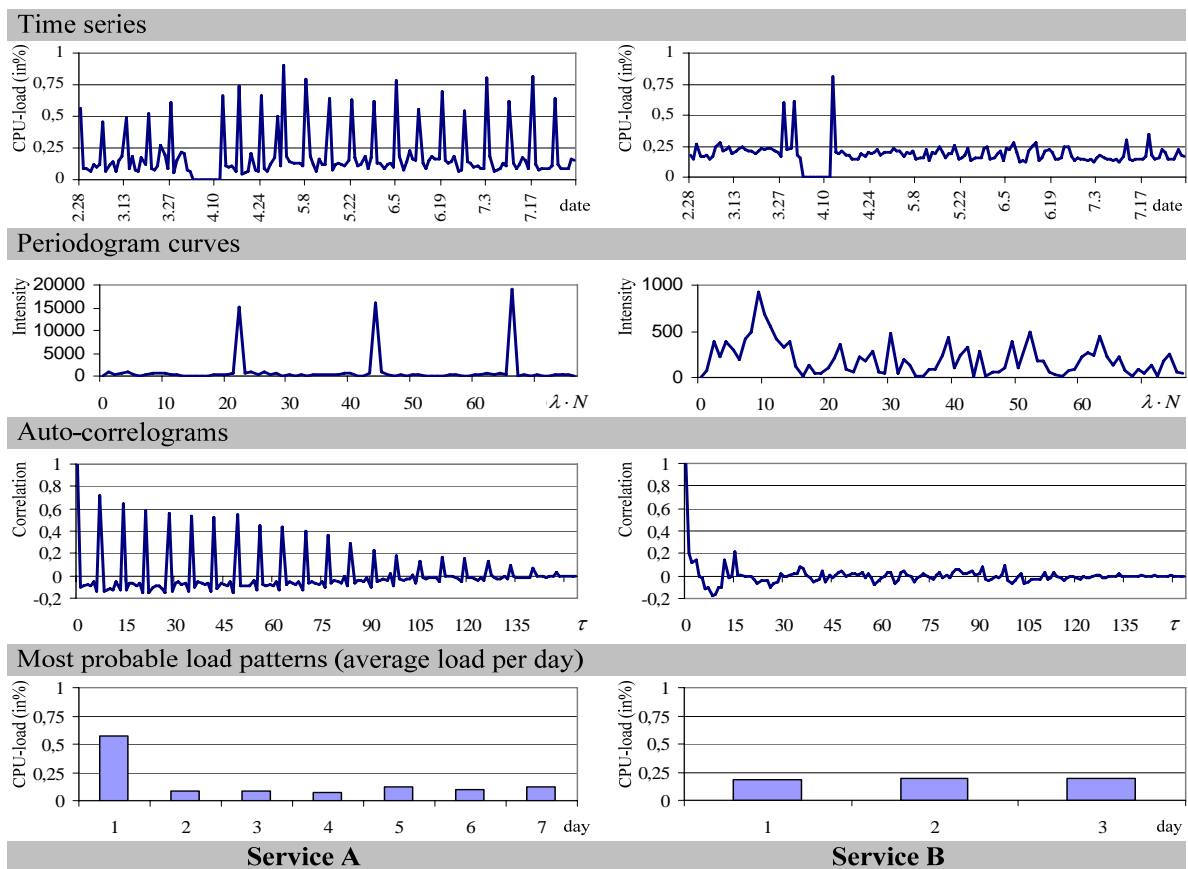


Figure 2: Illustration of the analysis phase – left: system with statistically period, right: system with irregular load characteristics

First, we determine the yet unknown duration of the load pattern, starting with the *evaluation of the periodogram function*: Via Fourier Transformation the time series can be represented as an overlay of harmonics. The periodogram function

$$I(\lambda) = \frac{1}{N} \cdot \left[ \sum_{1 \leq i \leq N} (l^{(s)}(t_i) - \bar{l}) \cos 2\pi\lambda i \right]^2 + \frac{1}{N} \cdot \left[ \sum_{1 \leq i \leq N} (l^{(s)}(t_i) - \bar{l}) \sin 2\pi\lambda i \right]^2 \quad (1)$$

defines the intensity, with which the harmonic of frequency  $\lambda > 0$  is present in the time series that is normalized by its average value  $\bar{l}$ . The most dominant frequencies provide information

about the duration of the potential pattern. Intuitively, if  $I$  has a local maximum at  $\lambda_m$ , then it is likely that there exists a pattern of length  $T \cdot \lambda_m$ . In general, taking the position of the global maximum (named  $\max_I$ ) is error-prone. Thus, we determine the set  $\Lambda = \{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$  of local maxima positions, with  $I(\lambda_j) > \max I/2$  for every  $1 \leq j \leq n$ . The local maxima positions are computed through evaluating the periodogram at  $i/N$  with  $1 \leq i \leq N/2$  (using Fast Fourier Transformation) and subsequent iterative approximation.

We then derive, which  $\lambda_j \in \Lambda$  determines the pattern duration. For this purpose we *evaluate the auto-correlation* ( $r_\tau$ ) that is defined as

$$r_\tau = c_\tau / c_0, \text{ with } \tau \in \mathbb{Z}, -N < \tau < N \text{ and } c_\tau = \frac{1}{N} \sum_{1 \leq i \leq N} (I^{(s)}(t_i) - \bar{l})(I^{(s)}(t_{i+\tau}) - \bar{l}) \quad (2)$$

The auto-correlation describes linear dependencies within the time series. If the auto-correlation shows local extrema at a quite regular lag  $\tau_e$  (see system A in Figure 2), it is a sign that there exists a temporal dependency of length  $\tau_e \cdot T / N$ . In a quite similar way as for the evaluation of the periodogram, we determine the set  $\Pi = \{\tau_1, \dots, \tau_m\}$  of significant local extreme positions.

As a next step, the compliance of the elements of  $\Lambda$  and  $\Pi$  is evaluated and the best matching  $\lambda^{(s)}$  is determined. Intuitively,  $\lambda^{(s)}$  is the best matching frequency, if the elements of  $\Pi$  exhibit a lag that is (approx.) equal to  $\lambda^{(s)} N$ , i.e.,  $\tau_j = j \cdot \lambda^{(s)} N$ . We estimate the relationship of  $\lambda \in \Lambda$  and  $\Pi$  through:

$$\delta(\lambda, \Pi) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{d_{\text{Cal}}(\lambda)}{\text{card}(\Pi)} \cdot \sum_{\tau \in \Pi} \left| \tau - \text{rnd} \left( \frac{\tau}{\lambda N} \right) \cdot \lambda N \right| \quad (3)$$

In the above definition,  $\text{rnd}$  is the rounding operation and  $\text{card}$  determines the cardinality of a finite set.  $d_{\text{Cal}}(\lambda)$  is used to take calendar specific time periods into account, what will be discussed in more detail below. Let  $\lambda^{(s)}$  be the frequency that minimizes  $\delta$ , i.e.,

$\delta^{(s)} \stackrel{\text{def}}{=} \delta(\lambda^{(s)}, \Pi) = \min\{\delta(\lambda, \Pi) \mid \lambda \in \Lambda\}$ . Assuming that  $s$  shows periodic characteristics,

$T_1^{(s)} \stackrel{\text{def}}{=} T \cdot \lambda^{(s)}$  is considered to be the most probable duration of the load pattern.

ERP training systems and business processes typically show a periodicity which is a multiple of hours, days, weeks and so forth. Due to unavoidable computational inaccuracies and the influence of noise,  $T_1^{(s)}$  can diverge from the actual period. Thus, we perform a *comparison to cal-*

*endar specific periods*. Therefore, a rounding operation is required that determines the nearest calendar interval for  $T_1^{(s)}$ . As core intervals, hours, days, and weeks are used. When calculating the best matching calendar dependent interval, longer core intervals are prioritized, e.g., the approximation of  $13\frac{1}{2}$  days by two weeks is favored compared to 14 days and especially compared to 324 hours. Let  $T_2^{(s)}$  denote the best matching period regarding  $T_1^{(s)}$ . The enforcement of calendar related periods is also expressed in the above definition of  $\delta$  by the weight  $d_{cal}(\lambda)$ . There,  $d_{cal}(\lambda)$  describes the difference of  $\lambda \cdot T$  and the best matching calendar interval relative to the respective core interval.

Finally, two *patterns are extracted* from the original time series with respect to the supposed pattern durations  $T_1^{(s)}$  and  $T_2^{(s)}$ . One possible approach is to take extracts of the respective lengths out of the original time series. The approach we follow, is to take the average over the pattern occurrences within the time series. In order to reduce the influence of noise and computational inaccuracies, the starting points of pattern recurrences have to be determined reliably. Candidates for distinctive starting points mark significant changes of the derivation. Figure 3 illustrates the proceeding for selecting the  $k^{th}$  starting point. Let  $(t, l)$  be the supposed starting point according to the estimated pattern duration, i.e.,  $t = t_1 + k \cdot T_1^{(s)}$  or  $t = t_1 + k \cdot T_2^{(s)}$ . Instead of approximating the derivation function, we use a more descriptive geometric approach: The distinctive starting point  $(t', l')$  in the figure is determined as the point with the maximum distance  $\varepsilon$  to the line, which is determined by  $(t, \bar{l})$  and the local extremum  $(t_e, l_e)$  (with  $l_e > \bar{l}$  in case of a local maximum and  $l_e < \bar{l}$  in case of a local minimum). Having determined the starting points, patterns  $P_1^{(s)}$  and  $P_2^{(s)}$  that refer to  $T_1^{(s)}$  and  $T_2^{(s)}$  are extracted as the average over the respective occurrences. Thus, patterns are time series as well, but (e.g., through interpolation) they can be seen as functions  $\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ , with timestamps as input parameters (e.g., milliseconds and thus  $\in \mathbb{N}$ ). The quality of a pattern  $P = (l_p(t))$  is defined as the normalized distance to the original time series, estimated as  $\Delta(P) = \frac{1}{N} \sum_{1 \leq i \leq N} |l^{(s)}(t_i) - l_p(t_i)|$ . The best matching pattern  $P^{(s)}$  is the one with

$$\Delta^{(s)} \stackrel{def}{=} \Delta(P^{(s)}) = \min\{\Delta(P_1^{(s)}), \Delta(P_2^{(s)})\}. \quad (4)$$

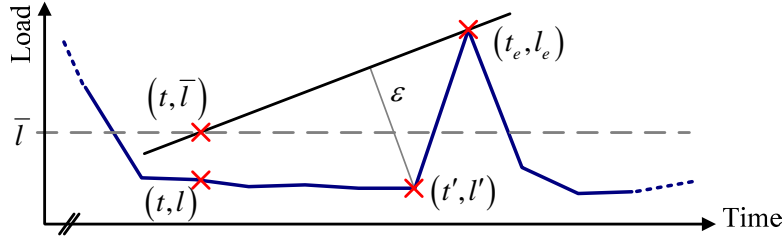


Figure 3: Detection of significant starting points

### 4.3 The Classification Phase

Separating time series with cyclical characteristics from those without is done in the classification phase. The likelihood for a time series (denoting the load induced by an ERP training system  $s \in S$ ) showing a characteristic cyclical component is estimated by

$$\Omega^{(s)} \stackrel{\text{def}}{=} \omega \cdot \overbrace{\delta^{(s)} / \max\{\delta^{(s')} \mid s' \in S\}}^{\text{compliance of periodogram and auto-correlation}} + (1 - \omega) \cdot \overbrace{\Delta^{(s)} / \max\{\Delta^{(s')} \mid s' \in S\}}^{\text{pattern quality}}. \quad (5)$$

$\omega \in [0,1]$  is a weighting factor and in fact the only parameter that has to be chosen for pattern extraction. In our experiments, we used  $\omega = 0.5$ .

The lower  $\Omega^{(s)}$ , the higher the probability of  $s$  inducing statistically periodic load. Using a classical Lloyd-Max quantizer, the services are clustered.

### 4.4 Experimental Results

We evaluated the characteristics of 38 ERP training systems based on monitoring data that was generated during a German summer semester. As mentioned in Section 3, the examined time series represent the aggregated CPU load that was measured on the application servers. Our evaluation showed that CPU load is more suitable for detecting cyclical characteristics than other monitoring data like the number of registered users. We calculated three application clusters: Regarding their likelihood of showing periodic characteristics, we classified the ERP training systems as *periodic*, *fuzzy* and *non-periodic*. Considering Figure 2, system A is classified as *periodic*, while system B is *non-periodic*. The periodogram and auto-correlogram diagrams support this decision: Considering system A the graphs reveal a regular behavior in contrast to the diagrams for system B. Table 2 gives an overview of the results we gained based on the evaluation of CPU monitoring data.

The ranking of applications is useful for the static deployment as discussed in the next section. The table below illustrates that for 23 of the 25 ERP systems that were classified as *periodic* or *fuzzy* 7-day-patterns were determined, which corresponds to the nature of courses. For two of the ERP training systems patterns of length 30 days, respectively 33 days were determined. In contrast to more traditional pattern recognition applications, like image processing, wrongly classified patterns do not have such a strong impact on the optimization technique: False negatives, i.e., services that were not classified as periodic though they actually reveal a cyclical characteristics, reduce optimization possibilities, as for them a standard peak-load oriented distribution will be applied, but do not prohibit optimization at all. False positives, i.e., services that were classified as periodic although they show more or less unpredictable characteristics, are tolerable through the dynamic allocation management that is described in Section 5.2.

Cluster sizes	Periodic	17
	Fuzzy	8
	Non-periodic	13
	<b>Total</b>	<b>38</b>
Pattern lengths	7-days	23
	More than 30 days	2

Table 2: Experimental results

## 5 Self-organizing Allocation Management

We make use of application-specific load patterns to optimize the application-to-server allocation of large scale ERP landscapes. This idea was developed in the AutoGlobe project [SGKK06]. AutoGlobe is a research project focusing on the design and evaluation of self-organizing computing concepts for emerging service oriented architectures.

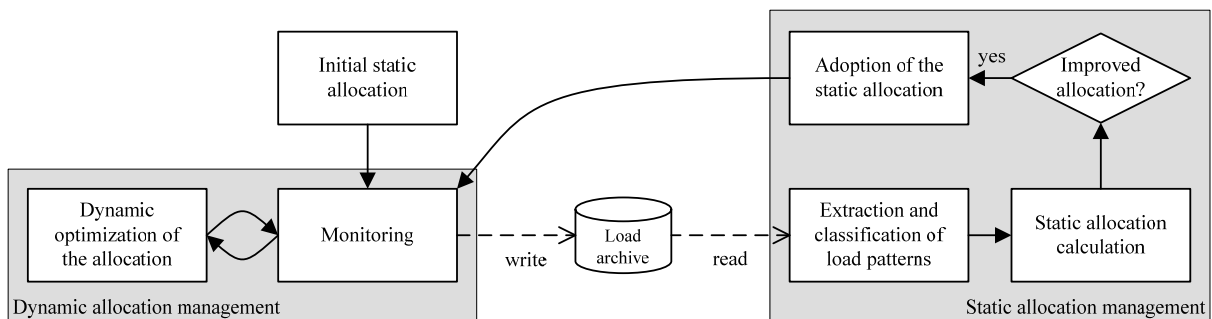


Figure 4: The AutoGlobe framework

Our aim is to successively integrate self-organizing computing techniques into the SAP HCC infrastructure for (semi-) automatic allocation optimization. The goal of bringing AutoGlobe and the SAP HCC together is to reduce hardware and maintenance costs and to evaluate theoretical concepts by means of a real world application scenario. Figure 4 illustrates the basic concepts of the AutoGlobe framework that are grouped into techniques for static and dynamic allocation optimization.

### 5.1 Static allocation management

Initially, a system is typically set up with a predefined configuration, e.g., designed by the system administrator. Alternatively, if further knowledge about the characteristics of applications is given, AutoGlobe can calculate an initial static allocation. A prerequisite for the computation of a static application-to-server allocation is knowledge about the estimated behavior of applications. Therefore, the load induced by the different ERP training systems is monitored at runtime and protocolled in a load archive. The historical load information is then analyzed and course specific load patterns are determined as described in the previous section. If no load pattern can be determined for an ERP training system, either the average, or for more pessimistic estimations the maximum of the time series is used. By use of these load characteristics, an optimized static allocation for a predefined timeframe is calculated. In this regard, optimized means that the workload will be almost balanced and especially critical situations like overloaded systems will be prevented. One further optimization criterion is that the available hardware shall not be lavishly utilized. That is, hardware, which can be used for further applications, has to be determined.

Let  $C$  denote the set of available servers and  $S$  the set of ERP training systems, i.e., applications. In our setting, the elements of  $C$  represent Blade servers as presented in Section 3. Finding the optimal static allocation then is in  $O(\text{card}(C)^{\text{card}(S)})$  a complexity that cannot be handled in the general case. Therefore, we employ a greedy approach that successively assigns the systems  $s \in S$  to the servers, whereby the systems are ranked according to the quality of their patterns as motivated in Section 4.4. One necessary parameter of the greedy heuristics is the *allocation limit* (AL), which determines the upper bound of resource utilization, e.g., the maximum percentage of processor load. Any resource utilization higher than AL will be considered as overload situation.



Let  $T$  be the duration of the time period, for which a static allocation has to be calculated. Suppose that some systems have already been assigned to the available servers and that the next system to be deployed is  $s \in S$ . The load induced by  $s$  is described by the pattern  $(l^{(s)}(t))_{1 \leq t \leq T}$ . Analogously,  $(l^{(c)}(t))_{1 \leq t \leq T}$  represents the aggregated load scheduled for systems that are already allocated on server  $c \in C$ . As mentioned in the previous section, these time series are normalized. The load increase on server  $c$ , when allocating  $s$  on it, is estimated by:

$$\Delta(s, c) \stackrel{\text{def}}{=} \max_{1 \leq t \leq T} (l^{(c)}(t) + l^{(s)}(t)) - \max_{1 \leq t \leq T} (l^{(c)}(t)) \quad (6)$$

The so-called *best-match-server* is the one that minimizes cost function (6). In case all servers show a resource utilization higher than AL, the server with minimal exceedance is chosen. The greedy heuristics terminates when all systems have been allocated and, thus, a new static allocation is determined. Figure 5 shows the AutoGlobe user interface and illustrates the optimization calculation. The right part of the image shows two exemplary application patterns. As these reveal somehow complementary characteristics (system A shows a load peak on Monday, while system B has peaks on Tuesday and Friday) they can well be allocated on one host.

AutoGlobe supports optimized allocations to be applied automatically, e.g., at regular maintenance intervals. At the test stage, the allocations calculated by the AutoGlobe framework are used as recommendations. Before adapting the allocation, AutoGlobe evaluates, whether the new allocation provides significant benefit and is thus worth being applied. Therefore, the actual application-to-server assignment is compared with the new alternative considering the expected overload and idle situations and the administrative costs for modifying the system landscape (e.g., application downtimes).

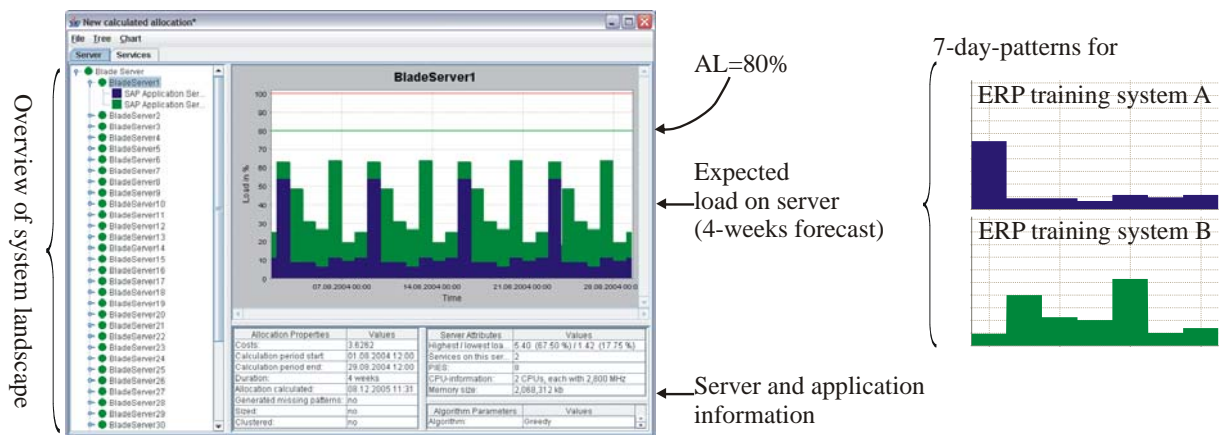


Figure 5: AutoGlobe-GUI: shown is an example for an allocation of two applications onto one server

## 5.2 Dynamic allocation management

Though a reliable static deployment has been arranged, still unforeseeable situations like crashes of applications, overload situations due to wrongly classified patterns or the start of further systems for additional courses can occur and have to be handled. Therefore, the system is supervised by a controller that reacts on exceptional situations. For example, in case of system breakdowns applications have to be restarted automatically. If an overload situation is detected, i.e., user requests can't be handled sufficiently because a training system  $s$  is executed on an overloaded host  $c$ , the controller calculates recommendations to remedy the situation. Depending on the flexibility the application provides, it is suggested to either start additional instances of  $s$  on other servers or to move instances onto a new host that provides enough free computational resources. For the selection of an appropriate host, load patterns are evaluated for estimating the load on hosts within  $[t, t + \Delta t]$  for  $t$  being the time the exception occurs and  $\Delta t$  being a predefined look-ahead period. The best matching host is the one, on which an additional instance of  $s$  does not cause an exceptional situation during  $[t, t + \Delta t]$  and the load increase is at minimum according to cost estimation (6). In case such a host does not exist, the system cannot react and a warning message is created. When an ERP system is split into several instances, the dispatcher assigns user requests to instances of  $s$  depending on the performance of the host machines these instances are running on (see Section 3).

The described approach is exception-triggered, i.e., the controller reacts in case of an exceptional situation. Moreover, predictive and proactive capabilities are provided through load-forecasting by regularly estimating the load induced on hosts  $c \in C$  in between  $t$  and  $t + \Delta t$ . In case overload situations are predicted, either warning messages are created, or in the sense of an automatism, the system reacts by autonomously migrating applications or starting additional instances.

The first step towards an automatic realtime service allocation, is the access to performance data of the HCC system landscape. Therefore we built a Java based interface to the central monitoring system of the landscape. Within this system all performance data is collected and stored in the SAP Central Performance History (CPH). The interface was built using the library SAP Java Connector, which provides access to the SAP development platform via Java. This interface can be used to extract real-time monitoring data, e.g. CPU performance data, from an ERP system for dynamic as well as for static allocation optimization. The current version of the realtime analyzing tool provides a wizard for the configuration of the connection parameters, the polling

intervall and the type of monitoring data to be transferred, e.g. CPU performance or number of users logged on. After closing the wizard, the monitoring values are extracted from the central monitoring system and the received values are analyzed regarding their periodical load patterns. In a final step these, patterns and analysis parameters are shown in a graphical user interface. Thus the methods that compute the patterns can be verified visually and the practical use can be tested.

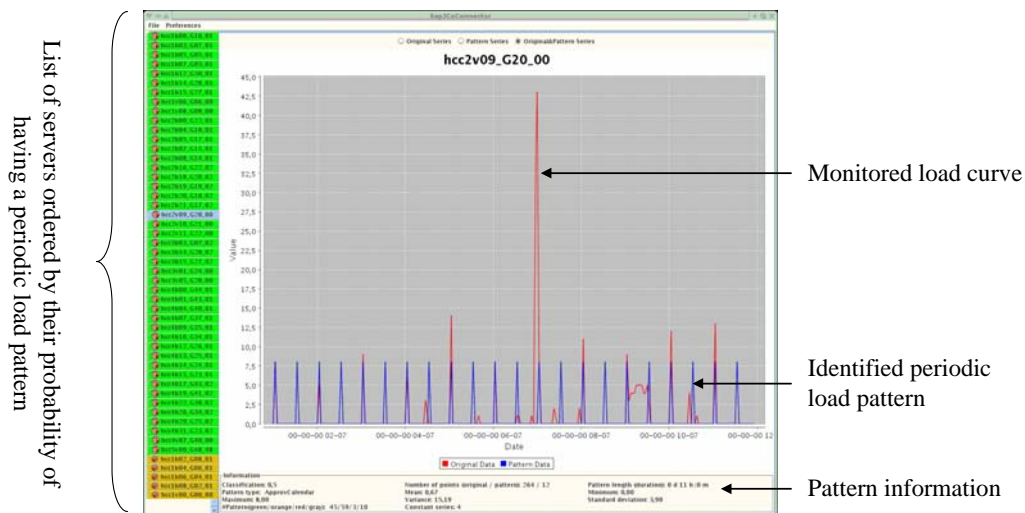


Figure 6: Identified load pattern within the GUI of the realtime analyzing tool

In the next phase, AutoGlobe’s optimization and allocation capabilities will be combined with the realtime analyzing tool to supervise the SAP HCC system in order to create realtime recommendations for allocating systems respectively services. These recommendations based on decision rules will then be further controlled by a system administrator prior to their realization. Later on, the reaction process shall be automated as far as possible.

## 6 Conclusion and Future Work

The extensive evaluation of the SAP HCC monitoring data supports our assumption that many applications exhibit periodic performance characteristics, which can be used to optimize the application-to-server allocation and, thus, to achieve a better balanced system landscape. Using our pattern classification approach, we are able to automatically identify system clusters that show a reliable cyclical behaviour and to separate them from applications with more or less unpredictable load behavior. This helps to reduce hardware costs as combinations of applications onto the same servers can be determined reliably. Thus, free resources are identified which

can be used for additional applications or economized, e.g., by ordering less resources from an ASP. Regarding the SAP HCC landscape, we were able to automatically classify applications that relate to regularly held courses, which allows a sophisticated analysis and revision of the application deployment. Currently, we are working on a tighter integration of the AutoGlobe system into the HCC landscape, which will help to reduce hardware and maintenance costs. Our intention is to autonomously supervise the ERP training systems, to monitor their “health”, report system breakdowns and to calculate optimization propositions. These can be evaluated and confirmed by the system administrator, who can decide to apply them. This will allow us to prove theoretical adaptive computing techniques in a representative real world ERP environment and to evaluate, how far automatism for system administration can be driven.

The SAP HCC is a service provider for academia, but classical ERP systems are likely to reveal applications with periodic characteristics as well. Concrete examples are classical OLTP applications with regard to financial operating services (FI) or the logistics execution system (LES). Therefore, the results obtained in the academic field of application will also provide vital benefits for load-balancing requirements of classical ERP landscapes in particular hosted ERP applications. Currently, monolithic ERP systems still dominate enterprise system landscapes and restrict a flexible application-to-server allocation. It becomes apparent that a lot of such systems will be replaced by service oriented architectures (SOA), like SAP’s Enterprise Service Architecture (ESA) with its underlying technology platform SAP NetWeaver. Such an enterprise grid architecture provides a higher level of modularity by successively decomposing monolithic applications into fine-grained services that can be allocated in a more flexible way. These services are cleanly partitioned and consistently represented software components [Erl05]. Due to the split-up of applications into a multitude of services the need for intelligent and highly adaptive allocation management will gain in importance.

Our analysis is a step towards evaluating adaptive computing concepts for SOA. We analyzed the characteristics of applications of a large scale academic landscape with a multitude of individual systems. The multitude of systems/services is also characteristic for SOA and it is likely that many enterprise services show cyclical load characteristics as the regarded ERP training systems do. Thus, we assume that the obtained results are also applicable for a pure service oriented approach. Nevertheless, an in-depth analysis of the described concepts for SOA remains as future work.

## Bibliography

- [BeCT05] Benatallah, B.; Casati, F.; Traverso, P. (Ed.). (2005). *Proceedings of Third International Conference Service-Oriented Computing – ICSOC 2005, Amsterdam, The Netherlands, December 12-15, Springer 2005*.
- [BFBL05] Bodik, P.; Friedman, G.; Biewald, L.; Levine, H.; Candea, G.; Patel, K.; Tolle, G.; Hui, J.; Fox, A.; Jordan, M.I.; Patterson, D. (2005). *Combining Visualization and Statistical Analysis to Improve Operator Confidence and Efficiency for Failure Detection and Localization*. In: *Proceedings of Second International Conference on Autonomic Computing 2005 (ICAC 2005)*, 89-100.
- [BlJa04] Bleek, W.-G.; Jackewitz, I. (2004). *Providing an E-Learning Plattform in a University Context - Balancing the Organisational Frame for Application Service Providing*. In: *Proceedings of 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Los Alamitos, CA*
- [CCDS05] Castellanos, M.; Casati, F.; Dayal, U.; Shan, M.-C. (2005). *A Platform for Business Operation Management*. In: *Proceedings of 21st International Conference on Data Engineering 2005 (ICDE 2005)*, 5.-8.04.2005 1084-1095
- [CKFF02] Chen, M.; Kiciman, E.; Fratkin, E.; Fox, A.; Brewer, E. (2002). *Pinpoint: Problem determination in large, dynamic internet services*. In: *Proceedings of Dynamic Internet Services: International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN'02)*, 595-604.
- [CSCD05] Castellanos, M.; Salazar, N.; Casati, F.; Dayal, U.; Shan, M.-C. (2005). *Predictive Business Operations Management*. In: *Proceedings of Databases in Networked Information Systems (DNIS 2005)*, 4th International Workshop, Aizu-Wakamatsu, Japan, 28.-30.03.2005, 1-14.
- [CZGS05] Cohen, I.; Zhang, S.; Goldszmidt, M.; Symons, J.; Kelly, T.; Fox, A. (2005). *Capturing, indexing, clustering, and retrieving system history*. In: *Proceedings of 20th ACM symposium on Operating systems principles, Brighton, United Kingdom*, 105-118.
- [DiOH] Dinda, P.A.; O'Hallaron, D.R. (1999). *An Evaluation of Linear Models for Host Load Prediction*. In: *Proceedings of HPDC '99: The 8th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing*, 87-96.
- [Erl05] Erl, T. (2005). *Service-Oriented Architecture - Concepts, Technology, and Design*, New York: Prentice Hall.
- [FuSi06] Fujitsu-Siemens (2006). FlexFrame for Oracle, [http://www.fujitsu-siemens.com/campaigns/flexframe\\_oracle/index.html](http://www.fujitsu-siemens.com/campaigns/flexframe_oracle/index.html), Accessed at: 2006-07-12.
- [HDPT04] Hellerstein, J.L.; Diao, Y.; Parekh, S.; Tilbury, D.M. (2004). *Feedback Control of Computing System*: Wiley-IEEE Press.
- [HeZS01] Hellerstein, J.L.; Zhang, F.; Shahabuddin, P. (2001). A Statistical Approach to Predictive Detection. *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 35(1), 77-95.
- [Horn01] Horn, P. (2001). Autonomic computing: IBM's perspective on the state of information technology, *IBM Corporation*, [http://www.research.ibm.com/autonomic/manifesto/autonomic\\_computing.pdf](http://www.research.ibm.com/autonomic/manifesto/autonomic_computing.pdf), Accessed at: 2006-07-10.
- [KiFo04] Kiciman, E.; Fox, A. (2004). Detecting application-level failures in component-based internet services. *IEEE Trans Neural Netw.*, 16(5), 1024-1041.

- [MeYa04] Melenovsky, M.; Yang, J. (2004). IBM Director : Driving Efficiencies in Scale-Out Computing, IDC, [http://www-8.ibm.com/my/express/IDC\\_Sys\\_Mgt\\_WhitePaper\\_0324.pdf](http://www-8.ibm.com/my/express/IDC_Sys_Mgt_WhitePaper_0324.pdf), Accessed at: 2006-07-12.
- [MoSK05] Mohr, M.; Simon, T.; Krcmar, H. (2005). *Building an Adaptive Infrastructure for Education Service Providing*. In: *Proceedings of Wirtschaftsinformatik 2005*. eEconomy, eGovernment, eSociety, Bamberg, 847-859.
- [MWNK06] Mohr, M.; Wittges, H.; Nicolescu, V.; Krcmar, H.; Schrader, H. (2006). Einbindung und Motivation informeller Multiplikatoren im IT-Training am Beispiel Education Service Providing. *Wirtschaftsinformatik-Ausbildung mit SAP®-Software - Publikation zum Track der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006 in Passau*, 1-24. Lohmar: Joseph Eul Verlag.
- [ReBV03] Van Renesse, R.; Birman, K.P.; Vogels, W. (2003). Astrolabe: A robust and scalable technology for distributed system monitoring, management, and data mining. *ACM Trans. Comput. Syst.*, 21(2), 164-206.
- [RZAA04] Rolia, J.; Zhu, X.; Arlitt, M.; Andrzejak, A. (2004). Statistical service assurances for applications in utility grid environments. *Performance Evaluation*, 58(2+3), 319-339.
- [SeBH06] T.Setzer; Bichler, M.; Hühn, O. (2006). Adaptive Zugriffskontrollverfahren - Ein Entscheidungsmodell für die Kontrolle des Zugriffs auf gemeinsam genutzte IT-Infrastrukturen. *Wirtschaftsinformatik*, 48(4).
- [SGKK06] Seltzsa, S.; Gmach, D.; Krompass, S.; Kemper, A. (2006). *AutoGlobe: An Automatic Administration Concept for Service-Oriented Database Applications*. In: *Proceedings of 22nd International Conference on Data Engineering, ICDE 2006*, Atlanta, GA, USA, 3.-8. April, 90.
- [ShHe00] Sheng, D.; Hellerstein, J.L. (2000). Predictive Models for Proactive Network Management: Application to a Production Web Server. *NOMS 2000 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*.
- [SmFT98] Smith, W.; Foster, I.; Taylor, V. (1998). *Predicting Application Run Times Using Historical Information*. In: *Proceedings of IPPS/SPDP '98: Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing*, 122-142.
- [Sun06] Sun Microsystems (2006). Sun N1 Software, Sun, <http://www.sun.com/software/n1gridsystem/>, Accessed at: 2006-07-12.
- [VAHM02] Vilalta, R.; Apte, C.V.; Hellerstein, J.L.; Ma, S.; Weiss, S.M. (2002). Predictive algorithms in the management of computer systems. *IBM Systems Journal*, 41(3), 461-474.
- [VaSh03] Vazhkudai, S.; Schopf, J.M. (2003). Using Regression Techniques to Predict Large Data Transfers. *International Journal of High Performance Computing Applications*, 17(3), 249-268.
- [WNGM06] Wimmer, M.; Nicolescu, V.; Gmach, D.; Mohr, M.; Kemper, A.; Krcmar, H. (2006). *Evaluation of Adaptive Computing Concepts for Classical ERP Systems and Enterprise Services*. In: *Proceedings of IEEE Joint Conference on E-Commerce Technology and Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services (CEC'06 and EEE'06)*, San Francisco, California, June 26-29, 352-355.
- [XZSW06] Xu, W.; Zhu, X.; Singhal, S.; Wang, Z. (2006). *Predictive control for dynamic resource allocation in enterprise data centers*. In: *Proceedings of 10th IEEE/IFIP Network Operations & Management Symposium (NOMS'06)*, Vancouver, Canada, 3.-7. April 2006

# Analyse des Beitrages von Axiomatic Design zum Entwurf Serviceorientierter Architekturen

René Fiege, Dirk Stelzer

Fachgebiet für Informations- und Wissensmanagement  
Technische Universität Ilmenau  
98693 Ilmenau  
rene.fiege@tu-ilmenau.de, dirk.stelzer@tu-ilmenau.de

## Abstract

Axiomatic Design (AD) ist eine Methode, die den Entwurf beliebiger Systeme unterstützen kann. AD hilft, Anforderungen klar voneinander abzugrenzen und es unterstützt die Entwicklung von Systemen, deren Komponenten eine überschaubare Komplexität aufweisen und weitgehend unabhängig voneinander sind. Diese Ziele des AD korrespondieren mit wesentlichen Architekturzielen für Serviceorientierte Architekturen (SOA), nämlich „ausgewogene Granularität“, „lose Kopplung“ und „hohe Autonomie“ von Services. In diesem Papier analysieren wir, welchen Beitrag AD zum Entwurf von SOA leisten kann. Anhand eines Fallbeispiels untersuchen wir, inwiefern AD helfen kann, Services zu entwerfen, welche eine ausgewogene Granularität aufweisen und die in sich autonom und untereinander lose gekoppelt sind.

## 1 Einleitung

Serviceorientierte Architekturen (SOA) sollen es ermöglichen, wandlungsfähige bzw. „agile“ Architekturen für Informationssysteme (IS) zu realisieren, so dass diese leicht an neue Anforderungen angepasst werden können [SiHu2005, 71 ff.; ZiTP2003]. In SOA werden so genannte Services einer Vielzahl von Teilnehmern zur Nutzung bereitgestellt. Services kapseln wiederverwendbare Funktionen. Sie sollen lose gekoppelt sein und je nach Bedarf zu beliebigen Anwendungen zusammengestellt werden können [DJMZ2005, 7 ff.].

