

Wissensbasierte Ausbildung von Architekten

Szenarien für Lehre und Praxis in einem erweiterten Berufsumfeld

Volker Koch
Institut für Industrielle Bauproduktion
Universität Karlsruhe (TH)

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

an der Fakultät für Architektur
der Universität Karlsruhe (TH)
eingereichte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Volker Koch
aus Karlsruhe

Tag der mündlichen Prüfung: 19.05.2008

Referent: Prof. Dr.ès.sc.techn. Niklaus Kohler, Universität Karlsruhe (TH)

Korreferent: Prof. Dipl.-Ing. Richard Junge, Technische Universität München

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
Zusammenfassung	9
1 Einleitung.....	12
1.1 Aufbau der Arbeit	14
2 Das Arbeitsumfeld von Architekten.....	16
2.1 Gegenstand der Planung	16
2.2 Architekten als Ingenieure.....	17
2.3 Architektonische Probleme.....	19
2.3.1 Erweitertes Umfeld.....	22
2.3.2 Lösung komplexer Probleme.....	24
2.3.3 Axiomatic Design.....	27
2.3.4 TRIZ	28
2.4 Scheitern in komplexen Situationen	30
2.5 Situation der Architekten.....	31
2.5.1 Organisation des Berufsstands	32
2.5.2 Statistischer Rahmen	36
2.6 Entwicklung der Bauwirtschaft	43
2.7 Szenario zukünftiger Tätigkeiten und Strukturen.....	44
2.7.1 Tätigkeiten	45
2.7.2 Arbeitsumfeld	48
3 Informationstechnische Werkzeuge	50
3.1 Historische Entwicklung und heutige Stellung	51
3.2 Die Diffusion von neuen Produkten und Verfahren.....	56
3.3 Anwendungen in der Architektur	62
3.3.1 Computergestütztes Zeichnen	62
3.3.2 Computergestütztes Modellieren und die IFC.....	66
3.3.3 Multimedia-Anwendungen.....	70
3.3.4 Virtual Reality	72
3.3.5 Augmented Reality	76
3.3.6 Tabellenkalkulation	78
3.3.7 Programmieren	79
3.3.8 Simulationen.....	79
3.3.9 Kopplung von Planung und Fertigung	81
3.3.10 Künstliche Intelligenz.....	82
3.3.11 Datenbanken und Informationsverwaltung	85
3.3.12 Geo-Informationssysteme.....	86
3.3.13 IT-gestützte Raumbücher	88
3.3.14 Plattformen und Virtuelle Projekträume.....	89
3.3.15 Ubiquitäre Computeranwendungen.....	91
3.4 Potentiale der Werkzeuge	92
3.4.1 Erwartete Diffusionsprozesse	93

3.4.2	Themenfelder.....	96
4	Methoden der Ausbildung.....	102
4.1	Anforderungen an Studierende der Architektur	103
4.2	Schlüsselqualifikationen	108
4.2.1	Schlüsselqualifikation Team- und Kooperationsfähigkeit	110
4.2.2	Schlüsselqualifikation Methodenkompetenz.....	111
4.2.3	Schlüsselqualifikation Medienkompetenz.....	112
4.2.4	Schlüsselqualifikation Lernkompetenz	113
4.3	Allgemeine didaktische Elemente	120
4.4	Methodische Eckpunkte der Architekturausbildung	125
4.4.1	Das Projektstudium als polytechnisches Modell.....	126
4.4.2	Fachübergreifende Kooperation	127
4.4.3	Reflektierende Konversation	129
4.4.4	Informationslogistik und netzbasierte Kooperation	131
4.5	Anforderungen an Methoden und Lernumgebung	133
5	Aufgaben - Werkzeuge - Methoden.....	137
5.1	Ein erweiterter Architekturbegriff	140
5.2	Eine gemeinsame Sprache	144
5.3	Ein kooperativer Wissenspeicher.....	149
5.4	Didaktische Grundlage	152
6	Studentische Lern- und Forschungsumgebung.....	155
6.1	Netzbasierte Werkzeuge zur Kooperationsunterstützung.....	155
6.2	Überforderungsszenario.....	158
6.3	Das elektronische Büro.....	159
6.4	Erfinden für Architekten.....	160
6.5	Analoge Methoden anderer Disziplinen	161
6.6	Informationssuche	164
6.7	Simulation.....	165
6.8	Systematisches und strategisches Vorgehen.....	167
6.9	Realisierung	168
6.10	Interdisziplinäre Kooperation	170
6.11	Selbstgestellte Aufgaben	172
6.12	Didaktische Netzwerke.....	173
6.13	Zusammenstellung.....	175
7	Kommentar	176
8	Anhang	178
8.1	Literaturverzeichnis	178
8.2	Verzeichnis der www-Referenzen.....	199
8.3	Verzeichnis der Abbildungen	203
8.4	Verzeichnis der Tabellen	205
8.5	Index	206

Ich danke Niklaus Kohler für das stets anregende und fruchtbare Klima an unserem Institut. Er hat es in den vergangenen Jahren vortrefflich verstanden, alle seine Mitarbeiter inhaltlich zu fordern und persönlich zu fördern. Richard Junge danke ich für die wertvollen Hinweise zu meiner Arbeit und für die Übernahme des Korreferats.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem stattfindenden Wandel des Architektenberufs und den daraus resultierenden Fragen an die Ausbildung von Studierenden.

Die kritische Betrachtung der beruflichen Situation von Architekten zeigt, dass die Veränderungsprozesse neben konjunkturell vor allem strukturell bedingte Ursachen aufweisen und das Tätigkeitsumfeld der Architekten dauerhaft verändert wird. Obwohl die in diesem Zusammenhang verfügbaren Statistiken deutlich sind, wird bei der Bewertung der Situation von Architekturbüros der Begriff der Krise vermieden. Vielmehr wird versucht, die anhaltend schwierige ökonomische Lage zur Reflexion und Neuorientierung des Berufsstandes zu nutzen und auf Grundlage verschiedener Szenarien ein erweitertes Tätigkeitsfeld und ein darauf aufbauendes Ausbildungskonzept zu beschreiben. Zu diesem Zweck werden das heute gängige Bild des Berufs und die an den Hochschulen praktizierten Ausbildungskonzepte kritisch hinterfragt und gleichzeitig die spezifischen Potentiale von Architekten herausgestellt. Die Arbeit löst sich in den darauf folgenden Schritten von der klassischen Vorstellung von Architektenleistungen und stellt den Beruf als prinzipiell geeignet vor, komplexe Probleme auch außerhalb des Bauwesens bearbeiten zu können. Die Untersuchung widmet sich anschließend der Frage, wie die Ausbildung von Architekten an den Hochschulen auf diese Prozesse reagieren soll und über welche Kompetenzen Absolventen verfügen müssen, damit sie sich in einem erweiterten Berufsfeld positionieren können. Dazu werden die für die Zukunft erwarteten Aufgaben, Werkzeuge und Methoden dargestellt und ein Kompetenzprofil für Absolventen beschrieben. Die Arbeit beschreibt schließlich didaktische Module, die zur Ausbildung von Studierenden im Sinne der veränderten und erweiterten Berufsdefinition beitragen. Im Verlauf der Argumentation der Arbeit werden dabei folgende Thesen aufgestellt und überprüft:

- In Zukunft werden mehr als die Hälfte der Absolventen der Fachrichtung Architektur nicht mehr im traditionellen Umfeld arbeiten.
- Der komplexe Charakter von Bauaufgaben fördert den Erwerb von Schlüsselqualifikationen, die auf Arbeitsgebiete außerhalb des Bauwesens übertragen werden können.
- Der Erwerb von Schlüsselqualifikationen hat eine höhere Bedeutung in der Ausbildung von Architekten als die Vermittlung von Fachkompetenzen.
- Die zentrale Kompetenz von Architekten bildet die Fähigkeit zum effektiven Umgang mit Informationen und Wissen. Der differenziertere Einsatz informationstechnischer Werkzeuge ist notwendige Voraussetzung zum Erwerb dieser Kompetenz.
- Die vollständige digitale Produktdatenmodellierung als gemeinsame Verständigungsebene der Planungsbeteiligten und der ubiquitäre rechnergestützte Umgang mit Informationen bilden die Rahmenbedingungen für alle zukünftigen Tätigkeiten von Architekten.

Knowledge-based training of architects

Scenarios for teaching and practice in a broader professional environment

Abstract

This dissertation examines the shifts currently taking place within the architectural profession and their implications for the curriculum of architecture schools and faculties.

As a critical appraisal of the professional circumstances of architects reveals, the process of change, besides being economically driven, is primarily traceable to structural factors that will permanently transform the relevant vocational framework. While the statistical evidence for these trends is unequivocal, the notion of crisis is avoided in evaluating the situation facing architectural practices. Rather, the focus is on taking the persistently adverse business climate as a starting point for a close analysis of the profession and its potential reorientation, followed by the development of various scenarios marking out a broader remit plus attendant educational concept. This involves a critical examination of the prevailing conception of the profession and the educational approach embodied by university courses, together with a delineation of the specific potential offered by architects. The subsequent discussion moves away from the traditional understanding of architectural services and highlights the fundamental capacity of the profession for tackling complex problems, also outside the construction sector. The study then proceeds to explore the ways in which architecture curricula at universities should react to these processes and to examine the skills needed by graduates to equip them for a broader professional environment. This includes an account of the tasks, tools and methods likely to be of importance in future together with a graduate competency profile. The dissertation concludes with a description of didactic modules designed to gear student courses to the changed and expanded professional remit. In the progress of the discussion, the following hypotheses are put forward and examined:

- In future, over 50% of graduates in the field of architecture are destined to work outside the traditional professional environment.
- The complex nature of the construction process promotes the acquisition of soft skills amenable to application in fields outside the construction industry.
- The acquisition of soft skills is of greater importance in architectural training than the teaching of hard skills.
- The ability to handle knowledge and information efficiently constitutes the core competency required by architects. The versatile use of IT tools plays a pivotal role in the acquisition of this skill.
- Start-to-finish digital product data modelling, as a common communication platform between design team members, and the ubiquitous computer-assisted processing of information represent the technologies that will shape all future activities of architects.

1 Einleitung

Die Tätigkeiten, die gesellschaftliche Stellung und das Arbeitsumfeld von Architekten haben sich in den vergangenen Jahrzehnten stetig verändert. Die heute sichtbaren Schwierigkeiten der Architekturbüros weisen aber auf einen grundlegenden strukturellen Wandel des Berufs hin. Deutlich wird diese Entwicklung zum einen durch eine seit Jahren wachsende Zahl der in den Kammern eingetragenen Architekten bei gleichzeitigem Rückgang der Nachfrage nach klassischen Architektenleistungen. Zum anderen ist offensichtlich, dass sich die Architekten in der Vergangenheit nicht ausreichend um die vollständige Abdeckung des gesamten Leistungsspektrums der Bauproduktion bemüht haben und sich heute ohne äußeren Zwang auf Teilgebiete der Architektenleistungen beschränken. Speziell die an den Universitäten praktizierte Ausbildung hat durch die Vermittlung eines eingeschränkten Berufsbilds zu dieser Entwicklung beigetragen:

- Sie gewichtet die Entwurfsarbeit zu stark und vernachlässigt andere Bereiche der architektonischen Arbeit.
- Sie setzt enge Grenzen bei der Auslegung des Begriffs der Architektur.
- Sie vermittelt nur ungenügend Methoden zum strukturierten Vorgehen bei der Problemlösung.
- Sie bindet informationstechnische Werkzeuge unreflektiert in der Ausbildung ein.

Die anhaltend schwierige ökonomische Lage für Architekten hat deshalb zur Folge, dass insbesondere Berufsanfänger nach alternativen Aufgabenfeldern suchen. Bereits heute arbeitet schon etwa die Hälfte der Absolventen im Fach Architektur nach Abschluss des Diploms nicht in einem Architekturbüro, sondern weicht auf Tätigkeiten im baunahen Umfeld und zunehmend auch in fachfremde Bereiche aus [BAK 01]. Die Intensität dieser Prozesse und die vorliegenden Studien legen den Schluss nahe, dass die beobachteten Entwicklungen zu dauerhaften Veränderungen für den Beruf des Architekten führen und sich in Zukunft verstärkt auswirken werden. Es stellt sich daher drängend die Frage, welche Arten von Auswirkungen zu erwarten sind und wie die Ausbildung von Architekten auf die veränderten Anforderungen

reagieren soll. Die bisherigen Reaktionen auf die Probleme des Berufsstands greifen hier eindeutig zu kurz. Sie konzentrieren sich zum einen auf die bessere Vermarktung und Vermittlung der Leistungen von Architekten in der Öffentlichkeit oder suchen für das tradierte Architektenprofil nach Nischen und neuen Aufgabenfeldern im internationalen Markt.

In der Arbeit wird dagegen die Auffassung vertreten, dass durch ein strukturiertes und flexibel ausgerichtetes Studium der Architektur die Möglichkeit besteht, eine außergewöhnliche Zusammenstellung von Qualifikationen zu vermitteln, die sowohl innerhalb als auch außerhalb des Bauwesens eingesetzt werden kann. Die Planung von Gebäuden wird in diesem Sinne als allgemeines Problem aufgefasst, bei dem Studierende der Architektur den Umgang mit komplexen Fragestellungen trainieren und sich neben Fach- im verstärkten Maß Schlüsselqualifikationenaneignen müssen.

In der Arbeit werden also nachfolgende Fragen aufgeworfen und die damit verbundenen Thesen überprüft:

Fragestellung	These
Welche Aufgaben werden Architekten in Zukunft bearbeiten?	Architekten werden in Zukunft weniger und veränderte Bauaufgaben vorfinden und sich vermehrt auf Tätigkeiten außerhalb des Bauens konzentrieren müssen.
Welche Qualifikationen können sich Studierende der Architektur durch die Bearbeitung von Bauaufgaben aneignen?	Durch die Bearbeitung von Bauaufgaben können Studierende der Architektur Schlüsselqualifikationen zur Lösung von allgemeinen und komplexen Problemen erwerben.
Was müssen Lernumgebungen leisten, damit der Erwerb dieser Qualifikationen gefördert wird?	Die wesentlichen Lernimpulse gehen von den Studierenden untereinander aus. Lernumgebungen müssen daher primär die Kooperationsfähigkeit und den sicheren Umgang mit Informationen und Wissen trainieren.
Welchen Einfluss haben informationstechnische Werkzeuge und Methoden auf diesen Prozess?	Das Arbeitsumfeld von Architekten wird in Zukunft durch die ubiquitäre und rechnergestützte Verwaltung von Informationen und Wissen bestimmt sein.

1.1 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit beginnt in Kapitel 2 mit der Untersuchung und Bewertung der momentanen beruflichen Praxis von Architekten. Es wird aufgezeigt, dass ein grundlegendes Missverhältnis zwischen dem tradierten Bild des Architekten und den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Anforderungen besteht, die durch nicht zeitgemäße Unterrichtsmodelle und nicht mehr gültige Zielsetzungen in der Ausbildung verstärkt werden. Dem gegenübergestellt wird die als sehr komplex bezeichnete Aufgabe beschrieben, Gebäude zu planen, zu bauen und zu betreiben. Die dafür notwendigen fachlichen und methodischen Kompetenzen werden benannt und beschrieben. Der Abschnitt schließt dann mit der Darstellung eines für die Zukunft zu erwarteten architektonischen Tätigkeitsumfelds und der Beschreibung der Kompetenzdomäne von Architekten auf Grund ihrer Auseinandersetzung mit komplexen Problemen.

Kapitel 3 widmet sich den rechnergestützten Verfahren und Werkzeugen und deren Auswirkungen auf architektonische Planungsmethoden. Für die wesentlichen Werkzeugkategorien wird untersucht, wie sie in der Vergangenheit die Arbeitsprozesse von Planern verändert haben. Es wird dann deutlich, dass sich die Durchdringung der Arbeitsprozesse mit digitalen Informationstechnologien zu einem zentralen Phänomen im Arbeitsumfeld von Architekten entwickelt hat und für die Betrachtung des zukünftigen Arbeitsumfelds entscheidend sein wird. Das Kapitel schließt mit einem Szenario der in den kommenden Jahren zur Verfügung stehenden informationstechnischen Werkzeug und Dienste.