Das SOA-Konzept ist relativ jung und befindet sich immer noch in einer Phase der Erprobung und Weiterentwicklung [Erl2005, 72]. Obwohl es bereits einige viel versprechende Modelle zur Unterstützung von Entwurf, Implementierung, Betrieb und Wartung serviceorientierter Systeme gibt [z. B. BuGa2005; EAAC2004, 83 ff.; Erl2005, 359 ff.; KoHB2005; LaMB2005; MaBe2006, 99-149], sind verschiedene Herausforderungen bisher nicht zufrieden stellend gelöst worden. Hierzu gehört unter anderem, wie Services mit einer ausgewogenen Granularität entworfen werden können und wie bereits im Entwurf darauf hingewirkt werden kann, dass Services entstehen, welche in sich möglichst autonom und untereinander lose gekoppelt sind. Die Architekturziele ausgewogene Granularität, lose Kopplung und hohe Autonomie der Services sind wichtig, um die Wiederverwendbarkeit und Komponierbarkeit der Services zu erhöhen [BuGa2005, 602; Erl2005, 290 ff.].

Axiomatic Design (AD) ist eine Methode zur strukturierten Gestaltung von Objekten<sup>1</sup> [Suh2001]. Urheber und Anwender von AD behaupten, dass diese Methode geeignet ist, Systeme zu entwerfen, deren Komponenten (a) eine überschaubare Komplexität aufweisen sowie (b) weitgehend unabhängig voneinander sind und dass (c) Anforderungen an das zu entwerfende System klar voneinander abgegrenzt werden können [Suh2001, 29 ff.]. Diese Ziele des AD korrespondieren mit den Architekturzielen für SOA.

Ziel dieses Beitrages ist es zu überprüfen, inwiefern AD dazu beitragen kann, die oben genannten Architekturziele beim Entwurf von SOA zu erreichen. Hierzu werden zunächst Architekturziele für SOA vorgestellt. Anschließend stellen wir Grundlagen des AD dar und demonstrieren mit Hilfe einer Fallstudie, wie AD im Rahmen des Entwurfs von SOA eingesetzt werden kann. Im Anschluss analysieren wir den Beitrag von AD für den Entwurf von SOA kritisch. Dabei legen wir insbesondere dar, in wie weit AD helfen kann, die oben genannten Architekturziele zu erreichen. Der Beitrag wird mit einer kurzen Zusammenfassung und einem Ausblick abgeschlossen.

## **2 Architekturziele Serviceorientierter Architekturen**

Architekturziele repräsentieren Prinzipien, die eine SOA charakterisieren [Erl2005, 290]. Diese Ziele müssen bereits im Entwurf berücksichtigt werden, damit sie sich in der resultierenden

---

<sup>1</sup> Objekte können Materialien, beliebige Systeme, Software, Hardware, strategische Geschäftspläne, Organisationen und Prozesse sein.



Architektur widerspiegeln. Typische Architekturziele von SOA sind: Wiederverwendbarkeit und Komponierbarkeit sowie angemessene Granularität, lose Kopplung, hohe Autonomie, Zustandslosigkeit, Auffindbarkeit, Abstraktheit, Interoperabilität, Geschäftsorientiertheit, Nachhaltigkeit, Neutralität und wohldefinierter Servicekontrakt [BuGa2005, 602; DJMZ2005, 9; EKAP2005, 28; EMPR2005, 3-4; Erl2005, 290; MaBe2006, 39 ff.; SiHu2005, 76-77]. Wir beschränken uns in diesem Beitrag auf fünf dieser Architekturziele. Diese Ziele und ihre Zusammenhänge sind in Abb. 1 zusammengefasst.

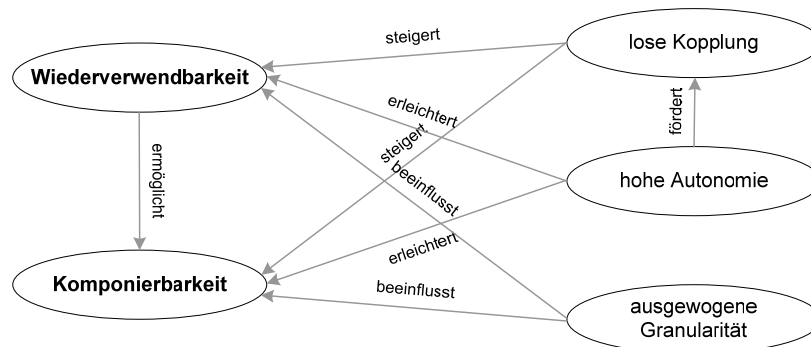


Abb. 1: Wesentliche Architekturziele Serviceorientierter Architekturen

Eines der wichtigsten Architekturziele ist die Wiederverwendbarkeit der Services. Sie sollte möglichst hoch sein, damit die SOA an Änderungen von Anforderungen ohne unangemessen hohen Entwicklungsaufwand angepasst werden kann [Erl2005, 292]. Damit unterstützt die Wiederverwendbarkeit auch die Agilität einer SOA, also die Leichtigkeit, mit der sich Änderungen oder Erweiterungen einer Architektur durchführen lassen [HaSc2006, 277].

Komponierbarkeit bedeutet, dass ein höherwertiger Service aus mehreren generischen Services zusammengesetzt werden kann. Die Logik, die in einem generischen Service gekapselt ist, kann so auf verschiedenen Granularitätsebenen wiederverwendet werden. Auch die Komponierbarkeit der Services einer SOA sollte möglichst groß sein, damit die SOA leicht an zukünftige Änderungen von Anforderungen angepasst werden kann [Erl2005, 301]. Die Wiederverwendbarkeit wirkt daher ebenfalls auf die Agilität der SOA [HaSc2006, 277].

Komponierbarkeit und Wiederverwendbarkeit hängen stark von der gewählten Granularität der Services ab [HaSc2006, 281]. Die Granularität wird bestimmt durch das Abstraktionsniveau der Aufgaben, die durch den Service unterstützt werden [Erl2005, 299]. Sie ist daher vergleichbar mit dem Prinzip der Abstraktion in der Softwareentwicklung [Balz1998, 559]. Granularität beschreibt den Umfang und die Art der Funktionen, welche durch den Service unterstützt werden [Balz1998, 559; Erl2005, 299, 302; MaBe2006, 40, 124]. Je weniger Funktionen und je

konkreter die Funktionen auf einen einzelnen Aufgabenbereich ausgerichtet sind, desto feiner ist die Granularität (und desto niedriger das Abstraktionsniveau). Die Servicegranularität sollte angemessen gewählt werden, um die Kompositions- und Wiederverwendungspotentiale zu erhöhen. Eine zu grobe Servicegranularität kann dazu führen, dass ein Service auf Grund von Performanceproblemen nicht wiederverwendet werden kann. Eine zu feine Granularität kann das Wiederverwendungspotential senken, da der Service auf einen bestimmten Aufgabenbereich zugeschnitten ist und nicht in anderen Aufgabenbereichen verwendet werden kann [MaBe2006, 40].

Lose Kopplung umfasst die Reduzierung von Abhängigkeiten zwischen Services [Balz1998, 474; CaGl1990, 31-41; Kaye2003; Raas1993, 364; VACI2005, 114]. Sie wird unter anderem dadurch erreicht, dass die Services untereinander über genau definierte Schnittstellen interagieren [Erl2005, 314]. Dadurch kann die Implementierung eines Service leicht ausgetauscht werden. Durch Reduzierung der Abhängigkeiten zwischen den Services wird außerdem das Potential zur Komposition und Wiederverwendung erhöht [MaBe2006, 41]. Daher sollte eine möglichst lose gekoppelte SOA angestrebt werden.

Serviceautonomie erfordert, dass die Logik, die innerhalb eines Service gekapselt ist, im Hinblick auf einen definierten Kontext (z. B. eine zu erfüllende Funktion) klar abgegrenzt werden kann [Erl2005, 303]. Autonomie entspricht dem Prinzip der Kohäsion in der Softwareentwicklung [Balz1998, 474; VACI2005, 117]. Eine hohe Autonomie liegt insbesondere dann vor, wenn sich die Servicelogik auf genau einen Kontext bezieht [Erl2005, 304]. Eine hohe Serviceautonomie minimiert Abhängigkeiten zwischen Services und fördert eine lose Kopplung [Balz1998; Erl2005, 303; VACI2005, 118]. Außerdem erleichtert die klare Abgrenzung und Kapselung der Servicelogik die Wiederverwendbarkeit und Komponierbarkeit von Services [Erl2005, 318]. Es sollte daher auch eine hohe Autonomie der Services angestrebt werden.

### **3 Grundlagen des Axiomatic Design**

AD wurde Ende der 70er Jahre von Nam Pyo Suh am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt [Suh1990, 18]. Es handelt sich dabei um eine Methode, mit der man strukturiert beliebige Objekte entwerfen kann. Das Grundprinzip von AD umfasst die strukturierte Suche und Zuordnung geeigneter Lösungen für zuvor festgelegte Anforderungen.

Ein Entwurf ist definiert als das Ergebnis dieses Zuordnungsprozesses [Suh2001, 2 ff.]. Er beschreibt, welche Anforderungen durch welche Lösung erfüllt werden können. AD basiert auf dem Konzept der Domänen sowie auf dem so genannten Unabhängigkeits- und dem Informationsaxiom. Beide Axiome formulieren Richtlinien für den Entwurfsprozess. Aus Platzgründen gehen wir in diesem Beitrag auf das Informationsaxiom nur kurz ein.

### 3.1 Konzept der Domänen

Das Konzept der Domänen umfasst die Kundendomäne, die funktionale und die physische Domäne sowie die Prozessdomäne (Abb. 2). Der Entwurfsprozess erstreckt sich über alle Domänen. Er beginnt in der Kundendomäne und endet in der Prozessdomäne. Jede Vorgängerdomäne beschreibt Anforderungen, jede Folgedomäne die korrespondierenden Lösungen. Zwischen allen Domänen erfolgt eine Zuordnung von Anforderungen zu korrespondierenden Lösungen [Suh2001, 10-14].

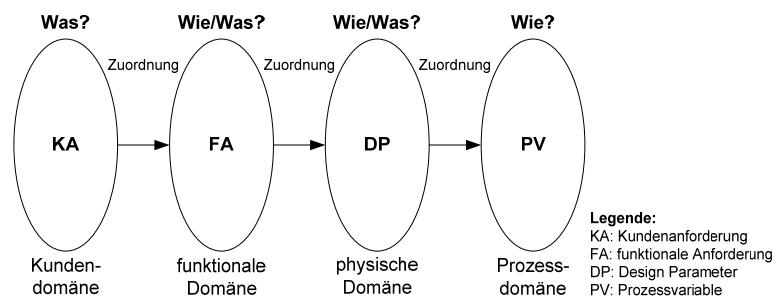


Abb. 2: Konzept der Domänen

Die Kundendomäne beinhaltet die Kundenanforderungen (KA) an das zu gestaltende Objekt. Sie beschreiben relativ grob, welche Eigenschaften das zu entwickelnde Objekt haben soll. Suh empfiehlt, die Kundenanforderungen nach ihrer Wichtigkeit zu ordnen [Suh2001, 14]. Die Kundenanforderungen werden in der funktionalen Domäne weiter zu funktionalen Anforderungen (FA) und Restriktionen (R) verfeinert. Funktionale Anforderungen beschreiben aus Sicht des Designers alle Anforderungen, die geeignet sind, die Bedürfnisse des Kunden abzudecken. Anzustreben ist die minimale Anzahl funktionaler Anforderungen, indem nur die wesentlichen Erfordernisse identifiziert werden. Alle weiteren Anforderungen werden auf tiefer liegenden Entwurfsebenen (vgl. Abschnitt 3.2) bearbeitet, da sie die Komplexität des Entwurfs erhöhen würden. Restriktionen ergänzen die funktionalen Anforderungen, indem sie den Lösungsraum einschränken. Sie repräsentieren zusätzliche Anforderungen und beschreiben Grenzen für korrespondierende Lösungen der funktionalen Anforderungen. Derartige Lösungen werden als Designparameter (DP) bezeichnet. Sie sind Inhalt der physischen Domäne. Im

Idealfall erhält jede funktionale Anforderung genau einen korrespondierenden Designparameter. Bei der Auswahl geeigneter Parameter müssen die Restriktionen berücksichtigt werden. Die Designparameter repräsentieren ihrerseits wieder Anforderungen für die Folgedomäne. Die Prozessdomäne umfasst die Prozessvariablen (PV). Hierbei handelt es sich um alle Hilfsmittel zur Erzeugung der Designparameter. Sie charakterisieren den Herstellungsprozess der Parameter. Idealerweise wird jedem Designparameter genau eine Prozessvariable zugeordnet.

### 3.2 Unabhängigkeitsaxiom

Während der Zuordnung zwischen den Domänen wird das Unabhängigkeitsaxiom angewendet. Im Folgenden wird dies anhand der Zuordnung zwischen der funktionalen und der physischen Domäne erläutert. Die Zuordnung und Anwendung des Axioms zwischen den anderen Domänen verläuft analog [SuDo2000, 37-38; Suh2001]. Das Unabhängigkeitsaxiom verlangt, dass die Unabhängigkeit der funktionalen Anforderungen nach Zuordnung geeigneter Designparameter gewahrt bleibt. Vollständige Unabhängigkeit liegt vor, wenn der gefundene Designparameter für eine spezifische funktionale Anforderung keine Auswirkungen auf andere funktionale Anforderungen hat. D. h., dass jede funktionale Anforderung durch genau einen Designparameter erfüllt wird. Der Zuordnungsprozess zwischen den Domänen wird hierarchisch im Top-down-Verfahren durchgeführt, um den Entwurf weiter zu verfeinern. Man spricht in diesem Zusammenhang vom Dekompositionsprozess (Abb. 3).

Der Dekompositionsprozess verlangt, dass zwischen den Domänen hin und her gesprungen wird. Wie in Abb. 3 dargestellt, springt man ausgehend von einer funktionalen Anforderung in die physische Domäne, um einen geeigneten Designparameter zuzuordnen. Anschließend erfolgt der Rücksprung in die funktionale Domäne.

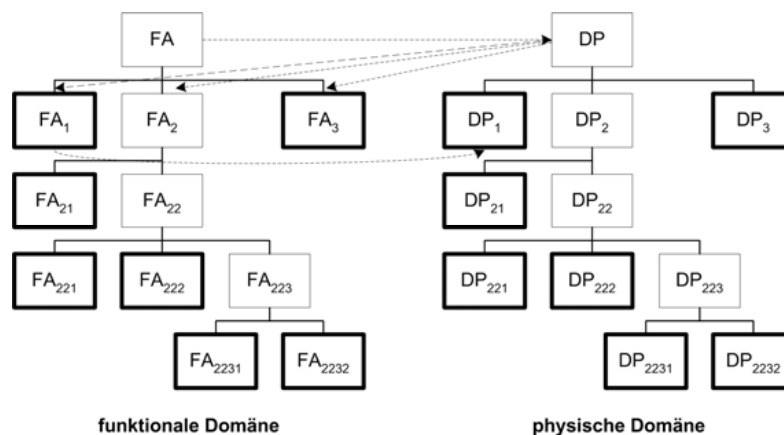


Abb. 3: Dekompositionsprozess

Die funktionale Anforderung wird auf der zweiten Ebene in ihre Teilanforderungen (FA<sub>1</sub>, FA<sub>2</sub> und FA<sub>3</sub>) zerlegt. Für jede Teilanforderung erfolgt wieder die Zuordnung geeigneter Designparameter (DP<sub>1</sub>, DP<sub>2</sub> und DP<sub>3</sub>). Dieser Prozess wird solange wiederholt, bis so genannte „elementare FA-DP-Kombinationen“ gefunden wurden. Eine Elementarkombination (diese sind in Abb. 3 fett hervorgehoben) liegt vor, wenn für eine funktionale Anforderung ein Designparameter gefunden wird, der unmittelbar, d. h. ohne weitere Dekomposition, implementierbar ist.

Sobald eine Hierarchieebene im Dekompositionsprozess fertig gestellt wurde, wird das Unabhängigkeitsaxiom zur Prüfung der Unabhängigkeit der funktionalen Anforderungen herangezogen. Hierzu wird die Einflussmatrix [A] gebildet. Sie zeigt die Beziehung zwischen den funktionalen Anforderungen und Designparametern einer Hierarchieebene. Diese Beziehung wird durch folgende Gleichungen zum Ausdruck gebracht.

$$\{FA\} = [A]\{DP\} \text{ bzw. } \begin{cases} FA_1 \\ FA_2 \\ \dots \\ FA_n \end{cases} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \\ \dots \\ DP_n \end{cases} \quad (1)$$

Die funktionalen Anforderungen und Designparameter einer Hierarchieebene konstituieren die Vektoren {FA} und {DP}. Die Einflussmatrix [A] ist eine  $n \times n$ -Matrix. Die Elemente  $A_{ij}$  beinhalten entweder den Wert „0“ oder „X“ (im Falle eines linearen Entwurfs, von dem hier ausgegangen wird [Suh2001, 19]).  $A_{ij} = 0$  bedeutet, dass FA<sub>i</sub> nicht durch DP<sub>j</sub> beeinflusst wird.  $A_{ij} = X$  sagt aus, dass DP<sub>j</sub> Einfluss auf FA<sub>i</sub> hat. Die drei folgenden Ausprägungen der Einflussmatrix [A] werden unterschieden: 1. Wenn für [A] gilt: alle  $A_{ij} = 0$  für  $i \neq j$ , dann nehmen alle Elemente der Einflussmatrix, außer die auf der Hauptdiagonalen, den Wert „0“ an. Eine solche Matrix wird als Diagonalmatrix bezeichnet. 2. Wenn für [A] gilt: entweder oberhalb oder unterhalb der Diagonalen sind alle  $A_{ij} = 0$ , dann wird [A] als Triangulärmatrix bezeichnet. 3. Wenn für [A] gilt: sowohl oberhalb als auch unterhalb der Diagonalen existieren  $A_{ij} = X$ , dann wird [A] als Vollmatrix bezeichnet.

<b>1. ungekoppelter Entwurf</b> (Diagonalmatrix)	<b>2. entkoppelter Entwurf</b> (Triangulärmatrix)	<b>3. gekoppelter Entwurf</b> (Vollmatrix)
$\begin{cases} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{cases}$	$\begin{cases} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{cases}$	$\begin{cases} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & X \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{cases}$

Tab. 1: Ausprägungen der Einflussmatrix

Entsprechend der Ausprägungen der Einflussmatrix unterscheidet AD zwischen den drei Entwurfstypen der Tab. 1. Nur im ungekoppelten Entwurf sind alle funktionalen Anforderungen unabhängig voneinander, da jede funktionale Anforderung durch genau einen Designparameter erfüllt wird. Er repräsentiert daher die ideale Erfüllung des Unabhängigkeitsaxioms. Bei den anderen Typen gibt es zusätzliche Abhängigkeiten. Diese treten beim gekoppelten Entwurf am häufigsten auf. Er stellt daher eine Verletzung des Unabhängigkeitsaxioms dar. Ein Designer wendet das Unabhängigkeitsaxiom auf jeder Hierarchieebene des Dekompositionsprozesses an. Stellt er auf einer Ebene fest, dass ein gekoppelter Entwurf entstanden ist, versucht er die ermittelten FA-DP-Kombinationen so zu überarbeiten, dass entweder ein ungekoppelter oder ein entkoppelter Entwurf entsteht. Erst danach wird der Dekompositionsprozess auf tiefer liegenden Ebenen fortgesetzt.

### 3.3 Informationsaxiom

Liegen alternative FA-DP-Kombinationen vor, die das Unabhängigkeitsaxiom erfüllen, wird das Informationsaxiom angewendet, um den besten Entwurf zu ermitteln. Das Informationsaxiom ermöglicht eine quantitative Bewertung gegebener Entwürfe und ermöglicht eine Reduktion der Komplexität sowie eine Erhöhung der Zuverlässigkeit [ClHi2000, 274; Suh2001, 39 ff.]. In diesem Beitrag gehen wir aus Platzgründen nicht weiter auf das Informationsaxiom ein.

## 4 Axiomatic Design im Entwurf Serviceorientierter Architekturen

AD wurde für den Maschinenbau entwickelt und zunächst zum Entwurf von Produkten angewendet [Suh2001, 11]. Mittlerweile wurde diese Methode auch in vielen anderen Gebieten erfolgreich eingesetzt [DoSu2000; EnNo2000; Suh1990, 323-352; Suh1998; Suh2001, 341-375]. Tab. 2 gibt einen Überblick über publizierte Anwendungen von AD im Softwareentwurf.

Anwendung des Axiomatic Design zum Entwurf...	Quelle
... von Steuerungssoftware für elektromechanische Systeme	[HiNa1999]
... von Benutzerschnittstellen von Softwaresystemen	[Jams2004]
... einer Bibliotheksverwaltungssoftware	[KiSK1991]
... der objektorientierten Software Acclaro.	[SuDo2000]
... von Software für Programmable Logic Controller	[ScTs2000]

Tab. 2: Anwendung des Axiomatic Design im Softwareentwurf

Die oben aufgeführten Projektbeispiele (Tab. 2) belegen, dass die Vorteile des AD auch im Softwareentwurf erzielt werden können [DoSu1999, 121; HiNa1999, 1-2; Jams2004, 1;

ScTs2000, 270; SuDo2000, 95-96]. Zwischen dem Entwurf SOA und dem Entwurf von Software gibt es viele Parallelen [CeHa2005, 11; Erl2005, 321 ff.; KoHB2005]. Wir stellen die These auf, dass AD auch den Entwurf von SOA verbessern kann. Wir wollen überprüfen, ob AD helfen kann, die Architekturziele „ausgewogene Granularität“, „lose Kopplung“ und „hohe Autonomie“ zu erreichen.

Die Anwendung des AD auf den Entwurf SOA basiert auf Grundlagen, die in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben wurden. Der Entwurfsprozess und die Inhalte der Domänen müssen allerdings an die Besonderheiten von SOA angepasst werden. Im Folgenden werden die relevanten Schritte im Entwurf SOA abgegrenzt. Anschließend illustrieren wir die Anwendung des AD beim Entwurf von SOA anhand einer Fallstudie.

#### 4.1 Eingrenzung des relevanten Gegenstandsbereiches

Als Grundlage für die Anwendung des AD dient ein idealtypisches Vorgehensmodell zur Entwicklung SOA (Abb. 4).

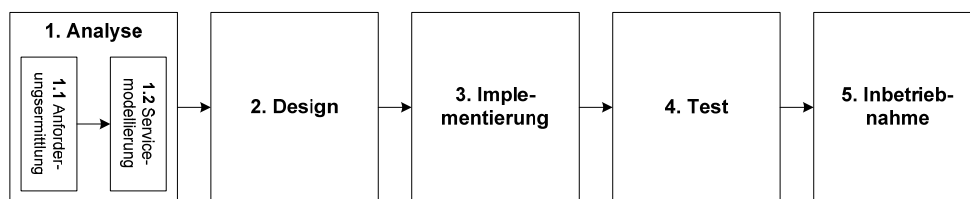


Abb. 4: Entwicklungsprozess Serviceorientierter Architekturen

Dieses Modell haben wir aus einer Synopse der Vorgehensmodelle von [BuGa2005; EAAC2004, 83 ff.; Erl2005, 359 ff.; KoHB2005; LaMB2005; MaBe2006, 99-149] abgeleitet. Es repräsentiert einen reinen Top-Down-Ansatz. Auf Grund der Problemkomplexität werden in diesem Beitrag Bottom-Up-Vorgehensweisen und Mischformen bewusst ausgeblendet. Dieses Modell bezeichnen wir im Folgenden als Entwicklungsprozess für SOA.

#### 4.2 Anwendung des Axiomatic Design im Entwurf Serviceorientierter Architekturen

Die Anwendung des AD auf den Entwurf SOA haben wir auf der Grundlage des so genannten V-Modells des AD (Abb. 5) durchgeführt [DoSu2000, 279 ff.]. Wir haben uns dabei an der Anwendung des AD im Softwareentwurf orientiert. Anpassungen für den Entwurf SOA waren hinsichtlich der Auswahl der zu modellierenden Gegenstände in den einzelnen Domänen des AD notwendig. Außerdem mussten geeignete Vorschriften zur Ableitung von serviceorientierten Konstrukten aus der Gesamteinflussmatrix gefunden werden. Das V-Modell des AD darf nicht mit Vorgehensmodellen der Softwareentwicklung, zum Beispiel dem V-

Modell von Boehm [Boeh1981] oder dem V-Modell<sup>®</sup> XT der Bundesbehörden [KBSt2005], verwechselt werden. Die Intention des V-Modells ist, dass alle methodischen Schritte des linken Astes (Schritte eins bis vier) im Sinne des AD bearbeitet werden. Alle Schritte des rechten Astes (Schritte fünf bis sieben) können mit beliebigen Hilfsmitteln der Softwareentwicklung kombiniert werden [Suh2001, 266]. AD hilft, den Entwurf auf relevante Architekturziele zu fokussieren. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte des V-Modells und deren Anwendung auf den Entwurf SOA beschrieben und an einem Fallsbeispiel demonstriert. Dieses Beispiel basiert auf einer Fallstudie von Erl [Erl2005, 430-444]. Grundlage ist ein Prozess zur Vorlage und Prüfung von Arbeitszeitchweisen der Mitarbeiter, welcher durch eine SOA abgebildet werden soll. Dieser Prozess soll automatisiert werden.

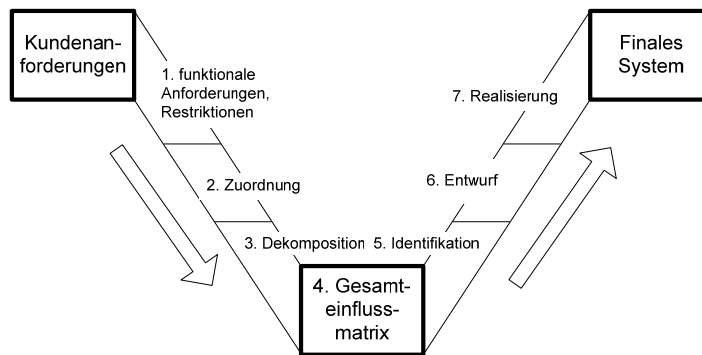


Abb. 5: V-Modell des Axiomatic Design (In Anlehnung an [SuDo2000, 96])

Der erste Schritt betrifft die Kundendomäne und die funktionale Domäne im AD. Er umfasst die Ermittlung von Kundenanforderungen an das zu entwerfende Softwaresystem. Die Kundenanforderungen umreißen relativ grob die Eigenschaften der zu entwickelnden SOA. Sie werden aus den Geschäftsprozessen abgeleitet, die in Phase „1.1 Anforderungsermittlung“ des Entwicklungsprozesses für SOA ermittelt werden [Erl2005, 363-365]. Diese Phase liefert den Informationsinput für den ersten Schritt des V-Modells des AD. Im Rahmen des Fallbeispiels wurde der folgende Prozess ermittelt (Abb. 6).

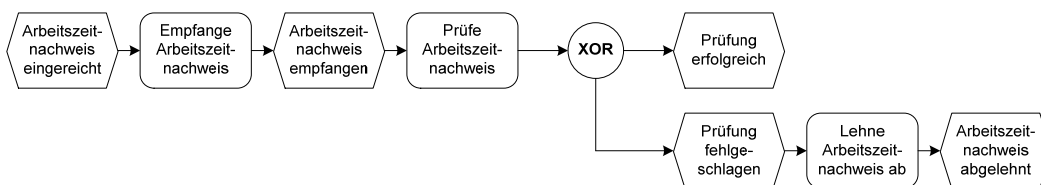


Abb. 6: Prozess zur Vorlage und Prüfung von Arbeitszeitchweisen (In Anlehnung an [Erl2005, 430-444])

Den Kundenanforderungen werden funktionale Anforderungen und Restriktionen zugeordnet. Die funktionalen Anforderungen bilden dabei logische Kontexte ab (z. B. die betriebswirtschaftliche Funktion „Rechnung buchen“ oder die Entität „Buchhaltungssystem“),



nach denen später Operationen und Services gruppiert werden können. Restriktionen ergänzen die funktionalen Anforderungen, indem sie den Lösungsraum der physischen Domäne einschränken. Die wichtigste Kundenanforderung, die in unserem Beispiel ermittelt wurde, lautet: KA1: „Wir benötigen eine SOA, welche die vollautomatische Bearbeitung des Prozesses zur Vorlage und Prüfung von Arbeitszeitnachweisen ermöglicht“. Dieser Kundenanforderung wird folgende funktionale Anforderung zugeordnet: FA1: „Bilde den Prozess der Vorlage und Prüfung von Arbeitszeitnachweisen ab“. Eine typische Restriktion beim Entwurf SOA ist die Anforderung, die SOA auf Basis von Webservices zu entwickeln. Im zweiten und dritten Schritt werden den funktionalen Anforderungen geeignete Designparameter in der physischen Domäne zugeordnet. Die Designparameter repräsentieren Daten der Serviceverarbeitung [Erl2005, 35-37]. Es muss darauf geachtet werden, dass die Designparameter keine Restriktionen verletzen. Anschließend erfolgt die Dekomposition der funktionalen Anforderungen und Designparameter durch Sprung zwischen der funktionalen und der physischen Domäne. Während der Dekomposition muss auf jeder Hierarchieebene sichergestellt werden, dass das Unabhängigkeitsaxiom erfüllt ist. Dies geschieht durch Prüfung der Zuordnungsbeziehungen der Einflussmatrizen, die auf jeder Ebene gebildet werden. Abhängigkeiten, die auf der Diagonale einer Matrix liegen, werden durch Großbuchstaben, alle sonstigen Abhängigkeiten durch Kleinbuchstaben dargestellt. In diesem Fallbeispiel werden insgesamt fünf Dekompositionsebenen gebildet. Aus Platzgründen stellen wir nur die Matrix der zweiten Ebene dar (Tab. 3). Die Inhalte der Matrix verdeutlichen, dass z. B. zur Erfüllung der funktionalen Anforderung: FA11: „nehme Arbeitszeitnachweis entgegen“ und FA12: „verarbeite Arbeitszeitnachweis“ die Daten des Arbeitszeitnachweises, repräsentiert durch: DP11: „Arbeitszeitnachweis“, benötigt werden.

	DP11: Arbeitszeitnachweis	DP12: Daten zur Verarbeitung des Arbeitszeitnachweises
FA11: nehme Arbeitszeitnachweis entgegen	<b>B</b>	
FA12: verarbeite Arbeitszeitnachweis	<b>A</b>	<b>C</b>

Tab. 3: Einflussmatrix der zweiten Dekompositionsebene

Zur Erfüllung der funktionalen Anforderung FA12: „verarbeite Arbeitszeitnachweis“ werden zusätzlich Daten benötigt, die während der Verarbeitung eines Arbeitszeitnachweises wichtig sind. Diese Daten werden auf der zweiten Dekompositionsebene noch sehr abstrakt als: DP12: „Daten zur Verarbeitung des Arbeitszeitnachweises“ bezeichnet. Auf den tiefer liegenden

Dekompositionsebenen (Tab. 4) werden diese Daten jedoch weiter verfeinert und konkretisiert, z. B. zu: DP1141: „Profildaten“ oder DP11221: „abgerechnete Stunden“.

In Schritt vier wird die Gesamteinflussmatrix (Tab. 4) gebildet. Diese Matrix zeigt die Beziehungen zwischen den funktionalen Anforderungen und Designparametern aller Hierarchieebenen. Sie ergibt sich aus der Zusammenfassung der Einflussmatrizen aller Hierarchiestufen des Dekompositionsprozesses. Die Gesamteinflussmatrix ist eine wichtige Grundlage für die folgenden Schritte. Mit ihrer Hilfe wird überprüft, ob die Designentscheidungen konsistent sind, die während der Dekomposition getroffen wurden.

		DP1: Daten des Prozesses der Arbeitszeitzachweisvorlage											
		DP12: Daten zur Verarbeitung des Arbeitszeitzachweises											
		DP112: Prüfdaten				DP113: Prüfergebnisdaten		DP114: Mitarbeiterdaten	DP115: Mitteilungsdaten				
		DP1121: Arbeitszeitzachweisdaten		DP1122: Rechnungsdaten		DP1131: Kundenabrechnungsübereinstimmung	DP1132: Genehmigungsexistenz	DP1141: Profildaten	DP1151: Mitarbeiterablehnung	DP1152: Vorgesetztenmitteilung			
		DP11211: Stundenachweis	DP11212: Überstundenachweis	DP11213: Genehmigungsachweis	DP11221: abgerechnete Stunden								
FA1: bilde den Prozess der Arbeitszeitzachweisvorlage ab	FA12: verarbeite Arbeitszeitzachweis	FA111: speichere Arbeitszeitzachweis		D: speichere Arbeitszeitzachweis						C			
		FA112: ermitte Profildaten	FA1121: ermitte Arbeitszeitzachweisdaten	FA11211: ermitte Stunden	a: Nachricht D	P: ermitte Stunden					E		
				FA11212: ermitte Überstunden	a: Nachricht D	Q: ermitte Überstunden					I		
				FA11213: ermitte Genehmigungen	a: Nachricht D	R: ermitte Genehmigungen					J		
			FA1122: ermitte Rechnungsdaten	FA11221: ermitte abgerechnete Stunden					S: ermitte abgerechnete Stunden		F		
		FA113: prüfe Arbeitszeitzachweis	FA1131: prüfe Übereinstimmung mit Kundenabrechnung		b: Nachricht P						K: prüfe Übereinstimmung		
			FA1132: prüfe Genehmigungen für Überstunden		b: Nachricht Q		b: Nachricht R						L: prüfe Genehmigungen
		FA114: aktualisiere Mitarbeiterdaten	FA1141: aktualisiere Profildaten						c: Nachricht K	c: Nachricht L	M: aktualisiere Profildaten		H
		FA115: sende Mitteilungen	FA1151: sende Ablehnung an Mitarbeiter						d: Nachricht K	d: Nachricht L	e: Nachricht M		N: sende Ablehnung
			FA1152: sende Mitteilung an Vorgesetzten						d: Nachricht K	d: Nachricht L	e: Nachricht M		O: sende Mitteilung

Tab. 4: Gesamteinflussmatrix<sup>2</sup>

Der fünfte Schritt dient der Identifikation serviceorientierter Konstrukte. Die Inhalte der Gesamteinflussmatrix werden dabei auf Services und Operationen abgebildet. Tab. 5 zeigt einen Ausschnitt des Ergebnisses. Aus den funktionalen Anforderungen werden vorläufige Services, so genannte Servicekandidaten, abgeleitet. Die Daten, die der Service verarbeitet, ergeben sich aus den Designparametern. Operationen der Services werden durch die Elemente innerhalb der Gesamteinflussmatrix repräsentiert.

<sup>2</sup> Eine größere Darstellung dieser Matrix kann über die Website <http://www.wirtschaft.tu-ilmeneau.de/im/> abgerufen werden.

Service	FA1 Arbeitzeitchweisvorlageprozess	FA11 Arbeitszeitchweisentgegennahme	FA12 Arbeitszeitchweisverarbeitung	FA112 Prüfdatenermittlung	FA113 Arbeitszeitchweisprüfung
Daten	DP11 Arbeitzeitchweis DP12 Daten zur Verarbeitung des Arbeitzeitchweises	DP111 Arbeitzeitchweis	DP112 Prüfdaten DP113 Prüfergebnisdaten DP114 Mitarbeiterdaten DP115 Mitteilungsdaten	DP1121 Arbeitszeitchweisdaten DP1122 Rechnungsdaten	DP1131 Kundenabrechnungsübereinstimmung DP1132 Genehmigungs-existenz
Operationen	A Arbeitzeitchweissvorlageprozess	B Arbeitszeitchweisentgegennahme D speichereArbeitszeitchweis	C Arbeitszeitchweisverarbeitung	E Prüfdatenermittlung	F Arbeitszeitchweisprüfung K prüfeÜbereinstimmung L prüfeGenehmigungen

Tab. 5: Identifikation serviceorientierter Konstrukte

Im sechsten Schritt werden die identifizierten Konstrukte in eine vorläufige SOA überführt. Die Ergebnisse werden anschließend der Phase „2. Design“ des Entwicklungsprozesses für SOA zugeführt. Die Spezifikation der SOA kann mit Hilfsmitteln der UML abgebildet werden [LaPi2005]. Sie beinhaltet die zuvor identifizierten Services, deren Operationen und Daten. Außerdem werden Abhängigkeiten zwischen Services auf Grund einer Servicekomposition oder auf Grund des Nachrichtenaustausches zwischen Services spezifiziert. Diese Abhängigkeiten werden ebenfalls aus der Gesamteinflussmatrix abgeleitet. Servicekompositionen ergeben sich aus der hierarchischen Strukturierung der funktionalen Anforderungen und Designparameter. Der Nachrichtenaustausch zwischen Services wird aus den nichtdiagonalen Inhaltselementen der Gesamteinflussmatrix abgeleitet.

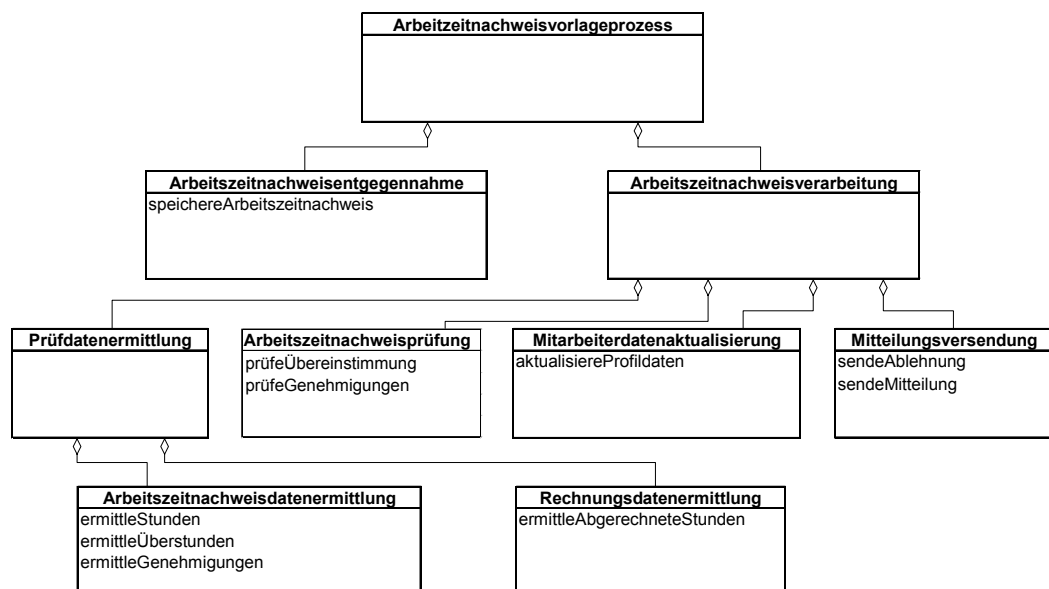


Abb. 7: Servicekomposition

Abb. 7 wurde in Anlehnung an ein UML-Klassendiagramm erstellt. Es beinhaltet alle im letzten Schritt identifizierten Services sowie deren Operationen und Abhängigkeiten.

Kompositionsbeziehungen zwischen Services werden durch Aggregationsbeziehungen im UML-Diagramm ausgedrückt.

Schritt sieben betrifft die Prozessdomäne im AD. Er bezieht sich auf die Realisierung der SOA auf einer technischen Plattform. Da es sich hierbei um Aufgaben außerhalb des Entwurfs handelt, verzichten wir auf eine Beschreibung dieses Schritts.

### **4.3 Kritische Analyse des Beitrags von Axiomatic Design**

Im Folgenden wollen wir darlegen, welchen Beitrag AD zur Erreichung der Architekturziele „hohe Autonomie“, „lose Kopplung“ und „ausgewogene Granularität“ beim Entwurf von SOA leisten kann und welche Nachteile dem gegenüber stehen.

Die Anwendung von AD fördert eine hohe Autonomie der Services, da Entwurfsanforderungen klar voneinander abgegrenzt werden. Im Rahmen der Zuordnung und Dekomposition (Schritt zwei und drei im V-Modell des AD) wird sichergestellt, dass für jede funktionale Anforderung einer Dekompositionsebene auf der nächst tieferen Ebene ausschließlich FA-DP-Kombinationen erarbeitet werden, die einen Beitrag zur Erfüllung dieser funktionalen Anforderung leisten. Im Fallbeispiel (Tab. 4) zielen z. B. die funktionalen Anforderungen FA1131, FA1132 und korrespondierende DP ausschließlich auf die Erfüllung der funktionalen Anforderung FA113: „prüfe Arbeitszeitnachweis“. Dies zeigt, dass auf jeder Dekompositionsebene kohärente Teillösungen gruppiert werden, die auf die Erfüllung einer funktionalen Anforderung abzielen. Auf diese Weise entstehen Services, deren Operationen ebenfalls auf genau einen definierten Kontext (z. B. eine Aufgabe) ausgerichtet sind. Aus der funktionalen Anforderung FA113 wird der Service „Arbeitszeitnachweisprüfung“ abgeleitet (Abb. 7). Er beinhaltet die zwei Operationen „prüfeÜbereinstimmung“ und „prüfeGenehmigung“. Diese Operationen sind kohärent, da sie beide auf genau einen Kontext (die Aufgabe, den Arbeitszeitnachweis zu prüfen) ausgerichtet sind.

Durch AD wird auch das Ziel der losen Kopplung gefördert, da die Unabhängigkeit von Entwurfsbestandteilen angestrebt wird. Dies wird durch das Unabhängigkeitsaxiom erzielt. Es stellt sicher, dass jede funktionale Anforderung durch möglichst wenige Designparameter beeinflusst wird. Abhängigkeiten sind nur auf oder unterhalb der Diagonalen der Gesamteinflussmatrix erlaubt. Im Fallbeispiel (Tab. 4) ist das Unabhängigkeitsaxiom erfüllt, da oberhalb der Diagonalen der Gesamteinflussmatrix alle Felder leer sind. Durch Verminderung der Abhängigkeiten in der Gesamteinflussmatrix wird in der SOA die Anzahl der Beziehungen zwischen den Services reduziert. Im Fallbeispiel erhält z. B. der Service

„Arbeitszeitnachweisprüfung“ einen Dateninput vom Service „Prüfdatenermittlung“. In der Gesamteinflussmatrix wird dies durch die nichtdiagonalen Elemente „b“ verdeutlicht. Dieser Service sendet selbst Daten an die Services „Mitarbeiterdatenaktualisierung“ und „Mitteilungsversendung“. Dies wird durch die nichtdiagonalen Elemente „c“ und „d“ verdeutlicht.

AD trägt auch zu einer ausgewogenen Servicegranularität bei, da Entwurfsbestandteile in überschaubarer Komplexität entstehen. Das Top-Down-Vorgehen bei der Zuordnung und Dekomposition bewirkt, dass ein Gesamtsystem rekursiv in immer feiner granulierten Subsysteme zerlegt wird. Jede Dekompositionsebene enthält nur die FA-DP-Kombinationen, die dem Abstraktionsniveau dieser Ebene entsprechen. In der Gesamteinflussmatrix (Tab. 4) wurde z. B. auf der dritten Dekompositionsebene die noch relativ abstrakte FA112: „ermittle Prüfdaten“ festgelegt. Erst auf der vierten und fünften Ebene erfolgt eine Konkretisierung hinsichtlich der zu ermittelnden Daten – z. B. konkretisiert FA1121, dass Arbeitszeitnachweisdaten ermittelt werden müssen, FA11211 konkretisiert noch stärker, dass es sich dabei u. a. um Stunden handelt. Auf diese Weise wird die Komplexität der gesamten SOA über mehrere Ebenen auf Einheiten überschaubarer Größe verteilt. So wird sichergestellt, dass keine zu grob granulierten Services entstehen. Im geschilderten Beispiel wurde aus FA112 der Service „Prüfdatenermittlung“ abgeleitet (Abb. 7). Er sorgt für die Komposition der feiner granulierten Services „Arbeitszeitnachweisdatenermittlung“ und „Rechnungsdatenermittlung“. Diesen Vorteilen stehen einige negative Aspekte von AD gegenüber. Ein Nachteil der Anwendung von AD ist der hohe Dokumentationsaufwand. Auf jeder Ebene des Zuordnungs- und Dekompositionsprozesses müssen Designgleichungen und -matrizen erstellt werden. Zwar kann dieser Aufwand durch Verwendung der Software Acclaro<sup>®</sup> verringert werden.<sup>3</sup> Die FA-DP-Kombinationen müssen aber in jedem Fall manuell eingegeben werden. Die Verfechter des AD führen die starke Strukturierung und Formalisierung von Entwurfsprozessen als Vorteil auf, da positive Effekte, wie die Reduzierung von Entwurfsschritten und eine Erhöhung der Kreativität der Designer, entstehen sollen [Suh2001, 239 ff.]. Allerdings ist die Erstellung der Gesamteinflussmatrix aufwändig. Die benötigte Zeit fehlt evtl. für andere Aufgaben. Wie die Softwareentwicklung zeigt, kann eine zu starke Strukturierung und Formalisierung auch zu nachteiligen Effekten führen, z. B. zur Einschränkung von Kreativität.

---

<sup>3</sup> Informationen zur Software Acclaro<sup>®</sup> sind unter: <http://www.axiomaticdesign.com> abrufbar.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben an einer Fallstudie demonstriert, dass AD dazu beiträgt, die Architekturziele „ausgewogene Granularität“, „lose Kopplung“ und „hohe Autonomie“ für SOA zu fördern. AD hilft auch, den Entwurfsprozess für SOA aus einer fachlichen Perspektive zu strukturieren.

Wir konnten zwar zeigen, dass AD einen positiven Beitrag zum Entwurf SOA leistet. Offen ist allerdings, wie groß dieser Beitrag in realen Entwicklungsprojekten ist. In weiteren Experimenten und Fallstudien bleibt daher zu prüfen, inwieweit die beschriebenen Vorteile in realen Projekten zur Entwicklung umfangreicher SOA erreicht werden können. Außerdem muss untersucht werden, ob die Vorteile der Anwendung von AD den Aufwand rechtfertigen, der mit der Anwendung der Methode verbunden ist.

In Rahmen dieses Beitrages konnten wir aus Platzgründen nur auf einige Aspekte des AD eingehen. Es wäre z. B. interessant, auch den Beitrag des Informationsaxioms zum Entwurf von SOA zu analysieren, da es die quantitative Bewertung der Komplexität eines Entwurfes ermöglicht und somit zur Bewertung und Auswahl alternativer SOA-Spezifikationen herangezogen werden kann. Außerdem bietet AD weitere Hilfsmittel zur Unterstützung der Implementierungsphase an [Suh1998; Suh2001, 196-198]. Wir planen, auch den Beitrag dieser Hilfsmittel für die Entwicklung von SOA zu untersuchen.

Wir haben uns darauf beschränkt, die Auswirkungen von AD auf ausgewählte Architekturziele zu untersuchen. Wir vermuten, dass AD auch einen positiven Einfluss auf weitere Ziele – wie z. B. Geschäftsorientiertheit – hat. Allerdings gilt dies nicht für alle Ziele. Bestimmte Ziele, wie die Zustandslosigkeit oder Abstraktheit repräsentieren grundlegende Prinzipien für SOA, die zwar beim Entwurf berücksichtigt werden müssen, aber nicht direkt durch eine spezifische Entwurfsmethode beeinflusst werden können.

Fraglich ist auch, inwieweit die am Fallbeispiel demonstrierten Erkenntnisse allgemeine Gültigkeit besitzen. Die Konzepte von Axiomatic Design sind in jedem Anwendungsgebiet – beim Entwurf von Produkten, Software, SOA, etc. – dieselben. Daraus schlussfolgern wir, dass auch die Vorteile des Axiomatic Design in jedem Anwendungsgebiet erzielt werden können. Wir vermuten, dass die Erreichung der Architekturziele für SOA, unabhängig von den Besonderheiten eines spezifischen Entwicklungsprojektes, durch den Einsatz von Axiomatic Design gefördert werden kann. Zur Überprüfung dieser Vermutung, haben wir die Durchführung und Evaluierung weiterer Fallstudien und Praxisprojekte geplant.

## Literaturverzeichnis

- [Balz1998] *Balzert, H.:* Lehrbuch der Software-Technik: Software-Management, Softwarequalitätssicherung, Unternehmensmodellierung. Spektrum, Heidelberg et al. 1998.
- [Boeh1981] *Boehm, B. W.:* Software Engineering Economics. Prentice-Hall, Englewood Cliffs et al. 1981.
- [BuGa2005] *Buchmann, I.; Gamber, M.:* Methoden zur Unterstützung der Entwicklung einer SOA. In: *Cremers, A. B. et al. (Hrsg.): Informatik 2005: Informatik live!;* Beiträge der 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. GI, Bonn 2005, S. 601-605.
- [CaGl1990] *Card, D. N.; Glass, R. L.:* Measuring Software Design Quality. Prentice Hall, Englewood Cliffs 1990.
- [CeHa2005] *Cervantes, H.; Hall, R. S.:* Technical Concepts of Service Orientation. In: *Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices.* IGP, Hershey et al. 2005, S. 1-26.
- [ClHi2000] *Clapsis, P. J.; Hintersteiner, J. D.:* Enhancing Object-Oriented Software Development through Axiomatic Design. In: *First International Conference on Axiomatic Design (ICAD2000).* Cambridge 2000, S. 272-277.
- [DJMZ2005] *Dostal, W.; Jeckel, M.; Melzer, I.; Zengler, B.:* Service-Orientierte Architekturen mit Web Services: Konzepte - Standards - Praxis. Spektrum, München 2005.
- [DoSu2000] *Do, S.-H.; Suh, N. P.:* Object-Oriented Software Design with Axiomatic Design. In: *Proceedings of ICAD2000.* Cambridge 2000, S. 278-284.
- [DoSu1999] *Do, S.-H.; Suh, N. P.:* Systematic OO Programming with Axiomatic Design. In: *IEEE Computer* 32 (1999) 10, S. 121-124.
- [EAAC2004] *Endrei, M.; Ang, J.; Arsanjani, A.; Chua, S. et al.:* Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services. <http://www.redbooks.ibm.com>, 2004, Abruf am 2006-06-27.
- [EKAP2005] *Erradi, A.; Kulkarni, N.; Anand, S.; Padmanabhuni, S.:* Designing Reusable Services: An Experimental Perspective for the Securities Trading Domain. In: *Chung, J.-Y. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First International Workshop on Design of Service-Oriented Applications (WDSOA'05).* IBM Research Division, Amsterdam 2005, S. 25-32.
- [EMPR2005] *Eidson, B.; Maron, J.; Pavlik, G.; Raheja, R.:* SOA and the Future of Application Development. In: *Chung, J.-Y. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First International Workshop on Design of Service-Oriented Applications (WDSOA'05).* IBM Research Division, Amsterdam 2005, S. 1-8.
- [EnNo2000] *Engelhardt, F.; Nordlund, M.:* Strategic Planning based on Axiomatic Design. In: *Proceedings of ICAD2000.* Cambridge 2000, S. 26-34.
- [Erl2005] *Erl, T.:* Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River et al. 2005.
- [HaSc2006] *Hagen, C.; Schwinn, A.:* Measured Integration - Metriken für die Integrationsarchitektur. In: *Schelp, J. et al. (Hrsg.): Integrationsmanagement. Planung, Bewertung und Steuerung von Applikationslandschaften.* Springer, Berlin et al. 2006, S. 267-292.
- [HiNa1999] *Hintersteiner, J. D.; Nain, A. S.:* Integrating Software into Systems: An Axiomatic Design Approach. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Design and Automation.* Vancouver 1999, S. 1-7.

- [Jams2004] *Jamshidnezhad, B.*: Towards a Rational Basis for User Interface Design Methods. In: Proceedings of ICAD2004. Seoul 2004, S. 1-4.
- [Kaye2003] *Kaye, D.*: Loosely Coupled: The Missing Pieces of Web Services. RDS Press, Marin County 2003.
- [KBSt2005] *Koord.- und Beratungsstelle der Bundesreg. für IT in der Bundesver: V-Modell XT*, Version 1.2.0. <http://www.v-modell-xt.de>, 2005, Abruf am 2006-04-25.
- [KiSK1991] *Kim, S. J.; Suh, N. P.; Kim, S. G.*: Design of Software Systems based on Axiomatic Design. In: Robotics & Computer-Integrated Manufacturing 8 (1991) 4, S. 243-255.
- [KoHB2005] *Kotonya, G.; Hutchinson, J.; Bloin, B.*: A Method for Formulating and Architecting Component- and Service-Oriented Systems. In: *Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices*. IGP, Hershey et al. 2005, S. 155-181.
- [LaMB2005] *Laures, G.; Meyer, H.; Breest, M.*: An Engineering Method for Semantic Service Applications. In: *Chung, J.-Y. et al. (Hrsg.): Proceedings of the First International Workshop on Design of Service-Oriented Applications (WDSOA'05)*. IBM Research Division, Amsterdam 2005, S. 79-86.
- [LaPi2005] *Latchem, S.; Piper, D.*: Service-Oriented Design Process Using UML. In: *Stojanovic, Z. et al. (Hrsg.): Service-Oriented Software System Engineering: Challenges and Practices*. IGP, Hershey et al. 2005, S. 88-108.
- [MaBe2006] *Marks, E. A.; Bell, M.*: Service-Oriented Architecture: A Planning and Implementation Guide for Business and Technology. Wiley, Hoboken et al. 2006.
- [Raas1993] *Raasch, J.*: Systementwicklung mit strukturierten Methoden: ein Leitfaden für Praxis und Studium. 3. Aufl., Hanser, München et al. 1993.
- [ScTs2000] *Schreyer, M.; Tseng, M. M.*: Hierarchical State Decomposition for Design of PLC Software by applying Axiomatic Design. In: Proceedings of ICAD2000. Cambridge 2000, S. 264-271.
- [SiHu2005] *Singh, M. P.; Huhns, M. N.*: Service-Oriented Computing: Semantics, Processes, Agents. Wiley, Chichester et al. 2005.
- [SuDo2000] *Suh, N. P.; Do, S.-H.*: Axiomatic Design of Software Systems. In: Annals of the CIRP 49 (2000) 1, S. 95.
- [Suh1990] *Suh, N. P.*: The Principles of Design. Oxford, New York et al. 1990.
- [Suh1998] *Suh, N. P.*: Axiomatic Design Theory for Systems. In: Research in Engineering Design 10 (1998) 4, S. 189-209.
- [Suh2001] *Suh, N. P.*: Axiomatic Design: Advances and Applications. Oxford, New York 2001.
- [VACI2005] *Vogel, O.; Arnold, I.; Chughtai, A.; Ihler, E. et al.*: Software-Architektur: Grundlagen - Konzepte - Praxis. Spektrum, München 2005.
- [ZiTP2003] *Zimmermann, O.; Tomlinson, M.; Peuser, S.*: Perspectives on Web Services: Applying SOAP, WSDL and UDDI to Real-World Projects. Springer, Berlin et al. 2003.



# Services and resource profiles as metrics for the allocation of IT infrastructure costs

Reinhard Brandl

Chair of Internet-based Information Systems (IBIS)  
Institute of Informatics  
Technische Universität München  
85748 Garching, Germany  
brandlr@in.tum.de

## Abstract

This paper addresses the general problem of allocating costs for shared and distributed IT infrastructures to business entities, like cost centres or processes. In contrast to earlier times, when monolithic mainframes were the central resources in data centres, client/server architectures with distributed heterogeneous components now dominate. In such an environment, resource consumption (e.g. CPU time) usually cannot be fully apportioned to users or other business entities. We therefore propose an approach which is based on predetermined resource profiles as estimates for the mean resource consumption of business services. Instead of metering every component during operation and consolidating the log data afterwards, only service invocations need to be logged. For the determination of the resource profiles we developed a measurement methodology and a software toolkit. The approach was successfully tested and evaluated for OLTP systems at the BMW Group. Furthermore, by combining resource profiles with Queuing Network Theory, we could demonstrate their appropriateness for capacity planning.

## 1 Introduction

Throughout the literature on IT management and controlling, three general topics are commonly found: firstly, the minimisation of operational and security risks; secondly, the increasing of IT Business Value (effectiveness); and thirdly, the need for a continuous reduction of costs

(efficiency). In the context of the latter two aspects, one of the major challenges, particularly for internal IT managers, is to establish a transparent relationship between IT spending and business entities like cost centres, cost units, processes or activities. Otherwise, an IT unit runs the risk of appearing as black box with high fixed costs and no measurable business value. The lack of cost transparency of internal IT service provision is one of the major motivations for outsourcing activities [DGHJ04].

Allocating costs to business entities is a particularly intricate task when the corresponding resource is shared and an apportionment of its consumption is not practicable. In the IT context, this is usually the case for corporate data centres and infrastructure services. Whereas for desktop- and office-oriented services a known customer exists, the consumption of infrastructure resources usually cannot be fully apportioned to users or other business entities. As a single user activity might involve a multitude of separated components (e.g. servers, network, storage, etc.) which mostly have no access to the original business context of the operation, a consolidation of the distributed log information is elaborate and error-prone. As long as major resources are dedicated, e.g. one server per application, direct costing approaches can be applied. However, with the advances in virtualisation technologies and the move towards shared resource pools, new accounting concepts and metrics are required.

We address this problem in the context of distributed OLTP systems, which are the beating heart of modern enterprise computing environments. We assume first that an OLTP system provides one or more business services to its users and secondly that the invocation of such a service always results in similar resource consumption (e.g. transferred bytes, CPU seconds). The idea is to determine for each service a complete resource profile in a test environment. During regular operations, only service invocations per user or cost centre are logged. If the approach is practicable, the information would be sufficient for a usage-based cost apportionment of IT infrastructures. A distributed metering of resource consumption could be omitted. Furthermore, the resource profiles might be valuable inputs for capacity planning.

We tested the approach, under realistic conditions, in the central IT unit of the BMW Group. In a first step, we developed a methodology and a software tool for the determination of resource profiles in heterogeneous environments. In a second step of the project, we used these profiles for the parameterisation of Queuing Network Models (QNM). The results of these models were compared with the outcomes of real load tests. We had two main reasons for undertaking this

procedure. Firstly, the resource profiles should be validated and, secondly, their appropriateness for capacity planning should be demonstrated. In this paper we present our results.

The remainder of the article is structured as followed. Chapter 2 introduces the problem of IT infrastructure cost allocation and briefly discusses current practiced approaches. In Chapter 3 we present our idea of allocating infrastructure costs via resource profiles. The concept is further illustrated in Chapter 4 by the example of the central IT unit of the BMW Group. The overall results are evaluated in Chapter 5. The paper concludes with an outlook on future areas of research in Chapter 6.

## **2 Problem statement**

Cost accounting is a managerial accounting activity which increases transparency and supports decisions by allocating overhead and direct costs to business entities. Traditionally, business entities are cost centres (e.g. departments, subsidiaries) or cost units (e.g. product or service produced), but more recent forms of cost accounting also consider processes [HoMa89] or activities [KaBr87]. The goal is to measure the economic performance of business entities and the value of the resources consumed in producing goods and services [Harp93]. Cost transparency is a quite general need. However, the purposes the information is used for (e.g. internal chargeback, benchmarks or management evaluation), and to what extent, is strongly organisation-specific.

IT is mostly organised as a service function which supports more than one business entity. The budget is dominated by salaries, consulting fees and infrastructure costs. As a direct breakdown of those costs to business entities is for the most part not feasible, one can either treat them as general overhead or try to identify appropriate cost drivers as accounting objects (IT products or services). They should enable a usage-based cost allocation and serve as bridges between IT and business. On the IT side they integrate different resources and cost types; on the business side they allow usage and cost control. In the context of desktop- and office-oriented IT services, accounting objects could be the provision of a desktop PC, an e-Mail Box or a telephone line. For non-standardised IT services, the identification of accounting objects is more sophisticated. Consider the management and operation of business applications, hosted in data centres. In the example in Figure 1, there is one OLTP system used by five different business functions.

From their point of view, the provision and/or usage of the system and the related support services are reasonable accounting objects. As the percentage rates indicate, a good portion of the total costs can be allocated either to the application or directly to the business functions.

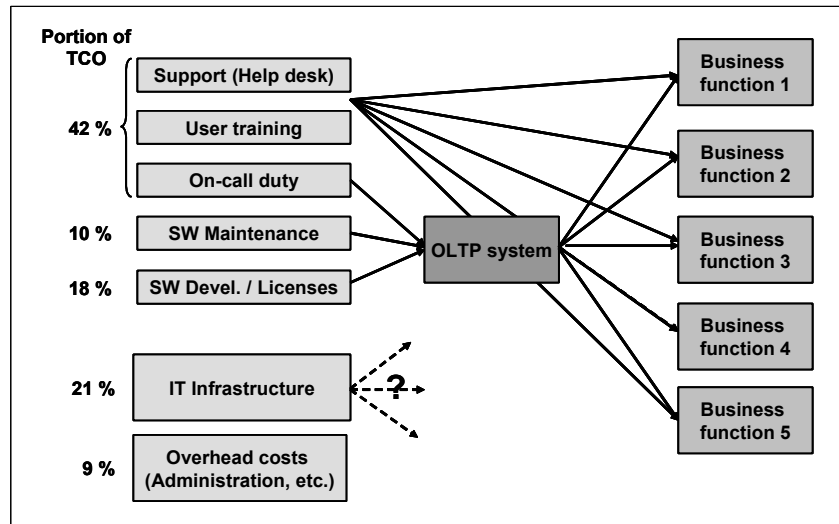


Figure 1: Costs of an OLTP system. (Rates adapted from [Zieh04])

We assume that ratios (e.g. number of logins, number of employees, transactions) for an apportionment of the application-specific costs (development, maintenance, etc.) exist and focus in the following on the allocation of the remaining infrastructure costs.

In the literature (e.g. [Aure97; Bert01; Hein02]), the ITIL library [OoOC01], and in our cooperation with the BMW Group (Chapter 4), we identified several ways how organisations handle these costs.

*Direct cost allocation.* In case a resource (e.g. a server) is dedicated to a specific application or a business unit, the incurring costs can be directly allocated. This proceeding is transparent and easy to implement. However, this approach is mainly limited to computing infrastructure. Other resources, like network or EAI components, are usually shared. With regard to the average server utilisation of less than 25% in modern data centres and the cost saving potential of virtualisation technologies, dedicated resources will more and more give way to shared resource pools.

*Overhead costs.* Infrastructure costs which cannot be directly allocated are handled in analogy to other IT overhead costs (administration, buildings, etc.). Particularly for small to medium sized companies, with IT organised as a service cost centre, this approach might be sufficient.

*Measured usage.* At first glance, measuring resource consumption and allocating it to the originator is the most obvious method for the apportionment of shared infrastructures costs. A measured usage approach is reasonable for certain resources like disk space or telephony as well as for very computing-intensive jobs, like batch processing or simulations. However, in an OLTP context, measuring and apportioning resource consumption to a specific user or even to

an application is not trivial. In contrast to earlier times, when monolithic mainframes were the dominating resources, modern OLTP systems are based on the client/server model and integrate different and distributed components. A single business transaction may cause resource consumptions on multiple components. In a simple three-tier architecture, with a web server, application server and database server, three different computing resources are already involved. Due to performance and security reasons (and the lack of standards), the original business context of a transaction is mostly not available in the backend. For instance, user names are not further transmitted after a successful authorization and for database access connection pools are used. This lack of information complicates the establishment of an end-to-end perspective. So, particularly in heterogeneous environments, the collection and consolidation of log data for accounting purposes quickly becomes tedious.

*Per provided application.* The provision of an application in a data centre is an “IT product” to which cost are allocated, either by a single or a tiered flat rate (e.g. classification according to the expected number of concurrent users, required service levels or number of interfaces). The BMW Group uses such flat rates for applications on its J2EE infrastructure. This approach is particularly easy to implement, as no explicit differentiation of resource costs and no metering is required. The accompanying lack of transparency may be accepted, if the applications are roughly of a similar nature (complexity, resource consumption, etc.). However, the notion of an “application” is a little bit fuzzy. Depending on the software architecture, the same business functionality may be implemented in a single or in multiple separate applications (i.e. executables, ear-files, etc.). Furthermore, one user of an application can cause a lot more resource consumption than 100 users of another. If cost accounting is combined with chargeback, this simplification potentially leads to acceptance problems.

In our opinion, none of the approaches presented above really cope with the complexity of modern OLTP systems. It’s not surprising that the lack of cost transparency is one of the major reasons for outsourcing IT activities. In a market environment, accounting metrics can be found which are not directly linked to costs (e.g. “pay-per-business transaction”), but which rely on a risk sharing model between customer and service provider. This establishes cost transparency at the customer side, but does not solve the fundamental problem.

### 3 Resource profiles for accounting and capacity planning

In search of alternatives, we abstracted from the technical view on “applications” and took a business perspective, with an IT system offering a number of useful services (e.g. „process order“, „update stock“, and „add customer“). An application may implement one or more of those services, but a service can also comprise multiple applications. The invocation of a service causes resource consumption in the infrastructure (CPU time, transferred bytes, etc.). The exact amount is dependent on input factors like parameters passed or the internal states of the components involved.

Nevertheless, for repeated service invocations an average value or, more precisely, a vector with average consumption values for different resources, exists. If these vectors and the number of service invocations per user were known, a consumption-based cost apportionment to services and users would be possible.

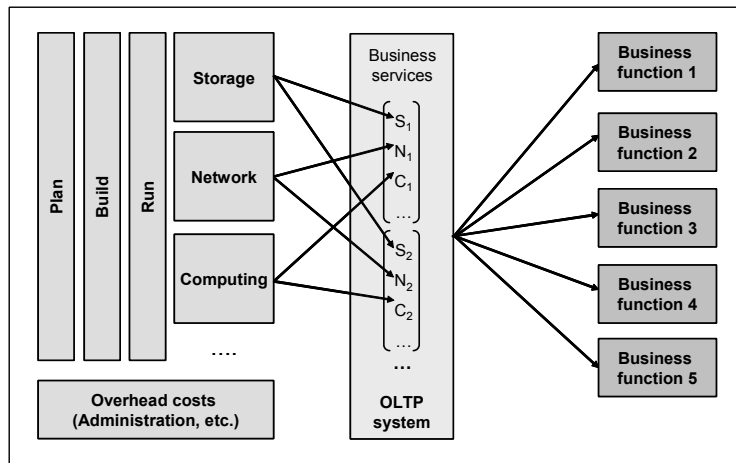


Figure 2: Cost allocation by business services and resource profiles.

The elaborate process of measuring and consolidating log data from different components could be bypassed. Furthermore, these vectors would be valuable inputs for the alignment of business forecasting and IT capacity planning.

Whether such an approach is actually practicable in an industrial context depends on the efforts required for the determination of appropriate services and average consumption vectors. As the problem of allocating infrastructure costs is of a quite general nature, we further followed this idea and analysed its potential in cooperation with our industrial partner, the BMW Group.

## 4 Results and experiences from the pilot test

### 4.1 Organisational context

At the BMW Group, management and operation of the considered OLTP systems is organised on two levels. A central IT department provides standardised infrastructure services, such as server computing, network and storage for the whole company. At each Business Unit (e.g.

Production, Sales) a dedicated IT department is responsible for the management and operation of their applications. The Business Units are charged for their consumption of infrastructure resources. If resources are dedicated, direct costing is applied. Dedicated resources are required in particular for business-critical applications with peak demands. However, most applications run on shared infrastructure and we assume that with increasing hardware performance and advances in virtualisation technologies, their share will further grow.

The predominant application platform at the BMW Group is Java/J2EE. The central IT department therefore provides standardised environments on shared and dedicated computers. The Business Units are either charged per application (shared infrastructure) or by the performance characteristics of their dedicated computers. These flat rates cover all other resource costs. This approach is quite efficient and comprehensible. However, it does not consider the different nature of applications and their resource consumption (see Chapter 2). In a pilot test, we evaluated if the approach, presented in the previous chapter, would be a feasible alternative.

## **4.2 Integration of the approach into existing IT processes**

The IT processes of the BMW Group specify that prior to the first deployment or after a major software change, every application has to pass an operational approval. This process consists of several well-defined tests (e.g. installation, load and stress tests, cluster failover) in an isolated environment. In contrast to tests during the development phase, the operational approval is conducted by infrastructure specialists and not by the responsible software engineers. The objective is to verify whether the application meets stability and performance requirements (at the BMW Group also referred to as “operational maturity”). Such approval or acceptance tests are common practice in industrial data centres [OoOC02] and we consider them as a suitable opportunity for the determination of the required resource profiles. So, we designed an additional process step for the operational approval at the BMW Group, to acquire consumption data of typical user behaviour.

## **4.3 A methodology for the determination of resource profiles**

As relevant run-time consumption metrics, we identified CPU time, network and storage I/O. We excluded disk space, as it is usually a priori allocated to a specific application or a database

and elaborate accounting tools are available. Memory is usually also considered as a scarce resource. However, the maximum amount of physical memory a server can allocate on a machine is already determined at startup (e.g. by setting a range for virtual memory) and we propose to take this value as the basis for accounting.

The determination of resource profiles in heterogeneous environments is not trivial. Existing profiling tools focus on diagnosing performance problems, like memory leaks or CPU consumption of methods or transactions. They are technology- or vendor-specific, (e.g. Java/J2EE [JaPeoJ], .NET [Schw06], Intel [IntelJ], different ERP/CRM systems [SymaoJ]) and do not cover all the resources mentioned above. Load generators (e.g. Mercury Loadrunner [MercoJ], SilkPerformer [SeguoJ], The Grinder [TheGoJ], httpperf [MoJi98]), on the other hand, have elaborate means to simulate different user behaviours in various environments. However, their main analysis focus lies on response times experienced by their virtual clients. Although most tools provide consoles for a remote monitoring of hardware and server performance, none of the products we evaluated calculates resource consumption for specific user activities.

To overcome the limitations of existing tools, we developed a new methodology and an appropriate software toolkit. The underlying motivation was to enable a flexible and non-invasive determination of resource profiles for business-oriented services, independent from underlying hardware and software technologies. The basic idea is to install the system under consideration in an isolated environment (as is usual for operational approvals), simulate consecutive service invocations by means of a load generator and correlate start and end times of services with performance log files recorded at the different components. The prerequisite of the approach is that no other users or applications distort the measurements. So, besides inevitable background activities, resource consumption can be fully allocated to service invocations. The corresponding software toolkit consists of three separate packages. Firstly, a collection of log file parsers to transfer the measurements into a database, secondly, an analysis component which correlates the data and computes the resource profiles, and finally, a tool for the visualisation of the results.

#### **4.4 Experimental setup**

We tested the approach with several applications. For the experiments we set up an infrastructure which is similar to the standards of the BMW Group (see Figure 3). To increase



the empirical coverage, we combined different Operating Systems (Linux, Windows and Unix) and servers (Apache HTTP, Bea Weblogic and Oracle Database).

As example scenario for this publication we use the J2EE reference implementation Java PetStore [SunoJ]. We chose this example for three major reasons. Firstly, it is publicly available and well documented, secondly, as reference implementation, it covers most J2EE technologies (EJBs, Servlets, JSPs, Web Services and XML, JMS, CMP, etc.), and thirdly, the software architecture, with several interacting applications in the front- and back-end, is an appropriate representation of the structure of modern enterprise systems. For the simulation of service invocations, we chose Mercury Loadrunner [MercoJ], as it had been already used during the operational approval at the BMW Group. To monitor the resource consumption at the different computers, we relied on

standard OS tools (Unix/Linux: sar, Winodws: perfmon). Thus, we were independent from server technologies and could avoid the installation of additional software.

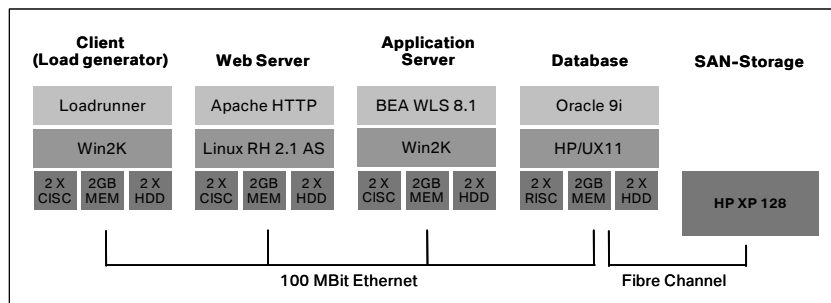


Figure 3: Infrastructure used in the experiments

#### 4.5 Definition of services

We assume that, from a business perspective, an IT system provides a number of useful services and that we can determine resource profiles as estimates for the mean resource consumption of service invocations. To minimise the gap between estimated and actual resource consumption one could define every possible user activity within the system as a separate service. Nevertheless, in our opinion a large number of fine-granular services would lead to an unreasonable complexity for cost accounting. We propose instead to consider whole or at least parts of business processes as services. For instance, in the PetStore case, we defined the shopping process of an average user as single service. The logging of service invocations could be easily combined with central authentication/authorisation mechanisms. However, as visitors have different possibilities of using the store, i.e. the service, information about the average user behaviour must be available or estimated. This might be a problem, in particular for new systems. In that case, we recommend reviewing the assumptions on services and usage after an observation period. For the operational approval at the BMW Group, software projects were

already obligated to specify the expected usage and provide appropriate load test scripts for the different use cases. We proposed to take this information as the basis for the definition of services.