In Kapitel 4 werden nach einer Einführung in die grundlegende Modelle der Didaktik verschiedene historische und gegenwärtige Methoden vorgestellt und diskutiert, die geeignet erscheinen, eine zukünftige Architekturausbildung in Verbindung mit veränderten Anforderungen und informationstechnischen Werkzeugen zu tragen. Darauf aufbauend wird eine methodisch fundierte Umgebung aufgestellt, die das Training und den Erwerb der in der Zukunft für Architekten notwendigen Qualifikationen ermöglichen soll.

Kapitel 5 führt die Ergebnisse der drei vorangegangenen Abschnitte zusammen und kombiniert die jeweiligen Szenarien zu einer Lernumgebung. Dabei werden die Anforderungen an die Planung von komplexen Unikaten im Kontext des sich ändernden beruflichen Umfelds verbunden mit den prognostizierten Werkzeugen und Diensten. In Kombi-

nation mit den didaktisch-methodischen Richtlinien werden die Anforderungen an eine studentische Lehr- und Forschungsumgebung formuliert.

Kapitel 6 schließlich beschreibt die entwickelten didaktischen Lehrmodule und bewertet sie hinsichtlich ihres Beitrags zum Erwerb von Schlüsselqualifikationen.

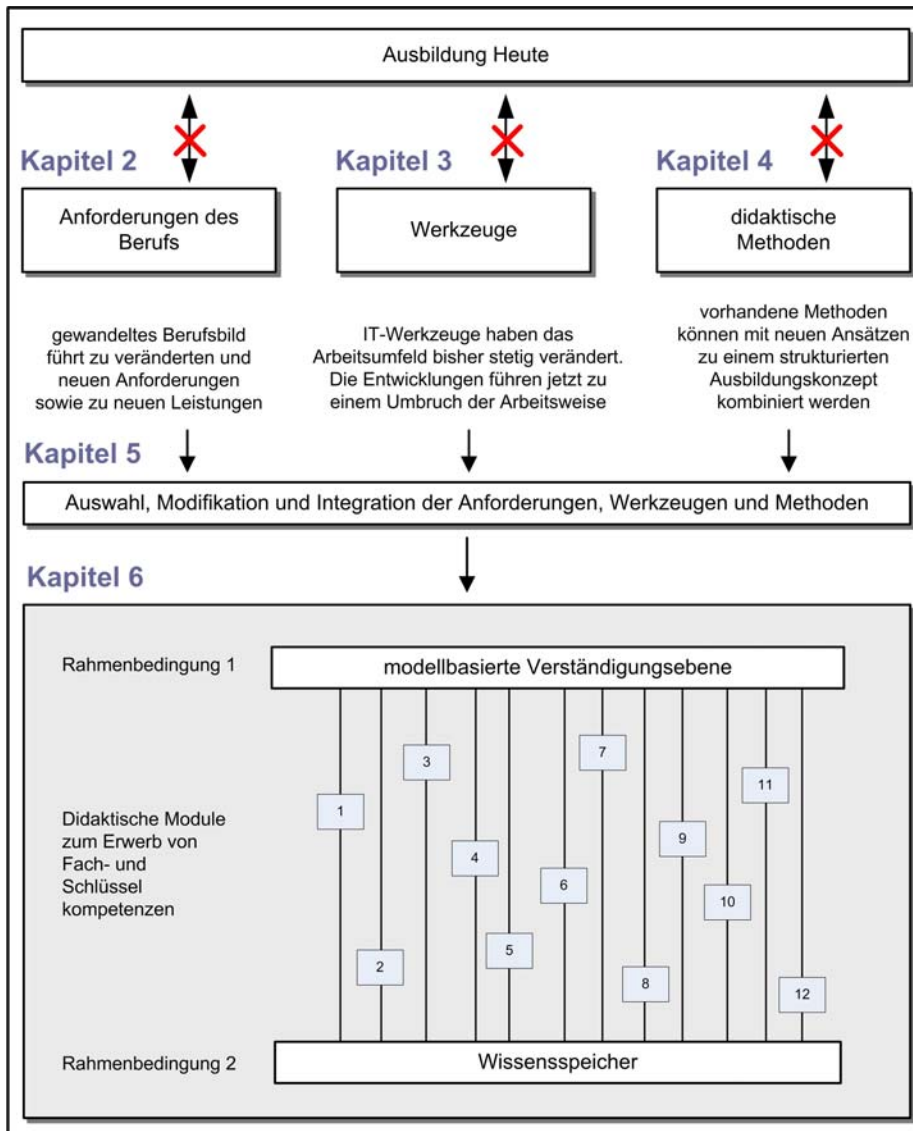


Abbildung 1.1: Aufbau der Arbeit

2 Das Arbeitsumfeld von Architekten

The future is here. It's just not evenly distributed yet.

William Gibson (1948), Autor

Die Planung und Errichtung von Gebäuden erfordert umfangreiche Kenntnisse aus verschiedenen Wissensgebieten. Sie muss kulturelle, gesellschaftliche, technische und rechtliche Rahmenbedingungen einbeziehen und zu einem schlüssigen Ganzen zusammenfügen. Diese umfassende Aufgabenstellung kann von einer einzelnen Person bei größeren Bauvorhaben nicht beherrscht werden. In der Regel arbeitet deshalb eine Gruppe von Planern mit unterschiedlichen Kompetenzen zusammen und ergänzt sich im Idealfall mit den jeweils eingebrachten Fähigkeiten. Die Planungsgruppen sind also in der Regel heterogen zusammengesetzt, arbeiten methodisch unterschiedlich und handeln zunehmend räumlich und zeitlich verteilt. Der Auftrag und die Stellung von Architekten hat sich in diesem Kontext in der Vergangenheit stetig verändert. Zur Beurteilung der gegenwärtigen Situation von Architekten wird in Kapitel 2 untersucht, in welchem spezifischen Umfeld Architekten arbeiten und mit welcher Art von Problemen sie konfrontiert werden. Weiterhin werden die Stellungnahmen der Berufsvertretungen zum Leistungsspektrum von Architekten beschrieben und die prinzipielle wirtschaftliche Situation im Bauwesen kommentiert. Das Kapitel schließt mit der Beschreibung von Szenarien, die aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen zukünftige Handlungsmöglichkeiten von Architekten skizzieren.

2.1 Gegenstand der Planung

Unikat und komplexes Problem

Planungs- und Bauprozesse von Gebäuden zeichnen sich durch eine Reihe spezifischer Eigenschaften aus, welche sie von Prozessen anderer Produktentwicklungen unterscheidet:

- Jedes Gebäude und damit die zu lösende Planungsaufgabe stellt eine einmalige, bisher noch nicht da gewesene Aufgabe dar. Selbst in ihrer Geometrie und Materialität identische Gebäude weisen, zum Beispiel bedingt durch verschiedene Standorte und Nutzerprofile, deutliche Unterscheidungsmerkmale auf. Jede einzelne Bauaufgabe hat damit

Unikatcharakter und stellt eigene Anforderungen an Planung und Durchführung.

- Gebäude haben als Produkte eine hohe Lebensdauer. Innerhalb dieser Zeit werden sie in der Regel unterschiedlich genutzt und mehrfach umgebaut. Die Bauplanung muss ohne Kenntnis der in der Zukunft erwarteten Nutzung Gebäude erstellen, die mit möglichst geringem baulichem Aufwand auf sich verändernde Anforderungen reagieren können.
- Bei der Planung, der Erstellung und dem Betrieb von Gebäuden arbeitet eine Vielzahl von Akteuren zusammen. Die Beteiligten vertreten Interessen, haben verschiedene Sichten auf das Produkt und verfügen über unterschiedliche Kenntnisse und Kompetenzen.
- Zu Beginn des Planungsvorgangs kann das Ziel in der Regel nicht vollständig beschrieben werden. Wichtige Anforderungen und Erkenntnisse ergeben sich erst im Verlauf der Planung und führen zur dynamischen Anpassung des Planungsziels zur Laufzeit des Projekts.
- Heutige Bauten haben höhere Anforderungen an räumliche Flexibilität, und der Integration von Haustechnik bei gleichzeitiger Verringerung des Kostenaufwands für Herstellung und Unterhalt.
- Die zeitliche Abfolge von Planung und Ausführung überschneiden sich häufig.
- Die Planung von Architektur befasst sich zum einen mit Objekten (Gebäude, Quartier, Stadt) und zum anderen mit der Modellierung von Prozessen (Entwurf, Planung, Ausführung, Betrieb, Erneuerung, Entsorgung). Sie ist eine dynamische und daher komplexe Aufgabe.

Die beschriebenen Merkmale führen dazu, dass die Planung von Gebäuden als komplexes Problem verstanden wird und das Übertragen und Anwenden von Lösungsstrategien anderer Produktentwicklungen nur bedingt möglich ist. Innerhalb dieser anspruchsvollen Aufgabe handeln Architekten in einem weit gefassten Anforderungsprofil. Es beinhaltet Bautechnik, Bauphysik, Konstruktionswissen, Gestaltungskompetenz, ökologisch-ökonomisches Grundwissen und die Fähigkeit zur Koordinierung von heterogenen und dynamischen Systemen.

2.2 Architekten als Ingenieure

Architekten und deren historische Vorläufer haben sich im Verlauf der Geschichte unterschiedlich konsequent mit der aufgeführten Vielfalt der Anforderungen auseinandergesetzt. Während die Baumeister der

Entwicklungen des Berufsverständnisses

Antike und des Mittelalters vollumfänglich mit der gesamten Breite der Bauaufgaben betraut waren, lässt sich zeigen, dass mit der Wissenszunahme im Bauwesen eine Spezialisierung der Beteiligten einhergegangen ist. Besonders deutlich zeigt sich diese Entwicklung zu Beginn des 19. Jahrhunderts, als, bedingt durch technologische und wissenschaftliche Fortschritte, die personelle Trennung von gestaltenden und planenden Architekten auf der einen Seite und berechnenden und konstruierenden Bauingenieuren auf der anderen Seite beginnt. *Die Erfindung des modernen Architekten* [Pfammatter 97] ist dabei eng verbunden mit der Konstituierung der polytechnischen Schulen in Europa. Architekten werden hier aber noch als eine Gruppe von Ingenieuren angesehen und entsprechend ausgebildet und gefordert. Während in dieser Zeit die Zunahme der zur Verfügung stehenden Verfahren, Konstruktionstypen und Materialien die Ausbildung spezialisierter Berufsgruppen notwendig macht, lässt sich der weitere Wegfall von Tätigkeitsfeldern im 20. Jahrhundert und die Konzentration der Architekten auf die gestaltenden Aspekte des Bauens weniger eindeutig klären. Viele der bis dahin architekturentypischen Domänen wurden in dieser Zeit ohne äußeren Zwang aufgegeben und werden heute zunehmend von anderen Fachleuten übernommen. Wird das polytechnische Verständnis der Ausbildung von Ingenieuren (siehe Kapitel 4.4.1) für die Beurteilung der heutigen Architektentätigkeit zu Grunde gelegt, stellt sich heute die Frage, ob Architekten in diesem Sinn noch als Ingenieure bezeichnet werden können. Studierende der Architektur an deutschen Hochschulen erhalten zwar nach erfolgreichem Abschluss den Titel des Diplomingenieurs verliehen, werden aber nach Kammereintrag als Architekten bezeichnet. Die Berufspraxis und die Honorarordnungen unterscheiden dann deutlich zwischen Leistungen von Architekten und denen der Ingenieure. Die stattfindende Umstrukturierung der Studiengänge als Reaktion auf den Bologna-Prozess [BMBF 99] verstärkt diese Verwirrung (siehe auch Kapitel 2.5.1 Organisation des Berufsstands).

Architekten als Ingenieure

In der vorliegenden Arbeit werden Architekten prinzipiell als Ingenieure verstanden. Diese Zuordnung setzt allerdings voraus, dass in der Ausbildung von Architekten ingenieurstypische Merkmale vermittelt und Aufgaben selbstständig und kreativ durch die systematische Anwendung von Methoden auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse bearbeitet werden. Für das in der Arbeit vorgeschlagene erweiterte Berufsbild von Architekten spielt es dabei keine Rolle, ob diese Aufgabe innerhalb oder außerhalb des Bauwesens platziert ist. Der Umgang mit

bekanntem und noch nicht bekanntem Wissen bildet dagegen die zentrale Qualifikation eines Architekten.

2.3 Architektonische Probleme

Die Bearbeitung von architektonischen Problemen wird in der Regel durch die uneindeutige und abstrakte Beschreibung einer Aufgabe eingeleitet. Beispielsweise wird ein vorläufiges Raumprogramm mit Flächenbedarf aufgelistet und einem Grundstück zugewiesen. Die Aufgabe besteht dann darin, durch methodisch-kreatives Vorgehen eine oder mehrere Varianten zu entwickeln und innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens in eine konkrete Lösung zu überführen. Im Verlauf dieses Prozesses müssen technisch-konstruktive, gestalterische, gesetzliche, ökonomische und ökologische Rahmenbedingungen beachtet werden. Während der Bearbeitung des Problems muss zudem mit der Veränderung der ursprünglichen Zielvorgaben gerechnet werden. Dieses hohe Maß an Unbestimmtheit und Dynamik in der Aufgabenstellung unterscheidet die Tätigkeit von Architekten in der Problemlösung deutlich vom Vorgehen anderer Ingenieursdisziplinen.

*Unbestimmtheit und Dynamik
von architektonischen Aufga-
ben*

[Rietkötter 82] unterscheidet die Tätigkeiten in der architektonischen Planung in vier hierarchische Ebenen. Entscheidende Rolle über die Zugehörigkeit zu einer Gruppe spielt dabei der Grad der Häufigkeit des Einsatzes sowie der Grad der möglichen Formalisierbarkeit der Probleme. In der Reihenfolge der Komplexität werden folgende Tätigkeiten klassifiziert:

*Ebenen der architektonischen
Planung*

- 1) Routine-Tätigkeiten: Tätigkeiten, die ohne nennenswerte Abwandlungen ausgeführt werden können und häufig auftreten. Diese Tätigkeiten sind leicht formalisierbar. Beispiel: Verwaltungsarbeiten
- 2) Standard-Tätigkeiten: Ebenfalls häufig auftretende Arbeiten, die geringfügig an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden müssen. Beispiel: Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung
- 3) System-Tätigkeiten: Diese Tätigkeiten fallen in immer neuer Art an. Ziel und Mittel sind jedoch bekannt und erlauben eine systematische Suche nach geeigneten Lösungen. Beispiel: Planung eines Standarddetails, Entwerfen eines Einfamilienhauses
- 4) Innovations-Tätigkeiten: Tätigkeiten, die in immer neuer Art auftreten. Ziele und Mittel können nur ungenau angegeben werden. Beispiel: Komplexe Entwurfsaufgaben oder allgemeine Problemlösungen wie Rückbaustrategien in schrumpfenden Nachbarschaften

Einfache Probleme

Probleme einfacher Art zeichnen sich also dadurch aus, dass für ihre Lösung bekannte und bewährte Lösungsstrategien zugänglich sind. Das Ziel kann gut beschrieben werden, die Anzahl der relevanten Aspekte ist überschaubar und die für die Lösung relevanten Einflussgrößen sind bekannt. Zudem kann bereits auf ähnliche und übertragbare Lösungen zurückgegriffen und modifiziert auf die aktuelle Fragestellung übertragen werden.

Komplexe Probleme

Bei komplexen Problemen steigt die Anzahl der einflussnehmenden Faktoren auf die Fragestellung. Es kann nicht mehr mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass alle für die Lösung des Problems relevanten Faktoren bekannt sind und im Lösungsversuch berücksichtigt wurden. Bekannte Strategien sind nur bedingt übertragbar, existierende Lösungen können kaum adaptiert werden. Die Fragestellung selbst ist nicht eindeutig und das angestrebte Ziel kann nur ungenau spezifiziert werden [Rittel 70]. Bei einem äußerst komplexen Problem übersteigt die Anzahl der auf die Fragestellung einflussnehmenden Faktoren die Grenze der Überschaubarkeit. Die Vernetzung der einzelnen Teilaspekte ist hoch, eine Veränderung an einer Stelle des Beziehungsgeflechts hat kaum vorhersehbare Konsequenzen für das Gesamtsystem. Das Ziel kann nicht vollständig und nur vage beschrieben werden, es hat keine Vorbilder und die bekannten Lösungsstrategien greifen nicht und sind damit unbrauchbar. Das Problem weist zudem eine Eigendynamik auf und verändert während der Bearbeitung des Problems die Fragestellung und Zieldefinition mit der Folge, dass der eingeschlagene Lösungsweg und die Auswirkungen auf das weitere Vorgehen ständig hinterfragt werden muss.

Die Frage, ob ein Problem als einfach oder komplex bezeichnet werden muss, ist nicht Teil des Problems selbst, sondern bezieht sich immer auf die planerische Sichtweise auf den Gegenstand. Beispielsweise kann die Planung eines Wohngebäudes als einfaches Problem angesehen werden, wenn nur der rein funktionale Aspekt der Grundrissgestaltung als einziger Aspekt der Planung betrachtet wird und alle weiteren Planungsaspekte keine Rolle spielen.

Strategie und Intuition

Die Klassifizierung kann also zum einen dadurch erfolgen, dass zwischen einfachen und komplexen Problemen unterschieden wird. Unterscheidungsmerkmal ist, inwieweit sich bekannte Strategien zur Lösungsfindung auf das Problem finden und anwenden lassen. Der Erfolg ist also bestimmt durch Kenntnis der etablierten Lösungsstrategie und deren geschickten Einsatz in der Planung. Die Bearbeitung von kom-

plexen Problemen zeichnet sich dadurch aus, dass wenige und unvollständige Lösungsstrategien zur Verfügung stehen und zur Problemlösung herangezogen werden. Das dadurch entstehende Defizit muss durch Kompetenzen wie beispielsweise höhere berufliche Erfahrung und eines darauf aufbauenden intuitiven Vorgehens ausgeglichen werden. [Papamichael 93] fordert in diesem Zusammenhang ein *thinking and feeling while acting*.

Eine weitere Klassifizierung von Problemkategorien entsteht durch die Betrachtung der unterschiedlichen Wissensqualitäten die zur Problemlösung angewandt werden (siehe Abbildung 2.1). Spezielle Probleme erfordern ein tiefgehend fachliches Wissen in einem abgegrenzten Bereich. Die daraus entstandene Lösung kann gut dokumentiert werden und ist damit für gleiche Probleme reproduzierbar. Sie ist aber, bedingt durch ihre spezielle Fokussierung, nicht geeignet, um auf andere Aufgaben übertragen werden zu können. Allgemeine Probleme dagegen erfordern breit angelegtes Wissen, welches über das Teilgebiet hinausgeht und zu Lösungen führen muss, die ohne Umstand auf ähnliche Aufgabenstellungen übertragen werden können.

Allgemeine und Spezielle Probleme

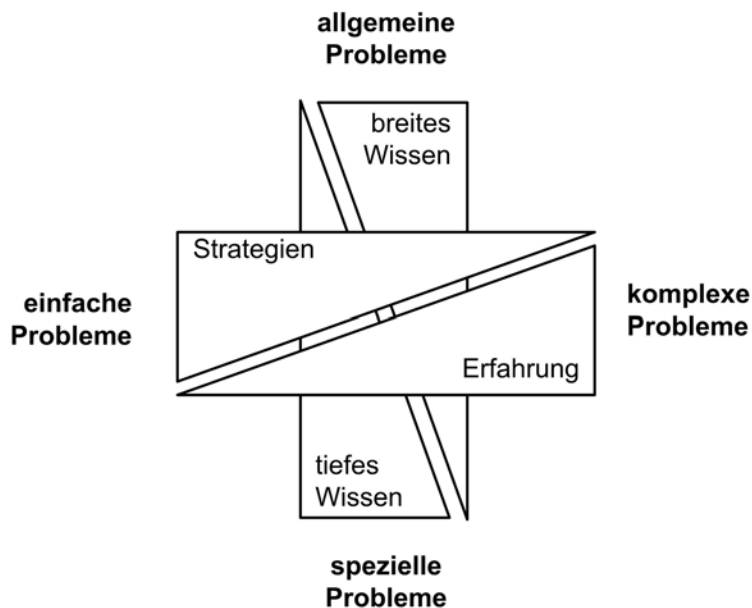


Abbildung 2.1: Problemkategorien und Lösungsgrundlagen

Unabhängig davon ob Absolventen der Architektur in Zukunft in baunahen oder baufernen Arbeitsgebieten tätig sind, sollte ihre Ausbildung dazu führen, sowohl allgemeine als auch komplexe Probleme in Kooperation mit anderen lösen zu können. Voraussetzung dafür ist der routinierte Umgang mit eigenem und fremdem Wissen, die Fähigkeit

zur Teamarbeit und Teammoderation und ein fundierter Überblick über die relevanten Fachgebiete.

Der Begriff des Entwerfens in der Architektur

In der heute gängigen Ausbildungspraxis wird primär versucht der beschriebenen Komplexität von Bauaufgaben mit einer durch den Begriff *Entwerfen* überschriebenen Tätigkeit zu begegnen. Aus der historischen Betrachtung ergibt sich, dass zu Beginn des 20. Jahrhunderts dieser Begriff für ein bis dato nicht praktiziertes Verfahren eingesetzt wurde. Zuvor wurde auch an den polytechnischen Schulen davon ausgegangen, dass sich Architekten innerhalb einer bestimmten Stilkunde bewegen und durch Einhalten der Regeln des gewählten Stils ein Bauwerk als Entwurf entsteht. Diese Sichtweise ändert sich deutlich, als Architekturlehrer wie Friedrich Ostendorf um 1900 den Begriff *entwerfen* dazu verwenden, um sich vom stilbezogenen Vorgehen zu distanzieren und ihn als einen Gestaltfindungsprozess beschreiben, der durch die Anforderungen des geplanten Bauwerks und durch die Kompetenz des Planenden bestimmt wird [Ostendorf 13].

Seit diesem Zeitpunkt hat sich die Bedeutung des Begriffs durch eine unüberschaubare Anzahl von Stellungnahmen verändert und ausgeweitet. Er weist heute eine hohe Mehrdeutigkeit auf, wird von den Schulen unterschiedlich interpretiert und in anderen Zusammenhängen verwendet. Auf Grund der anhaltend dynamischen Polysemie des Begriffs wird in der vorliegenden Arbeit auf seine Verwendung verzichtet und stattdessen mit spezifischeren Ausdrücken die unterschiedlichen Aspekte des Findungsprozesses beschrieben.

2.3.1 Erweitertes Umfeld

Der Begriff der Architektur

Die Verwendung des Begriffs *Architektur* ist in den vergangenen Jahren, vor allem durch seine Portierung in das Umfeld der Informationstechnologien, einer deutlichen Erweiterung unterzogen worden. Er wird heute beispielsweise zur Beschreibung von rechner-spezifischen Ordnungsprinzipien (Rechnerarchitektur, Softwarearchitektur) verwendet und ist auch vermehrt im allgemeinen Sprachgebrauch zu finden.

Im traditionellen Umfeld beschreibt der Begriff dagegen einerseits Prozesse in Form von erbrachten Handlungen und Leistungen, zum anderen charakterisiert er allgemein Objekte der gebauten Umwelt. Für beide Betrachtungsweisen ist auffallend, dass sowohl in der beruflichen Praxis als auch in der Ausbildung jeweils nur ein eingeschränkter Teil der möglichen Arbeitsgebiete von Architekten belegt wird. Die Didak-

tik der Hochschulen konzentriert sich heute auf das Erstellen neuer Gebäude. Klassisch tätige Architekturbüros erweitern ihre Sichtweise auf die Realisierung und Veränderungen von Bauwerken, vernachlässigen aber gleichfalls große Gebiete des Berufs. Abbildung 2.2 verdeutlicht diese Beschränkung und zeigt auf, in welche Richtungen sich in Zukunft die Tätigkeit von Architekten und die dafür ausgerichtete Hochschulausbildung entwickelt [Kohler 00]. Gleichzeitig wird die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure [HOAI 02] (siehe auch Kapitel 2.5.1 Organisation des Berufsstands) platziert und dadurch deutlich, dass auch das offiziell anrechenbare Leistungsspektrum die möglichen Tätigkeiten unvollständig abbildet.

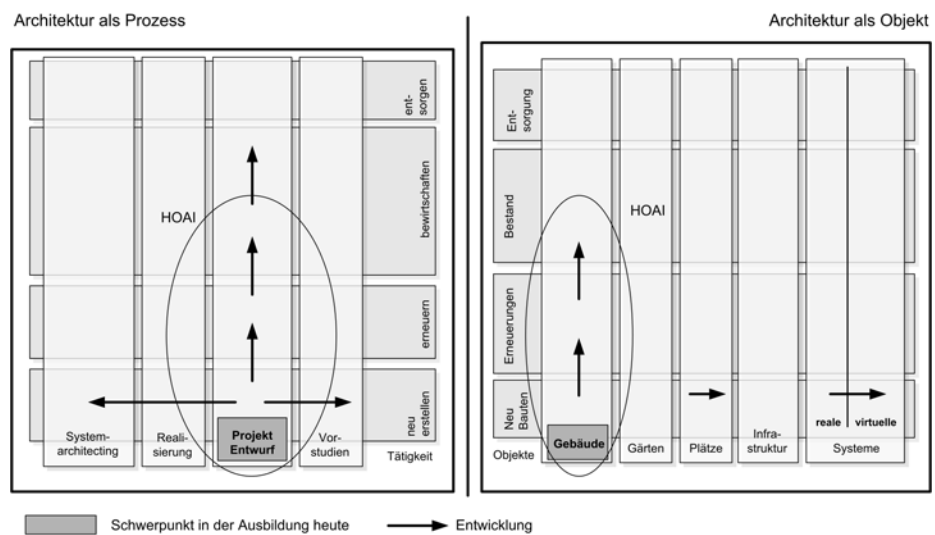


Abbildung 2.2: Architektur als Prozess und Objekt
Quelle: [Kohler 00]

Eine Erweiterung der Definition von Architektur findet vor allem durch die Arbeiten von Eberhardt Rechtin und Mark Maier statt [Rechtin 97]. Sie fassen unter dem Begriff des *systems architecting* allgemein Tätigkeiten zusammen, die zur Lösung komplexer Probleme führen können. Als ein System beschreiben sie dabei ganz grundsätzlich eine Sammlung unterschiedlicher Komponenten, die zusammengeführt Ergebnisse erreichen können, welche durch die Wirkung ihrer Einzelteile nicht erreichbar gewesen wären. Ergänzt wird diese Sicht durch das im Begriff des *architecting* kombinierte gemeinsame intuitive und wissenschaftliche Vorgehen. Beide Aspekte werden im weiteren Verlauf der

Systems architecting als erweiterter Architekturbegriff

Arbeit aufgegriffen und als Grundlage eines erweiterten Architekturbegriffs in Kapitel 5.1 verwendet.

2.3.2 Lösung komplexer Probleme

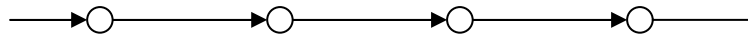
Strategisches Vorgehen in der Planung

In Lehre und Forschung wurde vor allem in den 1960er und 70er-Jahren versucht, durch Analyse der Planungsprozesse und der Problematik des komplexen Unikats, das Vorgehen in der Bauplanung zu formalisieren. In dieser Zeit wurden vor allem durch die Arbeiten von Jürgen Joedicke und Horst Rittel die bis dahin praktizierten Vorgehensmuster in der Planung für die Ausbildung zu systematisiert [Joedicke 76], [Rittel 92]. Broadbent und Jones leisteten Ähnliches in Großbritannien und den USA [Broadbent 88], [Jones 92].

Rittel unterscheidet dabei vier Strategien von Planungsprozessen, die von Architekten und Studierenden praktiziert werden [Rittel 70]:

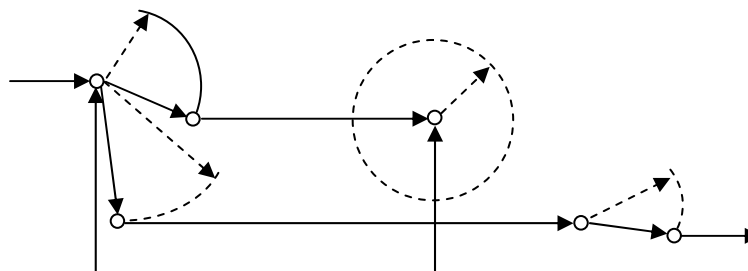
- Die Strategie des Routiniers oder des Meisters: sie ist gekennzeichnet durch die denkbar kürzeste Verbindung zwischen Problembeschreibung und Zieldefinition. Alternativen sind nicht gefragt und auch nicht notwendig. Er handelt auf Grund seiner Erfahrung und seines Talentes und findet ohne Umwege die beste aller Lösungen zum beschriebenen Problem.

Abbildung 2.3: Die Strategie des Routiniers



- Die Strategie des Abtastens: ein Zwischenergebnis wird erzeugt und der Planungsprozess darauf aufbauend weitergeführt. Führt der weitere Prozess in eine Sackgasse, kehrt der Planer zum Ausgangspunkt zurück

Abbildung 2.4: Die Strategie des Abtastens (Scanning)



- Die Strategie der Alternativbildung: Mehrere Vorschläge zu einem Teilproblem werden formuliert und an Hand eines Kriterienkataloges bewertet. Die danach beste Alternative wird weiterverfolgt.

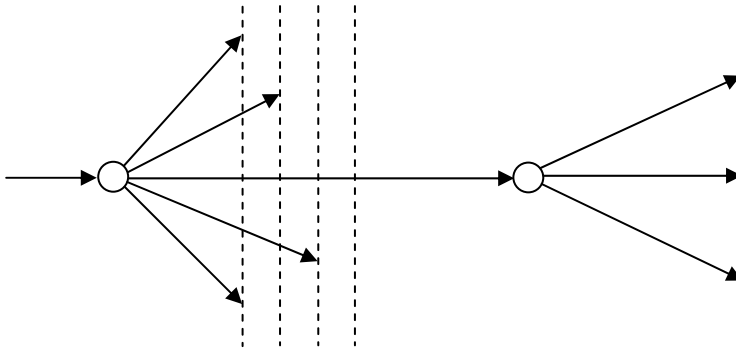


Abbildung 2.5: Die Strategie der Alternativbildung

- Die Strategie der mehrstufigen Alternativbildung: Hier werden zusätzlich über mehrere Teilschritte hinweg Alternativen entwickelt. Eine Bewertung der gesamten Varietät geschieht am Ende der Planung.