#### 4.6 Example: Determination of the resource profile for a PetStore shopper

For the determination of user paths through web applications, several tools (e.g. WebTrends Analytics from WebTrend Inc. [WebToJ]) and scientific approaches exist (e.g. Customer Behaviour Model from Menascé and Almeida [MeAl00]) exist. For the PetStore example, we assume that such information is available and we recorded the path of an average shopper in a load test script. As mentioned above, we use standard OS tools for the performance monitoring at the different computers. The major drawback of those tools is that they only provide rough measurements, which are furthermore distorted by background activities. For instance, the minimal interval between two data points is one second, which is much higher than the usual response time of a three-tier web application, like the Java PetStore. Accordingly, the resource consumption of a single PetStore shopper would be hardly measurable. To solve this problem, and to separate the resource consumption of services from background activities, we

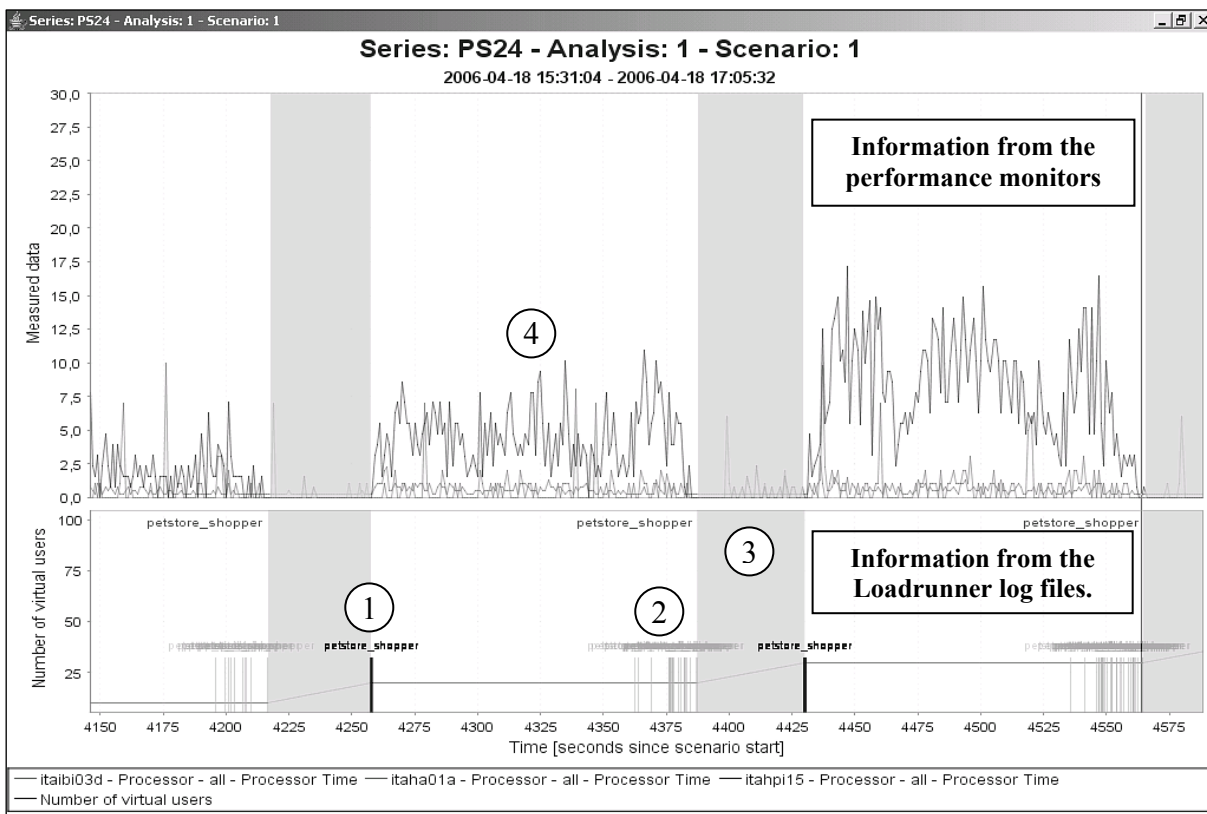


Figure 4: Determination of the resource profile for a PetStore shopper.

successively raise the number of parallel service invocations and determine by means of a linear regression the increase of resource consumption. In the PetStore example, we started with 10 concurrent users and increased the number in steps of 10 until we reached 70 users and repeated this process several times. Figure 4 illustrates this concept with a screenshot from our analysis tool. At label (1), 20 concurrent users start browsing through the PetStore. To avoid peaks, we build in arbitrary think times between the requests. About two minutes later all users have finished their shopping tour (2). After an idle phase of 45 seconds (3), the procedure is restarted with 30 concurrent users. During the whole test, the performance monitors at the Web, Application and Database Servers record the system behaviour in log files on their local disks. The upper diagram (4) shows for instance the overall CPU utilisation ((user + system time) / 2 processors) at the three different computers. The most utilised component is the Application Server. Data from network and storage resources is analysed in the same manner.

After the test, log file parsers consolidate the data and copy it into a database. Then the analysing component correlates start and end times of transactions with selected performance data and computes the average resource consumption for every measurement cycle. In the following, we apply a linear regression to these values and compute the resource consumption per service invocation (i.e. slope of the regression line). We use the correlation coefficient ( $r \in [-1;1]$ ) as a first quality indicator for the results. Figure 5 shows the results of the analysis of CPU times. Accordingly, a single PetStore shopper consumes during a 2 minute visit 0.207 seconds of CPU time<sup>1</sup> at the Application Server ( $r=0.825$ ), 0.012 seconds at the Web Server ( $r=0.968$ ) and 0.025 seconds at the Database ( $r=0.875$ ). For the other resources in the profile – network (transferred bytes) and storage (transferred blocks) – we got similar results. Nevertheless, the coefficient of correlation only evaluates the fitting of the regression line and not the resource consumption as such. So, we were looking out for a further sanity check for the resource profiles.

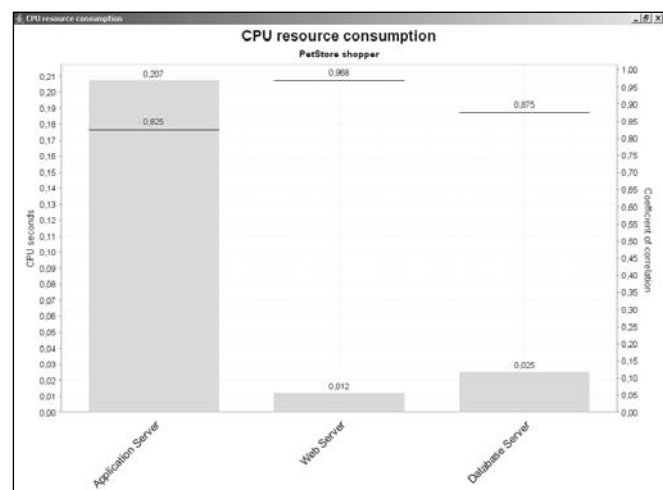


Figure 5: CPU resource consumption of a PetStore shopper

<sup>1</sup> These are raw values, dependent on the architecture and performance characteristics of the hardware used during the tests. For accounting purposes, they must be normalised. We therefore propose the usage of standard industry benchmarks.

#### 4.7 Resource profiles as input parameters for analytical capacity planning

Queuing Network Theory is a well-studied analytical approach for performance modelling and capacity planning of distributed computer systems. However, is rarely used in practice. One reason for this is that the input parameters, like service time for jobs, are not directly available from common performance monitors. The resource profiles presented above might fill this gap. We further evaluated this idea, for two major reasons. By comparing performance predictions with measured values, we could, firstly, validate the resource profiles (see previous section) and, secondly, test their appropriateness for capacity planning. In the following section we briefly present the results.

As the first step, we developed an appropriate load test set-up. We use the same scripts as for the determination of the resource profiles. However, instead of simultaneous starts and stops, we put the users in an endless loop. Every five minutes, we added ten more users until the first component reaches its bottleneck. During the load test, performance monitors record the system behaviour in log files. The data is afterwards copied into a database, but instead of analysing resource consumption, we determine average values for utilisation and response times.

In a second step, we developed a general performance model for the three-tier infrastructure used during the experiments (see Figure 3). We separately analysed each of the above-mentioned five minute slots. As the number of users remains constant within each slot, we applied a Closed Queuing Network Model (see Figure 6). As the solution algorithm, we implemented the Mean Value Analysis algorithm [ReLa80]. For further information on Queuing Network Theory, we refer the interested reader to the work of Menascé *et. al.* [MeAl00; MeAD04] and Bolch *et al.* [BoGM06].

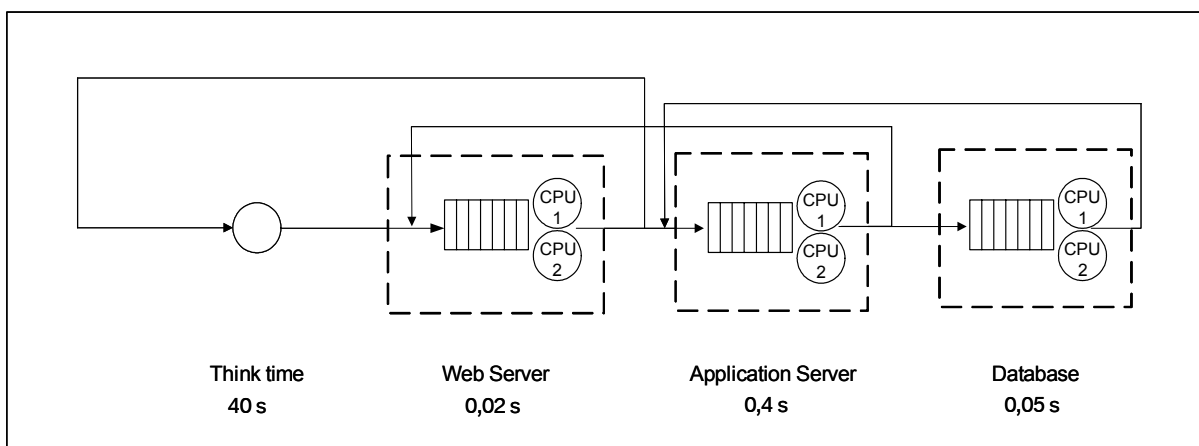


Figure 6: QN-Model of the infrastructure used in the experiments.

In the PetStore case we solely modelled the processors, as the time required for disk accesses was negligible. Due to the dual-processor architecture of the considered hardware (see Figure 3), we modelled each server as a queue with two separate stations. The service demands were taken from the resource profiles. As the values in Figure 5 are based on the average CPU utilisation of both processors, we had to double them for the performance model.

We conducted a load test according to the above-mentioned process and compared the outcome to the predictions of the Queuing Network model. As the length of the think time between two requests must not have an effect on the resource consumption, we intentionally changed it for this load test (in total 40 seconds instead of 120 seconds). The bottleneck in the PetStore example was the Application Server. Figure 7 compares its measured utilisation (average value of the time interval with constant number of users) to the computed values from the Queuing Network Model. The maximum absolute deviation is about 10%, which we consider to be tolerable. Nevertheless, we are still looking for improvements.

Analytical capacity planning has a number of advantages over common approaches. Once a validated model exists, the effect of parameter changes, concerning the hardware performance, the expected load and the user behaviour can be evaluated. These “what-if”-analyses are particularly helpful in situations where the hardware from the test environment differs from the production environment. The results are usually more precise and substantiated than “rule of thumb” estimates or general sizing guidelines from hard- and software vendors.

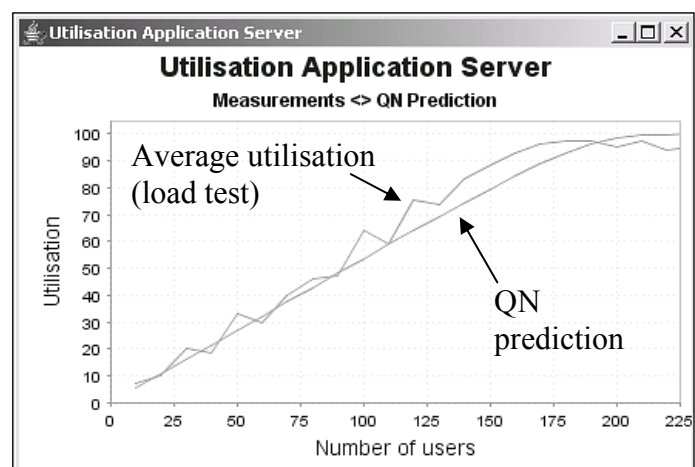


Figure 7: Comparison of average CPU utilisation during a load test with QN predictions.

#### 4.8 Contribution and related approaches

The contribution of our concept for the determination of resource profiles is threefold. Firstly, by utilising the capabilities of a professional load generator, we can determine resource profiles not only for single transactions, but for whole user sessions or business processes. Until now we tested it only for applications with web-based interfaces. However, this should not be a

restriction. Tools like the Mercury Loadrunner can simulate load in an analogous manner on a multitude of different front- and backend interfaces. Secondly, as we fully rely on standard performance monitors of Linux/Unix and Windows Operating Systems, new components can be easily integrated as the case arises. Despite the limitations of these tools (e.g. minimal measurement intervals of one second), we could demonstrate that the concept is also appropriate for very small values of resource consumption. Thirdly, through the combination of Queuing Network Theory and load tests we provide means for a quick sanity check of the resource profiles.

As illustrated in the Section 4.3, the determination of overall resource profiles for services on distributed systems is not yet supported by tools available on the software market. This problem had been also addressed by Nagaprabhanjan and Apte who recently presented a tool [NaAp05] for automated resource consumption profiling of distributed transactions. Analogous to our approach, they combine load generation with OS performance monitors for the determination of resource profiles. However, their focus is not accounting, but the determination of input parameters for performance analysis and capacity planning. The major strength of Nagaprabhanjan and Apte is the run-time coordination of load generation and resource profiling. This enables more precise measurements. Accordingly, they require fewer measurement cycles and generate less data for the analysis. Our approach is more flexible concerning the definition of services and the integration of additional resources. However, due to the above mentioned aspects it takes more time for measurement and analysis.

## **5 Evaluation of results**

We could demonstrate during the project that it is technically feasible to determine comprehensive resource profile for business-oriented services in a distributed and heterogeneous environment. However, our methodology is subject to the following two major conditions. Firstly, we assume that knowledge about appropriate services and user behaviour is available. This assumption may not hold for new applications. If no historical usage data exists, measurements have to be based on estimations. This can lead to distorted resource profiles. Secondly, our metering concept requires an environment with no external interferences. In organisations with formal IT testing and approval processes, such an infrastructure might be

given. If not, considerable extra efforts and investments are necessary. In that case the efficiency of the approach has to be seriously questioned.

If the above requirements are fulfilled and if there is a need for usage-based cost allocation, the approach is a feasible alternative to “measured usage”. Beyond its operational advantages (a distributed metering of resource consumption can be omitted) and its business orientation (service invocation instead of CPU seconds), we identified the following strengths. Firstly, resource consumption, which cannot be apportioned during normal operation (e.g. network traffic, storage I/O), can also be included. Secondly, if the resource profiles of services are transparent, they can be used as a criterion for the evaluation of software. So, an incentive for economic resource usage for developers and architects may already be created. According to the literature on Performance Engineering (e.g. [Smit90; BMIS03]) and confirmed by experiences of the BMW Group, most potential for savings are in the design and implementation phases. Finally, resource profiles are valuable inputs for capacity planning and performance analysis. In this context analytical approaches, like Queuing Network Theory, have a number of advantages and are quite well studied. However, due to their complexity and the lack of appropriate input data, they are rarely used in practice. We demonstrated that resource profiles partially fill this gap. In combination with usage forecasts, they facilitate “what-if” analyses and the sizing of infrastructures. In the context of cost allocation “per provided application” and tiered flat rates (see Chapter 2), the predicted capacity requirements are a reasonable criterion for the classification of an application.

Legacy or COTS software components are usually not designed to log service invocations for accounting purposes. We therefore propose linking usage metering to central authentication or authorization services. So, typically the login to an application would be considered as a service invocation. However, this is a trade-off between practicability and flexibility. Furthermore, accounting systems which are designed for an enterprise-wide usage may by default not support hundreds or even of thousands of different services with individual prices and must be adapted accordingly.

For the case of the BMW Group we propose, for reasons of practicability, to retain the cost allocation per application. However, instead of one single flat rate, resource profiles should be used for the determination of rates, based on the expected resource consumption of an application. So, even if the actual consumption cannot be apportioned, the cost driver “infrastructure resource requirements” is considered in cost accounting.

## 6 Conclusion and outlook

During the project at the BMW Group, we could demonstrate the feasibility of our approach. Nevertheless, the root cause of the difficulties with allocating infrastructure costs is that accounting mechanisms are hardly considered in the architectural guidelines for modern IT systems. Hence, current practice is a per-resource-accounting based on technical metrics, such as CPU seconds. What is still missing, are comprehensive and user-oriented approaches. Predetermined resource profiles are an elegant way out, but do not constitute a general solution. Against the background of advancing virtualisation technologies and the ongoing commercialisation of shared resource pools, we predict a growing demand for uniform standards and protocols to facilitate the allocation of infrastructure resource consumption. Without well-defined methodologies for usage accounting the foundation for economic efficiency in a competitive world for service provisioning is not given. We strongly believe that in this domain further scientific work could provide valuable contributions for the industrial practice.

## References

- [Aure97] Aurenz, H.: Controlling verteilter Informationssysteme. Client/Server-Architekturen. Bd. 4, Peter Lang Publishing Group, 1997.
- [BMIS03] Balsamo, S.; Marco, A. D.; Inverardi, P.; Simeoni, M.: Software Performance: state of the art and perspectives.  
<http://www.di.univaq.it/adimarco/technicalreports/techReport-perf.pdf>, Abruf am 2006-07-13.
- [Bert01] Bertleff, C.: Einführung einer IT-Leistungsverrechnung zur Unterstützung des strategischen IT-Controllings. In: H. Heilmann (Hrsg.): Strategisches IT-Controlling. 2001.
- [BoGM06] Bolch, G.; Greiner, S.; Meer, H. d.: Queueing Networks and Markov Chains. Wiley-Interscience, 2006.



- [DGHJ04] Dibbern, J.; Goles, T.; Hirschheim, R.; Jayatilaka, B.: Information systems outsourcing: a survey and analysis of the literature. In: SIGMIS Database 35 (2004) 4, S. 6-102.
- [Harp93] Harper, W. M.: Cost Accounting. 3rd. Aufl., Pitman Publishing, 1993.
- [Hein02] Heinrich, L. J.: Informationsmanagement. Bd. 7, Oldenburg, 2002.
- [HoMa89] Horváth, P.; Mayer, R.: Prozesskostenrechnung. Der neue Weg zu mehr Kostentransparenz und wirkungsvolleren Unternehmensstrategien. In: Controlling 1 (1989) 4, S. 214-219.
- [Intel0J] Intel Corporation: Intel VTune Performance Analyzer.  
<http://www.intel.com/cd/software/products/asm-na/eng/vtune/index.htm>, Abruf am 2006-07-13.
- [JaPeoJ] Java Performance Tuning: Tool reports.  
<http://www.javaperformancetuning.com/tools/>, Abruf am 2006-07-13.
- [KaBr87] Kaplan, R. S.; Bruns, W. J.: Accounting and Management: Field Study Perspectives. Harvard Business School Press, 1987.
- [MeAl00] Menascé, D. A.; Almeida, V. A. F.: Scaling for E-Business: Technologies, Models, Performance, and Capacity Planning. Prentice Hall, 2000.
- [MeAD04] Menascé, D. A.; Almeida, V. A. F.; Dowdy, L. W.: Performance by Design: Computer Capacity Planning by Example. Prentice Hall, 2004.
- [MercoJ] Mercury Interactive Corporation: Mercury LoadRunner.  
<http://www.mercury.com>, Abruf am 2006-07-13.
- [MoJi98] Mosberger, D.; Jin, T.: httperf - a tool for measuring web server performance. In: SIGMETRICS Performance Evaluation Review 26 (1998) 3, S. 31-37.
- [NaAp05] Nagaprabhanjan, B.; Apte, V.: A Tool for Automated Resource Consumption Profiling of Distributed Transactions. In: G. Chakraborty (Hrsg.): Second

International Conference on Distributed Computing and Internet Technology.  
Bhubaneswar, India 2005, S. 154-165

- [OoOC01] Office of Government Commerce: Service Delivery. Stationery Office Books, 2001.
- [OoOC02] Office of Government Commerce: ICT Infrastructure Management. Stationery Office Books, 2002.
- [ReLa80] Reiser, M.; Lavenberg, S. S.: Mean-Value Analysis of Closed Multichain Queuing Networks. In: Journal of the ACM 27 (1980) 2, S. 313-322.
- [Schw06] Schwichtenberg, H.: Tools and Software Components for the.NET Framework. <http://www.dotnetframework.de/dotnet/tools.aspx>, Abruf am 2006-07-13.
- [SeguoJ] Segue Software Inc.: SilkPerformer. <http://www.segue.com/>, Abruf am 2006-07-13.
- [Smit90] Smith, C. U.: Performance Engineering of Software Systems. Addison-Wesley, 1990.
- [Sunoj] Sun Microsystems: Java Pet Store Sample Application. <http://java.sun.com/reference/blueprints/>, Abruf am 2006-07-13.
- [SymaoJ] Symantec Corporation: Application Performance Management. <http://www.symantec.com/Products/enterprise?c=prodc&refId=1021>, Abruf am 2006-07-13.
- [TheGoJ] The Grinder: A Java Load Testing Framework. <http://grinder.sourceforge.net/>, Abruf am 2006-07-13.
- [WebToJ] WebTrends Inc. <http://www.webtrends.com/>, Abruf am 2006-07-13.
- [Zieh04] Zieh, O.: Government on Demand. Neue Wege in der Projektfinanzierung. In: I. Corporation (Hrsg.): 7. Deutscher Verwaltungskongress "Effizienter Staat". Berlin 2004

## **Einführung in den Track**

### **Informationsmanagement in der Energie- und Umweltinformatik**

**Prof. Dr. Wolf Fichtner**

Universität Cottbus

**Prof. Dr. Axel Tuma**

Universität Augsburg

**Dr. Wolfram Münch**

EnBW AG

Die Energie- und Umweltinformatik hat sich seit ihren Anfängen, Mitte der achtziger Jahre, zu einer wichtigen Disziplin im Schnittfeld von Natur-, Ingenieur-, Wirtschaftswissenschaften und Informatik entwickelt. Sie umfasst eine Reihe interessanter Teilgebiete, wie die Modellierung von Stoff- und Energieflusssystemen, "Geo-Informationssysteme", "Organisationsmodelle und Informationssysteme zur Umsetzung nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke" und Systeme zur effizienten Verkehrssteuerung. Bedingt durch die Situation an den internationalen Energiemärkten sowie der Liberalisierung der Energiewirtschaft kommt der Energieinformatik dabei eine stetig wachsende Bedeutung zu.

Der Track "Energie- und Umweltinformatik" richtet sich gleichermaßen an Wissenschaft und Praxis. Einerseits werden aktuelle Forschungsarbeiten präsentiert sowie entsprechende Konzepte, Methoden und Werkzeuge vorgestellt und diskutiert. Andererseits werden aus Sicht der Praxis Anforderungen an zu entwickelnde Konzepte und Methoden erörtert und bereits realisierte Anwendungen vorgestellt.

**Programmkomitee:**

Prof. Dr. Wolf Fichtner, Universität Cottbus

Dr. Wolfram Münch, EnBW

Prof. Dr. Claus Rautenstrauch, Universität Magdeburg

Prof. Dr. Guido Siestrup, Fachhochschule Furtwangen

Prof. Dr. Axel Tuma, Universität Augsburg

# **TOP-Energy - Ein Framework für Softwarelösungen in der Energietechnik**

Gregor Wrobel

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik (GFaI)  
12489 Berlin  
wrobel@gfai.de

Stefan Herbergs

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik  
RWTH-Aachen  
52062 Aachen  
herbergs@ltt.rwth-aachen.de

Eckardt Augenstein

perpendo GmbH  
52068 Aachen  
e.augenstein@perpendo.de

## **Abstract**

Die Entwicklung komplexer Softwaresysteme kann bekanntermaßen nur durch einen hohen Entwicklungsaufwand realisiert werden. Sowohl die fachlichen Anforderungen an die Systeme, als auch hohe Standards in der Bedienbarkeit und Datenverwaltung müssen erfüllt werden. Insbesondere die letztgenannten Anforderungen treiben den Aufwand, existierende Fachlösungen in marktfähige Systeme zu überführen, in die Höhe. In diesem Beitrag wird ein Framework vorgestellt, auf dessen Basis die Entwicklung verschiedener Softwaresysteme der Energie- und Umwelttechnik effizient realisiert werden kann. Die erforderlichen Entwicklungsschritte zur Ableitung neuer Applikationen werden ebenso wie bereits entwickelte Lösungen dargestellt.

## 1 Herausforderung

Viele Institute von Universitäten und Forschungseinrichtungen implementieren Forschungsergebnisse in umfangreichen Softwaresystemen. Die daraus entstandenen Systeme können häufig nur von deren Entwicklern bedient werden. Das liegt zum einen in der fachlichen Spezialisierung des Aufgabengebietes begründet, oft aber auch in der unzureichenden Softwarearchitektur insbesondere der GUI. Der Aufwand, der bei der Überführung von universitären Lösungen zu einem marktfähigen Produkt notwendig ist, wird dabei oftmals unterschätzt oder kann nicht erbracht werden, so dass viele Ergebnisse ausschließlich der Forschung zur Verfügung stehen.

Am Lehrstuhl für Technische Thermodynamik der RWTH sind in den letzten Jahren verschiedene Systeme entwickelt worden, die zur Analyse, Simulation und Optimierung von Energiesystemen eingesetzt werden können [AWKP04; NN05; NN05a; NN06; BoLu06]. Die Gruppe der Anwender umfasst Energieberater, Energiecontractoren bzw. mit Fragen des Energieeinsatzes betraute Mitarbeiter größerer Industrieunternehmen; oft also Ingenieure. Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellungen reichen die von den Anwendern häufig verwendeten Standardtabellenkalkulationsprogramme nicht aus. Gleichzeitig stellen komplexe Simulationsumgebungen und Analysesoftware keine dem Anwendungsgebiet adäquaten Benutzerführungen zur Verfügung. Insbesondere die Modellierung erfolgt in diesen Systemen sehr abstrakt und erfordert spezielle Systemkenntnisse. Hieraus ergibt sich folgende Herausforderung:

*Herausforderung 1: Verschiedene Softwaresysteme zur Analyse, Bewertung und Optimierung von Energiesystemen müssen entwickelt und derart anwenderfreundlich gestaltet werden, dass Ingenieure diese Systeme bedienen können.*

Da die zu entwickelnden Lösungen einer gemeinsamen Domäne – der Energiesystemtechnik – zugeordnet werden können, bietet sich die Entwicklung eines Frameworks als Basis für Softwareprodukte für diese Domäne an. Ein solches Framework beinhaltet dann die gemeinsamen Datenmodelle, Benutzerschnittstellen und Editoren etc. Es muss aber auch leicht konfigurierbar sein, um spezielle Applikationen entwickeln zu können, sowie über geeignete Schnittstellen verfügen. Diese Anforderungen an sich stellen schon eine hohe Herausforderung an das Framework dar, die nur durch ein tiefgehendes Domänenengineering ermittelbar sind. Das Framework ermöglicht dann eine effektive Entwicklung neuer Applikationen aus der

betrachteten Domäne. Erstrebenswert wäre jetzt, dieses Applikationsengineering wiederum einer Anwendergruppe zugänglich zu machen. Diese Anwender sind derart gekennzeichnet, dass sie das umfangreiche fachliche Wissen zur Applikationsentwicklung besitzen und darüber hinaus über geeignete Softwarekenntnisse verfügen. Da das fachliche Wissen dieser Anwender im Vordergrund steht, kann nicht davon ausgegangen werden, dass diese Anwendergruppe aus Informatikern besteht. Somit ergeben sich weitere Anforderungen an die Schnittstellen des Frameworks. Die Ableitung neuer Applikationen aus dem Framework muss ohne umfangreiche Programmierung möglich sein.

*Herausforderung 2: Es muss ein Framework entwickelt werden, das die Basis für Softwaresysteme der Energietechnik bildet und Applikationsentwicklungen durch Anwender ermöglicht.*

## **2 Strategie**

Um die oben beschriebenen Herausforderungen zu erfüllen und das TOP-Energy Framework zu entwickeln, mussten zwei unterschiedliche Softwaresysteme zusammengefasst werden.<sup>1</sup> Am Lehrstuhl für Technische Thermodynamik der RWTH entstanden in den letzten Jahren in verschiedenen Forschungsvorhaben Softwaresysteme zur Analyse und Optimierung von Energieversorgungssystemen. Um die Entwicklung dieser Systeme effizienter zu gestalten, wurde eine Softwarekomponente<sup>2</sup> (ETL) implementiert, die umfangreiche Berechnungen von erweiterten ingenieurtechnischen Grunddatentypen enthält.

Daneben beschäftigt sich der Forschungsbereich Graphische Ingenieursysteme der GFaI seit mehreren Jahren mit der Entwicklung von Softwaresystemen für komplexe ingenieurtechnische Aufgabenstellungen. Aus diesen Entwicklungen heraus ist ein Framework (CASTool) entstanden, auf dessen Grundlage verschieden graphische Ingenieursysteme abgeleitet werden können [PFPL05, PFE05, BPPS01].

Mit diesen beiden Systemen war die Grundlage für TOP-Energy geschaffen. Die erste Herausforderung, die Entwicklung geeigneter fachlicher Applikationen, konnte durchgeführt

---

<sup>1</sup> Arbeiten zu diesem Framework wurden in einem Projekt durchgeführt, das aus Haushaltsmitteln des BMWi über die AiF im ZUTECH-Programm unter dem Forschungsvorhaben Nr. 92 ZBG / 1 (Laufzeit 01.01.2003 bis 31.12.2004) über die Mitgliedsvereinigung VEU gefördert wurde. Dem BMWi und der AiF wird für die Förderung gedankt.

<sup>2</sup> Der Begriff Softwarekomponente beschreibt Teile der Architektur, die bestimmte softwaretechnische oder fachliche Aufgaben erfüllen. Softwarekomponenten sind von Modellkomponenten zu unterscheiden, die die Repräsentation einer realen Anlage oder Randbedingung in einem Energiesystem darstellen. Modulkomponenten oder Module sind fachliche Softwarekomponenten mit bestimmten Eigenschaften bezüglich ihrer Darstellung in TOP-Energy.

werden. Da es sich beim CASTool um ein allgemeines Framework für graphische Ingenieurssysteme handelt, waren Spezialisierungen für TOP-Energy notwendig. Insbesondere die abstrakte Datenhaltung im CASTool erschwerte die Applikationsentwicklung und stand der zweiten Herausforderung im Wege. Aus diesem Grunde wurde ein Objektmodell entwickelt, das die benötigten Objekte der Energiesystemtechnik abbildet. Detailliert wird die Softwarearchitektur des Frameworks im folgenden Kapitel dargestellt.

Damit waren die softwaretechnischen Voraussetzungen für die Applikationsentwicklung geschaffen. Um die zweite Herausforderung, die anwenderorientierte Entwicklung von Applikationen realisierbar zu machen, wurde neben weiteren Softwarekomponenten ein rollen- und vorlagenbasierte Ansatz entwickelt und in das Framework integriert. Das Kernkonzept dieses Ansatzes besteht darin, sämtliche Objektdaten in so genannte Vorlagen zu implementieren. In einer TOP-Energy-Applikation werden diese Vorlagen dann verwendet, um geeignete Objekte zu erstellen. Die Vorlagen werden von der zweiten Anwendergruppe, den so genannten Applikationsentwicklern, erstellt. Die Entwicklung der Vorlagen wird durch geeignete Editoren vom Framework selbst unterstützt, so dass damit die zweite Herausforderung erfüllt wird. Das Erstellen neuer Applikationen wird detailliert in Kapitel 4 beschrieben.

### 3 Framework

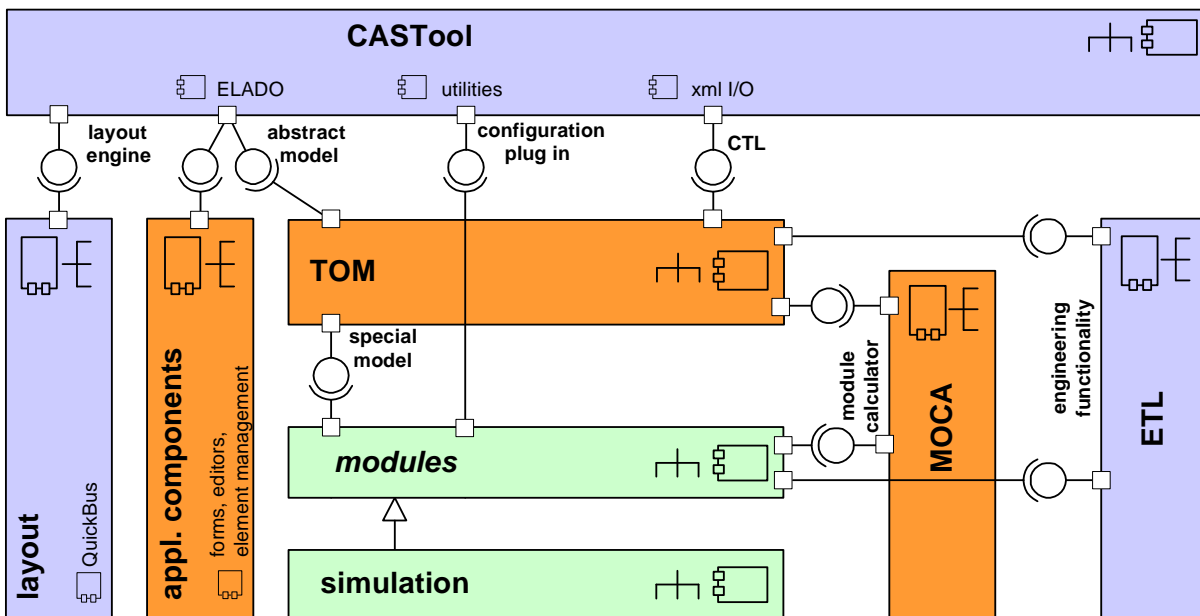


Abb. 1 Architektur des TOP-Energy Frameworks



In diesem Kapitel wird die Systemarchitektur des Frameworks vorgestellt und auf die einzelnen Softwarekomponenten detailliert eingegangen. Abb. 1 stellt die Grundarchitektur des Frameworks dar und hebt wichtige Schnittstellen hervor. Die einzelnen Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

### 3.1 CASTool

Ursprünglich zur Entwicklung von graphischen Ingenieursystemen entworfen bietet CASTool (Computer Aided Schematics Toolbox) Mechanismen, netzartig und hierarchisch strukturierte Applikationsdaten aufzunehmen und schematisch darzustellen, anwendungsspezifische Funktionalität hinzuzufügen sowie unterschiedliches Objekt- und Systemverhalten zu definieren.

#### *Datenmodell*

Zentraler Bestandteil des Frameworks ist eine Modellbibliothek (ELADO - Erweitertes Layoutdatenmodell), welche das zugrunde liegende Netzwerkmodell implementiert und applikationsspezifische Parameter aufnehmen kann. Das Modell bildet sowohl strukturelle Informationen als auch zusätzliche Parameter (z.B. spezielle grafische Symbole, technologische Daten usw.) ab. ELADO setzt sich aus drei wesentlichen Teilen zusammen: dem Domänenmodell, dem Applikationsmodell und dem Repräsentationsmodell (vgl. Abbildung 2).

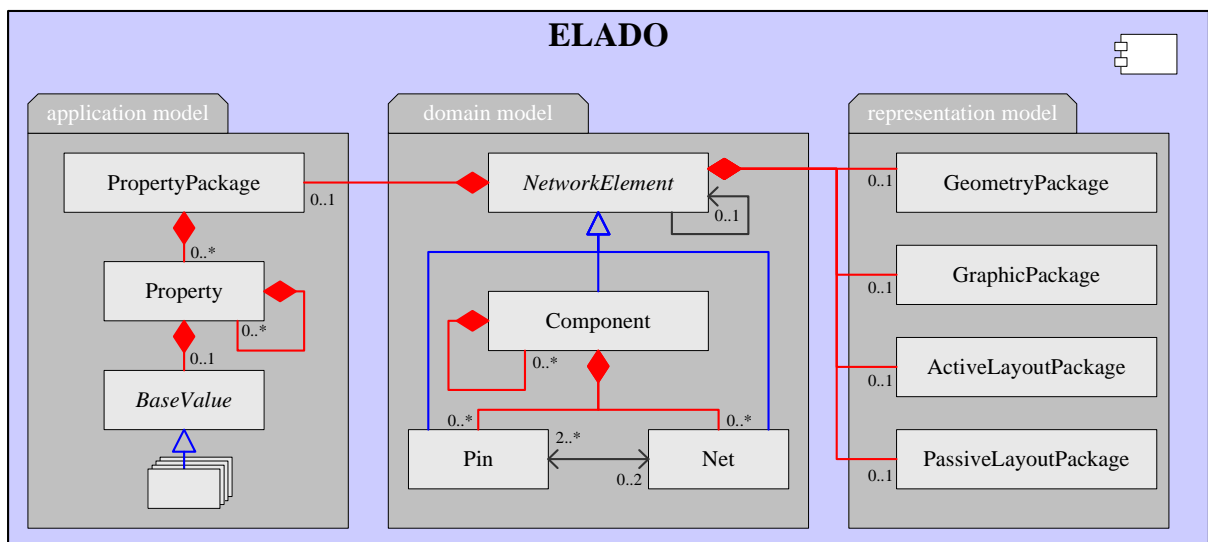


Abb. 2 ELADO Kernpaket und -klassen

Das Domänenmodell, auch als Strukturmodell bezeichnet, bildet Netzwerke ab. Netzwerke sind ähnlich wie mathematische Graphen strukturiert und bestehen im Wesentlichen aus

Komponenten, Netzen und Anschlusspunkten, so genannten Pins. In Erweiterung zu den Graphen können Komponenten, die den Graphknoten entsprechen, wiederum Netzwerke enthalten und Pins definierte Positionen auf diesen Komponenten haben.

Um verschiedene Applikationen entwickeln und insbesondere deren applikationsspezifische Daten (z.B. technische Daten, Geschäftsdaten) im Modell aufnehmen zu können, wurde ELADO um ein Applikationsmodell erweitert. Im Gegensatz zum Domänenmodell, in dem jedes relevante Element durch eine Klasse modelliert ist, ist das Applikationsmodell abstrakt aufgebaut. Applikationsspezifische Daten werden in einem Propertybaum modelliert. Jeder Knoten dieses Baumes kann ein Grunddatenobjekt und untergeordnete Properties besitzen. Ein komplexer Datensatz setzt sich dann aus mehreren Properties zusammen.

Darüber hinaus besitzt ELADO ein Repräsentationsmodell. Dieser Modellteil speichert z.B. Informationen über die grafische Darstellung von Netzwerkelementen, deren Shape und Positionen sowie layoutspezifisches Verhalten.

### *Erweiterbarkeit*

Um verschiedene ingenieurtechnischen Lösungen entwickeln zu können, muss die Systemarchitektur so gestaltet sein, dass neue Funktionalität hinzugefügt und bestehende Funktionalität erweitert bzw. modifiziert werden kann. Dazu kann das Framework um anwendungsspezifische Dienste ergänzt werden; neben speziellen Layoutverfahren auch um ingenieurtechnische Modulkomponenten wie Simulatoren etc.

Das Hinzufügen von Komponenten erfolgt dynamisch zur Laufzeit über eine definierte Schnittstelle. In das System zu integrierende Modulkomponenten betten dazu ihre Funktionalität vollständig in Kommandos ein. Der Datenaustausch erfolgt durch eine abstrakte Parameterstruktur direkt über die Kommandoschnittstelle. Auf diese Art und Weise ist eine elegante Erweiterungsmöglichkeit für das System gegeben, da ein Entwickler ohne Eingriff in das System weitere applikationsspezifische Funktionalitäten hinzufügen bzw. vorhandene modifizieren kann. Die zugrunde liegenden Mechanismen basieren auf entsprechenden Entwurfsmustern [GHJV96].

Über den selben Mechanismus sind neben den Applikationskommandos auch im Framework implementierte Standardkommandos integriert. Dazu gehören z.B. einfache Layoutverfahren, Input/Output-Verfahren, Standardinteraktionen und Kommandos für die Projektverwaltungen. Dadurch erfolgt eine in sich geschlossene Kommandoabarbeitung, so dass für den Benutzer eine Anwendung als ein einheitliches, in sich geschlossenes System erscheint.

## Konfigurierbarkeit

Neben der Erweiterbarkeit des Systems durch neue Funktionalitäten ist deren Systemintegration ein wesentlicher Aspekt zur Applikationsentwicklung. Dazu bietet CASTool verschiedene Konfigurationsmechanismen, welche vorrangig für die Gestaltung der grafischen Benutzeroberfläche einer konkreten Applikation genutzt werden. Dies kann einerseits durch die Modifikation von Konfigurationsdateien geschehen, andererseits ist durch dynamische Scriptauswertung auch eine Veränderung des Applikationsverhaltens zur Laufzeit des Systems möglich. Mit Hilfe der integrierten Scriptinterpreter können darüber hinaus einfache Funktionalitäten und Systemverhalten in Form von Scripten zur Systemlaufzeit implementiert werden.

## 3.2 Layout

In vielen technischen Anwendungen werden graphische Darstellungen von Netzwerken benötigt. Sie sollen die strukturellen Eigenschaften der Netzwerke hervorheben und müssen dabei ästhetisch ansprechend und übersichtlich sein. In der GFaI werden seit vielen Jahren Layoutverfahren für graphische Ingenieursysteme entwickelt.

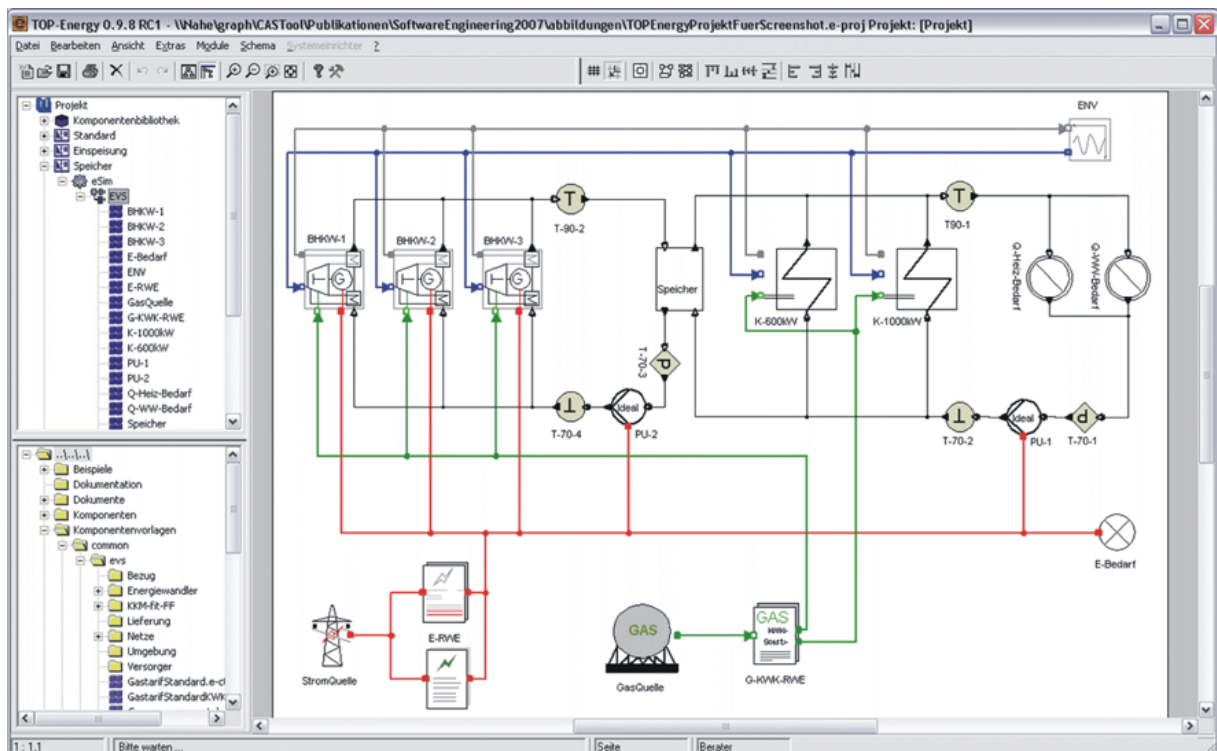


Abb. 3 Flusschemaeditor

Für den Flussschemaeditor von TOP-Energy (vgl. Abbildung 3, Beschreibung siehe Abschnitt 3.5) kommt neben Überlappungstests und Ausrichtfunktionen für Modellkomponenten ein so genanntes Busrouting [GKNP06] zum Einsatz. Dieses unterstützt den interaktiven grafischen Entwurf von Netzwerken, indem es auf interaktive Komponentenverbindungen und Veränderungen der Komponentenplatzierung mit lokalen Anpassungen des Routings der Netze reagieren. Das Busrouting sorgt prinzipiell für ein achsenparalleles Routing zwischen Komponenten, wobei Überlappungsfreiheiten zwischen Netzen und Komponenten sowie zwischen parallel verlaufenden Netzen berücksichtigt werden. Zusätzlich werden für Hyperkanten so genannte Busse ermittelt, die eine möglichst durchgängige geradlinige Struktur aufweisen. Das Busrouting bearbeitet dabei zunächst die betroffenen Netze autark. Danach beseitigt ein Postprocessing durch minimale Veränderungen des Routings Kollisionen mit Komponenten und anderen Netzen.

### **3.3 Engineering Type Library**

Datentypen, wie Zeitreihen, Zahlen mit Einheiten, Kennfelder und Zeitpunkte sind in gängigen Programmiersprachen standardmäßig nicht vorgesehen. Daher bindet das TOP-Energy Framework die Basisbibliothek ETL (Engineering Type Library) ein, die diese Datentypen zur Verfügung stellt. Die ETL stellt sicher, dass in allen Operationen die physikalischen Einheiten der Zahlen berücksichtigt und gegebenenfalls konvertiert werden. Fast alle Datentypen, die auf einem Formular dargestellt werden, können in einen ETL-Datentyp konvertiert, modifiziert und wieder in das Formular geschrieben werden. Darüber hinaus bietet die ETL Funktionen, die das Bearbeiten von Strings oder Tabellen vereinfachen, und stellt einen Parser zur Verfügung, der es ermöglicht, komplexe Ausdrücke zu berechnen, z.B.  $12[\text{kW}] * 645[\text{h}] + 72[\text{MJ}] = 7760[\text{kWh}]$

### **3.4 TOP-Energy Object Model**

Das CASTool-Datenmodell ELADO ist, wie oben beschrieben sehr abstrakt, insbesondere in dessen Applikationsmodell. Um Applikationsentwicklern den Modellzugriff zu erleichtern, wurde ein Objektmodell implementiert, deren Objekte Vertreter von ELADO-Objekten darstellen und die sich in ETL-Objekte umwandeln lassen. Die Datenhaltung erfolgt ausschließlich im ELADO während die Vertreterobjekte geeignete Funktionalitäten implementieren.

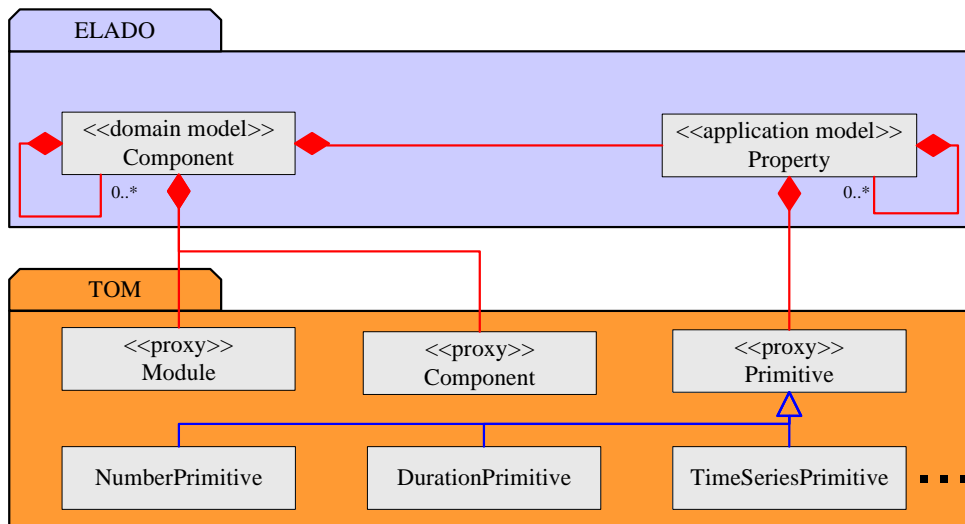


Abb. 4 TOP-Energy Object Model (Auszug)

In diesem Objektmodell können nun die für Softwareapplikationen der Energietechnik wesentlichen Objekte modelliert werden. Fachliche Funktionalitäten werden in so genannten Modulkomponenten gekapselt. Diese beinhalten Modellkomponenten (über die Komposition im ELADO), welche im Allgemeinen Modelle real existierender energietechnischer Komponenten darstellen. Sie beinhalten Daten, die zur Parametrisierung dieser Komponenten erforderlich sind. Die Daten werden durch so genannte Primitive implementiert. Primitive erscheinen nach außen wie unterschiedliche Datentypen (reelle Zahlen, Zeitdauern, Zeitreihen) die zudem über Zusatzinformationen verfügen (Grenzen, Default-Werten, Definitionen, Datenqualität etc.). Die Datenhaltung erfolgt wiederum im ELADO, in diesem Fall durch Propertybäume im Applikationsmodell.

### 3.5 Applikationskomponenten

Für das TOP-Energy Framework wurden spezielle Applikationskomponenten<sup>3</sup>, insbesondere ein Flussschema- und Formulareditor entwickelt. Diese Applikationskomponenten machen intensiven Gebrauch von den Basisbibliotheken CASTool und ETL.

#### *Flussschemaeditor*

Zur Unterstützung des Anwenders beim Beschreiben der Struktur von Energieversorgungssystemen dient der Flussschemaeditor (vgl. Abbildung 3). In diesem können Modell-

<sup>3</sup> Applikationskomponenten sind spezielle Modulkomponenten, die von dem Framework zur Verfügung gestellt werden und von jeder angebundnen Modulkomponente genutzt werden können. Sie stellen Dienste zur Verfügung, die sich in ihrer Funktionalität in das Framework eingliedern.

komponenten platziert und verbunden werden. Zur Unterstützung eines effizienten Entwurfs werden Layoutverfahren bereitgestellt, deren Intention es ist, eine optimale grafische Darstellung des Entwurfs zu erzeugen.

Folgende Aufgaben werden von den Layoutverfahren innerhalb des Flussschemaeditors übernommen: *Automatisches Routing*, *Sicherung von Überlappungsfreiheit*, *Ausrichtungsfunktionen*.

Zur Einhaltung von Verbindungsconstraints konnte auf einen allgemeinen Ansatz des CASTool zurückgegriffen werden. Dieser stellt sicher, dass lediglich gültige Netzwerke erstellt werden können. Dazu können die Struktur-Eigenschaften von Netzen definiert werden. Für ein gültiges Stromnetz wurde bspw. festgelegt, dass es immer mindestens zwei bidirektionale Strompins verbindet, während ein Dampfnetz genau zwei Pins verbindet. Damit sind Hyperstromnetze erlaubt jedoch keine Hyperdampfnetze. Darüber hinaus muss ein Dampfnetz immer genau ein Eingangspin und ein Ausgangspin verbinden, womit gerichtete Netze ermöglicht werden. Weiterhin implizieren diese Netzbeschreibungen, dass ein Netz zwischen einem Strompin und einem Dampfpin nicht gültig ist.

## Formulare

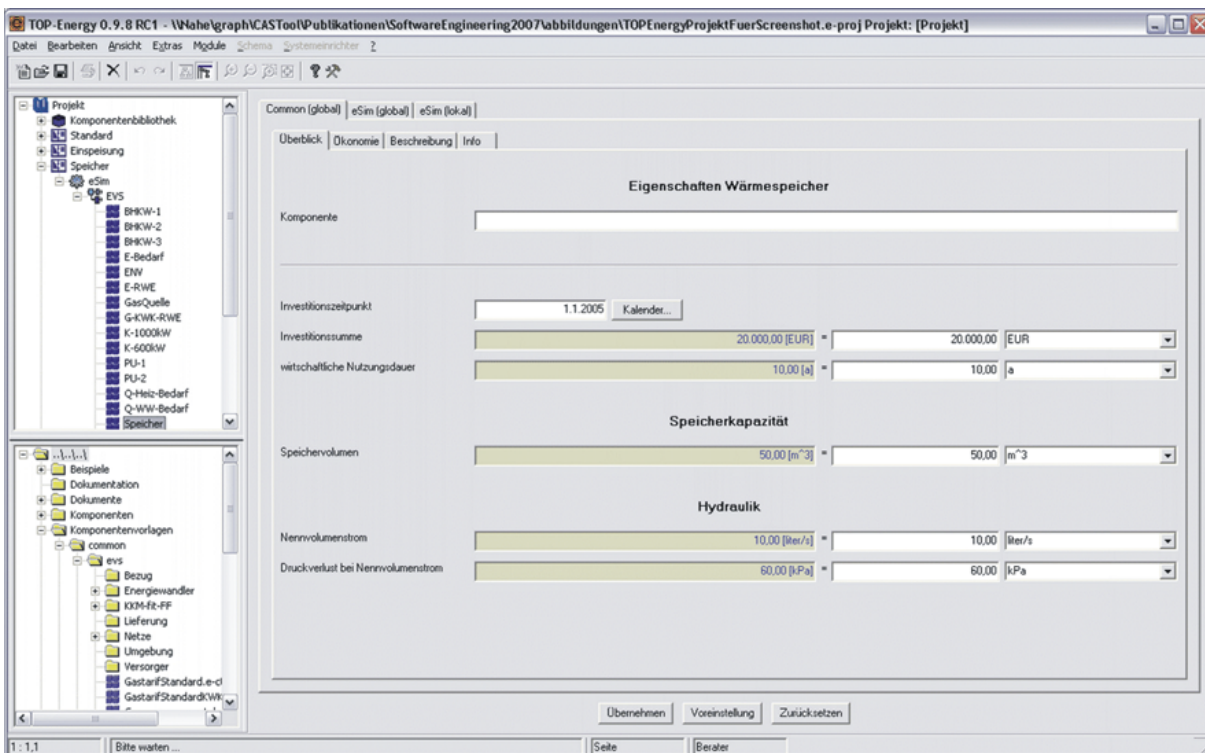


Abb. 5 Screenshot einer Formularansicht

Formulare (vgl. Abbildung 5) stellen in TOP-Energy eine bedeutende Benutzerschnittstelle dar. Sämtliche Daten verschiedener Modellkomponenten (Tarife, Anlagen, Personen, etc.) und Modulkomponenten (Simulator, Erstanalysemodul, etc.) werden über Formulare eingepflegt. Darüber hinaus dienen Formulare zur Visualisierung von Ergebnisdaten.

Die einzelnen Formularseiten sind zeilenbasiert aufgebaut. Jede Zeile repräsentiert ein Datenobjekt und wird durch eine Menge von Eingabeelementen realisiert. Der Aufbau der Formulare, also welche Daten wo dargestellt werden, ist nicht in Quellcode implementiert, sondern wird durch eine Formularbeschreibung in XML definiert. Zur Systemlaufzeit wird diese Beschreibung ausgewertet und die jeweiligen Formulare generiert. Dadurch wird dem Applikationsentwickler das Erstellen von Eingabemasken ohne Programmierung ermöglicht. Individuelle Formulare deren Aufbau von diesem Ansatz abweicht sind derzeit nicht möglich. Diese müssten im Quelltext bzw. in der Formularbeschreibung (nach Erweiterung) kodiert werden.

Neben den beiden beschriebenen Editoren sind weitere Applikationskomponenten entwickelt worden. Erwähnenswert ist insbesondere ein Berichtsgenerator, der ähnlich wie der Formular-editor mit Hilfe einer Berichtsdefinition den Inhalt eines Projektes in einem Bericht ausgibt. Die Berichtsdefinition wird wiederum vom Applikationsentwickler erstellt.

### **3.6 Module Calculator**

Der Module-Calculator (MOCA) bildet eine Schnittstelle zwischen ETL, TOM und dem Entwickler. Er stellt eine verbesserte Fehlerbehandlung zur Verfügung, die es ermöglicht, einfache Berechnungen wesentlich komfortabler zu implementieren. Zudem erhält der Benutzer ein Feedback, warum und an welcher Stelle ein Fehler aufgetreten ist. Die aufgetretenen Fehler werden automatisch mit den zugehörigen Daten gespeichert. So kann der Benutzer überprüfen, warum ein bestimmtes Datum nicht ermittelt werden konnte und wie dieser Fehler behoben werden kann. Diese Schnittstelle eignet sich nicht zur Implementierung rechenzeitintensiver Operationen, da die Fehlerbehandlung viel Rechenzeit verbraucht. Sie ist zur schnellen Berechnung einfacher Kennzahlen gedacht. Durch die erweiterte Fehlerbehandlung wird eine wesentlich effizientere Modulentwicklung erreicht. Erste Tests mit der Softwarekomponente ergeben eine Einsparung von ca. 80% Quellcode, der vorher für die Fehlerbehandlung verwendet wurde.

## 4 Entwicklung neuer Applikationen

Die oben beschriebene Systemarchitektur stellt die Voraussetzung zur Entwicklung von TOP-Energy-Applikationen dar. Eine solche Applikation setzt sich aus verschiedenen Modulen zusammen. Abb. 1 zeigt, wie sich ein Modul in die Gesamtarchitektur einbettet. Damit ist ein Framework zur Entwicklung von energietechnischen Softwareapplikationen gegeben und somit die erste Herausforderung erfüllt.

Die zweite Herausforderung besteht darin, auf TOP-Energy basierende Applikationen durch *Fachingenieure*, also durch Nichtinformatiker, implementierbar zu machen. Die Konfiguration der Applikation und die Integration der Modulfunktionalität erfolgt dabei über die beschriebenen Mechanismen des CASTool und besteht im Wesentlichen darin, Konfigurationsdateien zu erstellen bzw. zu editieren. Der Zugriff auf die Modelldaten erfolgt wie beschrieben über das TOP-Energy Object Modell, welches das abstrakte Systemmodell ELADO kapselt. Der Entwickler von Applikationen steht darüber hinaus vor der Aufgabe, geeignete Objekte für die jeweilige Applikation sowie die fachlichen Funktionen zu implementieren.

### 4.1 Vorlagen erstellen

Um eine leichte Entwicklung von Applikationen basierend auf TOP-Energy zu gewährleisten, wurde als Kernansatz ein *rollen- und vorlagenbasierter Ansatz* in das Framework integriert. Der Grundgedanke dieses Ansatzes besteht darin, dass dem Anwender vom Applikationsentwickler eine Konfiguration von TOP-Energy zur Verfügung gestellt wird, mit der er Projekte durchführen kann. Wesentliche Bestandteile dieser Konfiguration sind Vorlagen. Alle für eine Applikation benötigten Modul- und Modellkomponenten werden durch Vorlagen beschrieben. Vorlagen stellen komplexe Objektdefinitionen dar. Sie beinhalten Strukturen zur Aufnahme von allgemeinen und technologischen Daten, grafische Ausprägungen (Symbole), Identifikatoren und Klassifikatoren sowie Dialogbeschreibungen (Formulare) und Berichtsdefinitionen zur Dateneingabe und -präsentation. Ihre Instanzen werden von den Anwendern als die eigentlichen Objekte ihrer Applikation verwendet. Da Applikationsentwickler gemäß Anforderungen keine Informatiker sind, mussten geeignete Werkzeuge zur Erstellung von Vorlagen (Vorlageneditoren) bereitgestellt werden.

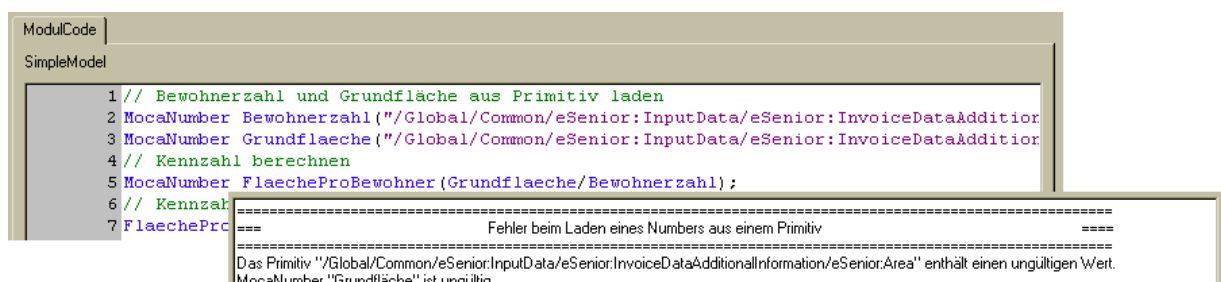


## 4.2 Modulcode implementieren

Neben der Einbindung von Modulcode auf herkömmliche Weise mit einem Compiler und einem Linker kann die Funktionalität der Module auch mit Hilfe einer Skriptsprache in ein Modul integriert werden. Dies bietet dem Applikationsentwickler die Möglichkeit, die Arbeitsweise eines Moduls einzusehen, zu kontrollieren und gegebenenfalls anzupassen.

Die Implementierung von Modulcode mit dem Skriptinterpreter richtet sich an Ingenieure mit wenigen Programmierkenntnissen und benutzt daher das bereits beschriebene MOCA-Paket. Fehlerbehandlung und Benutzermeldungen bleiben bei der Programmierung also außen vor.

Ein Beispiel für eine Berechnung mit einem gemeldeten Fehler ist in Abb. 6 dargestellt.



```
ModulCode |
SimpleModel
1 // Bewohnerzahl und Grundfläche aus Primitiv laden
2 MocaNumber Bewohnerzahl ("/Global/Common/eSenior:InputData/eSenior:InvoiceDataAddition
3 MocaNumber Grundflaeche ("/Global/Common/eSenior:InputData/eSenior:InvoiceDataAddition
4 // Kennzahl berechnen
5 MocaNumber FlaecheProBewohner (Grundflaeche/Bewohnerzahl);
6 // Kennzahl
7 FlaecheProBewohner (Grundflaeche/Bewohnerzahl);
=====
Fehler beim Laden eines Numbers aus einem Primitiv
=====
Das Primitiv "/Global/Common/eSenior:InputData/eSenior:InvoiceDataAdditionalInformation/eSenior:Area" enthält einen ungültigen Wert.
MocaNumber "Grundfläche" ist ungültig.
```

Abb. 6 Codebeispiel und zugehörige Fehlermeldung mit Moca

## 5 Vorhandene Module

Das TOP-Energy Framework bietet die Möglichkeit, neue Module zu erstellen, die das Spektrum der fachlichen Möglichkeiten erweitern. Die Module haben Zugriff auf alle Funktionalitäten des Frameworks und profitieren somit von Weiterentwicklungen des Frameworks. Im Folgenden werden der Simulator und weitere Module vorgestellt.

### 5.1 TOP-Energy Simulator

#### Ziele

Aufgabe des Simulationsmodul eSim ist die Berechnung ökonomischer und ökologischer Kennzahlen eines Energieversorgungssystems. Dabei kommen sowohl industrielle [AHK05], als auch kommunale [BoLu06] und Gebäudeenergieversorgungssysteme [AHK06] in Betracht. Ausgangsdaten zur Erstellung dieser Kennzahlen sind zeitlich aufgelöste Lastprofile, ökonomische Randbedingungen, technische Daten der eingesetzten Anlagen und Informationen über die Umgebung.

Anwender dieses Moduls sind Energieberater, Contractoren und kleinere Energieversorger, die mit einem vertretbaren zeitlichen Aufwand eine Entscheidung über die Güte eines Energiesystems treffen müssen. Die aufwendige Implementierung von Steuerung und Regelung soll dabei vermieden werden. Um eine optimale Steuerung zu gewährleisten, führt der Simulator eine Einsatzoptimierung durch.

Des Weiteren soll der Anwender ohne Kenntnis des Simulationsalgorithmus in der Lage sein, eine Simulation durchzuführen. Es müssen also stabile mathematische Verfahren angewendet werden, um ein aufwendiges Anpassen des Modells an den Simulationsalgorithmus zu vermeiden.

### *Modulansatz*

Statt einer dynamischen Simulation, wie sie in vielen herkömmlichen Tools verwendet wird (Modelica, gProms), wurde in TOP-Energy ein quasi-statischer Simulator integriert, der mit einer Auflösung von typischerweise einer Stunde simuliert. Dieser ist im Allgemeinen ausreichend, da die Daten, die zur Vorhersage benutzt werden, zumeist aus historischen Daten stammen und darüber hinaus selten mit ausreichender Genauigkeit bekannt sind. Für eine tendenzielle Aussage ist die quasi-statische Betrachtung aber ausreichend.

Da in einem Energiesystem Anlagen mit diskreten Zuständen vorhanden sind, muss ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsverfahren gewählt werden. Als besonders stabil stellte sich dabei die gemischt-ganzzahlig lineare Programmierung heraus. Dieses Optimierungsverfahren musste allerdings erweitert werden, da temperaturabhängige Modellkomponenten quadratische Gleichungen implizieren.

Die Modellierung erfolgt mit Hilfe des Flusschemaeditors auf der Basis einzelner Modellkomponenten. Diese Komponenten stellen entweder real existierende Anlagen dar oder können Randbedingungen in das System implizieren. Typische Komponenten sind BHKWs, Kessel, Wärmepumpen, aber auch Gastarife, Stromtarife, Außenluftzufuhr sowie die thermischen und elektrischen Lasten.

### *Umsetzung*

Um quadratische Gleichungen mit einem linearen Optimierer behandeln zu können wurde um den linearen Löser ein evolutionärer Algorithmus geschaltet, der die Variablen, die in quadratischen Gleichungen vorkommen, vor der linearen Optimierung wählt und optimiert. Dieser Ablauf ist im Folgenden dargestellt.

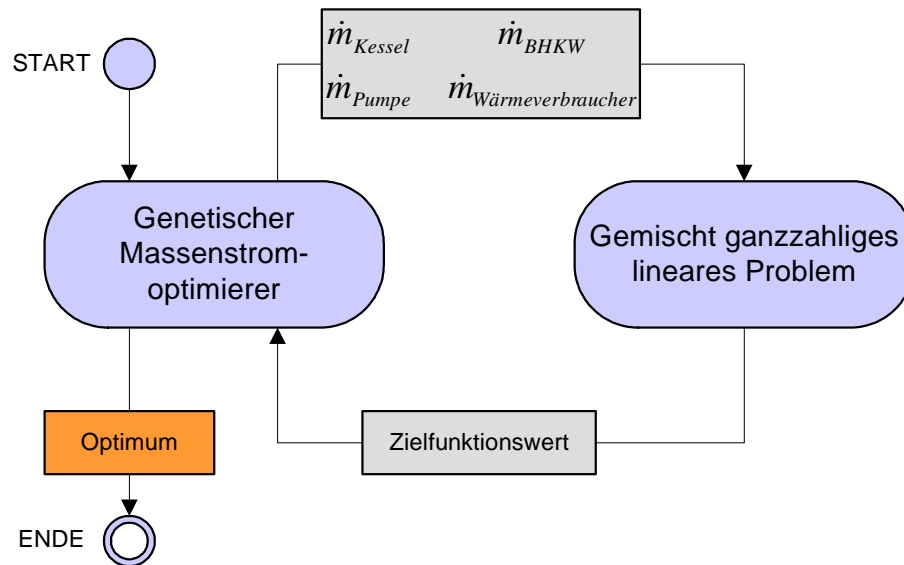


Abb. 7 Ablauf der quadratischen Optimierung

Da sich die Variablen in den quadratischen Gleichungen auf Massenströme zurückführen lassen, wird der evolutionäre Optimierer in der Grafik als Massenstromoptimierer bezeichnet.

Um die Erweiterbarkeit des Simulators um neue Anlagen zu gewährleisten, werden die einzelnen Modellkomponenten mit Hilfe einer Modellbeschreibungssprache modelliert. Es ist also möglich, Anlagen, die auf neuen Technologien beruhen, nachträglich dem Simulator hinzuzufügen.

## 5.2 Strukturoptimierer

### Ziele

Bei der Planung neuer Energiesysteme wird ein erster Vorschlag für eine Systemstruktur typischerweise von einem Fachingenieur gemacht, der auf der Basis seiner Erfahrungen eine Systemstruktur vorschlägt. Zur genauen Auslegung der Anlagen in dieser Struktur werden in einem späteren Arbeitsschritt Simulationstools eingesetzt. Das Auffinden einer optimalen Systemstruktur ist sehr zeitaufwendig, da alle Strukturen erstellt und miteinander verglichen werden müssen. Das Strukturoptimierungsmodul soll automatisch eine Vorauswahl sinnvoller Strukturen treffen und dem Benutzer anbieten.

### Umsetzung

Mit Hilfe eines evolutionären Algorithmus werden auf der Basis einer Überstruktur konkrete Strukturen erstellt und evaluiert. Die Evaluation wird von dem in Kapitel 5.1 beschriebenen

Simulator eSim vorgenommen, der Kennzahlen, wie Primärenergiebedarf, CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kosten berechnet, die als Zielfunktionen für die Strukturoptimierung fungieren. Die Strukturen werden nach einer oder mehreren Zielfunktionskriterien bewertet und sortiert. Ergebnis der Strukturoptimierung ist eine Pareto-optimale Menge aus Strukturen, mit deren Hilfe eine individuellen Gewichtung der Zielfunktionen vorgenommen werden kann.

## **6 Zusammenfassung**

Das vorgestellte Framework bietet geeignete Datenstrukturen, Editoren und Schnittstellen an, um Softwaresysteme für die Energietechnik zu entwickeln. Damit ist eine umfassende Softwarebasis für Weiterentwicklungen geschaffen worden. Insbesondere in einem Umfeld, in dem häufig kleinere Anwendungen für spezifische Aufgaben geschrieben werden (Universitäten, Ingenieurbüros), ist das TOP-Energy Framework gut einsetzbar, da es eine schnelle Entwicklung ermöglicht und die Anwendungen wartbar hält. Die bereits entwickelten Module gehen weit über ein Proof of Concept hinaus. Einige dieser Module stehen in einer kostenlosen Applikation (Beta-Version) zur Verfügung [TOPE06].

Die Möglichkeit, Applikationen durch Fachingenieure und Wissenschaftler entwickeln zu lassen, führte dazu, dass sehr schnell neue Lösungen entstanden und entstehen. Der hohe Abstraktionsgrad des Basisframeworks CASTool wurde durch geeignete Wrapper und Editoren domänenspezifisch verringert. In Zukunft sollen weitere Editoren entwickelt werden, die insbesondere die Systemkonfigurationen zur Modulintegration vereinfachen. Derzeit muss dazu noch intensiv mit der Anwenderdokumentation [TOWI06] gearbeitet werden.

Die Weiterentwicklung des Frameworks und der Module wird von allen Beteiligten angestrebt.

## **7 Ausblick**

Detaillierte Analysen bieten die Module der TOP-Energy Software in der aktuellen Version nur für Energieversorgungssysteme an. Die Betrachtung der industriellen Produktion und des Energiebedarfs bleibt dabei außen vor. Derzeit wird ein Modul entwickelt, das eine genauere Betrachtung der industriellen Produktion ermöglicht. Da für dieses Modul verschiedene Sichten auf einen Produktionsprozess (Planungssicht für den Produktionsablauf, Energiesicht,

Kostensicht) erforderlich sein werden ergibt sich die Anforderung an das Framework, neben dem Flussschemaeditor weitere Schemaeditoren zur Verfügung stellen zu können.

Weiterhin hat sich gezeigt, dass die Optimierungs- und Simulationsmodule sehr aufwendige Rechenoperationen durchführen müssen. Daher wird bei größeren Systemen die Rechenzeit der begrenzende Faktor für die Komplexität der Systeme. Es ist geplant, eine Parallelisierung der Rechenschritte vorzunehmen und das Framework an das D-Grid [DGRI06] anzubinden. Eine Anbindung an das D-Grid bzw. der Aufbau kleiner lokaler Grids soll insbesondere die Ausführung der evolutionären Algorithmen im Simulator und im Strukturoptimierer beschleunigen.

Weitere Arbeiten beschäftigen sich mit der Bearbeitung von Zeitreihen und der Integration einer Versionsverwaltung.

## Literaturverzeichnis

- [AHK06] Augenstein E.; Herbergs S.; Kuperjans, I.: TOP-Energy – Ein Werkzeug zur Optimierung der Gebäudeenergieversorgung. KI-Luft und Kältetechnik, 5/2006
- [AHK05] Augenstein, E.; Herbergs, S.; Kuperjans, I.: TOP-Energy - Softwaregestützte Analyse und Optimierung industrieller Energieversorgungssysteme. VDI-Bericht 1908, 2005
- [AWKP04] Augenstein, E.; Wrobel, G.; Kuperjans, I.; Pleßow, M.: TOP-Energy – Computational Support For Energy System Engineering Processes. 1<sup>st</sup> International Conference „From Scientific Computing to Computational Engineering, IC-SCCE, Paper ID Nr.189, Athen, 2004, <http://ic-scce.upatras.gr>.
- [BoLu06] Bouvy, C.; Lucas, K.: Multicriterial optimisation of communal energy supply concepts. ECOS 2006, Crete.
- [BPPS01] Bartsch, Th.; Pleßow, M.; Pocher, M.; Schmidt, H.-W.: Ein universelles System für die Projektierung von Prozeßleitsystemen. ZwF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, ZwF 96 (2001) 4, Carl Hanser Verlag, München, pp. 205 - 211.

- [DGRI06] <http://www.d-grid.de>
- [GHJV96] Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; Vlissides, J.: u.a.: Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software. Addison-Wesley, Bonn, 1996.
- [GKNP06] Goetze, B.; Kurth, R.; Nitz, S.; Pleßow, M.: NetViews - Verfahren zur automatischen Generierung prozessorientierter Sichten auf Kommunikationsnetzwerke, Abschlußbericht, GFaI-NetViews-11-06, Berlin, Mai 2006.
- [PFPL05] Pleßow, M.; Fröhling, R.; Pocher, M.; Lisounkin, A.: Tools for Knowledge Acquisition, Modeling and Visualisation applied to Process Supervision. in Krüger, J. (ed.): Proceedings of the 3. Industrial Simulation Conference 2005 (ISC-2005, Jun .9-11), Berlin, Germany, pp. 358 - 362.
- [PFE05] Pleßow, M.; Fröhling, R.; Ebert, R.-E.: Grafisch-interaktive Modellierung von Versorgungsnetzwerken. in A&D Kompendium 2005, publish industry Verlag GmbH, München, 2005, Seite 80-82. (in PDF-Form über [www.aud24.net](http://www.aud24.net) Code AD6A0305).
- [NN05] N.N.: Effizienter Energieeinsatz – Projekt zeigt neue Wege auf. Altenheim 10/2005, Seite 9.
- [NN05a] N.N.: Branchenenergiekonzept für die Recyclingindustrie. Euwid Nr. 32, 08/2005, Seite 8.
- [NN06] N.N.: Arbeitsgemeinschaft Branchenenergiekonzept Papier gegründet; APR-Allgemeine Papierrundschau, 04/2006, Seite 18.
- [TOPE06] Toolkit for Optimization of Industrial Energy Systems, <http://top-energy.ltt.rwth-aachen.de>
- [TOWI06] TOP-Energy-Wiki, <http://top-energy.ltt.rwth-aachen.de/wiki>

# MDA-basierte Kopplung heterogener Informationssysteme im EVU-Sektor

Mathias Uslar, Niels Streekmann

Abteilung Betriebliches Informationsmanagement  
OFFIS – Institut für Informatik  
D-26131 Oldenburg  
{uslar,streekmann}@offis.de

Sven Abels

FlexaDot – Consulting, Research & Development  
D-26131 Oldenburg  
sabels@acm.org

**Abstract:** IT-Systeme von Unternehmen der Energieversorgungsbranche sehen sich in den letzten Jahren einem verstärkten Druck zu ständigen Änderungen bedingt durch gesetzliche und markttechnische Anforderungen gegenüber. Diese Änderungen führen insbesondere zu verschiedenen heterogenen Informationssystemen, die oftmals losgelöst voneinander agieren (sog. Automation Islands). Dieser Artikel beschreibt einen Ansatz zur Kopplung dieser Systeme. Er geht dabei auf den MDA-Ansatz der OMG ein und beschreibt eine Möglichkeit, Systeme miteinander zu verbinden, indem eine Kopplung auf Prozessebene durchgeführt wird.