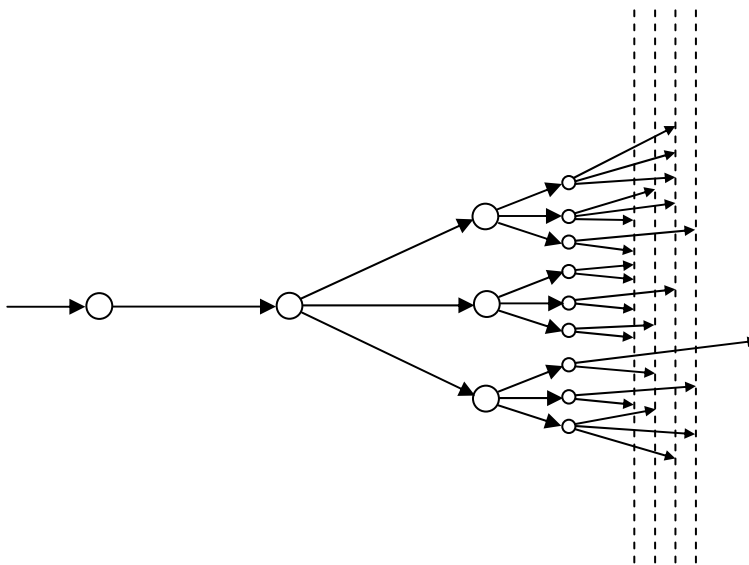


Abbildung 2.6: Die Strategie der mehrstufigen Alternativbildung

Iterativer Vorgang der Variantenbildung

Häufig praktiziertes Vorgehen bei der Lösung von architektonischen Aufgaben in den Hochschulen ist die sukzessive Bearbeitung der nachfolgend aufgeführten Schritte. Es wird dabei angenommen, dass die

Vorgehen bei nicht-komplexen Problemen

verschiedenen Phasen als voneinander getrennt behandelt und aufeinander folgend abgearbeitet werden kann. Im Einzelnen sind das:

- Verständnis der Aufgabe
- Analyse und Informationsgewinnung
- Analyse der Informationen
- Entwurf
- Ausführung
- Präsentation

Die beschriebene Art der Problemlösung kann für die Bearbeitung von einfachen Aufgaben geeignet sein, ist aber für die Lösung von architektonischen Problemen nicht ausreichend. Rittel versteht den Planungsprozess dagegen als alternierende Folge von zwei Kernprozessen, die jeweils durch Routinearbeiten verbunden werden. Innerhalb des Planungsverlaufs werden in den Kernprozessen für ein zu behandelndes Problem Alternativen entwickelt und in einem anschließenden Bewertungsprozess untersucht. Die mögliche Vielfalt der Alternativen wird dadurch reduziert und führt im Erfolgsfall zur Bestimmung einer ausbaufähigen Lösung.

Vernunftbasierte Ansätze und Intuition

In den 1990er Jahren ergänzt und korrigiert Papamichael die durchgängig vernunftbasierten Ansätze indem er konstatiert, dass Design-Probleme nicht vollständig rational lösbar sind [Papamichael 93]. Er fordert von den Planern stattdessen ein gleichwertiges *Denken und Fühlen in der Handlung* ein und führt weiter aus, dass die in Design-Prozessen notwendigen Entscheidungen zwischen *guten* und *schlechten* Alternativen nur bis zu einem bestimmten Komplexitätsgrad rational gelöst und danach vornehmlich emotional unterstützt werden. Forschungsarbeiten der Neurologie und der Wahrnehmungspsychologie bestätigen mittlerweile dieses Vorgehen von Menschen in Handlungssituationen [Bechara 97]. Papamichael leitet dann Rahmenbedingungen für den Einsatz von Informationstechnologien ab und fordert eine klare Trennung zwischen digitaler Entscheidungsunterstützung und menschlicher Entscheidungsfähigkeit. Mit dem *Building Design Advisor* stellt Papamichael schließlich ein Werkzeug zur Verfügung, welches sich in diesem Sinne auf die informationstechnische Unterstützung der Entscheidungsfindung konzentriert und dies am Beispiel von Energie- und Lichtsimulationen umsetzt [Papamichael 97].

2.3.3 Axiomatic Design

Auch in anderen Disziplinen haben verschiedene Autoren Lösungsstrategien für komplexe Probleme entwickelt und eingesetzt. Stellvertretend und wegen ihrer guten Übertragbarkeit auf andere Fachrichtungen wird hier die Methode *Axiomatic Design* beschrieben, die in den 1990er Jahren von Nam Pyo Suh am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt wurde [Suh 90]. Sie stellt ein prinzipielles Vorgehensmodell zur Strukturierung und Lösung von Aufgaben dar und konnte sich seit dieser Zeit in verschiedenen Fachrichtungen bewähren. Ordnetes Merkmal der Methode ist die Einführung von Funktionalen Anforderungen (Functional Requirements, FR) und damit verbundenen Lösungsmerkmalen (Design Parameter, DP). Beide Komponenten und damit der verfügbare Lösungsraum werden durch Restriktionen (Constraints) abgegrenzt. Die Bearbeitung einer Aufgabenstellung mit den Methoden des Axiomatic Design erfolgt in vier aufeinander folgenden Entwicklungsschritten und führt über die Beschreibung der initiiierenden Kundenwünsche (Customer Domain) zum Anforderungsprofil (Functional Domain), dem Lösungsraum (Physical Domain) und der Produktionsdomäne (Process Domain). In den beiden zentralen Domänen Anforderungsprofil und Lösungsraum wird dabei ein Lasten- und Pflichtenheft nach besonderen Regeln entwickelt (Abbildung 2.7):

Methoden anderer Disziplinen

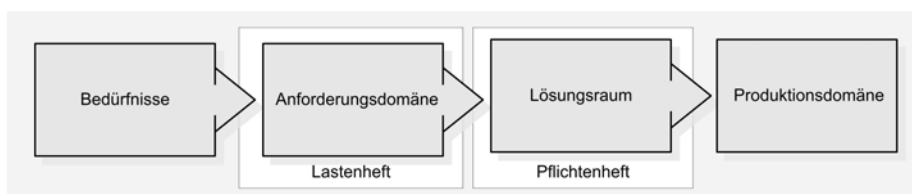


Abbildung 2.7: Die vier Domänen des Axiomatic Design

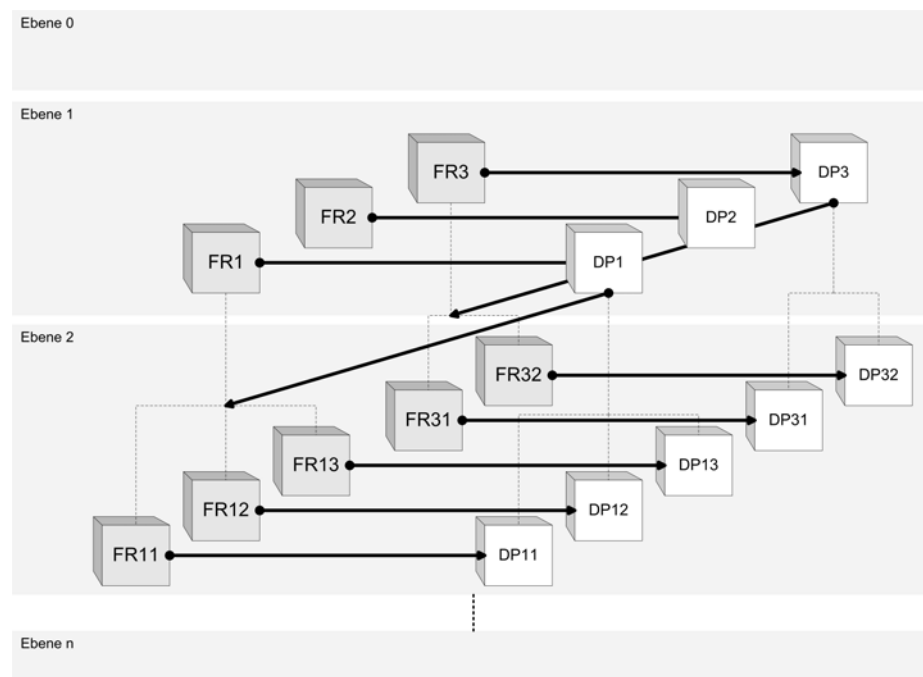
Die Regeln zur Gliederung von Aufgabenstellungen werden durch die Einführung von Axiomen, von klaren Bestimmungen über die Abhängigkeiten von FRs und DPs und die Angabe von Vorgehensbeschreibungen bestimmt. Das Independence-Axiom fordert dabei, dass funktionale Anforderungen unabhängig von einander sein müssen und durch einen eindeutig zugeordneten Designparameter bedient werden sollen. Beginnend mit einem obersten Functional Requirement als Ziel des gesamten Entwicklungsprozesses wird dann in einem Top-Down-Prozess ein streng hierarchisches Ebenensystem von weiteren FR und

DP installiert. Die Unterteilung einer FR in untergeordnete Teilanforderungen darf in diesem Prozess erst dann erfolgen, wenn ihm ein eindeutiger Design Parameter zugeordnet werden konnte. Sind innerhalb einer Ebene alle FRs und DPs bestimmt, wird zur Bewertung des Lösungsvorschlags die Vorgabe des Unabhängigkeits-Axioms zwischen den einzelnen Funktionalen Anforderungen und den Lösungsmerkmalen überprüft, bevor eine weitere Untergliederung der Aufgabenstellung erfolgt. Die Überprüfung der Anordnung war dann erfolgreich, wenn die Untersuchung der eingesetzten FRs und DPs ergeben hat, dass eine höchstens unidirektionale Abhängigkeit zwischen den Elementen besteht. Die Untergliederung der Aufgabe kann dann fortgesetzt werden und ist abgeschlossen, wenn das Vorgehen zur Bestimmung von elementaren FRs und mit ihnen verbundenen DPs geführt hat.

Abbildung 2.8 stellt die Problemzerlegung nach der Axiomatic Design Methode schematisch dar und verdeutlicht den zielorientierten *Zigzagging-Prozess* dieser Arbeitsweise.

Abbildung 2.8: Zigzagging-Prozess des Axiomatic Design

Quelle: [Suh 90]



2.3.4 TRIZ

Die *Theorie des erfinderischen Problemlösens* (TRIZ, Teoria reshenija izobretatjelskich zadacz) wurde von Genrich Altshuller als Methode

entwickelt und in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in verschiedenen Berufssparten eingesetzt [Altschuller 86].

Altschuller entwickelte das Verfahren auf Grundlage von Untersuchungen und Analysen von Patentschriften und stellt fest, dass vergleichbar zur Definition von einfachen und komplexen Problemen in Kapitel 2.3.2 für einfache Aufgaben ein konvergentes und durch bekannte Lösungsmuster unterstütztes Denken schnell und sicher zur richtigen, und in der Regel einzigen, Lösung führen kann, dieses Vorgehen aber in der Auseinandersetzung mit komplexen Problemen scheitert und durch ein divergentes Vorgehen ersetzt werden muss (Abbildung 2.9). Altschuller führt dabei als Hilfskonstruktion das virtuelle und nicht erreichbare *Ideale Endergebnis* (IER) ein und stellt Methoden zur Verfügung den *Suchwinkel* auf das IER auszurichten und möglichst eng zu setzen. Die in diesem Lösungsraum gefundenen Ergebnisse (L1, L2, ... Ln) können dann als der idealen Lösung nahe kommenden und damit gute Lösungen bezeichnet werden.

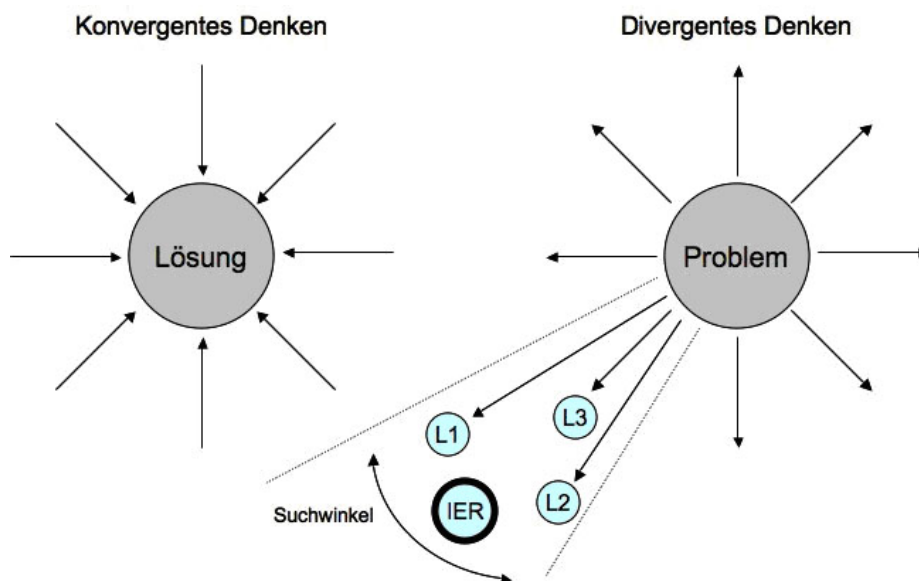


Abbildung 2.9: Konvergentes und divergentes Denken

Quelle: Graphik nach [Zobel 06]

[Zobel 06] merkt diesbezüglich an, dass bereits der Formulierung der zu lösenden Aufgabe sehr hohe Bedeutung beigemessen werden muss und betont, dass die Definition des IER folgende Kriterien erfüllen muss:

- Das ideale Ziel muss möglichst abstrakt formuliert werden.
- Bei der Definition des Ziels dürfen Kompromisse und Einschränkungen keine Rolle spielen.

- Die ideale Zielvorstellung sollte weit reichend formuliert werden.

Als Konsequenz aus diesen Forderungen ergibt sich, dass bereits die Formulierung der Frage entscheidend über den möglichen Lösungsraum bestimmt und bei einer ungeschickten Fragestellung schon vor Beginn der Problemlösungsphase interessante Lösungen nicht mehr erreicht werden können. Beispielsweise würde eine Aufgabenstellung zur Verbesserung eines Produktionsablaufes durch die Formulierung *Transportiere einen Werkstoff innerhalb der Produktionskette von Punkt A nach Punkt B* bereits Lösungen ausschließen, die einen solchen Transport überhaupt nicht benötigen würden.

Altschuller schlägt aufbauend auf die Einführung des IER ein methodisches Vorgehen bei der Aufbereitung der formulierten Aufgabenstellung vor, die zur Offenlegung der prinzipiellen Widersprüche führt, welche die Erfüllung der Aufgabe und damit die Annäherung an die ideale Lösung behindern. Eine erste Erkenntnis innerhalb dieses Vorgehens ist, ob das Problem durch Optimieren des vorgefunden Zustands verbessert werden kann, oder ob es notwendig ist, das bestehende System grundlegend in Frage zu stellen. Letzteres ist der Fall, wenn durch die Analyse der bestehenden Situation deutlich wird, dass durch Verändern eines Parameters des bestehenden Systems negative Auswirkungen auf andere Parameter ausgeübt werden und damit die Optimierung des Gesamtsystems in der vorgefunden Struktur nicht erfolgreich sein kann. Die Aufgabe kann dann nur durch einen erfinderischen Eingriff, also durch die Einführung neuer Parameter oder durch eine vollständig andere Lösung verbessert werden. Ziel der folgenden Phase ist dann die Lokalisierung und Aufhebung der administrativen, technischen oder physikalischen Widersprüche, welche die problematische Situation hervorrufen. Altschuller stellte dafür verschiedene Methoden zur Verfügung, die heute auch durch Softwareanwendungen unterstützt durchgeführt werden können.

2.4 Scheitern in komplexen Situationen

Auch in der Psychologie wird das Verhalten von Menschen in der Konfrontation mit komplexen Problemen beobachtet. Ein bekanntes Beispiel stellen die Untersuchungen im Rahmen des *Lohhausen-Projekts* von Dietrich Dörner dar [Dörner 93]. Er untersuchte das Verhalten von

Menschen in komplexen Situationen, indem er im Versuchsumfeld der fiktiven Kleinstadt *Lohhausen*, ein System von Abhängigkeiten installiert und Versuchspersonen als virtuelle Bürgermeister agieren lässt. In der Simulation komplexer Aufgabenstellungen extrahiert Dörner durch die Beobachtung des Scheiterns der Versuchspersonen wiederkehrende Muster des Fehlverhaltens und entwickelte darauf aufbauend Lösungsvorschläge zur Senkung der Fehleranfälligkeit und zur Steigerung der Planungsleistungen. Als wesentliche Fehler markiert Dörner

- mangelnde Zielerkennung und -konkretisierung
- Fokussierung und Schwerpunktbildung auf einen Teilaspekt des Problems
- Missachtung oder Unkenntnis der Abhängigkeiten des Systems
- Überreaktion, Aktionismus und Handlungsstarre
- Selbstüberschätzung und daraus resultierendes autoritäres Verhalten

Seine Lösungsvorschläge basieren primär auf der Bewusstwerdung der durch reproduzierbare menschliche Verhaltens- und Denkmuster eingeleitete Fehlerautomatismen und deren Vermeidung durch vernetztes Denken, Problemidentifizierung und Entwickeln von Handlungspositionen [Dörner 06].

2.5 Situation der Architekten

Die Architektengesetze der Bundesländer definieren die berufsspezifischen Aufgaben in den jeweils ersten Paragraphen. Die einzelnen Länderausgaben beschreiben sinngemäß Ähnliches wie das hier zitierte baden-württembergische Gesetz:

Klassische Definition des Berufsstands

„Berufsaufgabe des Architekten ist die gestaltende, technische und wirtschaftliche Planung von Bauwerken. [...] Zu den Berufsaufgaben des Architekten [...] gehören auch die koordinierende Lenkung und Überwachung der Planung und Ausführung, die Beratung, Betreuung und Vertretung des Auftraggebers in allen mit der Planung und Durchführung eines Vorhabens zusammenhängenden Fragen. Hierzu gehören ferner die Rationalisierung von Planung und Plandurchführung sowie die Erstattung von Fachgutachten.[...] [Architektengesetz B.–W.]

Die Definitionen der Kammern sehen den Architekten als Generalisten und bestimmen klar, welche vielseitigen und unterschiedlichen Fähig-

keiten in diesem Beruf erwartet werden. Es ist offensichtlich, dass die gleichzeitige gestalterische, technische und wirtschaftliche Betreuung einer Planung die Leistungsfähigkeit einer einzelnen Person überschreitet und dazu führt, dass die Koordination und inhaltliche Bearbeitung der Bereiche auf mehrere Verantwortliche verteilt ist.

2.5.1 Organisation des Berufsstands

Ausbildung von Architekten

Nach dem Studium der Architektur an einer Universität, Fachhochschule, Kunst- oder Berufsakademie erhalten Absolventen den Titel eines Diplomingenieurs der Fachrichtung Architektur. Hochschulen, welche die Beschlüsse des *Bologna-Prozesses* bereits umgesetzt haben [BMBF 99] verleihen den Titel eines Bachelor oder Master of Engineering oder eines Master of Arts. Die Absolventen müssen dann, abhängig vom Bundesland, zwischen zwei und drei Jahren in den verschiedenen Leistungsphasen unter Anleitung eines Architekten arbeiten und erhalten daraufhin die Möglichkeit sich in die jeweiligen Architektenkammern der Länder einzutragen. Erst ab diesem Zeitpunkt dürfen sie den Titel *Architekt* führen und erhalten das Recht, uneingeschränkt Baueingaben einzureichen.

Architektenkammer

Trotz der unterschiedlichen Handhabung in Bezug auf die Anerkennungsphase nach dem Studium, kann die heutige berufspolitische Organisation der Architekten aber bundesweit als einheitlich betrachtet werden. Die konsistente Regelung über das Berufsbild entstand in einem langwierigen berufspolitischen Prozess und wurde nach Kriegsende durch die Gründung der ersten Architekten-Länderkammer im Saarland (1947) eingeleitet. Die darauf folgenden Gesetzgebungen weiterer Bundesländer führten schließlich 1969 zur Vereinigung der bis zu diesem Zeitpunkt existierenden Länderkammern zur Bundesarchitektenkammer [BAK] als eingetragener Verein.

Leistungen von Architekten

Die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) ist das zentrale Regelwerk, das Ablauf und Inhalt der Architektenarbeit beschreibt [HOAI 02]. Es werden neun aufeinander aufbauende Leistungsphasen aufgeführt und die jeweiligen Tätigkeiten des Planers umrissen. Die HOAI ist eine verbindliche Preisrechtsverordnung und muss von Architekten bei der Abrechnung von Leistungen angewandt werden. Aufschlussreich in der nachfolgenden Tabelle ist deshalb neben der Beschreibung der Tätigkeiten die Wertung der einzelnen Leistungsphasen in Verhältnis zur Gesamtleistung.

Die HOAI als Regelwerk für architektonische Leistungen

Bewertung der Leistungen in % zur Gesamtleistung	
Grundlagenermittlung	
1	Ermitteln der Voraussetzungen zur Lösung der Bauaufgabe durch die Planung
Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)	
2	Erarbeiten der wesentlichen Teile einer Lösung der Planungsaufgabe
Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung)	
3	Erarbeiten der endgültigen Lösung der Planungsaufgabe
Genehmigungsplanung	
4	Erarbeiten und Einreichen der Vorlagen für die erforderlichen Genehmigungen oder Zustimmungen
Ausführungsplanung	
5	Erarbeiten und Darstellen der ausführungsfähigen Planungslösung
Vorbereitung der Vergabe	
6	Ermitteln der Mengen und Aufstellen von Leistungsverzeichnissen
Mitwirkung bei der Vergabe	
7	Ermitteln der Kosten und Mitwirkung bei der Auftragsvergabe
Objektüberwachung (Bauüberwachung)	
8	Überwachung der Ausführung des Objekts
Objektbetreuung und Dokumentation	
9	Überwachung der Beseitigung von Mängeln und Dokumentation des Gesamtergebnisses

Tabelle 2.1: Das Leistungsbild der Objektplanung in der HOAI

Die Honorarordnung in ihrer heute gültigen Form stellt das umfassendste Regelwerk von Leistungs- und Abrechnungsbeschreibungen baubezogener Leistungen in Europa dar. Sie wird aber zunehmend aus

verschiedenen Gründen kritisiert, als einengend empfunden und oft mitverantwortlich für die prekäre Lage der Architekten gemacht. Gleichzeitig stellt sich für die Architektenkammer und den Gesetzgeber die Frage, wie das durch die HOAI geschützte Tätigkeitsprofil in geltendes EU-Recht eingebunden werden kann.

Mängel der HOAI

Ein wesentliches Argument der Kritiker der Honorarordnung ist, dass in ihrem heutigen Ablauf einige mögliche Tätigkeitsfelder ungenügend abgebildet werden. Hierunter fallen zum Beispiel die Bereiche Projektmanagement und Facility Management. Eine fehlende Leistungsphase 0, die das Tätigkeitsfeld Projektentwicklung beinhalten könnte fehlt ebenso wie eine Leistungsphase 10, welche Betrieb und Bewirtschaftung eines Gebäudes beschreiben könnte. Die Leistungsphasen und ihre Gewichtung orientieren sich eher am Ablauf einer im klassischen Sinne durchgeführten Neubauplanung. Der erhöhte planerische Aufwand beim Bauen im Bestand wird zwar durch einen allgemeinen Zuschlag gewürdigt, findet aber keinen direkten Niederschlag in den Leistungsphasen selbst.

Informationstechnologie und HOAI

Weiterhin hat die Entwicklung im Bereich der Informationstechnologien (IT) zu einer Verlagerung der Gewichtung der einzelnen Phasen geführt. Beispielsweise erfordert die Erstellung einer Genehmigungsplanung (Phase 4) mit einer CAD-Anwendung vom Planer bereits Aussagen über das Gebäude die sonst erst in den Phasen 5 (Ausführungsplanung) und 6 (Vorbereitung der Vergabe) notwendig werden. Die zeitliche Verlagerung der Informationsgewinnung nach vorne ist erstrebenswert, ihr fehlendes Abbild in der HOAI zeigt aber deren Unzulänglichkeit auf.

Reaktion der Kammer

Die Kammern unterstützen prinzipiell die anstehende Modifizierung der HOAI, bleiben aber in ihren Vorstellungen moderat und sehen den Anpassungsbedarf primär in Hinblick auf ein geregeltes, modernes Preisrecht, welches unter anderem eine Vereinfachung und die Abkopplung der Baukosten von den Honorarkosten vorsieht. Sie stehen der Aufnahme neuer Leistungsbilder aber kritisch bis ablehnend gegenüber [BAK03]. Die Kammern plädieren dagegen zum einen für eine verstärkte Wahrnehmung und Vermittlung der Baukultur in der Öffentlichkeit und engagieren sich andererseits für die Vermittlung von Architektenleistungen in den internationalen Markt [NAX].

Reaktionen in der Ausbildung

Obwohl eine Erweiterung der Tätigkeitsfelder für Architekten und eine Abbildung davon in der Honorarordnung notwendig und machbar wä-

re, findet in Teilen der Architektenschaft und in der Ausbildung eine gegenteilige Entwicklung statt. Hier wird nämlich gefordert, dass sich Architekten auf ihre vermeintlichen Kernkompetenzen, vornehmlich die künstlerische Gestaltung von Raum und Oberfläche konzentrieren, und die Ausarbeitung anderer Aspekte wie beispielsweise technische und organisatorische Umsetzung, ökonomische und ökologische Auswirkungen den verschiedenen Fachplanern überlassen. Spätestens seit Propagierung der Postmoderne Ende der 1970er Jahre ist diese Vorstellung manifestiertes Programm [Venturi 79] und beeinflusst bis heute das Selbstverständnis von vielen Architekten in Praxis und Ausbildung.

Tatsächlich ist es aber so, dass Bauherren sowohl im Wohnungs- als auch im Nichtwohnungsbau eine umfassende Bearbeitung der Bauaufgabe aus einer Hand bevorzugen und die Verantwortung für das Gebäude auch nach Fertigstellung und Übergabe nicht allein beim Eigentümer, Betreiber oder Mieter sehen. Aus dieser Forderung heraus ergeben sich ergänzende Aufgabenfelder für Architekten, die bei geschickter Nutzung die Situation des Berufsstands verbessern können. Zum einen können Architekten als gleichberechtigte Partner die Moderation von interdisziplinären Planungsteams übernehmen, zum anderen wird sich die Betreuung von Gebäuden über die Schlüsselübergabe hinaus zu einem bedeutenden Geschäftsfeld entwickeln. Bisher ist hier die Regel, dass mit der Fertigstellung des Gebäudes die Verantwortlichkeit der Planenden, mit Ausnahme der geregelten Haftungsansprüche, beendet ist, und das Bauwerk in die Hände der Betreiber übergeht. Es ist dabei eher selten, dass die Leistungsphase 9 der Honorarordnung, die Dokumentation des Gebäudes, vollständig ausgeführt und dem Bauherrn im Sinne einer Gebrauchsanweisung übergeben wird. Weiterhin beschränkt sich die Prüfung der Übereinstimmung zwischen der Planung des Architekten und der entstandenen Realität normalerweise auf die äußere Form des Werks, deren schadensfreie Herstellung und der Einhaltung des Kostenrahmens. Dagegen werden heute kaum lebenszyklusübergreifende Faktoren berücksichtigt, in der Planung vorhergesagt und anschließend in der gebauten Wirklichkeit mit realen Werten überprüft. Als eine Ausnahme bildete sich in den vergangenen Jahren lediglich der Heizenergiebedarf der Gebäude als eine Größe heraus, der bedingt durch den angestiegenen Kostendruck prognostiziert und mit den tatsächlich gemessenen Werten verglichen wird.

*Potentielle Tätigkeitsfelder
im architektonischen Pla-
nungsprozess*

2.5.2 Statistischer Rahmen

Anzahl der Architekten

Die Bundesarchitektenkammer [BAK] gibt die Zahl der registrierten Architekten und Stadtplaner zum Stichtag 1. Januar 2006 mit 118.298 an. Seit 1975 stieg damit die Anzahl der eingetragenen Architekten stetig und verzeichnete allein in den Jahren zwischen 2000 und 2006 ein Zuwachs von 10%, seit der Gründung der Bundesarchitektenkammer im Jahr 1969 sich hat die Anzahl der eingetragenen Architekten verdoppelt. Damit kommen zurzeit in Deutschland auf einen eingetragenen und damit bauvorlagenberechtigten Architekten ca. 700 Einwohner. Nur Italien und Griechenland verfügen damit in Europa über eine noch größere Architektendichte als die Bundesrepublik. Die Mehrheit der Architekturbüros in Deutschland ist dabei klein: 91 % von ihnen haben weniger als 10 Mitarbeiter. Nur 0,24 % der Büros, insgesamt 211, haben mehr als 100 Mitarbeiter [destatis]. Die Hälfte der Architekten arbeitet freischaffend (51%), weitere 46 % sind angestellt oder beamtet, ein geringer Anteil (3%) ist baugewerblich tätig (Stand Januar 2006 [BAK]).

Vergleich Bautätigkeit und Anzahl der Architekten

Bei einer Gegenüberstellung der Architektenzahlen und der genehmigten Bauvorhaben können in der zeitlichen Entwicklung des Berufs deutlich unterschiedliche Phasen erkannt werden. Abbildung 2.11 zeigt hier die Entwicklung der Anzahl der Architekten seit dem Jahr 1955 und die aus den Baugenehmigungen dieses Zeitraums extrahierten Bauvolumen und Baukosten. Die Darstellung wird ergänzt durch die Anzahl der immatrikulierten Studierenden sowie der Absolventen.

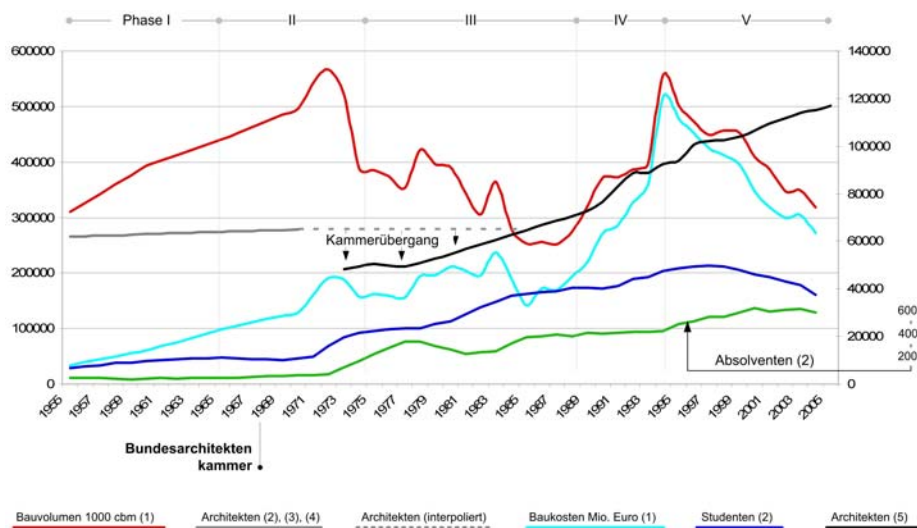


Abbildung 2.10: Bauvolumen, Baukosten, Architekten, Absolventen und Studierende

(1955-2005)

Quelle: [Sachverständigenrat](1), [Deneke 56] (2), destatis (3), [Feldhusen 75] (4), BAK (5)

Die Ermittlung der Anzahl der Architekten zwischen 1945 und der Gründung der Bundesarchitektenkammer (BAK) im Jahr 1969 stellt sich dabei als schwierig heraus. Bedingt durch die bei Kriegsende fehlende und danach geraume Zeit uneinheitliche Gesetzgebung der Bundesländer und deren Gesamtvertretung durch die BAK ist hier durchgängiges Zahlenmaterial über die Architektendichte lediglich durch die bundesweit durchgeführten Berufszählungen möglich. Diese jedoch weisen in ihrer Durchführung im Jahr 1950, 1961 und 1970 Unterschiede in der Klassifizierung der Bauberufe aus, die eine Vergleichbarkeit schwierig machen. Zudem ist die nach 1945 in Deutschland erst sukzessive einsetzende Definition und Abgrenzung des Architektenberufs dafür verantwortlich, dass in den staatlichen Zählungen die Angabe des Berufs wenig Aussagekraft hat, da Architektenleistungen von Architekten aber auch von Personen, die sich als Architekten bezeichnet haben, geleistet wurden. Gernot Feldhusen hat sich in einer Untersuchung 1975 mit dieser problematischen Situation auseinandergesetzt und die nach der Analyse der vorliegenden Daten die Anzahl der Architekten im Jahr 1970 mit 65000 angenommen [Feldhusen 75]. Die erste Angabe der Bundesarchitektenkammer selbst stammt aus dem Jahr 1975 und beziffert die Anzahl der eingetragenen Architekten auf etwas mehr als 50 Tausend [BAK]. Die erste Angabe über die Anzahl der Architekten nach Kriegsende entstammt dagegen der Berufszählung von 1950 [Deneke 56]. Zu diesem Zeitpunkt haben 60889 Menschen in Deutschland angegeben, als Architekten zu arbeiten. Da die Darstellung in Abbildung 2.11 prinzipielle Aussagen zur Entwicklung der Ar-

chitektanzahlen und dem jeweiligen Bauvolumen erlauben soll, wurden zeitliche Lücken im Datenmaterial interpoliert.