## 1 Änderung der Anforderungen an die IT-Systeme durch gesetzliche Vorgaben und andere Restriktionen

Der Wandel an den Energiemärkten verändert die Rahmenbedingungen, denen die IT-Landschaft innerhalb eines Versorgungsunternehmens unterworfen ist. Dabei lassen sich vor allem drei Faktoren identifizieren (vgl. auch [US05b]), die einen Einfluss auf das Zusammenspiel der einzelnen komplexen IT-Systeme besitzen.

Betrachtet man die historische Entwicklung von Systemen wie SCADA, GIS, CSS oder DMS, so waren diese zu Beginn innerhalb eines einzigen monolithischen Systems realisiert. Durch Spezialisierung und Komponentenbildung kam es dazu, dass Versorger über die Jahre nur noch einzelne Komponenten verschiedener Hersteller einsetzten und Kommunikationsverbindungen zwischen diesen Komponenten etablieren mussten. Wegen der extrem hohen Einsatz- und Lebensdauer dieser Systeme kommen über die Zeit der Nutzung immer wieder neue Adapter für Verbindungen zwischen den Systemen der verschiedenen Hersteller hinzu. Das führt zu einem Punkt-zu-Punkt Dilemma [Lu05].

Weiterhin hat die in jüngster Zeit zunehmende Verbreitung der dezentralen und regenerativen Energieerzeuger wie Windenergieanlagen, Brennstoffzellen oder Biogasanlagen dazu geführt, dass völlig neue Daten in komplett neuen Kommunikationsprozessen ausgetauscht werden müssen. Dies führt zu einem weiteren zahlenmäßigen Anstieg an Datenformaten und Verbindungen zwischen Systemen, die durch den Versorger mit seiner IT-Infrastruktur bedient werden müssen.

Letzter wichtiger Einflussfaktor ist das so genannte Legal Unbundling, welches zu einer Liberalisierung des Energiemarktes beitragen soll. Das Legal Unbundling bezeichnet die rechtliche Abtrennung zwischen Netz und Vertrieb und soll damit der Diskriminierung von Drittanbietern auf dem liberalisierten Strommarkt entgegenwirken. Es ist nach dem neuen Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) für Unternehmen mit mehr als 100.000 Kunden zwingend erforderlich [Bu05]. Das Legal Unbundling ist eng verknüpft mit dem Informativischen Unbundling, welches die Trennung zwischen verschiedenen Teilen der Datenhaltung beschreibt. Ziel des Informativischen Unbundling bei einem Versorger im Strombereich ist beispielsweise die zukünftige Aufspaltung der Daten und Informationssysteme, welche aktuell noch gleichermaßen von den Bereichen Erzeugung und Netz genutzt werden. Das Informativische Unbundling soll für eine diskriminierungsfreie Bereitstellung von Daten für alle Marktteilnehmer sorgen.

Das Unbundling führt dazu, dass auch die Formate und Schnittstellen aller neuen Teilnehmer bedient werden müssen. So wurde beispielsweise von der Bundesnetzagentur am 11.07.2006 in einem aktualisierten Beschluss festgelegt, welche Formate zur Anbahnung und zur Abwicklung der Netznutzung bei der Belieferung von Letztverbrauchern mit Elektrizität zu nutzen sind, wenn zwei Marktpartner Kunden- bzw. Vertragsinformationen austauschen. Es wurden dabei Unterformate des EDIFACT-Standards festgelegt, wobei die folgenden Geschäftsprozesse



betroffen sind: Lieferantenwechsel, Lieferbeginn, Lieferende, Ersatzversorgung, Zählerstands- und Zählwerteübermittlung, Stammdatenänderung, Geschäftsdatenanfrage sowie Netznutzungsabrechnung. Details hierzu finden sich in [Bu06].

Die in den letzten Jahren erlassenen gesetzlichen Rahmenbedingungen schreiben eine Trennung bestimmter Systeme ebenso vor wie die Formate, mit denen eine Kommunikation gegenüber Dritten zu erfolgen hat. Beides führt zu entsprechenden Restriktionen, die bei einer Kopplung von Systemen zu beachten sind. Eine detaillierte rechtliche Betrachtung liegt jedoch außerhalb des Themenbereiches dieses Beitrages. Der geneigte Leser sei deshalb auf die erwähnten Dokumente und auf die gesetzlichen Vorgaben verwiesen.

## **2 Gängige Standards und Formate im EVU-Bereich**

Betrachtet man den Nutzen von Standards, sind folgende Zahlen als erste Hinweise auf die Auswirkungen von Standards zu sehen. [DIN00] untersucht die Auswirkungen von Standards in Relation zum Gesamtumsatz der Branche: Ungefähr 1 Prozent kann durchschnittlich branchenübergreifend an Kosteneinsparungen realisiert werden; weltweit führt dies zu potenziellen Einsparungen in Höhe von 20 Millionen Euro allein im EMS/SCADA Markt und 24 Milliarden Euro in der gesamten Branche der Energiewirtschaft [Mae03]. Damit wäre die Auswirkung von Standardisierung höher als der Nutzen von Patenten oder Lizenzen.

Um den Nutzen von Standards in der Energiebranche genauer zu verdeutlichen, ist es nötig, verschiedene Seiten der entsprechenden IT-Infrastruktur zu beleuchten. Zunächst ist die technische Ebene zu nennen, die aus Steuerung, Kommunikation und dem Betrieb von Generatoren, Transformatoren, Leitungen in der Feldebene sowie dem Betrieb des Leitsystems besteht. Diese Ebene setzt selbstverständlich auf industrielle Kommunikations- und Datenmodellstandards wie dem Common Information Model CIM (IEC 61970) [Ie03] oder dem Feldebenekommunikationsstandard IEC 61850 [BW02] auf, da es sonst kaum möglich wäre, Geräte verschiedener Hersteller miteinander zu verbinden oder parallel zu einander einzusetzen, ohne eine sehr große Anzahl an Protokollen und Schnittstellen aufeinander abzustimmen.

Durch die Insolvenz eines Herstellers oder Diskontinuität in der Herstellung einzelner Produkte könnte ohne Standardisierung der Betrieb einer nötigen Infrastruktur ernsthaft gefährdet

werden. Im Bereich der technischen Anlagen ist die Standardisierung und Interoperabilität von Geräten bis auf der Ebene von Interchangeability für EVU daher bereits seit geraumer Zeit implementiert [Sc04].

Neben der (netz-)technischen Ebene existiert weiterhin eine kaufmännische IT. Die kaufmännische Seite wurde ähnlich wie auch die technische IT durch die Liberalisierung und Deregulierung der Branche stark verändert. Zur Koordination von Energiebeschaffung, -verteilung und -abrechnung ist mittlerweile ein erhöhter Informationsaustausch zwischen den Marktteilnehmern nötig. Lieferant, ÜNB, BKV, Händler etc. müssen sich über standardisierte Nachrichten austauschen können. In Deutschland wird seit langer Zeit auf den Standard EDIFACT gesetzt. Für einige Nachrichten hat der VDEW Vorarbeiten geleistet und Datenformate definiert, die auch im Internet auf der Verbandsseite frei erhältlich sind. Anders als beispielsweise in den Niederlanden existiert neben den Formaten keine weitere Unterstützung durch festgelegte Prozesse oder Referenzmodelle. Datenformate wie MSCONS, ESS (KISS) oder UTILMD sind definiert, ihre Verwendung jedoch erst spät von der Regulierungsbehörde vorgeschrieben worden. Es wird geschätzt, dass die Anzahl der Formate zum Austausch von Zeitreihen und Zählerdaten in Deutschland im dreistelligen Bereich liegt [Wei05]. Lieferanten, die Energie in eine große Anzahl von Netzen liefern, müssen daher nicht selten viel Aufwand betreiben, um alle entsprechenden Formate für ihre Kunden verarbeiten zu können. Zwar setzen mittlerweile fast 35 Prozent aller Nutzer auf MSCONS [Wei05], jedoch reicht auch ein solcher de-facto Standard noch nicht aus, es sind Standards für ein Gesamt-EVU von Nöten [Sc04].

Die IT in der Energiebranche ist historisch durch ihre heterogenen Systeme mit einer Vielzahl an Schnittstellen und Verknüpfungen geprägt. Systeme sind historisch gewachsen, wurden nach und nach miteinander verbunden und müssen Daten austauschen. Dadurch wurde meist eine hohe Anzahl an Punkt-zu-Punkt Verbindungen aufgebaut. Diese Verbindungen bestehen nicht nur zwischen den technischen, sondern auch zu den kaufmännischen Systemen, so dass eine Datenintegration zwischen diesen Systemen nötig ist. Je höher der Grad der Abhängigkeit zwischen den Systemen, d.h. die Intensität der Kopplung, desto teurer sind Anpassungen bei Änderungen an proprietären Schnittstellen bzw. die Integration neuer Systeme [Lu05]. Je mehr Adaptoren und Verbindungen, seien sie inner-betrieblich oder zu externen Systemen, gewartet werden müssen, desto höher die Kosten.

Abhilfe kann hier auf einer ersten Ebene die Einführung einer so genannten Common Language wie der IEC 61970 CIM auf einem Enterprise Message Bus schaffen. Dadurch muss jedes System nur noch einen Adapter zu dem Format auf dem Bus schaffen, sowohl für den Import als auch für den Export von Daten (vgl. auch Abschnitt 5). Die absolute Anzahl von Verbindungen und die Kosten für Erstellung und Pflege können so gesenkt werden. Eine Einschränkung besteht darin, dass natürlich beim Austausch ein Datenformat gewählt werden muss, was alle Elemente der Teilnachrichten vereint, d.h. es wird u. U. ein Format gewählt, welches für einen Teil der Nachrichten und Daten Overhead verursacht. Trotzdem sind die Kosten durch diese Art von Standardisierung zu senken und eine Erweiterung der aktuellen IT um neue Systeme sowie eine Verknüpfung mit den Daten der Altsysteme wird erleichtert.

### **3 Informationssysteme im EVU-Bereich**

In EVU-Unternehmen sind in der Regel viele verschiedene Informationssysteme im Einsatz. Im Folgenden werden drei dieser Systeme beschrieben. Diese Systeme dienen in den nachstehenden Abschnitten zur Bildung eines Szenarios, anhand dessen der Ansatz der MDA-basierten Integration im EVU-Umfeld beschrieben wird. Es handelt sich bei den Systemen um reale und im Einsatz befindliche exemplarische Systeme, die jedoch umbenannt wurden sowie leicht vereinfacht beschrieben werden.

#### **3.1 EMS (Energiemanagement für dezentrale Erzeuger)**

Das erste betrachtete System ist ein System zum Management dezentraler Energieerzeugung, welches verschiedene Komponenten wie beispielsweise wetterabhängige Lastprognose, Windleistungsvorhersage, Netzzustandsvorhersage (State Estimation), Flickerüberwachung, Knotenlastprognose oder Dispositionsmanagementsfunktionen umfasst. Diese Einzelkomponenten bieten ihre Dienste über Schnittstellen an, die als WebServices umgesetzt wurden. Neben den reinen Services werden noch Legacy-Daten über eine Einkopplung in eine zentrale EAI-Plattform zur Verfügung gestellt und können durch die Komponenten genutzt werden, was eine dezentrale Datenhaltung mit mehreren zu synchronisierenden Systemen unnötig werden lässt. In einer weiteren Ausbaustufe des Systems wird eine Kopplung an SCADA-Funktionen angestrebt.

Die Daten zwischen den Komponenten werden nachrichtenbasiert mittels SOAP ausgetauscht. Dabei wird eine Microsoft BizTalk Plattform eingesetzt. Auf ihr können Prozesse eines EVU orchestriert werden, die im späteren Verlauf nachrichten-getriggert über die Plattform gesteuert ablaufen. Das EMS-System befindet sich bereits zu Teilen im Produktivbetrieb. Erste Prozesse befinden sich im Einsatz und tragen zu einem besseren Umgang mit den neuen fachlichen Anforderungen des dezentralen Energiemanagements bei.

### **3.2 CSS (Customer Support und Billing-System)**

Das CSS-System ist ein integriertes Customer-Care und Billing-System mit dessen Entwicklung 1994 begonnen wurde und welches sich seit 1997 im produktiven Einsatz befindet. Das System ist bei verschiedenen Energieversorgungsunternehmen im Einsatz und verwaltet derzeit eine Größenordnung zwischen 4000 und 1.7 Mio. Zählern. Das System ist dabei anhand der Funktionalität in die Aspekte *Stammdaten, Verkauf, Vertrieb & Marketing, Kundenverkehr, Inkasso, Outputmanagement* und *Informationssysteme* unterteilt. CSS wurde eigens für den liberalisierten Markt entwickelt und komplett in das SAP R/3 System integriert. Eine der Hauptanforderungen an das System war es, die Vertriebs-, Marketing- und Abrechnungsfunktionalitäten zu vereinen und es den Bedürfnissen des liberalisierten Strommarktes anzupassen.

CSS stellt einerseits eine Customer-Care-Lösung dar, die eine schnelle und umfangreiche Kundenbetreuung ermöglicht und dabei Kontakte, Vorgänge und Dokumente verwaltet, sowie technische Daten zu Kunden, Verträgen und Versorgungsobjekten vorhält.

Auf der anderen Seite stellt CSS eine Billing-Software dar, die das Abrechnen von Verbrauchsarten inklusive sämtlicher Nebenkosten ermöglicht. Aufgaben des Systems sind beispielsweise die Erstellung von Meldungen für den Bilanzkreiskoordinator, die Mehr- und Mindermengenermittlung und die Bilanzierung und Visualisierung der Durchleitung bzw. Netznutzung.

### **3.3 SAS (Störungsannahmesystem)**

Bei dem SAS-System handelt es sich um ein derzeit in der Einführungsphase befindliches Informationssystem zur Störungsannahme und –auskunft. Ziele des Systems sind:

- Die Erfassung von Störungsmeldungen im EVU-Bereich wie z.B. die Erfassung von Ausfällen.

- Die dauerhafte Dokumentation von Störungen und insbesondere von Störungsursachen.
- Die softwaregestützte Benachrichtigung von Außendienstmitarbeitern zur Behebung der Störung.
- Die Auskunft im Krisenfall.
- Die Erstellung von Unternehmensstatistiken zur Auswertung der Ausfallsituation im Unternehmen.

Die Software wurde als komplette Neuentwicklung erstellt und ist nicht ausschließlich auf die Erfassung von Störungen in Stromnetzen ausgerichtet, sondern wird auch für Störungen im Gas- und Wasserbereich eingesetzt. Bei der Entwicklung des Systems wurde ein modellgetriebener Ansatz verfolgt bei dem die Modellierung auf UML-Basis und die automatische Generierung von Quellcode einen zentralen Punkt in der Entwicklung des Systems einnahmen. Neben der Schnittstelle zur Annahme von Störungen mittels einer grafischen, webbasierten Oberfläche bestehen Webservice-Schnittstellen zur Erweiterung und Abfrage des Systems.

Die folgende Grafik verdeutlicht das Vorgehen Fall einer eingehenden Störungsmeldung.

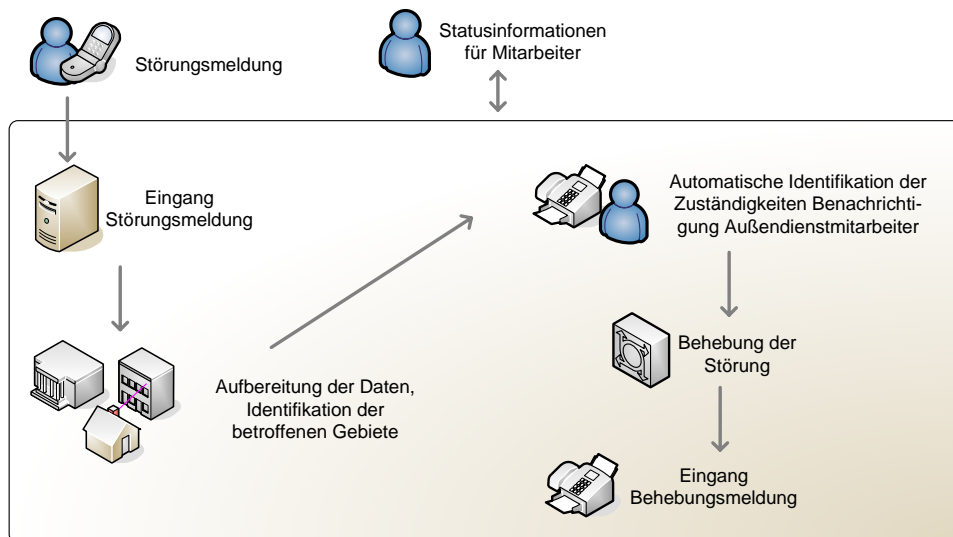


Abbildung 1: Ablauf einer Störungsmeldung im SAS

#### 4 MDA-basierte Kopplung

Für die Etablierung einer ganzheitlichen und in sich homogenen IT-Landschaft spielt die Interoperabilität von Informationssystemen eine wichtige Rolle. Als Interoperabilität wird dabei die nahtlose Zusammenarbeit von Systemen in Bezug auf ihre Daten und Prozesse verstanden

(vgl. [IE90]). In diesem Abschnitt wird ein Ansatz der Kopplung zwischen Systemen im EVU-Bereich vorgestellt, der die Interoperabilität zwischen den skizzierten Systemen gewährleisten soll. Dieser Ansatz basiert dabei auf dem MDA-Ansatz [OMG03] der Object Management Group (OMG).

#### 4.1 Szenario

Die im letzten Abschnitt beschriebenen Systeme sind derzeit als heterogene Informationssysteme in zeitlich und personell unterschiedlichen Projekten entstanden. Sie sind daher bislang weder verknüpft, noch in derselben Programmiersprache erstellt oder nach ähnlichen Programmierparadigmen entwickelt worden. Während EMS aus verschiedenen Systemen besteht, die mittels einer SOA verbunden sind und mittels eines BizTalk-Servers koordiniert werden, ist das CSS-System komplett in die SAP-Systemlandschaft integriert und daher in ABAP bzw. ABAP Objects als SAP-Modul entwickelt worden. Das dritte System (SAS) hingegen wurde als modellgetriebene Entwicklung erstellt und in C# umgesetzt.

Trotz der unterschiedlichen Funktionalitäten und Anwendungsgebiete der Systeme hat sich gezeigt, dass eine Verbindung in einigen Anwendungsfällen zielführend und zeitsparend wäre. Der folgende Anwendungsfall beschreibt ein derartiges Szenario und wird durch Abbildung 2 visualisiert.

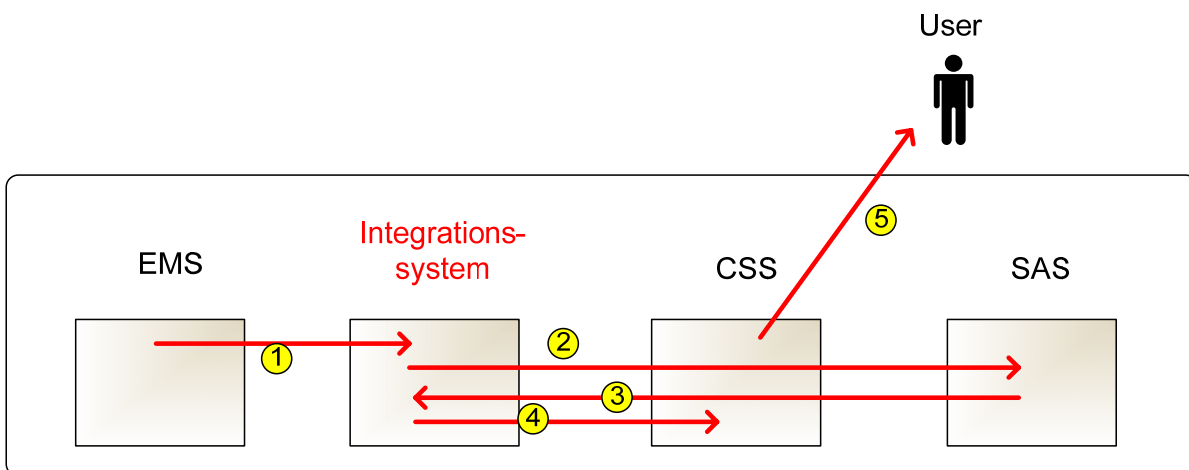


Abbildung 2: Prozessablauf des Beispielszenarios

Die Abbildung zeigt die beteiligten Systeme und deren Kommunikation (Pfeilrichtung) in einer bestimmten Reihenfolge (Nummerierung). Innerhalb des Szenarios wird angenommen, dass im EMS-Prozess eine bestimmte Information zum unerwarteten Ausfall eines Stromerzeugers erkannt wird. Diese Information wird an ein weiter unten beschriebenes Integrationssystem

propagiert, welches das Störungs-Annahme-System (SAS) über den Ausfall informiert. Hier wird der Ort, auf den der Ausfall Einfluss hat (z.B. Straßennamen, Ortsteile, etc.), identifiziert und eine entsprechende Störungsmeldung ausgelöst. Hat eine Identifizierung stattgefunden, so wird im Schritt drei eine Rückmeldung an das Integrationssystem geliefert. Dieses leitet die Information anschließend an das CSS-System weiter. Hier werden diejenigen Zählpunkte und Kunden identifiziert, die direkt von der Störung betroffen sind. Eine entsprechende Meldung ist so durch den Sachbearbeiter direkt erkennbar.

Durch diese Integration kann ein Sachbearbeiter einen Ausfall ohne merkliche Verzögerung erkennen. Andernfalls wäre es ihm durch die getrennte Datenhaltung der Systeme nicht möglich, entsprechende Informationen zu erhalten. Er könnte lediglich die entsprechenden Informationssysteme (EMS und SAS) manuell abfragen. Die oben beschriebene lose Kopplung der Systeme erlaubt eine nahtlose Integration aller Informationen und beschleunigt dadurch den Informationsfluss deutlich.

## **4.2 Durchführung der Kopplung der Systeme**

Die beschriebene Kopplung der heterogenen Systeme kann nach verschiedenen Verfahren und in verschiedenen Ebenen der Systeme erfolgen. Denkbar sind dabei folgende Ebenen [CHK05]:

### **Persistenzebene**

Eine Kopplung der Systeme auf Persistenzebene kann durch die Nutzung einer gemeinsamen Datenbank realisiert werden, auf die alle beteiligten Systeme zugreifen. Dabei müssen alle Systeme so verändert werden, dass Sie ein gemeinsames (relationales) Datenbanksystem verwenden. Der Nachteil der Kopplung auf dieser Ebene besteht zum einen in dem hohen Aufwand zur Vermeidung von Konflikten (Gleichzeitiges Ändern eines Datensatzes etc.) und zum anderen in der Notwendigkeit zur Modifizierung aller Systeme und ggf. der zugrunde liegenden Datenmodelle.

### **Funktionslogik**

Bei einer Kopplung auf Funktionsebene werden die logischen Funktionen der Systeme miteinander verbunden. Die Systeme arbeiten dabei mit getrennten Datenbanksystemen und eigener Funktionslogik, die vom jeweils anderen System im Falle einer Änderung aufgerufen wird. In diesem Fall ist eine starke Änderung der bestehenden Funktionslogik notwendig, was unter Umständen zu hohen Kosten führen kann.

## Prozessebene

Bei der Änderung auf Prozessebene werden innerhalb aller beteiligten Systeme die zur Kopplung notwendigen Geschäftsprozesse identifiziert und als Services zur Verfügung gestellt. Dabei ist es nicht zwingend erforderlich, die bestehenden Prozesse oder die Funktionslogik zu verändern. Stattdessen kann in den Systemen die Servicefunktionalität hinzugefügt werden, wobei bestehende Prozesse und Module gekapselt und somit vollständig wieder verwendet werden.

## Präsentationsebene

Eine Kopplung auf Präsentationsebene führt keine logische Kopplung durch sondern belässt alle Systeme als eigenständige Softwaresysteme. Die Systeme werden dann mittels einer gemeinsamen Oberfläche angesprochen und so der Eindruck einer Kopplung erweckt.

Aufgrund der hohen Flexibilität und der Bestrebung die bestehenden Altsysteme nur in geringem Umfang zu verändern, wurde im skizzierten Anwendungsfall die Kopplung auf Prozessebene gewählt. Dabei erwies es sich als Vorteil, dass das EMS-System und auch das SAS-System bereits über SOAP-basierte Webservice verfügten, so dass die Prozesse hier größtenteils schon zur Verfügung standen. Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Ebenen und die Kopplung auf Prozessebene mittels Webservice.

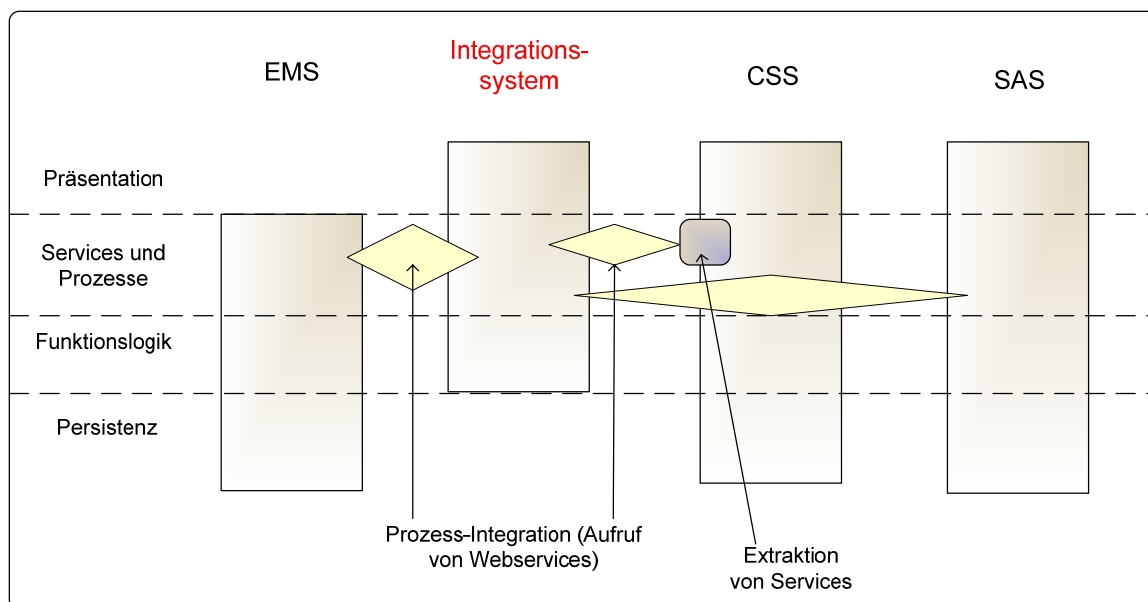


Abbildung 3: Kopplung aller Systeme auf Prozessebene

Die Vorgehensweise zur Kopplung auf Prozessebene lässt sich durch die folgenden Schritte beschreiben:



1. Analyse der betroffenen Altsysteme auf die Bereiche, die zur Kopplung benötigt werden.
2. Identifikation und logische Extraktion von WebServices innerhalb der Altsysteme.
3. Technische Umsetzung der WebServices durch die Schaffung einer Serviceschicht und durch Kapselung der vorhandenen Geschäftslogik.
4. Generierung eines Integrationssystems zur Kopplung und Orchestrierung.

Das in der Abbildung als Integrationssystem beschriebene System wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

### 4.3 Umsetzung des Integrationssystems

Als Alternative zur Nutzung von WebServices und dem im folgenden Abschnitt beschriebenen Integrationssystem käme – insbesondere im betrieblichen Kontext – eine Middleware-Komponente wie beispielsweise SAP XI im SAP Netweaver-Umfeld in Frage<sup>1</sup>. Die Nutzung von derartigen Produkten hat den Vorteil, dass keine eigenständige Komponente zur Integration entwickelt werden muss und dass das entsprechende System (wie z.B. SAP XI) i.d.R. bereits vielfach im Praxiseinsatz erprobt und daher entsprechend ausgereift ist. Im skizzierten Anwendungsfall wurde sich dennoch aus mehreren Gründen für ein eigenes auf WebServices basierendes Integrationssystem entschieden. Zum einen bietet eine solche Entwicklung die größtmögliche Flexibilität im Erstellungsprozess. Zum anderen kann durch die Nutzung des MDA-Ansatzes der OMG ein großer Teil des Systems ausgehend von der fachlichen Beschreibung automatisiert erstellt werden. Dies ermöglicht die Beteiligung von Domänenexperten im direkten Entwicklungsprozess. Domänenwissen ist insbesondere im EVU-Bereich ein wichtiger Faktor, dessen Nutzung durch dieses Vorgehen begünstigt wird.

Abbildung 4 zeigt eine Übersicht des MDA-Ansatzes, der einen modellgetriebenen Entwicklungsprozess definiert. Dabei werden verschiedene Modelle beschrieben, die mittels Modelltransformation automatisch ineinander überführt werden können und jeweils andere Aspekte eines Systems beschreiben. Das *Computation Independent Model* (CIM) ist eine fachliche Beschreibung des Systems, die zusammen mit Domänenexperten erstellt wird. Dieses Modell wird in ein *Platform Independent Model* (PIM) überführt, das technische Aspekte des Systems unabhängig von der zur Umsetzung verwendeten Technologie beschreibt. Die

---

<sup>1</sup> <http://www.sap.com/platform/netweaver>

technologie-abhängige Beschreibung liefert schließlich das *Platform Specific Model (PSM)*, das aus dem PIM unter Hinzufügung von Plattforminformationen abgeleitet werden kann. Aus dem PSM kann dann der Quellcode des Systems generiert werden.

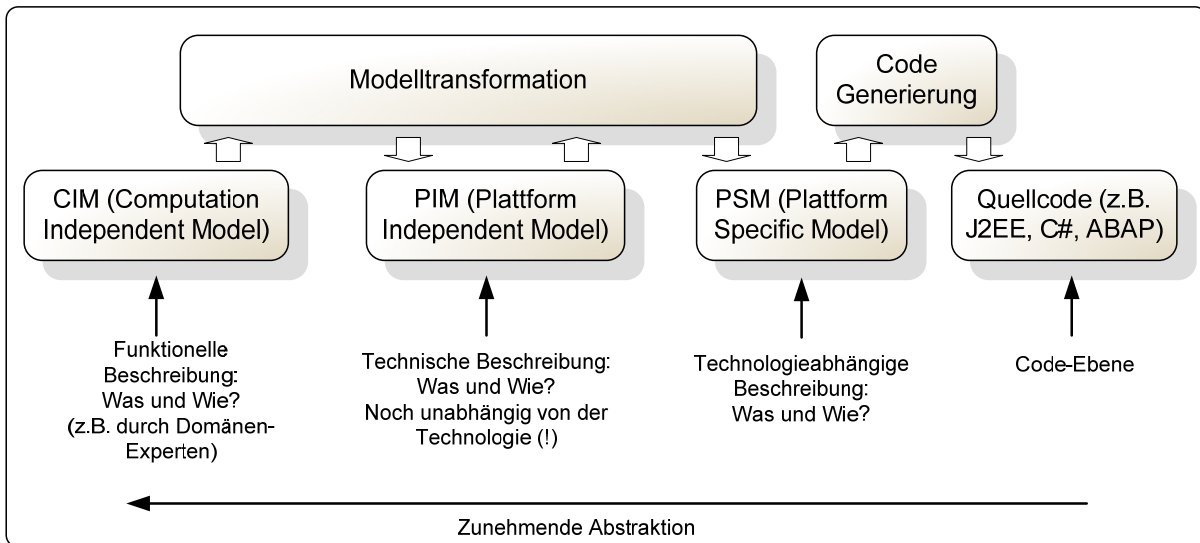


Abbildung 4: Übersicht des MDA-Ansatzes

Um das Integrationssystem mit Hilfe des MDA-Ansatzes umsetzen zu können, muss dieser um Vorgehensweisen und Methoden zur Integration erweitert werden. Ein allgemeiner Ansatz zur Integration von Altsystemen ist die BALES-Methode [HHP00]. Diese beschreibt die Kopplung eines top-down erstellten Referenzmodells des Zielsystems und eines bottom-up erstellten Modells des Altsystems. Die BALES-Methode kann auf den MDA-Ansatz übertragen werden. Dabei wird das zu erstellende System fachlich in Form von Geschäftsprozessen beschrieben, die technisch in Form von WebServices umgesetzt werden (top-down). Aus dem Altsystem werden ebenfalls WebServices extrahiert (bottom-up). Diese werden auf die Services aus dem fachlichen Modell abgebildet.

Für die konkrete Umsetzung des MDA-Ansatzes bedeutet dies, dass im MDA-CIM der integrierende Geschäftsprozess aus Abbildung 1 modelliert wird. Im PIM werden die zu integrierenden WebServices, d.h. die beteiligten bereits bestehenden Services aus dem EMS und dem SAS-System, sowie die aus CSS extrahierten Services, die für den Geschäftsprozess nötig sind, technisch beschrieben. Das PSM stellt die plattformabhängige Beschreibung des Integrationssystems dar, aus dem letztendlich der Quellcode mit Hilfe entsprechender Generatoren erstellt wird. Eine Generierung von Quellcode für die anderen Systeme und damit eine Änderung an diesen Systemen ist nicht nötig, da die Webservice-Infrastruktur im Fall von EMS und SAS bereits besteht und im Fall vom CSS in einem Vorschrift der Integration

bereitgestellt wird. Wichtig für die Umsetzung der Integration ist, dass auf allen Ebenen Informationen über die zu integrierenden Systeme in die entsprechenden Modelle einfließen. Für die Integration auf Geschäftsprozessebene für das oben genannte Integrationssystem ergeben sich damit verallgemeinert folgende Schritte, die für die Erstellung des Systems mittels eines MDA-basierten Integrationsansatzes durchgeführt werden müssen:

- Fachliche Modellierung des integrativen Geschäftsprozesses im MDA-CIM.
- Technische Modellierung der entsprechenden WebServices aller beteiligten Systeme und ihrer Kopplung im PIM.
- Plattformabhängige Modellierung des Integrationssystems im PSM. Um das PIM in ein PSM transformieren zu können ist ein zusätzliches Plattformmodell notwendig, das die Plattform beschreibt, auf der das System implementiert werden soll.
- Generierung des Quellcodes für das Integrationssystem aus dem PSM.

## **5 Mappinggestützte Integration von ausgetauschten Datenobjekten**

Bei der Verwendung des vorgestellten MDA-Ansatzes kommt es zur Notwendigkeit des Austausches der fachlichen Datenobjekte. Es sind deshalb Mappings zwischen den Elementen der ausgetauschten Datenobjekte vorzunehmen. Dabei werden innerhalb des Integrationssystems die einzelnen Nachrichtenformate ineinander oder in eine so genannte Common Language (beispielsweise das Common Information Model CIM) überführt. Dieses Format dient als Austausch- oder Zwischenformat zwischen allen beteiligten Formaten.

Zur Integration werden daher vor einer Kopplung fachliche Mappings durch einen Domänenexperten erstellt, die dann umgesetzt werden. Bei einer Verwendung des Common Information Model CIM lässt sich auch für die Erstellung der XML-Nachrichtenschemata ein MDA-basierter Ansatz nutzen, bei dem aus einer in XMI serialisierten Darstellung des gesamten CIM einzelne Objekte samt Attributen ausgewählt werden können und durch eine Umwandlung in OWL, RDFS oder XSD für die nachrichtenbasierte Integration nötige Schemata erzeugt werden können [KS03].

Im Gegensatz zu der früher üblichen und aufwändigen Erstellung von Adaptern für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Systemen muss bei der Verwendung einer Common Language nur jeder Standard auf das Zwischenformat abgebildet werden statt wie sonst üblich im schlimmsten Falle paarweise zwischen den Standards aller Systeme. Dies setzt voraus, dass sich

alle fachlichen Objekte in das Zwischenformat (z.B. CIM) abbilden lassen bzw. das Zwischenformat für nötige proprietäre Erweiterungen entsprechende Mechanismen zur Verfügung stellt. Daher ist eine nachrichtenbasierte Integration nicht für jeden Anwendungsfall sinnvoll durchführbar.

Eine Integration von Standards, die direkt miteinander verknüpft werden sollen, ohne die Verwendung einer gemeinsamen Zwischensprache kann beispielsweise über die semantische Ebene erfolgen. Bei einer ontologiebasierten Integration werden gemeinsame Konzepte ermittelt, die dann in einem späteren Schritt mittels einer Upper-Ontologie [KHR05] aufeinander abgebildet werden. Hierfür stehen verschiedene Methodiken des Ontology-Matchings und Ontology-Mappings bereit. Eine detaillierte Beschreibung eines entsprechenden Mappings und eine Marktübersicht über gängige Methoden finden sich in [AHH05]. Durch die Abbildung der einzelnen Ontologien müssen nicht die einzelnen Datenmodelle angepasst werden, was wegen existierender Implementierungen durch Hersteller oftmals nicht möglich ist. Die semantische Verknüpfung über gleiche Konzepte ist in der Energiebranche jedoch noch eine offene Herausforderung, erste Ansätze existieren für die Integration des CIM IEC 61970 sowie der Feldebenekommunikation IEC 61850 [Sc02], [KPF03].

## **6 Techniken MDA-basierter Integration**

Aufgrund des frühen Stadiums der Erforschung MDA-basierter Integrationsmethoden und bisher kaum vorhandenen praktischen Erfahrungen in diesem Bereich können an dieser Stelle noch keine aussagekräftigen Evaluationsergebnisse präsentiert werden, sieht man von Schätzungen und ersten Kopplungen ab, die jedoch keine wissenschaftliche Bewertung des Gesamtverfahrens ermöglichen. Es werden stattdessen an dieser Stelle Metriken festgelegt, die für die Evaluation MDA-basierter Integration als relevant angesehen und zur späteren Evaluation herangezogen werden. Basis dieser Kriterien sind allgemein diskutierte Vor- und Nachteile der MDA sowie Punkte, die sich aus der Integration ergeben. Die folgenden Kriterien wurden dabei identifiziert:

*Entwicklungskosten:* Einer der erwarteten Vorteile des Einsatzes des MDA-Ansatzes ist die Verkürzung der Entwicklungszeit und damit auch die Senkung der Entwicklungskosten. Das soll vor allem durch Verringerung der manuellen Implementierung durch den Einsatz von Generortechnologie geschehen. Eine Voraussetzung für diese Annahme ist aber, dass der

Komplexitätsgrad der verwendeten Modelle deutlich geringer ist als die Komplexität von Programmcode. Eine weitere Voraussetzung ist, dass ein hohes Maß an Wiederverwendung, vor allem in Bezug auf die Generatoren und die Werkzeuge zur Modelltransformation, möglich ist. Auch die Verwendung von Standards, wie z.B. das Common Information Model, unterstützt dieses Ziel.

*Codequalität:* Es wird davon ausgegangen, dass durch den Einsatz des MDA-Ansatzes die Qualität des erzeugten Quellcodes steigt. Dazu tragen zu einem großen Teil die Wiederverwendung von Generatoren und Templates bei. Durch häufige Wiederverwendung sinkt die Wahrscheinlichkeit von Fehlern im Gegensatz zu manuell erzeugtem Quellcode. Durch die Beachtung von Programmierkonventionen kann auch die Lesbarkeit des Codes auf einem gleichmäßig hohen Niveau gehalten werden.

*Wartbarkeit:* Dadurch dass Änderungen am System nur an den entsprechenden Modellen und nicht direkt am Quellcode vorgenommen werden müssen, steigt auch die Wartbarkeit von MDA-basierten Systemen im Gegensatz zu konventionell erstellten Systemen. Dieser Punkt ist besonders wichtig für Integrationssysteme, da alle integrierten Systeme jederzeit Änderungen erfahren können, an die das Integrationssystem möglichst schnell und flexibel angepasst werden muss.

*Performanz und Skalierbarkeit:* Weitere nicht-funktionale Anforderungen, die an ein Informationssystem gestellt werden sind Performanz und Skalierbarkeit, da sie die Arbeit mit dem erstellten System erheblich beeinflussen können. Auch hier werden dem MDA-Ansatz aufgrund der strukturierten Herangehensweise und der Möglichkeit, diese Faktoren bereits im Stadium der Modellierung berücksichtigen zu können, Vorteile zugesprochen. Im Falle der beschriebenen Integration ist das von hoher Relevanz, da das nicht-funktionale Verhalten heterogener Systeme berücksichtigt werden muss.

Die Untersuchung dieser Kriterien in einem praxisnahen Szenario ist Inhalt zukünftiger Forschung. Eine Möglichkeit dafür bietet das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt MINT [MINT06]. In diesem Projekt werden Vorgehensweisen zur modellbasierten Integration entwickelt. Ein Teil des Projektes ist zudem die Durchführung einer Fallstudie, in der die Vorgehensweisen im konkreten Anwendungskontext evaluiert werden. Ein mögliches Szenario ist dabei das in Abschnitt 5 erläuterte Beispiel.

## 7 Ausblick

Dieser Beitrag hat einen Überblick über die aktuelle IT-Situation von Energieversorgungsunternehmen in Deutschland gegeben und die Notwendigkeit zur Kopplung von Informationssystemen in diesem Bereich anhand eines Beispiels verdeutlicht. Es wurde ein Ansatz zur losen Kopplung von Informationssystemen durch eine MDA-basierte Integration mittels eines Integrationssystems gegeben. Der Ansatz basiert dabei auf einer Kopplung aller Systeme auf Prozessebene. Dies ermöglicht es, die Systeme zu großen Teilen lediglich um eine Service-Schicht zu erweitern (sollte diese nicht bereits existieren), anstatt die Funktionslogik der Systeme verändern zu müssen.

Der beschriebene Ansatz ist Gegenstand des Forschungsprojektes MINT, das im Rahmen der „Software Engineering 2006“-Initiative des BMBF durchgeführt wird. Die in dem Projekt gemachten Praxiserfahrungen werden von den Projektpartnern projektbegleitend zur Verfügung gestellt. Interessante und offene Fragen betreffen dabei insbesondere die praktische Umsetzung der Webservice-Extraktion (siehe Kapitel 4) aus Systemen des produktiven Betriebes sowie die Abbildung der verschiedenen Systemnachrichten innerhalb des Integrationssystems (vgl. Kapitel 5).

## Literaturverzeichnis

- [AHH05] Abels, S.; Haak, L.; Hahn, A.: Identification of Common Methods Used for Ontology Integration Tasks. In: Proceedings of the first International ACM Workshop on Interoperability of Heterogeneous Information Systems (IHIS05), CIKM conference proceedings. ACM, Sheridan Publishing, 2005.
- [Bu05] Bundesministerium der Justiz: Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, neues Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), [http://bundesrecht.juris.de/enwg\\_2005](http://bundesrecht.juris.de/enwg_2005), 2005.
- [Bu06] Bundesnetzagentur, Beschlusskammer 6, AZ BK6-06-009, Festlegung einheitlicher Geschäftsprozesse und Datenformate zur Abwicklung und Belieferung von Kunden mit Elektrizität, 2006

- [BW02] Brand; Wimmer: Der Standard IEC 61850 Offene Kommunikation in Schaltanlagen im deregulierten Strommarkt. Bulletin SEV/VSE 1/02, 2002; 9-13.
- [CHK05] Conrad, S.; Hasselbring, W.; Koschel, A.: Enterprise Application Integration. Grundlagen - Konzepte - Entwurfsmuster – Praxisbeispiele, Spektrum Akademischer Verlag , 2005
- [DIN00] Deutsches Institut für Normung e.V.: Gesamtwirtschaftlicher Nutzen der Normung: Zusammenfassung der Ergebnisse, wissenschaftlicher Endbericht mit praktischen Beispielen, Berlin, Wien, Zürich, Beuth Verlag, 2000
- [HHP00] van den Heuvel, Willem-Jan; Hasselbring, Wilhelm; Papazoglou, Mike: Top-Down Enterprise Application Integration with Reference Models. In: Australian Journal of Information Systems 8 (2000) 1, S. 126-136.
- [IE90] IEEE, IEEE Standard Computer Dictionary: A compilation of IEEE standard computer glossaries, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990.
- [In03] International Electrotechnical Commission: INTERNATIONAL STANDARD IEC 61970-301: Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 301: Common Information Model (CIM) Base. International Electrotechnical Commission, 2003.
- [KHR05] Kalfoglou, Y.; Hu, B.; Reynolds, D. & Shadbolt, N.: Semantic Integration Technologies Survey; 2005, <http://eprints.ecs.soton.ac.uk/10842/>
- [KPF03] Kostic, Tanja; Preiss, Otto; Frei, Christian: Towards the Formal Integration of Two Upcoming Standards. IEC 61970 and IEC 61850. In (El-Hawary; Little (Hrsg.)): Proceedings for the 2003 LESCOPE Conference, Montreal, 7-9 May, IEEE Publishing, 2003.
- [KS03] Kalfoglou, Y. and Schorlemmer, M.: Ontology mapping: the state of the art. The Knowledge Engineering Review 18(1) pp. 1-31.

- [Lu05] Luhmann, Till: Ein service-orientierter Ansatz zur nachhaltigen Anwendungsintegration in Unternehmen. GI Jahrestagung (2) 2005: 402-406
- [Mae03] März, Wolfgang: Importance of Standardisation – The Business Case, Vortrag auf dem DKE 952 Treffen Dortmund 2003, 2003
- [MINT06] Projektseite des MINT-Projekts. <http://www.mint-projekt.de>. (Abruf: 20.07.06)
- [OMG03] OMG, MDA Guide 1.0.1. <http://www.omg.org/docs/omg/03-06-01.pdf>. (Abruf: 20.07.06), 2003
- [Sc04] Schwarz, Karlheinz: IEC 61850, IEC 61400-25, and IEC 61970: Information models and information exchange for electric power systems. Proceedings of the Distributech 2004, Orlando, Florida, 2004.
- [Us05]. Uslar, M.; Schmedes, T.; Luhmann, T.; Appelrath, H.-J.: Eine serviceorientierte Architektur für das dezentrale Energiemanagement. In: Armin B. Cremers, Rainer Manthey, Peter Martini, Volker Steinhage (Hrsg.): INFORMATIK 2005: Informatik LIVE!, Band 2, Beiträge der 35 Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) 19. bis 22. September 2005 in Bonn, Gesellschaft für Informatik, Bonn, Köllen Verlag, Bonn, S.622-626, 2005
- [Us05b]. Uslar, M.; Schmedes, T.; Luhmann, T.: Rahmenbedingungen und Lösungen für Enterprise Application Integration bei EVU. In: Softwaretechnik-Trends, 25(2), Gesellschaft für Informatik, Bonn, S.74-75, 2005
- [Wei05] Weisshaar, Rainer: Datenaustausch in einem liberalisierten Energiemarkt, emw, Heft 2/05, 2005



## **Einführung in den Track**

### **Rechtsfragen der Informationsgesellschaft**

**Prof. Dr. Thomas Dreier**

M.C.J., Universität Karlsruhe (TH)

**Prof. Dr. Andreas Wiebe**

LL.M., WU Wien

**Prof. Dr. Rupert Vogel**

Bartsch und Partner, Karlsruhe

Die rasante Entwicklung der Informationsgesellschaft führt zu immer größerer Automatisierung und Mobilität. Zugleich werden ganze Lebensbereiche, in denen Informationstechnologien bislang nur punktuell zum Einsatz kommen, zunehmend umfassend technologisch umgestaltet. Zu nennen sind hier neben neuen Geschäftsmodellen der Internetökonomie vor allem die Bereiche e-Health, e-learning und e-government.

Technikgesteuerte und zugleich sozialverträgliche Anwendungen lassen sich jedoch nur dann realisieren, wenn sie auf rechtliche Rahmenbedingungen angemessen Rücksicht nehmen. Denn Ziel dieser rechtlichen Rahmenbedingungen ist es, für die Durchsetzung rechtspolitischer Wertevorgaben zu sorgen, um die Freiheit sowohl der Anwender wie auch der Nutzer zu sichern. Dabei geht zum einen in einer Vielzahl von Fragen darum, welche Auswirkungen die rechtlichen Vorgaben auf die Ausgestaltung der Technologien und ihrer Nutzung haben. Zum anderen ist die Frage zu beantworten, wie das Recht beschaffen sein muss, um den neuen technologischen Möglichkeiten nach Möglichkeit zum Durchbruch zu verhelfen.



# **IT-Systeme in der Rechnungslegung und entsprechende Prüfungsanforderungen**

## **Rechtliche Rahmenbedingungen: Aktueller Stand und Perspektiven**

Elizaveta Kozlova, Ulrich Hasenkamp

Philipps-Universität Marburg  
Institut für Wirtschaftsinformatik  
35032 Marburg

{kozlova|hasenkamp}@wiwi.uni-marburg.de

### **Abstract**

Für die Korrektheit der in der Buchhaltung eingesetzten Software und für die Richtigkeit der IT-gestützten Buchführung sind die Buchführungspflichtigen verantwortlich und nicht, wie irrtümlich oft angenommen wird, die Softwarehersteller. Der zunehmende Einsatz von IT in der Rechnungslegung findet auch Berücksichtigung in der Wirtschaftsprüfung gemäß §§ 316-324 HGB. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die aktuelle Rechtslage des Einsatzes der IT in der Rechnungslegung sowie dessen Auswirkungen auf die Wirtschaftsprüfung und zeigt die Entwicklungstrends in diesem Bereich auf.

## **1 Einführung**

Aus der stetig gewachsenen Bedeutung von Finanzbuchhaltungsprogrammen für die Rechnungslegung der Unternehmen resultiert der Bedarf an rechtlichen Rahmenbedingungen in diesem Bereich und deren kontinuierlicher Fortentwicklung. In Kapitel 2 dieses Beitrages werden die aktuellen rechtlichen Normen und Entwicklungen im Bereich der IT-gestützten Buchführungssysteme aufgezeigt. Diese Normen haben auch deswegen eine besondere Relevanz, weil sie auf alle Konzepte, die im Zusammenhang mit rechnungslegungsrelevanten Geschäftsprozessen stehen (z. B. Electronic Data Interchange (EDI), Betriebsdatenerfassung (BDE), Materialwirtschaftssysteme, Dokumenten-Management-Systeme, Workflow-Management-Systeme), anzuwenden sind. Im Rahmen der Jahresabschlussprüfung beurteilt der Wirtschaftsprüfer unter

anderem die Ordnungsmäßigkeit der Buchführung. Mit dem zunehmenden Einsatz der IT in der Rechnungslegung entstehen neue Herausforderungen für die Prüfer. In Kapitel 3 werden die Vorschriften und Verlautbarungen diskutiert, die für die Wirtschaftsprüfer im Rahmen der IT-Systemprüfungen relevant sind. Schlussbemerkung und Ausblick folgen in Kapitel 4.

## 2 Rechtliche Rahmenbedingungen für IT-gestützte Buchführungssysteme

### 2.1 Überblick

Die wichtigste rechtliche Grundlage für eine Buchführung, die mittels Informationstechnik (IT) erledigt wird, schaffen Handelsgesetzbuch (HGB) und Abgabenordnung (AO). Nach § 239 Abs. 4 HGB und § 146 Abs. 5 AO können Bücher und die sonst erforderlichen Aufzeichnungen auch auf Datenträgern geführt werden, soweit diese Form der Buchführung einschließlich des dabei angewandten Verfahrens den Grundsätzen ordnungsmäßiger Buchführung (GOB) entsprechen. Neben den handelsrechtlichen Vorschriften und den GOB sind für die IT-gestützten Buchführungssysteme weitere Rechtsvorschriften zu beachten, insbesondere auch steuerlicher Art, wie die Einkommensteuer-Richtlinien (EStR).

<p><b>HGB (Handelsgesetzbuch)</b> <b>AO (Abgabenordnung)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• § 239 Abs. 4 HGB und § 146 Abs. 5 AO: Grundsätzliche Möglichkeit, Bücher und sonst erforderliche Aufzeichnungen auch auf Datenträgern zu führen</li> <li>• Die Neufassung von §§ 146, 147 AO zum 1. Januar 2002: Möglichkeit des direkten Zugriffs durch die Prüfer der Finanzämter auf die IT-Systeme</li> </ul>
<p><b>BMF (Bundesministerium der Finanzen)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BMF-Schreiben vom 7. November 1995: „Grundsätze ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme“ (GoBS)</li> <li>• BMF-Schreiben vom 16. Juli 2001: „Grundsätze zum Datenzugriff und zur Prüfbarkeit digitaler Unterlagen“ mit der Wirkung zum 1. Januar 2002</li> </ul>

Tab. 1: IT-gestützte Buchführungssysteme: Rechtliche Rahmenbedingungen

Neben den handelsrechtlichen rechnungslegungsspezifischen Vorschriften und den Grundsätzen ordnungsmäßiger Buchführung sind bei der Gestaltung und beim Einsatz IT-gestützter Buchführungssysteme weitere gesetzliche Vorschriften zu beachten, die speziell im Hinblick auf den IT-Einsatz entwickelt wurden. Diese Anforderungen wurden in der Tabelle 1 zusammengefasst.

In den nächsten Teilabschnitten werden die „Grundsätze ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme“ und „Grundsätze zum Datenzugriff und zur Prüfbarkeit digitaler Unterlagen“ etwas ausführlicher betrachtet.

## **2.2 Vorstellung der Grundsätze ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme**

Im Jahre 1978 wurden die Grundsätze ordnungsmäßiger Speicherbuchführung (GoS) erstmalig veröffentlicht. Die Technik hat sich seitdem enorm weiterentwickelt; heutzutage benutzen praktisch alle Unternehmen für die Buchhaltung Finanzbuchhaltungsprogramme („FiBu-Programme“). FiBu-Software nimmt eine besondere Stellung im Bereich der betrieblichen Anwendungssysteme ein, weil die Programmfunktionen wesentlich durch rechtliche Vorschriften reglementiert sind. Das Zertifikat eines Wirtschaftsprüfers bestätigt die Einhaltung von GoB (Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung) und der daraus abgeleiteten Grundsätze ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme (GoBS) durch die Software.

Die GoBS wurden von der Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung e.V., Eschborn, (AWV) ausgearbeitet und als Schreiben des Bundesministeriums der Finanzen am 7. November 1995 verabschiedet. Die GoS und die GoBS unterscheiden sich im Wesentlichen in folgenden Punkten [Phil98, 313; Zepf96, 1259]:

- Die Buchhaltung in den GoBS wird als integrierte und nicht als isolierte und eindeutig abgrenzbare Unternehmensfunktion betrachtet. Ein DV-gestütztes System umfasst erheblich mehr als die Finanzbuchhaltung mit ihren Nebenbuchhaltungen Kreditoren-, Debitoren- und Anlagebuchhaltung. Die GoBS sind auf alle Verfahren, die rechnungslegungsrelevante Geschäftsprozesse verarbeiten (z. B. EDI, BDE, Materialwirtschaftssysteme, Dokumenten-Management-Systeme, Workflow-Management-Systeme) anzuwenden.
- Der Anwendungsbereich der GoBS schließt sowohl moderne und zukünftige Informationssysteme als auch moderne Verfahren zur Informationssystementwicklung und -pflege sowie Produktdokumentation ein.
- Durch die Ausführungen zu den Fragen „was, wogegen, wie lange und wie ist zu sichern“ wird der Inhalt des erforderlichen Datensicherungskonzepts deutlicher als in den GoS dargestellt.

- Der Begriff Internes Kontrollsystem (IKS) erhält eine zentrale Bedeutung. Die Anwendung des systemorientierten Prüfungsansatzes wird hervorhoben. Die Bedeutung des IKS wird in Abschnitt 3.1 erläutert.

Die GoBS sind den Grundsätzen ordnungsmäßiger Buchführung untergeordnet. Nach § 238 Abs. 1 S. 1 HGB sind alle Kaufleute verpflichtet, Bücher zu führen und in diesen ihre Handelsgeschäfte nach den Grundsätzen ordnungsmäßiger Buchführung aufzuzeichnen. Nach § 239 (2) HGB müssen die Aufzeichnungen vollständig, richtig, zeitgerecht und geordnet vorgenommen werden. Die GoBS präzisieren die GoB im Hinblick auf den Einsatz der IT und sollen sicherstellen, dass die Buchungen und sonst erforderlichen Aufzeichnungen vollständig, richtig und geordnet vorgenommen werden [StHa05, 340]. Die GoBS stellen keine detaillierten Handlungsanweisungen zur Organisation und Führung einer Buchführung mit GoB-Garantie dar [Zepf96, 1259]. Sie stellen lediglich die aus den GoB abgeleiteten Anforderungen an DV-gestützte Buchführungssysteme dar. Die Anforderungen an die Ordnungsmäßigkeit bleiben im Wesentlichen dieselben wie bei einer manuell erstellten Buchführung. Ein Buchführungssystem ist ordnungsmäßig, wenn es bei objektiver Betrachtung den GoB-Anforderungen gerecht wird. Diese Feststellung beruht auf dem Einführungserlass zur HGB-Änderung von 1977: Im HGB sollen keine bestimmten Buchführungsmethoden und -maßnahmen im Einzelnen vorgeschrieben werden. Laut GoBS sollen die erforderlichen Aufzeichnungen jederzeit innerhalb einer angemessenen Frist verfügbar und lesbar gemacht werden. Die Nachvollziehbarkeit der einzelnen Geschäftsvorfälle muss ergänzend durch eine aussagekräftige Verfahrensdokumentation dargestellt werden. Das dient vor allem der Sicherung der GoB im Hinblick auf die Beleg-, Journal- und Kontenfunktion. Ein wichtiger Aspekt ist die bildliche Übereinstimmung von Handels- oder Geschäftsbriefen und Buchungsbelegen mit dem Original. Alle auf der Originalunterlage enthaltenen Angaben müssen auf dem Bild erkennbar sein, damit die Aussage- und Beweiskraft des Geschäftsvorfalles nicht gefährdet wird. Aus dem Verzicht auf den Buchungsbeleg aus Papier folgt kein Verzicht auf den zwingenden Nachweis des Zusammenhangs zwischen dem buchhaltungspflichtigen Vorgang in der Realität und seiner Abbildung in der Buchführung. Nach § 257 Abs. 3 Ziff. 1 HGB müssen empfangene Handelsbriefe und Buchungsbelege bildlich wiedergegeben werden im Unterschied zu abgesandten Handelsbriefen, Konten, Journalen und sonstigen Organisationsunterlagen, die nur inhaltlich wiederzugeben sind. Die Anforderung ist erfüllt, wenn alle auf der ursprünglichen Originalunterlage enthaltenen Angaben zur Aussage- und Beweiskraft des Geschäftsvorfalles originaltreu wiedergegeben sind. Wenn z.B. die

Schriftart auf dem Original nichts aussagt und beweist, dann muss sie nicht wiedergegeben werden. Wenn ein buchführungspflichtiger Vorgang ausgelöst wird, ohne dass dabei ein originärer Papierbeleg die Basis ist, erfüllt das jeweilige Verfahren die Beweisfunktion (Belegfunktion).

Bei der elektronischen Buchführung spielt die IT-Sicherheit eine besondere Rolle. Der Inhalt des erforderlichen Datensicherungskonzepts wird in GoBS sehr ausführlich diskutiert. Die GoBS betonen, dass die Datensicherungsanforderungen des Unternehmens über die GoBS-Anforderungen hinausgehen. Die relevanten Daten sind gegen Verlust zu sichern und vor unberechtigter Veränderung zu schützen. Funktionierende Zugriffskontrollen sind bei den Buchführungssystemen die entscheidende Voraussetzung dafür, dass eine erfolgte Aufzeichnung (Buchung) nicht in einer Weise verändert werden kann, dass der ursprüngliche Inhalt nicht mehr feststellbar ist. Die Wirksamkeit der Zugriffsberechtigungskontrollen hängt davon ab, wie gut das System der Benutzeridentifizierung funktioniert und wie zuverlässig die Vergabe und Einrichtung von Berechtigungen stattfinden. Die handels- und steuerrechtlichen Aufbewahrungspflichten sollen streng beachtet werden. Die Buchführung gilt nicht mehr als ordnungsmäßig, wenn aufbewahrungspflichtige Unterlagen fehlen.

Ein wichtiges Kriterium für die Ordnungsmäßigkeit eines Buchführungssystems stellt die Verfahrensdokumentation dar. Es ist erforderlich so zu handeln, dass eine aktuelle Verfahrensdokumentation auf Dauer verfügbar ist. Die Verfahrensdokumentation soll den Anwendern die Möglichkeit geben, das Verfahren sachgemäß anzuwenden und notwendige Änderungen schnell und korrekt vorzunehmen. Für die Prüfer ist es allerdings nur wichtig, dass das Vorhandensein der Verfahrensdokumentation nachgewiesen ist. Die Qualität der Verfahrensdokumentation muss für das Prüfungsergebnis nicht ausschlaggebend sein.

Für die Einhaltung der GoB ist auch bei Einsatz der IT-gestützten Buchführungssysteme der Buchführungspflichtige verantwortlich. Wenn eine DB-Buchführung an einen externen Dienstleister ausgelagert wird, trägt ebenso der Buchführungspflichtige die Verantwortung für die Einhaltung der GoBS. Seine Aufgabe besteht darin, aus den allgemein gültigen GoBS-Anforderungen für sein individuell gestaltetes Buchführungssystem die richtigen detaillierten Regelungen und Kontrollen zur Sicherung der Ordnungsmäßigkeit festzustellen.

### **2.3 Grundsätze zum Datenzugriff und zur Prüfbarkeit digitaler Unterlagen**

Mit der Neufassung von § 147 AO zum 1. Januar 2002 wurde die digital auswertbare Speicherung für originär digitale und steuerlich relevante Unterlagen vorgeschrieben, die zur Wieder-

verarbeitung in einem IT-gestützten Buchführungssystem geeignet sind. Im Rahmen von Steuerprüfungen macht die Finanzverwaltung zunehmend davon Gebrauch, sich einen digitalen Zugriff auf DV-gestützte Buchführungssysteme zu verschaffen. Hierzu hat das Bundesfinanzministerium am 16. Juli 2001 ein Anwendungsschreiben „Grundsätze zum Datenzugriff und zur Prüfbarkeit digitaler Unterlagen“ (GDPDU) erlassen (BMF 2001). Das Finanzamt hat im Rahmen einer Außenprüfung unmittelbaren Zugriff auf alle steuerlich relevanten Daten eines Unternehmens, d.h. die Daten der Finanz-, Anlagen- und Lohnbuchhaltung, einschließlich des Rechts, die Übergabe von Datenträgern zu fordern. Originär digitale Unterlagen sind maschinell verwertbar zu archivieren. Sie dürfen nicht mehr nur in ausgedruckter Form oder auf Mikrofilm aufbewahrt werden. Wenn kryptografische Verfahren und elektronische Signaturen eingesetzt werden, müssen die entsprechenden Schlüssel aufbewahrt werden [StHa05, 341]. Diese Regelungen sind seit Januar 2002 bei der Gestaltung und Anwendung von IT-gestützten Buchführungssystemen zu berücksichtigen.

### **3 IT-Systemprüfungen**

#### **3.1 Zum Verhältnis der Wirtschaftsprüfung und Wirtschaftsinformatik**

Die Veränderungen in Unternehmen haben auch Einfluss auf die Art und Durchführung der modernen Prüfung. Nicht zuletzt sind diese Veränderungen auf den zunehmenden Einsatz der IT im Unternehmen im Allgemeinen und in der Rechnungslegung insbesondere zurückzuführen. In Tabelle 2 sind die wichtigsten davon zusammengefasst.

Es gibt zwei Richtungen, wie IT und Wirtschaftsprüfung sich gegenseitig beeinflussen. Zum einen bedeutet der zunehmende Einsatz der Informationstechnik in der Rechnungslegung eine neue Sichtweise auf den Beruf eines Wirtschaftsprüfers. Die Wirtschaftsprüfer müssen sich mit den Informationssystemen, die in Unternehmen eingesetzt werden, gut auskennen, um die entsprechenden IT-Systemprüfungen durchführen zu können. Grundzüge und Prüfung der Informationstechnologie sind nach § 4 der Prüfungsverordnung für Wirtschaftsprüfer vom 20. Juli 2004 (BGBl. I S. 1707) Bestandteile des Wirtschaftsprüferexamens [oV04, 6]. Zum anderen beeinflussen die neuen Entwicklungen im IT-Bereich die Prüftechniken. Die wachsende Abhängigkeit der Unternehmen vom informationstechnischen Umfeld verlangt die hinreichende Anpassung der Prüfmethoden und die ständige Überwachung und Prüfung der im Un-



ternehmen eingesetzten IT-gestützten Systeme [MaQu03, 541]. In diesem Artikel interessiert primär der erste Aspekt.

<b>Neue Prüfgebiete</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corporate Governance (einschließlich IT-Compliance)</li> <li>• E-Business</li> <li>• Wissensmanagement</li> <li>• Outsourcing</li> <li>• ...</li> </ul>
<b>Neue Technologien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Warehouse</li> <li>• Objektorientierte Softwareentwicklung</li> <li>• Wissensbasierte Systeme</li> <li>• ...</li> </ul>
<b>Neue Testate</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Real-Time-Financial-Reporting</li> <li>• Internet Business Reporting</li> <li>• Rating</li> <li>• ...</li> </ul>
<b>Neue Prüftechniken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web-basierte Prüfung</li> <li>• Analytische Prüfung</li> <li>• Kontinuierliche Prüfung</li> <li>• ...</li> </ul>

Tab. 2: Wirtschaftsprüfung und Wirtschaftsinformatik: Neue Herausforderungen  
Quelle: In Anlehnung an [Brun03].

### 3.2 IT-Einsatz in der Rechnungslegung und deren Einfluss auf den Prüfungsprozess

Der ansteigende Einsatz der IT in der Rechnungslegung hat einen unmittelbaren Einfluss auf den Prüfungsprozess im Rahmen der Wirtschaftsprüfung gemäß §§ 316-324 HGB. Die Informationstechnik beeinflusst Abläufe, Systeme, Kontrollen und Dokumente des zu prüfenden Unternehmens. Informatik-Risiken gehören zum inhärenten Risiko und zum Kontrollrisiko und haben Einfluss auf das Aufdeckungsrisiko des Prüfers.

Das Institut der Wirtschaftsprüfer (IDW) hat einen Prüfungsstandard IDW PS 330 „Abschlussprüfung bei Einsatz der Informationstechnologie“ am 24. September 2002 veröffentlicht. Laut diesem Standard ist die IT-Prüfung ein Bestandteil der Prüfung des bereits erwähnten Internen Kontrollsystems. Interne Kontrollsysteme gewinnen in Unternehmen in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Der Begriff „IKS“ wurde bereits in den GoBS aufgeführt und erläutert: „Als IKS wird grundsätzlich die Gesamtheit aller aufeinander abgestimmten und miteinander verbundenen Kontrollen, Maßnahmen und Regelungen bezeichnet. ... Dabei reichen wegen komplexer Abläufen und Strukturen ... einzelne, voneinander isolierte Kontrollmaßnahmen keinesfalls aus. Vielmehr bedarf es einer planvollen und lückenlosen

Vorgehensweise, um ein effizientes Kontrollsystem im Unternehmen zu installieren.“. Aus den GoBS geht eindeutig hervor, dass es ohne IKS kein ordnungsmäßiges Buchführungssystem geben kann. Seit der Einführung des Gesetzes zur Kontrolle und Transparenz (KonTraG) im Jahre 1998 muss der Prüfer das Risikomanagement eines Unternehmens gesondert betrachten und beurteilen. International finden sich ähnliche rechtliche Anforderungen beispielsweise im Sarbanes-Oxley Act (SOX), einer Rechnungslegungsvorschrift für Unternehmen, die an US-Börsen gelistet sind. Interne Kontrollen haben die Aufgabe, Risiken, aber auch Chancen in einem Unternehmen frühzeitig zu erkennen. Ziele der internen Kontrollen kann man wie folgt zusammenfassen:

- Erreichung der Unternehmensziele,
- Einhaltung von Gesetzen und Vorschriften (Compliance),
- Schutz des Geschäftsvermögens,
- Verhinderung/Aufdeckung von Fehlern und Unregelmäßigkeiten,
- Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Vollständigkeit der Buchführung und Berichterstattung.

Durch § 317 Abs. 4 HGB wurde das Überwachungssystem eines Unternehmens in die gesetzliche Abschlussprüfung aufgenommen: „Bei einer Aktiengesellschaft, die Aktien mit amtlicher Notierung ausgegeben hat, ist außerdem im Rahmen der Prüfung zu beurteilen, ob der Vorstand die ihm nach § 91 Abs. 2 AktG obliegenden Maßnahmen in einer geeigneten Form getroffen hat und ob das danach einzurichtende Überwachungssystem seine Aufgaben erfüllen kann.“ Die Überwachung betrifft die Risiken, die den Fortbestand der Gesellschaft gefährden können.

Der Einsatz der IT im Unternehmen ist nicht nur mit Chancen, sondern auch mit Risiken verbunden. Die Risiken sind auf allen Ebenen des IT-Systems vorhanden. Folgende Risikoaspekte sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen:

- Abhängigkeit eines Unternehmens von IT,
- Änderungsgeschwindigkeit und deren Bewältigung,
- verfügbares Fachwissen und verfügbare Ressourcen,
- adäquate Ausrichtung an Geschäftserfordernissen.

Die Prüffelder gemäß IDW PS 330 sind IT-Strategie, IT-Umfeld, IT-Organisation, IT-Infrastruktur, IT-Anwendungen, IT-gestützte Geschäftsprozesse, IT-Überwachungssystem und IT-Outsourcing (s. Tabelle 3). Das System ist somit in seiner Gesamtheit zu prüfen.

Risikofeld	Abhängigkeit	Änderung	Knowhow/ Ressourcen	Geschäftliche Ausrichtung
IT-Umfeld	Dominanz der IT-Bereiche	Barrieren, Festhalten	Bewusstsein, Verständnis	Strategie, Konzeption
IT-Organisation	Betrieb, Verfügbarkeit	Projektmanagement	Aufgabenabwicklung	Richtlinien, Kompetenzen
IT-Geschäftsprozesse	Automatisierung, Komplexität	Anwenderakzeptanz	Anwenderunterstützung	Aufgabenabwicklung
IT-Anwendungen	Ausfälle, Geschäftsbetrieb	Funktionalität, Fehler	Entwicklung, Betreuung	Markt-, Benutzeranforderungen
IT-Infrastruktur	Outsourcing, Provider	Technologie, Sicherheitslücken	Strukturen, Betreuung	Inhomogenität, Sicherheit
Daten/Informationen	Umlauf, Inhalt, Aktualität	Migration, Archivierung	Auswertungen, Analysen	Entscheidungsrelevanz

Tab. 3: Risikolandschaft beim Einsatz von IT-Systemen in der Rechnungslegung  
Quelle: In Anlehnung an [Hees02, 6].

So gewann die Durchführung von IT-Systemprüfungen in den vergangenen Jahren in den Unternehmen immer mehr an Bedeutung. Die IT-Systemprüfung soll Risiken aufzeigen, die eine fehlerhafte Rechnungslegung verursachen kann. Wenn ein IT-System falsch eingeführt wird, kann es sehr schnell zur Bestandsgefährdung von Daten führen. Weitere Risiken liegen im Bereich der funktionalen Datensicherung sowie im Bereich des Datenschutzes. Im Zusammenhang mit der zunehmenden Bedeutung von IT wurden mehrere Verlautbarungen vom Institut der Wirtschaftsprüfer (IDW) bzw. von dessen Fachausschuss für Informationstechnologie (FAIT) herausgegeben.

### 3.3 Verlautbarungen des IDW

Im Umfeld der Prüfung von IT-gestützten Systemen müssen viele spezifische Aspekte betrachtet werden [Hees02, 8]. Der Fachausschuss für Informationstechnologie (FAIT) des IDW hat folgende Verlautbarungen in diesem Zusammenhang veröffentlicht:

- Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung bei Einsatz von Informationstechnologie (IDW RS FAIT 1),
- Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung bei Einsatz von Electronic Commerce (IDW RS FAIT 2),

- Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung bei Einsatz elektronischer Archivierungsverfahren (IDW ERS FAIT 3), zurzeit im Entwurfsstadium.

Diese Verlautbarungen sollen eine einheitliche Prüfungsqualität gewährleisten. Sie ersetzen nicht die GoBS, die vor allem für Buchführungspflichtige und für Softwareentwickler gedacht sind, sondern wurden speziell für die besonderen Aufgaben der Wirtschaftsprüfer entwickelt. Die GoBS und IDW RS FAIT 1 weisen inhaltlich viele Überschneidungen auf. Die Ausführungen von FAIT 1 enthalten zusätzlich allgemeine Informationen bzgl. des Einsatzes von IT-Systemen im Unternehmen und speziell eines solchen Einsatzes mit Rechnungslegungsbezug. Das nach dem Rechnungslegungsstandard FAIT 1 definierte IT-System umfasst die Bereiche Infrastruktur, Anwendungen und IT-gestützte Geschäftsprozesse, somit die gesamte Bandbreite des IT-Einsatzes. Besondere Aufmerksamkeit wird dem IT-Kontrollsystem gewidmet. Dieses System umfasst sämtliche Bereiche und beinhaltet Grundsätze, Verfahren sowie Maßnahmen zur Bewältigung der sich aus dem Einsatz der IT im Unternehmen allgemein ergebenden Risiken. Die im FAIT 1 festgelegten Maßnahmen enthalten Regelungen für den IT-Einsatz selbst sowie für die Überwachung der Einhaltung dieser Regelungen.

Für die Einhaltung dieser Vorschriften sowie die Sicherheit der im Systembetrieb verarbeiteten Daten ist die Geschäftsführung verantwortlich. Aus diesem Grund muss ein geeignetes Sicherheitskonzept bzw. -management festgelegt und regelmäßig auf seine Wirksamkeit hin untersucht werden. Besondere Aufmerksamkeit wird drei Begriffen gewidmet [IDW FAIT, Tz. 23]:

- Autorisierung (Anforderungen an den Zugriffsschutz),
- Authentizität (Anforderungen an Berechtigungen und eindeutige Identifikation),
- Verbindlichkeit (Anforderung an die Herbeiführung bindender Rechtsfolgen).