Als Phasen innerhalb der Entwicklung zwischen 1950 und 2005 können demnach benannt werden.

Phase 1: Aufbau (1950-1964)

Wiederaufbau der zerstörten Städte. Die Stellung des Architektenberufs ist nicht eindeutig geregelt, die Namensverwendung ist uneinheitlich. Die konstant steigende Bautätigkeit wird von ausgebildeten Architekten, Bauingenieuren, Handwerkern und Technikern bearbeitet. Der Anstieg des genehmigten Bauvolumens wird durch eine parallel verlaufende Steigerung der veranschlagten Baukosten begleitet. Die Kosten pro gebautem beziehungsweise umgebauten Kubikmeter Raum haben sich also in diesem Verlauf kaum verändert.

Phase 2: Großprojekte (1965-1975)

Die Bundesarchitektenkammer ist gegründet. Zu Beginn der 1970er Jahre wird deutschlandweit eine hohe Anzahl von Großprojekten in verschiedenen Nutzungsbereichen realisiert. Die intensive aber relativ kurze Bauphase reißt nach 1972 unvermittelt ab.

Phase 3: Turbulente Konsolidierung (1975-1989)

Die Menge des genehmigten Bauvolumens schwankt, bricht aber tendenziell und anhaltend ein, gleichzeitig werden die geplanten Baumaßnahmen teurer. Dieses gegenläufige Verhalten führt dazu, dass bis in die Mitte der 1980er Jahre weniger umbauter Raum immer mehr Geld kosten wird. Die Anzahl der Architekten steigt ab jetzt kontinuierlich an und wird sich in den kommenden 30 Jahren verdoppeln.

Phase 4: Vereinigung (1989-1995)

Bedingt durch die Wiedervereinigung erlebt die Bauwirtschaft zu Beginn der 1990er Jahre einen erneuten Höhenflug. Das Bauvolumen erreicht 1995 ein ähnlich hohes Niveau, wie in der Phase der Großprojekte um 1970. Ebenso abrupt wie dort, bricht auch jetzt die Entwicklung ab. Die Europäische Union veröffentlicht die *Strategische Studie über das europäische Bauwesen* [Atkins 94] in der ein Aktionsprogramm zur Sicherung des europäischen Bausektors vorgeschlagen wird.

Phase 5: Rücklauf (1996-heute)

Die Anzahl der Architekten ist auf dem höchsten Stand in der Geschichte. Gleichzeitig befindet sich die Bauwirtschaft seit Mitte der 1990er Jahre in einem bis heute anhaltenden Abwärtstrend.

Studierende, Absolventen und eingetragene Architekten

Ebenfalls in den vergangenen Jahren hat sich nach Angaben des Statistischen Bundesamts die Anzahl der Studierenden an den Hochschulen im Fach Architektur reduziert, bleibt aber absolut betrachtet auf unvermindert hohem Niveau. Den jedes Jahr altersbedingt aus dem Beruf ausscheidenden ca. 3000 Architekten stehen ca. 6000 Absolventen aus den Hochschulen gegenüber. Werden diese Angaben in Relation zu den prognostizierten Bauaufgaben gesetzt, zeigt sich deutlich, dass

„... bis zum Ende des Jahrzehnts weiterhin deutlich mehr Absolventen zu erwarten sind als auf dem Arbeitsmarkt benötigt werden“ [BAK].

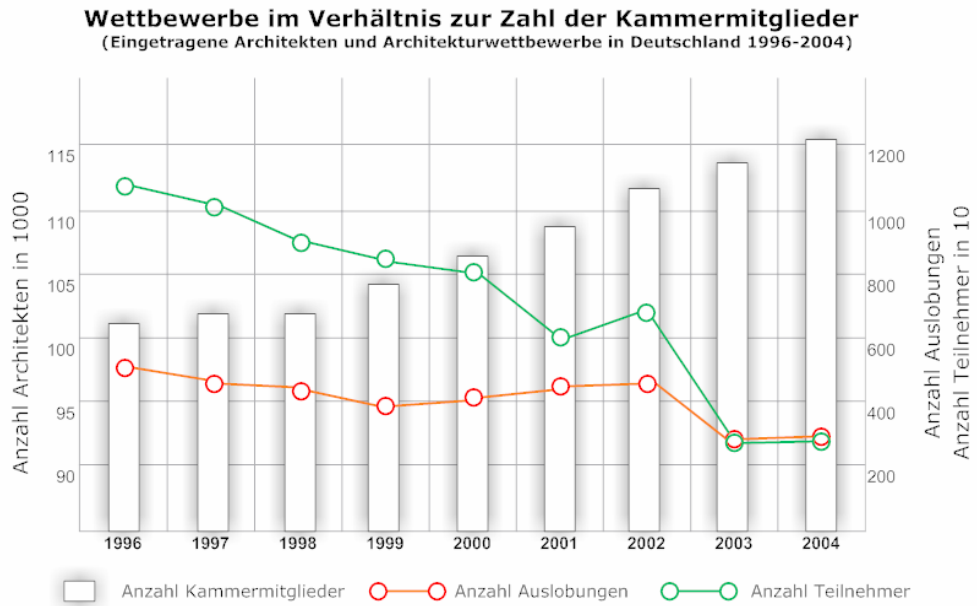
In der nächsten Zukunft wird sich dieser Trend nach einer Untersuchung für die Architektenkammer Nordrhein-Westfalen [Hommerich 05] nicht wesentlich ändern. Bedenklich stimmt es in diesem Zusammenhang, dass die schlechten Prognosen für die Mehrheit der Studierenden der Architektur keine wesentliche Rolle bei der Entscheidung für die Berufswahl gespielt hat und nur 7% der Hochschulabsolventen angeben, dass die Arbeitsmarktsituation bei ihrer Studienfachwahl wichtig oder sehr wichtig war [HIS].

Weitere Entwicklung des Arbeitsumfelds

Gleichzeitig hat sich das in der architektonischen Praxis wichtige Verfahren der Architektenwettbewerbe ungünstig entwickelt. Wie in Abbildung 2.11 ersichtlich, wurden bei steigender Anzahl von Kammermitgliedern immer weniger Wettbewerbe ausgelobt. Im gleichen Zeitraum haben sich hier auch zunehmend die bis dahin offenen Wettbewerbe hin zu beschränkten und eingeladenen Veranstaltungen entwickelt und damit gerade jungen Architekturbüros eine bis dahin gute Profilierungsmöglichkeit genommen.

Abbildung 2.11: Wettbewerbe, Teilnehmer und Kammermitglieder

Quelle: [BAK]



Die prekäre Situation der Architekturbüros wird besonders deutlich in der Vermutung der Bundesarchitektenkammer, dass auf Grund der ungünstigen Aussichten im Baumfeld

„[...] längerfristig davon auszugehen ist, dass der starke Wettbewerb rund ein Drittel der 116.000 in Deutschland eingetragenen Architekten, Stadtplaner, Landschafts- und Innenarchitekten zwingen wird, ihren Beruf aufzugeben [...]“. [Welter 05a]

Die Kammer sieht dabei die Überlebensfähigkeit der Büros nicht primär von ihrer Größe abhängig, sondern vielmehr von ihrer Bereitschaft und Fähigkeit, nachfolgende Anforderungen zu erfüllen:

Anforderungen an Architekturbüros

Unternehmerisches Denken:

Die betriebswirtschaftliche Organisation und Beobachtung des eigenen Büros findet derzeit kaum statt. Die Architekten müssen durch Zeiterfassung, Kostenrechnung, Projektkontrolle und Nachkalkulation abgeschlossener Projekte eine vorausschauende und kontrollierte Projektabwicklung und Büroverwaltung ermöglichen.

Marketing:

Architekturbüros müssen an der Entwicklung eines originären Büroprofils arbeiten und in Ergänzung der *Werbung durch Leistung* ein umfassendes Kommunikationskonzept erstellen.

Spezialisierung:

Architekten müssen sich vom Habitus des Generalisten lösen und sich nach Analyse der eigenen Stärken und Schwächen auf eigene Bereiche spezialisieren.

Kooperationen:

Aufbauend auf dem Gebot der Spezialisierung müssen Kooperationen mit sich ergänzenden Planungsbüros eingegangen werden.

Erschließung neuer Tätigkeitsfelder:

Abweichend vom tradierten Image des Architektenstands müssen neue Tätigkeitsfelder außerhalb der HOAI sondiert und erschlossen werden.

Gerade der Erschließung neuer Tätigkeitsfelder kommt dabei wachsende Bedeutung zu. Zurzeit geht die Architektenkammer davon aus, dass über die Hälfte der Absolventen der Hochschulen im Fach Architektur zumindest in den ersten Jahren nach Diplomabschluss nicht im näheren Umfeld des Bauens arbeiten wird [Welter 06]. Aus diesem Umstand heraus ergeben sich zwei drängende Fragenstellungen für die Ausbildung von Architekten:

Architektentätigkeit außerhalb des Bauens

- 1) In welchen Geschäftsgebieten arbeiten diejenigen Architekten, die nicht im klassischen Arbeitsumfeld unterkommen bzw. unterkommen wollen?
- 2) Wie sollen Architekten ausgebildet werden, für die kein eindeutiges Berufsbild mehr definiert werden kann?

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich vorrangig mit angemessenen Reaktionen auf die zweite Frage. In den nachfolgenden Kapiteln wird sie die zentrale Rolle einnehmen und bezüglich der Unterstützung durch informationstechnische Werkzeuge und didaktische Modelle diskutiert. Schnelle und umfassende Antworten auf die erste Frage sind dagegen kaum möglich und aus Sicht der Hochschulen auch weniger bedeutsam. Relevant in diesem Zusammenhang ist lediglich, dass die Kompetenz zur Lösung komplexer Probleme Architekten als zukunfts-

fähige Ingenieure profiliert und ihnen ein weit reichendes Arbeitsgebiet eröffnet.

*Einsatz von Kompetenzen
außerhalb des Bauens*

Bedingt durch die der Architektur eigenen Dichotomie von Kunst und Ingenieurwissenschaft lassen sich aber zwei Themenschwerpunkte ausmachen, in denen Architekten ihre erworbenen Kompetenzen außerhalb des tradierten Berufsbilds einsetzen: zum einen handelt es sich um Tätigkeiten im technischen und künstlerischen Umfeld (beispielsweise Objektgestaltung und Produktentwicklung im weitesten Sinne), zum anderen um Arbeiten mit technisch-organisatorischem Inhalt (beispielsweise Moderation von heterogenen Planungsteams). Einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil haben Architektur-Absolventen aber dann, wenn die fachfremde Aufgabe die gleichzeitige Beachtung und Bearbeitung von beiden Aspekten verlangt. Diese Aspekte werden im Kapitel 5.1 weiter diskutiert werden.

*Weitere Veränderungen der
Arbeitswelt*

Die prinzipiell unsichere Situation von Architekten resultiert aber nicht allein auf der anhaltend schlechten Situation im Baugewerbe. Gleichzeitig zeichnen sich auch allgemeine Veränderungen ab, die zum einen die gesamte Arbeitswelt beeinflussen, und im Speziellen die Arbeitsumgebungen selbständiger Berufe betreffen werden. Jeremy Rifkin merkt zu diesem Thema an, dass die fortschreitende Technisierung zu einer ganz prinzipiellen Veränderung der Arbeitswelt und zu einer pauschalen Reduzierung der durch Menschen zu leistenden Tätigkeiten führen wird [Rifkin 04]. Auch die Übernahme hoch qualifizierter Tätigkeiten durch Hard- und Software wird sich mit der fortschreitenden technologischen Entwicklung verstärkt durchsetzen und schließlich auch die Arbeit von Architekten erfassen.

Weitere Aspekte in dieser Diskussion formuliert Sergio Bologna in seinem Bericht *Die Zerstörung der Mittelschichten* [Bologna 06]. Er widmet sich dort dem Berufsstand der *Autonomen Beschäftigten* die neben der eigentlich inhaltlichen Tätigkeit ihre eigene Selbstvermarktung und Selbstverwaltung leisten, und diese durch den Verkauf ihrer Leistungen mitfinanzieren müssen. Als Resultat entsteht ein zur überlieferten Erwerbsarbeit konträres Verständnis des Berufs und der eigenen Persönlichkeit. Die Lebens- und Arbeitsumstände sind geprägt durch eine erzwungene Flexibilität und Mobilität sowie durch ein allgemein hohes Maß an beruflicher Unsicherheit. In Anlehnung an den Begriff des Proletariats der Industriegesellschaft wird in diesem Zusammenhang von der Entstehung eines *Prekariats* gesprochen. Das

berufliche Umfeld und die allgemeinen Lebensumstände von Architekten weisen die wesentlichen Merkmale dieser Bevölkerungsgruppe auf.

2.6 Entwicklung der Bauwirtschaft

Die Bauwirtschaft ist einer der zentralen Wirtschaftsbereiche in Deutschland. Sie steuerte im Jahr 1991 insgesamt 6% zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) bei und beschäftigte ca. 7 % der Erwerbstätigen insgesamt [destatis]. Damit flachte die Entwicklung zwar seit 1950 (10% des BIP) relativ ab, bei Betrachtung der absoluten Entwicklung konnte aber immer noch von einem deutlichen Wachstum gesprochen werden. Nach der Wiedervereinigung 1990 verzeichnete die Bauindustrie bedingt durch eine gute Auftragslage in den neuen Bundesländern einen erneuten Zuwachs, der aber nur zu einer zwischenzeitlichen Verbesserung führte. Der Anteil der Bauwirtschaft zum BIP ist bis zum Jahr 2005 nach Angaben des Statistischen Bundesamts auf 3,8 % gesunken und hat sich damit in den vergangenen 20 Jahren nahezu halbiert. Parallel hat sich seit 1990 die Anzahl der im Baugewerbe Beschäftigten praktisch halbiert. Nach Prognosen des Instituts für Wirtschaft und Gesellschaft [IWG] wird sich dieser Abwärtstrend auch in den folgenden Jahren fortsetzen. Die tatsächlichen Auftragseingänge im Bauhauptgewerbe laufen mit dieser Tendenz synchron (siehe Abbildung 2.12).

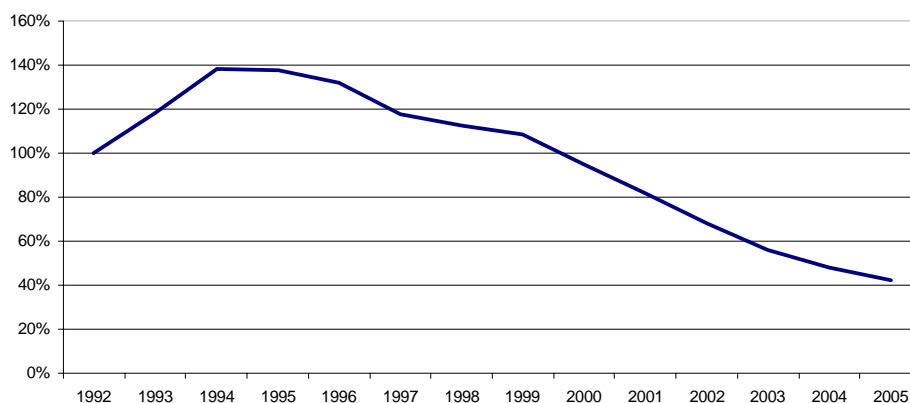


Abbildung 2.12: Entwicklung der Auftragseingänge im Bauhauptgewerbe (1992 = 100 %)
Quelle: Zentralverband Deutsches Baugewerbe [ZDB]

Neben dem aufgezeigten Trend prognostiziert [Ottvad 02] eine Reihe prinzipieller Strukturveränderungen in der Bauwirtschaft mit erheblichen Auswirkungen für zukünftige Planungs- und Bautätigkeiten. Im Einzelnen erwartet er:

Strukturelle Veränderungen in der Bauwirtschaft

- die Verlagerung der Bautätigkeiten von der Kapazitätserweiterung hin zu Ersatz- und Erhaltungsmaßnahmen
- die Verlagerung der Bautätigkeit vom Wohnungs- zum Nichtwohnungsbau
- der weitere Rückgang der öffentlich finanzierten Bautätigkeit bei gleichzeitiger Zunahme privater Trägermodelle
- die Abnahme des Anteils der traditionellen Bauleistungen und die mögliche Zunahme integrierter Leistungspakete über die Planung, den Bau und den Betrieb hinweg
- die weiter zunehmenden regionalen Unterschiede der Bautätigkeiten

Neben rein wirtschaftlichen Aspekten führen schließlich demographisch-soziale Entwicklungen der Gesellschaft zu veränderten Anforderungen an die Bauaufgaben. Allem voran steht hier die Entwicklung der Altersstruktur im Vordergrund, aber auch der allgemeine Bevölkerungsrückgang sowie die deutliche Zunahme der Ein- und Zweipersonenhaushalte durch verändertes Nutzerverhalten haben Auswirkungen auf die zu erwarteten Bautätigkeiten.