Die Aufgabe des Sicherheitsmanagements ist die Gewährleistung des gesetzlich vorgeschriebenen Grades an Informationssicherheit. Ein solches Sicherheitskonzept setzt seinerseits ein entsprechendes Risikomanagementsystem voraus, in dem die bestehenden Risiken des IT-Einsatzes realistisch bewertet werden.

Im September 2003 wurde eine ergänzende Stellungnahme zu den aus E-Commerce-Systemen erwachsenden Anforderungen herausgegeben (IDW RS FAIT 2). Diese verdeutlicht die im IDW RS FAIT 1 dargestellten Ordnungsmäßigkeits- und Sicherheitsanforderungen im Bereich von E-Commerce. Darüber hinaus beinhaltet IDW RS FAIT 2 ergänzende Anforde-

rungen im Bezug auf besondere IT-Risiken, die mit dem Einsatz von E-Commerce-Systemen zusammenhängen.

IDW ERS FAIT 3 enthält neben der Auslegung der rechtlichen Vorschriften im Zusammenhang mit digitalen Unterlagen und deren Archivierung (die wichtigste rechtliche Quelle stellen GDPdU dar) die Beschreibung des technischen und organisatorischen Umfelds des elektronischen Archivierungsverfahrens. Es werden ausführliche Anweisungen im Zusammenhang mit der Einrichtung eines Archivierungssystems gegeben. Das Dokument knüpft an die FAIT 1 und andere Richtlinien des IDW an. Es geht detailliert auf die Anforderungen vom HGB, AO, GoBS und auch der GDPdU ein. Dabei werden unterschiedliche Archivierungsverfahren, der Charakter von elektronischen Dokumenten, die technische Infrastruktur und auch das Thema Outsourcing behandelt. Ein weiteres wichtiges Thema des Entwurfs stellt die Migration dar. IDW ERS FAIT 3 ist zurzeit als Entwurf zur Diskussion gestellt. Anzumerken ist, dass die Richtlinie mehrere Überschneidungen mit Anweisungen wie dem Code of Practice "Grundsätze der elektronischen Archivierung" des VOI Verband Organisations- und Informationssysteme e.V. (<http://www.voi.de>), dem Grundschutzhandbuch, Kapitel 9, des BSI Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (<http://www.bsi.de>) und anderen Dokumenten aufweist. Die AWW Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung e.V. überarbeitet zurzeit die GoBS [oV06]. Da auch in den neuen GoBS die gleichen Themen behandelt werden, kann man mit Redundanzen und Divergenzen rechnen. Die Vielfalt der Richtlinien und Codes of Best Practice macht die Orientierung schwierig [oV05a]. Ein einheitlicher, prüfbarer Kriterienkatalog für Archivsysteme ist bis heute nicht vorhanden.

Zurzeit befinden sich in der Diskussion bzw. in der Erarbeitung außerdem noch folgende Verlautbarungen:

- IDW-Prüfungsstandard „Grundsätze ordnungsmäßiger Durchführung von Datenschutzaudits gem. § 9a Bundesdatenschutzgesetz (BDSG)“ (IDW PS 870),
- IDW-Prüfungshinweis „Die Prüfung von IT-gestützten Geschäftsprozessen (IDW PH 9.330.x) in Ergänzung zum IDW-Prüfungsstandard „Abschlussprüfung bei Einsatz von Informationstechnologie“ (IDW PS 330),
- Überarbeitung der HFA-Stellungnahme 4/1997 „Projektbegleitende Prüfung EDV-gestützter Systeme“,
- Diskussionspapier „IT-Risikomanagement“.

Das Ziel projektbegleitender Prüfungen ist sicherzustellen, dass neu entwickelte, geänderte oder erweiterte IT-gestützte Rechnungslegungssysteme den GoB entsprechen. Diese Verlautbarung ist deswegen sehr wichtig, weil Compliance-Anforderungen (SOX, Basel II, Solvency II etc.) und deren Umsetzung in die IT eines Unternehmens an Bedeutung gewinnen. Die Herausforderung für die DV liegt in der Umsetzung allgemeiner Business-Anforderungen in die IT. Viele Regelungen enthalten diesbezüglich wenig konkrete Einleitungen. Für die Wirtschaftsprüfung ergibt sich die Aufgabe, gesetzeskritische DV-Kontrollen zu identifizieren.

## **4 Aktuelle Herausforderungen**

### **4.1 Weiterentwicklung von GoBS**

Die GoBS wurden zuletzt im Jahre 1995 aktualisiert. An der neuen Version wird in der Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung gearbeitet. Da GoBS und IDW RS FAIT 1 inhaltlich viele Überschneidungen aufweisen, empfiehlt sich die Berücksichtigung von IDW RS FAIT 1 auch für diejenigen, die nicht als Prüfer tätig sind.

In der Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung wurde außerdem ein neuer Arbeitskreis geschaffen: "Auslegung der GoB beim Einsatz neuer Organisationstechnologien". Im Mittelpunkt der Tätigkeit dieses Arbeitskreises steht die Untersuchung und Bewertung der Vereinbarkeit von neuen Technologieformen mit den GoB.

### **4.2 Neue Einsatzfelder von Informationssystemen in der Rechnungslegung**

In den letzten Jahren kann man einen zunehmenden Einsatz von Informationssystemen für das interne und externe Reporting sowie das Risikomanagement beobachten. Laut einer Studie des Business Application Research Center (BARC) verfügen bereits zwei Drittel der Unternehmen über ein durchgängiges Reporting bis hin zum Vorstand. Eine Schwachstelle stellen allerdings laut Umfragen die langen Berichtswege dar. In den deutschen Unternehmen dauert es durchschnittlich fünf Tage, bis Informationen über wesentliche Risiken beim Vorstand ankommen [oV05b].

Die Studie belegt auch, dass eine erhebliche Heterogenität der in der Rechnungslegung eingesetzten Systeme sowie eine große Anzahl von insgesamt verwendeten Informationssystemen zu beobachten sind. Durchschnittlich sind in den deutschen Firmen acht unterschiedliche Informa-

tionssysteme, die Daten für Reporting, Planung, Konsolidierung und Risikomanagement liefern, im Einsatz. Für eine gute Performance spielt ein großer Integrationsgrad eine wichtige Rolle.

### **4.3 IT-Systeme in der Rechnungslegung und Prozessgedanke in Unternehmen**

Die durch GoBS und GDPdU vorgeschriebene Verfahrensdokumentation fördert Prozessgedanken in Unternehmen. Mit dem Sarbanes-Oxley Act (SOX) wurde diese Richtung noch mehr gestärkt. Der SOX wurde als US-Gesetz im Jahre 2002 mit dem Ziel verabschiedet, durch eine bessere Berichterstattung die Informationsversorgung von Anlegern zu verbessern. Unternehmensprozesse müssen definiert und beschrieben werden und entsprechende Kontrollmechanismen sind zu implementieren. SOX ist für die deutschen Unternehmen relevant, wenn sie in den USA börsennotiert sind. Mit den Vorschriften von SOX sollen sich aber auch die nicht betroffenen Unternehmen auseinandersetzen, weil die 8. EU-Richtlinie in Kürze in Kraft treten soll. Sie wird als Antwort der Europäischen Union auf den amerikanischen SOX gesehen. Deswegen bezeichnet man sie auch als „SOX für Europa“. Konsequenzen der 8. EU-Richtlinie für die europäischen Unternehmen sind ähnlich wie die Konsequenzen von SOX für die amerikanischen oder in Amerika börsennotierten Unternehmen.

Durch diese Entwicklungen gewinnt die Nachvollziehbarkeit der Dokumentenverwendung immer mehr an Bedeutung. Durch eine umfangreichere Protokollierung werden die Informationen zur Verfügung gestellt, die zur Verbesserung betrieblicher Abläufe verwendet werden können. Durch die Protokollierung können Engpässe und doppelte oder nicht genau zugeordnete Tätigkeiten aufgedeckt werden [Böhn06, 32].

Durch diese Entwicklungen gewinnen Dokumentenmanagement-Systeme bzw. Enterprise-Content-Management-Systeme immer mehr an Bedeutung. Der Teilbereich Records Management steuert Archivsysteme eines Unternehmens. Neben der Deklaration des Dokumentes als unveränderbar werden weitergehende Informationen über das Dokument selbst (wie Status und Version) sowie über die damit verbundenen Prozesse (z. B. Weiterleitung) in den meisten Fällen automatisch mitgespeichert.

### **4.4 IT-Compliance**

Neue gesetzliche Anforderungen im Bereich der Rechnungslegung sorgen für neue Sichtweisen auf rechnungslegungsrelevante DV-Systeme. Ab 1. Januar 2005 müssen alle börsennotierten europäischen Unternehmen und ihre Tochtergesellschaften die Abschlüsse nach internationalem Rechnungslegungsstandard IFRS (International Financial Reporting Standards) veröffentlichen.

Auch neue Compliance-Regelungen (SOX, Basel II, Solvency II etc.) sorgen für zunehmende Komplexität der Rechnungslegung eines Unternehmens. Für einige Unternehmen wird das in der Konsequenz zu einer Softwareumstellung führen. Die Anforderungen an die DV bei der Einführung der neuen Bilanzierungsregeln sind vielschichtig. Die Software muss zukünftig auch parallele Konten und Buchungskreise zulassen und verarbeiten können, denn deutsche Unternehmen müssen weiterhin eine lokale Bilanz gemäß HGB vorlegen. Dabei kommt es jedoch zu einer vollkommen unterschiedlichen Bewertung der Daten.

Die Rechnungslegung ist in der Regel auf verschiedenen IT-Komponenten basiert. Die neuen Gesetze erfordern eine Bestandsaufnahme und IT-Systeme in umfangreichem Ausmaß: eine umfassende Konsolidierungsrechnung der verschiedenen Segmente, ein erweiterter Kostenplan aufgrund der erhöhten Offenlegungssegmente etc [ScKr05, 89]. Es soll geklärt werden, inwieweit diese Anforderungen mit den vorhandenen Systemen erfüllt werden können. Der Aufwand zur Rechnungslegung wird in der Zukunft deutlich über dem Aufwand der Vergangenheit liegen. In der neuen Version von GoBS sollen deswegen nicht nur die handelsrechtlichen Vorschriften berücksichtigt werden, sondern auch die Vorschriften der internationalen Rechnungslegung.

Mit dem Inkrafttreten von neuen Gesetzen spielt die Richtigkeit der vorzulegenden Finanzberichte eine noch größere Rolle als bisher. Die Haftungs- und Sorgfaltspflichten des Managements im Bezug auf Bilanzierung und Transparenz sind deutlich strenger geworden. Dadurch steigt die Notwendigkeit, die Angemessenheit und Ordnungsmäßigkeit sowohl der Systementwicklung als auch des Systembetriebs nachzuweisen. Damit unmittelbar verbunden sind die steigenden Anforderungen im Bereich Risikomanagement [JoGo06, 10].

## **5 Schlussbemerkung und Ausblick**

Die Grundsätze ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme befinden sich momentan in einem Überarbeitungsprozess. An einer neuen Version von GoBS wird im Rahmen eines Projektes der Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung gearbeitet. Bei der Umsetzung der GoBS in der betrieblichen Praxis und deren Kontrolle durch die Wirtschaftsprüfer stellte sich heraus, dass ein besonderer Handlungsbedarf in den Bereichen der Erstellung und Pflege von Verfahrensdokumentation besteht [Phil98, 317]. Eine weitere wichtige Herausforde-



nung besteht in der Berücksichtigung der internationalen Rechnungslegungsvorschriften bei der Ausarbeitung der neuen GoBS-Version.

Wie bereits erläutert, gelten die GoBS für alle direkt oder indirekt rechnungslegungsrelevanten DV-Systeme im Unternehmen. Der zunehmende Einsatz der Informationstechnik in der Rechnungslegung bedeutet auch eine neue Sichtweise auf den Beruf des Wirtschaftsprüfers. Die Wirtschaftsprüfer müssen sich mit den Informationssystemen, die in Unternehmen eingesetzt werden, gut auskennen, um die entsprechenden IT-Systemprüfungen durchführen zu können. Die Wirtschaftsprüfer stehen vor neuen Herausforderungen, da die Systeme noch komplexer werden.

Es gibt immer mehr Unternehmen mit einer geschäftsprozessorientierten Organisation. Diese Tendenz wird nicht zuletzt dadurch unterstützt, dass Informationssysteme in weiteren Unternehmensbereichen eingesetzt werden und die Vernetzung einzelner Unternehmensteile fördern. Die IT-unterstützte Buchführung zeigt, dass Buchführung immer mehr als integrierte Unternehmensfunktion betrachtet wird. Die engere Verknüpfung einzelner Unternehmensfunktionen sorgt für neue Herausforderungen bei den Wirtschaftsprüfern. Die Beurteilung der ordnungsmäßigen Abbildung von Geschäftsprozessen und deren Darstellung in der Rechnungslegung gewinnt weiter an Bedeutung [BeVo03, 1233 ff.].

## **Literaturverzeichnis**

- [BeVo03] Berenz, Bernd; Voit, Franz: Die Geschäftsprozessorientierung in der Abschlussprüfung. In: Die Wirtschaftsprüfung 56 (2003) 22, S. 1233-1243.
- [Böhn06] Böhn, Martin: Compliance schafft Prozesstransparenz. In: is report 10 (2006) 4, S. 30-33.
- [Brun03] Brun, Jürg: Corporate Governance und IT-Revision. Uni Zürich 2003. [http://www.ifi.unizh.ch/ifiadmin/staff/maurer/Dokumente/Web\\_SS03/Brun/C%20Governance.pdf](http://www.ifi.unizh.ch/ifiadmin/staff/maurer/Dokumente/Web_SS03/Brun/C%20Governance.pdf), Abruf am 2006-06-13.
- [EIDW05] Entwurf IDW Stellungnahme zur Rechnungslegung: Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung bei Einsatz elektronischer Archivierungsverfahren (IDW ERS FAIT 3). In: Die Wirtschaftsprüfung 58 (2005) 13, S. 746-754.

- [Grun01] Grundsätze zum Datenzugriff und zur Prüfbarkeit digitaler Unterlagen. In: Betrieb und Wirtschaft 55 (2001) 18, S. 773-776.
- [Hees02] Heese, Klaus: IT-Systemprüfungen im Rahmen einer risiko- und prozessorientierten Prüfungsstrategie. PwC. <http://www.pwc.com/extweb/pwcpublishings.nsf/DocID/A478650D4955530585256BC6002D16D2>, 4/2002, Abruf am 2006-06-08.
- [IDWS02] IDW Stellungnahme zur Rechnungslegung: Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung bei Einsatz von Informationstechnologie (IDW RS FAIT 1). In: Die Wirtschaftsprüfung 55 (2002) 21, S. 1157-1167.
- [IDWP02] IDW Prüfungsstandard: Abschlußprüfung bei Einsatz der Informationstechnologie (IDW PS 330). In: Die Wirtschaftsprüfung 55 (2002) 21, S. 1167-1179.
- [IDWS03] IDW Stellungnahme zur Rechnungslegung: Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung bei Einsatz von Electronic Commerce (IDW RS FAIT 2). In: Die Wirtschaftsprüfung 56 (2003) 22, S. 1258-1276.
- [JoGo06] Johanssen, W.; Goeken, M.: IT-Governance – neue Aufgaben des IT-Managements. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 43 (2006) 250, S. 7-20.
- [MaQu03] MacKee, Thomas E.; Quick, Reiner: IT-Kenntnisse der wirtschaftsprüfenden Berufsstände. Eine empirische Untersuchung. In: Die Wirtschaftsprüfung 56 (2003) 10, S. 541-547.
- [oV04] o. V.: Prüfungsverordnung für Wirtschaftsprüfer nach §§ 14 und 131l der Wirtschaftsprüferordnung (Wirtschaftsprüferprüfungsverordnung – WiPrPrüfV) vom 20. Juli 2004 (BGBl. I S. 1707). <http://www.wpk.de/pdf/WiPrPruefV.pdf>, Abruf am 2006-07-05.
- [oV05a] o. V.: IDW FAIT ERS 3 PROJECT CONSULT Kommentar, 2005. <http://partner.coextant.com/website/project.nsf/RSDatumWWWScriptGraphics/B80388E546013DFE412570B000330615>, Abruf am 2006-06-13.

- [oV05b] o. V.: IT treibt die Corporate Governance. In: Computerwoche 18 (2005). <http://www.computerwoche.de/heftarchiv/2005/18/1051394/>, Abruf am 2006-11-07.
- [oV06] o.V: Arbeitsgemeinschaft für wirtschaftliche Verwaltung überarbeitet GoBS. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM) 2006. [http://www.bitkom.org/de/themen\\_gremien/37105\\_9754.aspx](http://www.bitkom.org/de/themen_gremien/37105_9754.aspx), Abruf am 2006-06-13.
- [Phil98] Philipp, Mathias: Ordnungsmäßige Informationssysteme im Zeitablauf – Umsetzung der GoBS im Informationssystem-Lebenszyklus. In: Wirtschaftsinformatik 40 (1998) 3, S. 312-317.
- [StHa05] Stahlknecht, Peter; Hasenkamp, Ulrich: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 11. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg 2005.
- [ScKr05] Schön, Dietmar; Kröninger, Linda: Rechnungslegung im Umbruch – Was bei der Umstellung auf IAS/IFRS zu beachten ist. In: Controlling (2005) 2, S. 85-91.
- [Zepf96] Zepf, Günter: Grundsätze ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme. Erläuterungen zu den GoBS für die Praxis. In: DStR (1996) 32, S. 1259-1263.



## **Autorenverzeichnis**

(Band 1 und 2)

Sebastian **Abeck**

abeck@cm-tm.uka.de

Sven **Abels**

sabels@acm.org

Maximilian **Ahrens**

maximilian.ahrens@telekom.de

Stephan **Aier**

stephan.aier@unisg.ch

Andreas **Albers**

andreas.albers@m-lehrstuhl.de

Paul **Alpar**

alpar@staff.uni-marburg.de

Anupriya **Ankolekar**

aan@aifb.uni-karlsruhe.de

Felix-Robinson **Aschoff**

aschoff@ifi.unizh.ch

Joerg **Aßmann**

assmann@ieb.net

Eckardt **Augenstein**

e.augenstein@perpendo.de

Tilmann **Bartels**

bartels@sysedv.tu-berlin.de

Thomas **Barth**

barth@fb5.uni-siegen.de

Bernhard **Beck**

Jörg **Becker**

isjobe@wi.uni-muenster.de

Ralph **Bergmann**

bergmann@uni-trier.de

Matthias **Biggeleben**

biggeleben@wiwi.uni-frankfurt.de

Andreas **Birkhofer**

abirkhof@rumms.uni-mannheim.de

Annette **Bobrik**

bobrik@sysedv.tu-berlin.de

Freimut **Bodendorf**

Bodendorf@wiso.uni-erlangen.de

Oliver **Bohl**

bohl@inf.wirtschaft.uni-kassel.de

Tilo **Böhm**

boehmann@in.tum.de

Reinhard **Brandl**

reinhard@brandl-eitensheim.de

Juergen **Branke**

branke@aifb.uni-karlsruhe.de

Oliver **Braun**

ob@itm.uni-sb.de

Jan vom **Brocke**

jan.vom.brocke@ercis.de

Eva-Maria **Bruch**

ena@de.festo.com

Tobias **Bucher**

tobias.bucher@unisg.ch

Sabine **Buckl**

buckls@in.tum.de

Christian **Buddendick**

christian.buddendick@ercis.de

Ulrich **Buhl**

Hans-

ulrich.buhl@wiwi.uniaugsburg.de

Peter **Buxmann**

buxmann@is.tu-darmstadt.de

**Gary Carr-Smith**  
Gary.Carr-Smith@avonfire.gov.uk

**Michele Catalano**  
catalano@dea.unian.it

**Pavlina Chikova**  
pavlina.chikova@iwi.dfki.de

**Achim Dannecker**  
Achim.Dannecker@unibw.de

**Sina Deibert**  
deibert@uni-mannheim.de

**Patrick Delfmann**  
delfmann@ercis.de

**Ben Diamond**  
Ben.Diamond@wmfs.ne

**Kai Dingel**  
dingel@wiwi.hu-berlin.de

**Ulrike Dowie**  
dowie@wi.uni-stuttgart.de

**Michael Durica**  
mdurica@web.de

**Helmuth Elsner**  
helmuth.elsner@iism.uni-karlsruhe.de

**Bartholomäus Ende**  
Ende@wiwi.uni-frankfurt.de

**Alexander M. Ernst**  
ernst@in.tum.de

**Torsten Eymann**  
eymann@uni-bayreuth.de

**Ulrich Faisst**  
ulrich.faisst@bain.com

**Otto K. Ferstl**  
otto.ferstl@wiai.uni-bamberg.de

**René Fiege**  
rene.fiege@tu-ilmenau.de

**Andreas Fink**  
andreas.fink@hsu-hamburg.de

**Ronny Fischer**  
ronny.fischer@unisg.ch

**Elgar Fleisch**  
elgar.fleisch@unisg.ch

**Jochen Frank**  
jochen.frank@wiai.uni-bamberg.de

**Ulrich Frank**  
ulrich.frank@uni-duisburg-essen.de

**Bernd Freisleben**  
freisleb@informatik.uni-marburg.de

**Andrea Freßmann**  
fressmann@uni-trier.de

**Swantje Friedrich**  
friedrich@wiwiss.fu-berlin.de

**Thomas Friese**  
th.friese@siemens.com

**Lothar Fritsch**  
lothar.fritsch@m-lehrstuhl.de

**Armin Fügenschuh**  
fuegenschuh@mathematik.tu-darmstadt.de

**Roland Gabriel**  
rgabriel@winf.rub.de

**Martin Gersch**  
martin.gersch@rub.de

**Khaled Ghédira**  
khaled.ghedira}@isg.rnu.tn

**Gianfranco Giulioni**  
giulioni@dea.unian.it

**Daniel Gmach**  
gmach@in.tum.de

**Martin Gneiser**  
Martin.Gneiser@wiwi.uni-augsburg.de

**Peter Gomber**  
gomber@wiwi.uni-frankfurt.de

**Simone Göttlich**  
goettlich@mathematik.uni-kl.de

**Kai-Uwe Götzelt**  
kai.goetzelt@wiso.uni-erlangen.de

**Manfred Grauer**  
grauer@fb5.uni-siegen.de

**Guido Grohmann**  
guido.grohmann@im-c.de

**Roger Gruetter**  
rgruetter@rgruetter.ch

**Markus Gsell**  
gsell@wiwi.uni-frankfurt.de

**Oleg Gujo**  
gujo@wiwi.uni-frankfurt.de

**Michael J. Gundlach**  
mjj1052@garnet.acns.fsu.edu

**Wolfgang Hackenbroch**  
wolfgang.hackenbroch@wiwi.uni-augsburg.de

**Ulrich Hasenkamp**  
hasenkamp@wiwi.uni-marburg.de

**Matthias Henneberger**  
matthias.henneberger@wiwi.uni-augsburg.de

**Andreas Henrich**  
andreas.henrich@wiai.uni-bamberg.de

**Martin Hepp**  
mhepp@computer.org

**Stefan Herbergs**  
herbergs@ltt.rwth-aachen.de

**Michael Herty**  
herty@mathematik.uni-kl.de

**Michael A. Herzog**  
herzog@fhtw-berlin.de

**Georg Herzwurm**  
herzwurm@wi.uni-stuttgart.de

**Thomas Hess**  
thess@bwl.uni-muenchen.de

**Lutz Heuser**  
lutz.heuser@sap.com

**Konrad Hilbers**  
k.hilbers@hse24.de

**Oliver Hinz**  
ohinz@wiwi.uni-frankfurt.de

**Mohamed Hmiden**  
hmiden\_mohamed@yahoo.fr

**Holger Hoffmann**  
holger.hoffmann@in.tum.de

**Peter Hruschka**  
hruschka@b-agile.de

**Steffi Jahner**  
jahner@in.tum.de

**Christian Janiesch**  
ischja@wi.uni-muenster.de

**Matthias Jarke**  
jarke@informatik.rwth-aachen.de

**Nicholas R. Jennings**  
nrj@ecs.soton.ac.uk

**Martin Jetter**  
mjetter@de.ibm.com

**Liviu Joita**  
l.joita@cs.cardiff.ac.uk

**Wolfgang König**  
jfranke@wiwi.uni-frankfurt.de

Timo **Kahl**  
timo.kahl@iwi.dfki.de

Carolin **Kaiser**  
carolin.kaiser@wiso.uni-erlangen.de

Oliver **Kamin**  
kamin@ioeb.de

Alfons **Kemper**  
kemper@in.tum.de

Hartmut **Klemens**  
hartmut.klemens@klemens.com

Natalia **Kliewer**  
kliewer@upb.de

Ralf **Knackstedt**  
israkn@wi.uni-muenster.de

Uta Franziska **Knebel**  
knebel@in.tum.de

Karl **Knispel**  
knispel@ioeb.de

Michael **Koch**  
kochm@informatik.tu-muenchen.de

Stefan **Koch**  
Stefan.Koch@wu-wien.ac.at

Michael **Kohl**  
michael.kohl@wiai.uni-bamberg.de

Dorothee **Korn**  
dorotheekorn@uni-muenster.de

Elizaveta **Kozlova**  
kozlova@wiwi.uni-marburg.de

Wolfgang **Kraemer**  
wolfgang.kraemer@im-c.de

Hanna **Krasnova**  
krasnovh@wiwi.hu-berlin.de

Helmut **Krcmar**  
Krcmar@in.tum.de

Falk **Kretzschmar**  
kretzschmar@wiwi.uni-halle.de

Nina **Kreyer**  
Nina.Kreyer@uk.ibm.com

Stefan **Kühne**  
kuehne@informatik.uni-leipzig.de

Holger **Kühnl**  
hk@synspace.com

Dennis **Kundisch**  
dennis.kundisch@vwl.uni-freiburg.de

Stefan **Lacher**  
stefan.lacher@sap.com

Steffen **Lamparter**  
sla@aifb.uni-karlsruhe.de

Josef **Lankes**

Volker **Lanninger**  
lanninger@bisor.de

Christoph **Lattemann**  
lattema@uni-potsdam.de

Ulrike **Lechner**  
Ulrike.Lechner@unibw.de

Lasse **Lehman**  
llehmann@KOM.tu-darmstadt.de

Jan **Lehmann**  
lehmann@dvz-mv.de

Johann **Leibig**  
johann.leibig@hvbsystems.com

Jan Marco **Leimeister**  
leimeister@in.tum.de

Katrina **Leyking**  
katrina.leyking@iwi.dfki.de

Andreas **Löber**  
loeber@ifi.unizh.ch



**Peter Loos**  
Peter.Loos@iwi.dfki.de

**Michael Luther**  
michael\_luther@hotmail.com

**Christian Lütke Entrup**  
luetke-entrup@fb5.uni-siegen.de

**Josef Maier**  
josef.maier@tu-berlin.de

**Robert Malec**  
malec@cm-tm.uka.de

**Shakib Manouchehri**  
manouchehri@wirtschaft.uni-kassel.de

**Thomas Matheis**  
thomas.matheis@iwi.dfki.de

**D. Harrison McKnight**  
mcknight@bus.msu.edu

**Markus Meister**  
Markus.Meister@chiru.med.uni-giessen.de

**Jan Mendling**  
jan.mendling@wu-wien.ac.at

**Achim Michel-Backofen**  
achim.michel-backofen@akad.uniklinikum-giessen.de

**Daniel Michelis**  
daniel.michelis@unisg.ch

**Frank Milius**  
frank.milius@im-c.de

**Matthias Mohr**  
mohrm@in.tum.de

**Christof Momm**  
momm@cm-tm.uka.de

**Karlheinz Morgenroth**  
karlheinz.morgenroth@wiai.uni-bamberg.de

**Kathrin Möslein**  
kathrin.moeslein@hhl.de

**Felix R. Müller**  
felix.mueller@wiwi.uni-regensburg.de

**Felix Müller-Wienbergen**  
felix.mueller-wienbergen@ercis.de

**Thomas Myrach**  
thomas.myrach}@iwi.unibe.ch

**Thomas Neubauer**  
neubauer@ifs.tuwien.ac.at

**Valentin Nicolescu**  
valentin.nicolescu@in.tum.de

**Björn Niehaves**  
bjoern.niehaves@ercis.uni-muenster.de

**Jasminko Novak**  
novak@ifi.unizh.ch

**Markus Nüttgens**  
markus.nuettgens@wiso.uni-hamburg.de

**Philipp Offermann**  
Philipp.Offermann@syledv.tu-berlin.de

**Sebastian Olbrich**  
sebastian.olbrich@arcor.de

**Dirk Pawlaszczyk**  
dirk.pawlaszczyk@tu-ilmenau.de

**Martin Pellengahr**  
martin.pellengahr@wi.uni-muenster.de

**Simone Perlmann**  
simone.perlmann@sap.com

**Mathias Petsch**  
mathias.petsch@tu-ilmenau.de

**Volkmar Pipek**  
volkmar.pipek@uni-siegen.de

**Key Pousttchi**  
key.pousttchi@wiwi.uni-augsburg.de

**Jörg Purucker**  
joerg.purucker@wiso.uni-erlangen.de

**Mike Radmacher**  
mike.radmacher@m-lehrstuhl.de

**Omer F. Rana**  
o.f.rana@cs.cardiff.ac.uk

**Kai Rannenber**  
kai.rannenber@m-lehrstuhl.de

**Julian Reichwald**  
reichwald@fb5.uni-siegen.de

**Claudia Reininger**  
claudia.reininger@t-online.de

**Annette Renz**

**Florian Resatsch**  
resatsch@ieb.net

**Kai Riemer**  
wikari@wi.uni-muenster.de

**Peter Rittgen**  
peter.rittgen@hb.se

**Susanne Robra-Bissantz**  
robra@wiso.uni-erlangen.de

**Rainer Röhrig**  
rainer.roehrig@chiru.med.uni-giessen.de

**Dumitru Roman**  
dumitru.roman@deri.org

**Thomas Rose**  
thomas.rose@fit.fraunhofer.de

**Heiko Roßnagel**  
heiko.rossnagel@m-lehrstuhl.de

**Matthias Rothensee**  
rothensm@cms.hu-berlin.de

**Franz Rothlauf**  
rothlauf@uni-mannheim.de

**Werner Rotzoll**  
rotzoll@dvz-mv.de

**Thorsten Ruffer**  
thorsten.rueffer@gfd.de

**Lamjed Said**  
lamjed.bensaid@isg.rnu.tn

**Michael Samtleben**  
samtleben@bwl.uni-muenchen.de

**Nicola Schackmann**

**Walter Schäfer**

**Michael Schermann**  
michael.schermann@in.tum.de

**Tobias Scherner**  
tobias.scherner@m-lehrstuhl.de

**Günter Schicker**  
guenter.schicker@wiso.uni-erlangen.de

**Thomas Schildhauer**  
schildhauer@ieb.net

**Michael Schlicker**  
michael.schlicker@interactive-software.de

**Christian Schmidt**  
schmidt@is.tu-darmstadt.de

**Kathrin Schneider**  
kathrin.schneider@bmw.de

**Hagen Schorcht**  
hagen.schorcht@tu-ilmenau.de

**Nina Schroeder**  
nina.schroeder@o2.com

**Christian Schröpfer**  
Christian.Schroepfer@sysedv.tu-berlin.de

**Gerhard Schwabe**  
schwabe@ifi.unizh.ch

**Frank Schwartz**  
fs@econ.uni-hamburg.de

**Christian M. Schweda**  
schweda@in.tum.de

**Michael Schwind**  
schwind@wiwi.uni-frankfurt.de

**Martin Sedlmayr**  
martin.sedlmayr@fit.fraunhofer.de

**Stefan Seidel**  
seidel@ercis.de

**Eva Peggy Sekatzek**  
peggy.sekatzek@bmw.de

**Carlo Simon**  
simon@uni-koblenz.de

**Matthew Smith**  
matthew@informatik.uni-marburg.de

**Zbynek Sokolovsky**  
zbynek.sokolovsky@ied-consulting.de

**Thomas Spengler**  
t.spengler@tu-braunschweig.de

**Sarah Spiekermann**  
sspiek@wiwi.hu-berlin.de

**Mark Srite**  
msrite@uwm.edu

**Gernot Starke**  
gs@gernotstarke.de

**Ingmar Steinzen**  
steinzen@dsor.de

**Dirk Stelzer**  
dirk.stelzer@tu-ilmenau.de

**Gunnar Stevens**  
gunnar.stevens@uni-siegen.de  
**Tim Stockheim**  
stockheim@bisor.de

**Stefan Strecker**  
stefan.strecker@uni-due.de

**Niels Streekmann**  
streekmann@offis.de

**Werner Streitberger**  
werner.streitberger@uni-bayreuth.de

**Tobias Stuber**

**Christian Stummer**  
christian.stummer@univie.ac.at

**Uwe H. Suhl**  
suhl@wiwiss.fu-berlin.de

**Lena Suhl**  
suhl@dsor.de

**Brian Taylor**  
btaylor@fireservicecollege.ac.uk

**Jason Bennett Thatcher**  
jthatch@clermson.edu

**Frédéric Georges Thiesse**  
frederic.thiesse@unisg.ch

**Heiko Thimm**  
heiko.thimm@fh-kiel.de

**Oliver Thomas**  
oliver.thomas@iwi.dfki.de

**Maik Thränert**  
thraenert@informatik.uni-leipzig.de

**Bettina Thurnher**  
bettina.thurnher@wi-mobile.de

**Matthias Trier**  
trier@sypedv.cs.tu-berlin.de

**Mathias Uslar**  
uslar@offis.de

**Hal R. Varian**  
hal@sims.berkeley.edu

**Daniel Veit**  
veit@uni-mannheim.de

**Hong Tuan Kiet Vo**  
kiet.vo@iism.uni-karlsruhe.de

**Christian Völcker**  
cv@synspace.com

**Thomas Volling**  
t.volling@tu-bs.de

**Jan vom Brocke**  
jan.vom.brocke@ercis.de

**Stefan Voß**  
stefan.voss@uni-hamburg.de

**Jens Vykoukal**  
jens.vykoukal@wiwi.uni-frankfurt.de

**Konrad Walser**  
konrad.walser@iwi.unibe.ch

**Philipp Walter**  
philipp.walter@iwi.dfki.de

**Veronika Waue**  
veronika@waue.net

**Peter Weber**  
peter.weber@rub.de

**Kilian Weiß**

**Oliver Wendt**

**Thomas Wilde**  
wilde@bwl.uni-muenchen.de

**Martin Wimmer**  
wimmerma@in.tum.de

**Udo Winand**  
winand@wirtschaft.uni-kassel.de

**Robert Winter**  
Robert.Winter@unisg.ch

**Markus Withopf**

**Petra Wolf**  
petra.wolf@in.tum.de

**Adrian Wranik**  
wranik@wiwi.uni-frankfurt.de

**Gregor Wrobel**  
wrobel@gfai.de

**Kim Wuellenweber**  
wuellenweber@wiwi.uni-frankfurt.de

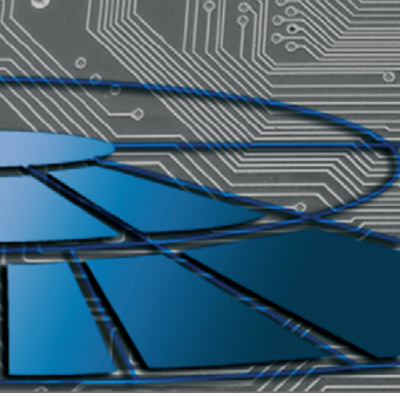
**Volker Wulf**  
volker.wulf@uni-siegen.de

**Jan Zibuschka**  
jan.zibuschka@m-lehrstuhl.de

**Jörg Ziemann**  
joerg.ziemann@iwi.dfki.de

**Volker Zimmermann**  
volker.zimmermann@im-c.de





“eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering“ ist das Leitthema der 8. internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik 2007 (WI 2007). Die Beiträge der WI 2007 greifen folgende Schwerpunkte auf:

**Service-Engineering:**

- Das Internet der Dinge
- eGovernment
- Information Services in der Logistik
- Mobile Business und Communications
- Outsourcing und IT-Governance
- Product Life Cycle Management in Unternehmenssoftwaresystemen
- Semantic Web
- Service Oriented Computing
- Verkehr und Mobilität

**Prozess-Engineering:**

- Business Intelligence
- Business Process Engineering
- Collaborative Business
- Customer und Supplier Relationship Management
- eHealth
- eLearning
- IS-Architekturen
- IT-Risikomanagement
- Modellierung als Innovationsmotor
- Softwareprozessverbesserung
- Supply Chain Management
- Operations Research
- Wissensmanagement

**Market-Engineering:**

- Agenten- und Multiagenten-Technologien für betriebliche Anwendungen
- eFinance
- eLearning Geschäftsmodelle
- Elektronische Märkte und elektronische Verhandlungen
- eMedia
- eServices
- Informationsmanagement in der Energie- und Umweltinformatik
- Internetökonomie
- Rechtsfragen der Informationsgesellschaft

Die Tagungsbände richten sich an Wissenschaftler und Praktiker, und bieten einen Einblick in aktuelle Forschungsfelder der Wirtschaftsinformatik

ISBN: 978-3-86644-095-1 (Band 2)

ISBN: 978-3-86644-093-7 (Set)

[www.uvka.de](http://www.uvka.de)