2.7 Szenario zukünftiger Tätigkeiten und Strukturen

Auswirkungen auf Tätigkeiten und Strukturen

Aus den Bestandsaufnahmen der vorangegangenen Kapitel können die Konditionen für das zu erwartende Arbeitsumfeld von Architekten formuliert werden. Sie basieren auf der Analyse der Situation der Architekten in Kapitel 2.5, der Prognosen über die Entwicklung der Bauwirtschaft in Kapitel 2.6 und der Beschreibung der in der architektonischen Planung auftretenden Problemkategorien und möglicher Problemlösungsstrategien (Kapitel 2.3).

Das nachfolgend beschriebene Szenario über die zukünftigen Tätigkeiten und Strukturen gliedert sich in zwei Bereiche:

- Kapitel 2.7.1 beschreibt, mit welchen Tätigkeiten Architekten in Zukunft konfrontiert sein werden. Die Ausführungen betrachten dabei zuerst die veränderten Aufgabenbereiche im Bauumfeld und umreißen dann ein mögliches erweitertes Tätigkeitsfeld von Architekten.
- Kapitel 2.7.2 stellt dann die erwarteten Arbeits-, Organisations- und Kooperationsformen von Architekten vor.

Die Szenarien betrachten zu diesem Zeitpunkt noch nicht die aus den informationstechnischen Entwicklungen entstehenden Anforderungen

an den Beruf (Kapitel 3) und die aus der systematischen Ausbildung von Architekten resultierenden möglichen Potentiale von Absolventen (Kapitel 4).

2.7.1 Tätigkeiten

Tätigkeiten im Baubereich

Die Aufgaben im Baubereich werden sich im Betrachtungszeitraum bis 2020 deutlich verändern. Umbau-, Erhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen werden die vorrangigen baulichen Aufgabenbereiche bilden. Bei der Realisierung von Bauprojekten stehen die Minimierung der Betriebskosten und der Gebäudebewirtschaftung im Vordergrund. Die Beachtung langfristiger ökologischer und ökonomischer Folgen muss frühzeitig in den Planungsleistungen integriert werden. Vor und nach den aktuellen Phasen 1 und 9 der HOAI können Tätigkeitsbereiche ausgebildet und durch Architekten belegt werden. Hierzu zählen hauptsächlich Projektentwicklung und Gebäudebewirtschaftung. Zudem wird sich die Gewichtung der Leistungsphasen verschieben. Der vermehrte Einsatz von Simulationswerkzeugen und deren verbesserte Integration in den Planungsablauf stärken die dem eigentlichen Bauprozess vorgelegten Phasen. Architekten können zum einen als Spezialisten in Nischen tätig sein, zum anderen bleibt die Forderung erhalten, den Bauprozess als Gesamtes betreuen zu können und die Zusammenarbeit der Beteiligten umfänglich zu moderieren. Diese Kompetenz kann als eine Spezialisierung zum Generalisten angesehen werden.

Veränderung der Bauaufgaben

Die Betrachtung der Gebäude über die Fertigstellung hinaus muss von Beginn an in die Planung integriert sein und die Gebäudebetreuung auch nach Übergabe an die Nutzer als mögliches Tätigkeitsfeld von Architekten verstanden werden. Die dafür notwendige Integration der Zeit in die Betrachtung erfordert ein differenziertes Vorgehen in der Planung und einen erweiterten Planungsbegriff. Ziel der Planung hier ist die Erstellung von Gebäuden, die während ihrer Lebensdauer leicht auf veränderte Anforderungen reagieren und in neue Nutzungsperioden eintreten können.

Integration der Zeit in die Planung

Ein Gebäude ist in diesem Sinne überlebensfähig, wenn seine Struktur nicht streng monofunktional ausgerichtet ist, sondern die Integration von anderen Nutzungen funktional und ökonomisch erlaubt. Da zukünftige Nutzungen von Gebäuden kaum vorherzusehen sind, muss auf

Änderung in der Struktur von Gebäuden

diese Anforderung mit allgemeinen Regeln reagiert werden. Hierzu gehört vor allem die Umsetzung einer klaren Trennung von Tragwerk und technischer Gebäudeausrüstung. Sie fördert nicht nur die leichtere Wartbarkeit der Systeme, sondern ermöglicht es auch, den in diesem Bereich schnelleren Austauschzyklus mit dem langsamen Zyklus eines Bauwerks zu harmonisieren. Weiterhin hat die klare vertikale und horizontale Anordnung der Erschließung eines Gebäudes hohe Priorität und beeinflusst zusammen mit der Bereitstellung von Flächenreserven die Verwertbarkeit eines Gebäudes.

Zusammenarbeit mit Bauherren

Die Umsetzung von zukunftsfähigen Gebäuden erfordert neben fachlichem Wissen auch die Fähigkeit eines Planers Bauherren von den Qualitäten einer weitergerichteten Planung zu überzeugen und zu einem längerfristigen Blick auf das Gebäudeleben zu ermutigen. Die Überzeugungsarbeit wird in der Regel mit ökonomischen Argumenten geführt werden und erfordert daher gesicherte Datenquellen und vertiefte bauökonomische Kenntnisse.

Die Verlagerung der Bautätigkeiten von Neubau- zu Umbaumaßnahmen wird weiterhin dazu führen, dass Architekten in Zukunft verstärkt mit Bauaufgaben konfrontiert werden, bei denen vorhandene Gebäude in einer Erneuerungsphase auf die oben beschriebenen Qualitäten hin untersucht werden müssen. Erneuerungsprojekte können dabei sowohl Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten als auch Nutzungsänderungen beinhalten. Die Beratung von Bauherren wird dabei von den gleichen Problemen bestimmt sein, wie sie bereits für Neubauprojekte beschrieben wurden.

Die prinzipielle Verlagerung der Planungstätigkeiten im Verhältnis zu der bisher vorherrschenden Verteilung verdeutlicht Abbildung 2.13. Die zunehmende Dominanz der frühen Phasen sowie die stark erweiterten Aufgaben in der Gebäudebetreuung zeichnen sich bereits heute deutlich ab.

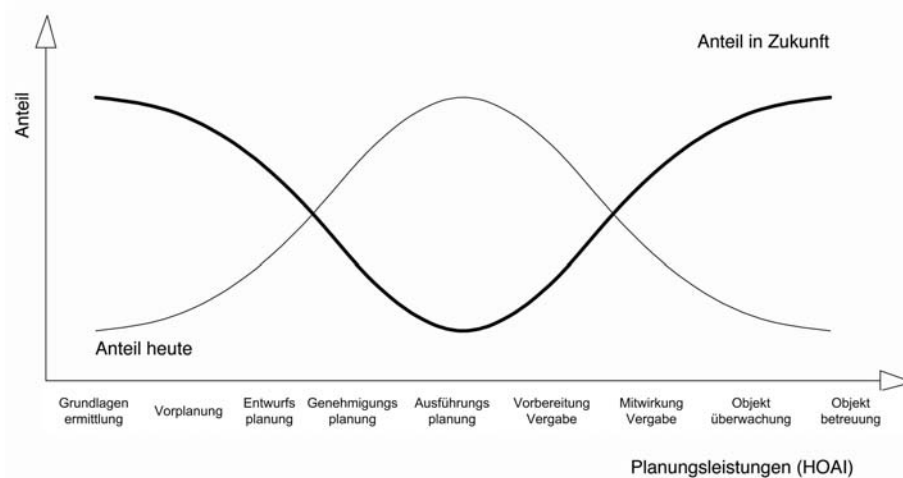


Abbildung 2.13: Prinzipielle Verschiebung der Bedeutung der Leistungsphasen

Neuerungen der Bautechnologie

Die Integration technischer Neuerungen in die architektonische Planungspraxis stellt für sich allein kein neues Phänomen in der Arbeit von Architekten dar. Vielmehr wird die permanente Aktualisierung der Kenntnisse in diesem Bereich von den Berufsvertretungen gefordert und von Seiten der Architekten im Prinzip geleistet. Die abzusehenden technischen Entwicklungen im Bereich der Sensorik und der Anlagenautomatisierung (Robotik und Domotik) werden aber zu ungewöhnlich weit reichenden Kompetenzen von Architekten und zu veränderten Anforderungen an Gebäuden führen. Hervorgehoben werden können in diesem Zusammenhang zum einen die *Radio Frequency Identification*-Technologien (RFID), also die funkgesteuerte Identifikation von markierten Gegenständen, und zum anderen Augmented Reality Anwendungen (siehe Kapitel 3.3.5). Für das Bauwesen sind in Zukunft aus dieser Richtung Anwendungen für die Unterstützung der Baustellenlogistik und Potentiale für die technische Gebäudeausrüstung für ältere oder behinderte Menschen zu erwarten [Wing 06]. Die Berücksichtigung dieser technischen Neuerungen wird beim Neubau in Zukunft gefordert sein und kann Architekten im Sanierungsbereich neue Betätigungsfelder eröffnen.

Einfluss neuer Technologien

Erweitertes Aufgabenfeld

Wie bereits festgestellt, werden auf Dauer mehr als die Hälfte der Absolventen des Studienfachs Architektur außerhalb des klassischen Tätigkeitsbereichs arbeiten. Bedingt durch die demographischen Entwicklungen und die Entwicklungen in der Bauwirtschaft wird sich dieser

Ausdehnung der Aufgabenbereiche

Trend in der Zukunft verstärken. Durch ihre Ausbildung und die Befähigung zur Lösung von komplexen Problemen werden Architekten in denjenigen Aufgabenbereichen agieren können, in denen verschiedene Fachdisziplinen gemeinsam an der Lösung von unübersichtlichen und umfangreichen Aufgabenstellungen arbeiten. Die möglichen Tätigkeitsfelder sind weit gestreut und werden in dieser Arbeit durch die Definition des *Systems Architecting* von [Rechtin 97] bestimmt. Rechtin und Maier definieren darin ein *System* als eine Sammlung von Elementen, die im Moment ihres Zusammenfügens etwas ermöglichen, das durch die Teilsysteme allein nicht erreichbar wäre. Als die Kunst und die Wissenschaft des *systems architecting* bezeichnen sie dann die Fähigkeit Systeme mit qualitativ-heuristischen Methoden (*art of systems architecting*) oder mit quantitativ-analytischen Methoden (*science of systems architecting*) aufzubauen. Diese umfassende Definition lässt sich auf Produkte und Dienstleistungen anwenden und legt der inhaltlichen Ausrichtung der Systeme keine Beschränkungen auf.

Spezifische Kompetenzen von
Architekten

Architekten qualifizieren sich vor allem durch drei spezifische Kompetenzen dazu, innerhalb dieser weit gefassten Definition von Systemen zu agieren:

- Umgang mit unscharfen Aufgabenstellungen: Sie können mit einer unvollständigen Beschreibung eines Problems sowie mit Veränderung der Aufgabenstellung zur Laufzeit umgehen.
- Teammoderation: Sie sind in der Lage, ein interdisziplinär aufgebautes Planungsteam zu moderieren, können Abhängigkeiten von Einzelleistungen erkennen und deren Zusammenwirken steuern.
- Schnelle Wissensakquisition: Sie verfügen über ein funktionierendes und persönliches Wissensmanagement und können in für sie neue und unbekannte Bereiche integriert werden.

Die Definition von [Rechtin 97] wird in Kapitel 5.1 aufgegriffen und als Grundlage eines erweiterten Architekturbegriffs verwendet.

2.7.2 Arbeitsumfeld

Einflüsse auf das Arbeitsumfeld

Neben den bearbeiteten Planungsaufgaben ist die Veränderung der Arbeitsweise für das zukünftige Berufsbild entscheidend. Wie heute schon Realität, wird auch in Zukunft die Mehrheit der Architekten mit hoher Wahrscheinlichkeit in kleinen Bürogruppen mit ein bis drei Personen arbeiten. Die Gruppen werden darauf angewiesen sein, sich schnell und projektbezogen zu temporären Arbeitsgemeinschaften zusammenzu-

schließen, um ihre Kompetenzen für komplexe Bauaufgaben zu bündeln. Offensichtlich ist ebenfalls, dass die Planungsteams in hohem Maße auf Informationstechnologien angewiesen sein werden und in der Lage sein müssen, die dafür notwendige Infrastruktur selbstständig einzurichten, verwalten und anwenden zu können. Diese Aufgabe ist nicht trivial und erfordert eine eingehende Auseinandersetzung mit technischen und organisatorischen Regeln. Die Organisation des eigenen Studiums bildet einen guten Rahmen zum Einüben der geforderten Fähigkeiten und simuliert durch Gruppenarbeit reale Projektarbeit. Die dort personalisierten Arbeitsumgebungen können im Idealfall vollständig in die Berufspraxis überführt werden.

Die Büros werden zudem eine durchgängige betriebswirtschaftliche Organisation ihrer Arbeitsumgebung praktizieren müssen. Wie bereits festgestellt wurde, findet vor allem in kleinen Bürogemeinschaften eine unzureichende betriebswirtschaftliche Beurteilung der eigenen Tätigkeit statt [Hommerich 06]. Die Arbeitsumgebung dort ist in der Regel geprägt durch eine hohe Präsenzzeit und einer fehlenden Zeiterfassung für die einzelnen Projektarbeiten. Gefordert ist hier die Einführung einer durchgängigen Projektbearbeitungsstrategie, die zum einen die Kontrolle über die eingesetzten Ressourcen steuert und andererseits die schnelle Aufnahme neuer Projekte auf Grundlage von dokumentierten Vorgehensweisen erleichtert.

Betriebswirtschaftliche Ausrichtung

Das Architekturbüro der Zukunft wird sich als Partner präsentieren müssen, der sämtliche Leistungsphasen eines Bauprojektes anbieten kann, aber nicht jede dafür notwendige Fähigkeit vorhalten muss. Vielmehr muss das Büro in der Lage sein, fehlende Kompetenzen von außen einzubinden und zu virtuellen Bürogemeinschaften formen zu können. Voraussetzung dafür ist der Aufbau eines dynamischen Netzwerks mit Teilnehmern unterschiedlicher Fachbereiche und die Kompetenz zum Aufbau und Betrieb von Datenbanksystemen.

Einbinden von Kompetenzen

3 Informationstechnische Werkzeuge

*Wer nichts als die Chemie versteht,
versteht auch die nicht recht.*

Georg Christoph Lichtenberg (1742 - 1799), Physiker

Durchdringung mit Informationstechnologien

Die Verwendung von digitalen Informationstechnologien (IT) hat das Arbeitsumfeld und die Arbeitsweise von Architekten in den vergangenen Jahren in hohem Maße beeinflusst und nachhaltig verändert. Es ist heute offensichtlich, dass wesentliche Teile im Leistungsspektrum von Architekten durch die Verwendung von IT und darauf aufbauenden Methoden geprägt sind. Bei genauer Betrachtung der stattfindenden Prozesse wird darüber hinaus deutlich, dass die Durchdringung mit IT nicht nur zu partiellem Ersatz von Werkzeugen geführt hat, sondern sich eine durchgängige Integration in den gesamten Planungsprozess abzeichnet. Die Verwendung von informationstechnischen Werkzeugen und Methoden entwickelt sich damit zu einem zentralen und durchgängigem Phänomen in der Ausübung der Architektenberufs.

Potentiale der Werkzeuge

Um diesen Standpunkt zu belegen, wird in diesem Kapitel zuerst die historische Entwicklung der informationstechnischen Werkzeuge betrachtet. Aus dieser Analyse ergeben sich wichtige Hinweise, welche Rolle informationstechnische Werkzeuge und Methoden zukünftig in den Bauprozessen spielen werden und wie sie sich in die Arbeitsumgebung von Architekten integrieren können. Für die Aufstellung von Szenarien wird dann allgemein beschrieben, wie neue Produkte und Verfahren in den Markt einfließen und dort von Anwendern übernommen oder abgelehnt werden. Die vorgestellten Verfahren werden dazu verwendet, die zukünftige Präsenz von informationstechnischen Werkzeugen in den Planungsprozessen der Architektur zu bestimmen. Anschließend wird untersucht, wie der Einsatz von neuen Technologien zu neuen Methoden führt und welche Auswirkungen sich daraus für die Ausbildung und die Berufspraxis erwarten lassen. Als Ergebnis der Untersuchung werden dann sechs informationstechnisch geprägte Themenbereiche beschrieben und als Grundlage für die didaktische Szenarien der darauf folgenden Kapitel verwendet.

3.1 Historische Entwicklung und heutige Stellung

Die Diffusion von Informationstechnologien in die Planungsarbeit von Architekten erfolgt seit den frühen 1960er Jahren kontinuierlich aber nicht parallel zur allgemeinen Entwicklung der Informatik. Auffallend ist, dass die Übernahme von informationstechnischen Neuerungen in die Breite der Architekturbüros bis heute in der Regel zeitversetzt zu anderen planenden Berufen wie beispielsweise dem Maschinenbau stattfindet. Die Entwicklungen auf dem Gebiet der IT sind in der Regel in prototypischer Implementierung im universitären Umfeld eingeleitet worden, durch industrienaher Kooperationen zur Reife gelangt bis sie schließlich durch kommerzielle Umsetzungen in den Markt und die Produktion diffundierten. Einige Beispiele dieser Prozesse zeigt Abbildung 3.1.

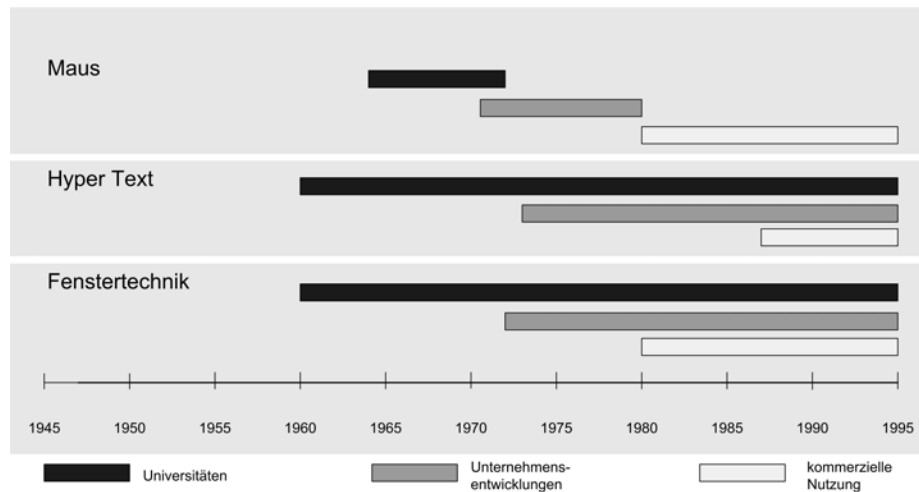


Abbildung 3.1: Initiatoren von technischen Neuerungen

Quelle: [Myers 98]

Die Etablierung der speziell für die Bauplanung relevanten computer-gestützten Zeichenwerkzeuge vollzog sich nach diesem Prinzip und begann mit den Arbeiten von

- Christopher Alexander und Marvin Manheim: HIDECS (hierarchical decomposition of a set with an associated graph) von 1962 in Berkeley [Alexander 64]
- Ivan Sutherland: Sketchpad - A Man-Machine Graphical Communication System, Massachusetts Institute of Technology (MIT) [Sutherland 63]

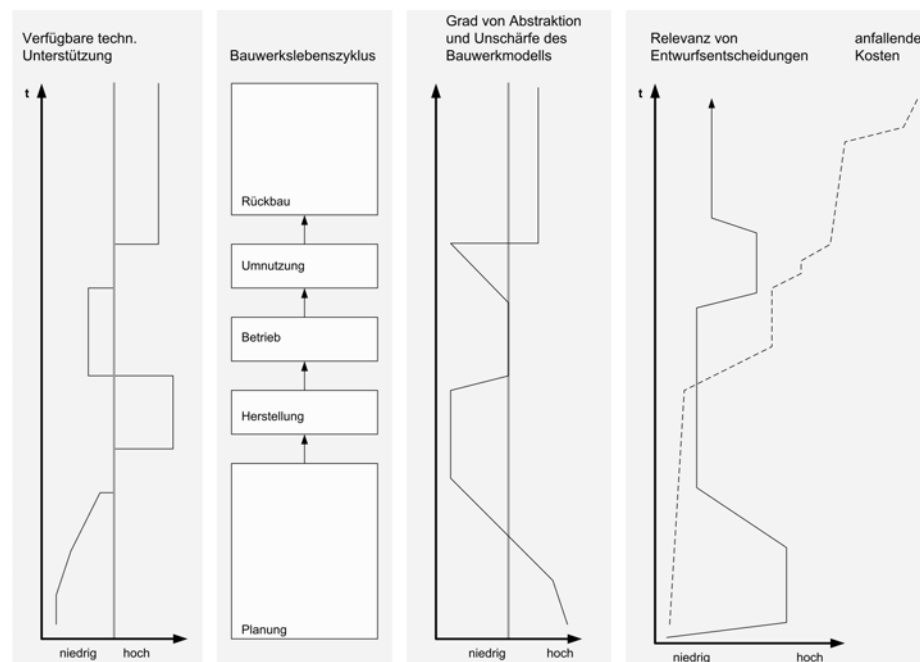
- sowie Nicholas Negroponte und Leon Groisser mit Urban 5 - A Machine that Discusses Urban Design, MIT, [Negroponte 70] und [Negroponte 72].

Kommerzielle Produkte

Die Projekte untersuchten die Potentiale der informationstechnischen Entwicklungen unter Berücksichtigung architekturenspezifischer Anforderungen. Die ersten kommerziellen Umsetzungen und Anwendungen in den Planungsbüros fanden aber in anderen Berufssparten, vornehmlich des Maschinen- und Anlagenbaus, statt und führten zur Entwicklung der Systeme CATIA [Dassault Systèmes] und AutoCAD [Autodesk]. Die Verbreitung der informationstechnischen Anwendungen in den Architekturbüros wurde schließlich durch fallende Anschaffungskosten bei gleichzeitiger Steigerung der Rechnerleistungen seit Mitte der 1980er Jahre gefördert. Über den Bauwerkslebenszyklus hinweg stehen heute eine hohe Anzahl von IT-Anwendungen mit unterschiedlicher Gewichtung in den einzelnen Phasen zur Verfügung (Abbildung 3.2).

Abbildung 3.2: IT-Anwendungen im Bauwerkslebenszyklus

Quelle: Graphik nach [Hartmann 00]



Einbindung der IT in die Lehre

Die Integration der IT in Forschung und Lehre der Architekturfakultäten erfolgte uneinheitlich und wurde an vielen Einrichtungen durch eine grundsätzliche Skepsis verzögert, welche die Vereinbarkeit von Computertechnologien und der künstlerischen Arbeit der Architekten prinzipiell anzweifelte. Diese Skepsis ist mitverantwortlich für die Entwicklung von zwei unterschiedlichen Typen von didaktischen Umset-

zungen der Rechnerausbildung an den Architekturfakultäten. Zum einen wurden Lehrstühle eingerichtet, welche die Lehre im Bereich der Informationstechnologien isoliert von der Bearbeitung von Entwurfsaufgaben anbot. Zum anderen erweiterten oder veränderten bestehende Entwurfslehrstühle durch die Integration von Informationstechnologien ihr bisheriges Aufgabenfeld und entwickelten darauf aufbauend Lehr- und Forschungsschwerpunkte. Die grundsätzliche Unterscheidung der didaktischen Umsetzung ist an den Fakultäten bis heute erkennbar.

Obwohl informationstechnische Werkzeuge zu Beginn ihrer Diffusion in die Planungsbüros lediglich bekanntes menschliches Verhalten nachgeahmt haben, wurden sie zu Beginn in den Büros von speziell ausgebildeten Mitarbeitern angewendet. An den Hochschulen äußerte sich der gleiche zögerliche Umgang mit den neuen Werkzeugen dadurch, dass ihre Vermittlung vorerst nicht verbindlich für alle Studierenden war, sondern in der Regel als Wahlmöglichkeit in der Oberstufenausbildung angeboten wurde.

Für Hochschule und Büro ergaben sich durch die Spezialisierung einer Gruppe von Anwendern zwei unterschiedliche und vergleichbar schwerwiegende Konsequenzen. Für die Bearbeitung von Bauprojekten mit computergestützten Verfahren konnte beispielsweise der Fall eintreten, dass eine in der CAD-Anwendung aufgebaute Werkplanung beim Ausfall der zuständigen Spezialisten nicht mehr zugänglich war und zu ökonomischen Konsequenzen führen konnte. Parallel dazu entwickelte sich ein Betreuungsproblem an den Hochschulen. Der Wissensstand der Studierenden über informationstechnische Werkzeuge und deren Potentiale war teilweise höher als die entsprechende Kompetenz der Lehrenden und beeinträchtigte die Kommunikationsebene in den Betreuungen. Teilweise wurden auch die bisher festgesetzten Rollen der Lehrenden und Lernenden aufgebrochen und unvermittelt gewechselt.

Auswirkungen der Spezialisierung

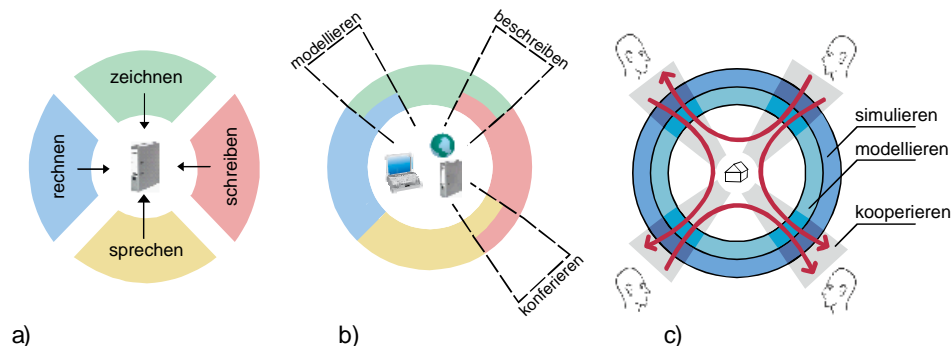
Obwohl an den Hochschulen die Ausbildung in den CAD-Anwendungen heute auf Anwenderniveau umgesetzt ist, setzt sich diese Diskrepanz bis heute fort, da sich die Werkzeuge und die darauf aufbauenden Methoden weiterentwickeln und zu neuen Anforderungen führen. Diese Situation muss aus folgenden Gründen als kritisch eingestuft werden:

- die informationstechnischen Werkzeuge haben sich von der reinen Nachahmung menschlicher Fähigkeiten wegentwickelt und ermöglichen heute Verfahren, die keine Vorbilder im konventionellen Vorgehen haben. Die Orientierung und das Handeln in diesem Kontext ist dadurch erschwert worden.
- die informationstechnischen Werkzeuge sind nicht mehr Anwendungen für einzelne Planungsabschnitte, sondern werden zunehmend zu einer umfassenden digitalen Werkzeugkette für den gesamten Planungsprozess integriert.

Veränderung der Arbeitsstrukturen durch IT

Die Integration von rechnergestützten Verfahren hat zu erheblichen Störungen und Fragmentierungen der gewohnten Arbeitsweisen geführt. Die bekannten analogen Verfahren sind in vielerlei Hinsicht zwar weniger leistungsfähig und gerade für das räumlich verteilte Arbeiten ungeeignet, aber durch die ausschließliche Verwendung analoger Speichermedien und erprobter Kooperationsverfahren in sich konsistenter und schlüssiger. Die Einführung von IT-Anwendungen mit unterschiedlichen Datenformaten und Speichermedien führen dagegen zuerst zu einer Störung der Planungsprozesse durch massive Schnittstellenprobleme zwischen unterschiedlichen Leistungsphasen und Planern. Zudem werden die in diesem Umfeld produzierten Daten teilweise sowohl analog als auch digital gehalten und führen damit zu Konflikten bei der Versionierung und zu unklaren Sicherungskonzepten. Abbildung 3.3 stellt die beschriebenen Unterschiede zwischen den rein analog geprägten Informationsflüssen der Vergangenheit (Situation a) und der heute vorhandenen Fragmentierung der digitalen Variante dar (Situation b). Die Graphik wird ergänzt durch die für die Zukunft erwartete Integration der Informationstechnologien bei Verwendung eines einheitlichen Produktdatenmodells (Situation c).

Abbildung 3.3: Einfluss der IT auf Informationsflüsse



Die wesentlichen Tätigkeiten in den Planungsprozessen wird in der analogen Arbeitsumgebung in die Kategorien *Zeichnen*, *Schreiben*, *Sprechen* und *Rechnen* unterteilt. Die entstehenden Informationen und Dokumente werden als Pläne, Aktennotizen, Mengenermittlungen etc. chronologisch oder thematisch in Ordnern verwaltet. Die Kooperation der Fachplaner basiert dann auf der Vervielfältigung und Weitergabe der Materialien. Das Verfahren hat sich über einen langen Zeitraum entwickeln können, ist daher erprobt, konsistent und kann eine hohe Effektivität der Planungsprozesse erreichen.

Mit der Integration von IT-Anwendungen wird das analoge System massiv gestört (Abbildung 3.3 b). Im Zentrum der Planungsprozesse stehen jetzt lokale und entfernte Rechner, unterschiedliche Speicher- und Transportmedien sowie die weiterhin verwendeten analogen Verfahren. Die Grenzen der vier Aktivitäten lösen sich auf und die Weitergabe von Informationen wird durch proprietäre Datenformate erschwert. Die digitale Verarbeitung von Informationen steht in Konkurrenz zu parallel verwendeten analogen Methoden und führt zur Versionskonflikten und nicht konsistenten Sicherungskonzepten. Die Informationsflüsse zwischen den Anwendungen und den Fachplanern sind daher fragmentiert und uneinheitlich. Gleichzeitig wird es aber beispielsweise möglich, die in den CAD-Umgebungen abgelegten geometrischen Informationen für die Weiterverarbeitung in Ausschreibungsprogrammen zu nutzen oder Zeichnungselemente mit beschreibenden Sachdaten zu verknüpfen. Es deutet sich mit diesen Schnittstellen an, dass zwischen den Bereichen effektive informationstechnisch gestützte Verfahren möglich sind und zu Synergien in den Planungsprozessen führen können. Sie sind in Abbildung 3.3 b durch die Arbeitsfelder *Modellieren*, *Konferieren* und *Beschreiben* gekennzeichnet.

Uneinheitliche Systeme durch Integration von IT

Die Unterstützung der Planungsprozesse durch informationstechnische Werkzeuge basiert darauf, dass die in den einzelnen Aktivitäten bearbeiteten Informationen durch geeignete Übergabeformate weitergeleitet werden können. Da die Effektivität dieses zirkulierenden Verfahrens durch die Qualität der verwendeten Schnittstellen bestimmt ist, muss auf Grund der heute unzureichend ausformulierten Übergabeformate der Informationsfluss in Situation b als unvollständiger und unterbrochener Vorgang charakterisiert werden. Er stellt in diesem Sinne eine *schwache* digitale Kette der Planungsunterstützung dar.

Mit der Einführung eines umfassenden Gebäudeproduktmodells (siehe Kapitel 3.3.2 „Computergestütztes Modellieren und die IFC“) dreht

Grundlegende Änderung der Arbeitsstruktur durch IT

sich dann der bisherige Informationsfluss grundlegend um (Abbildung 3.3 c). Entscheidend wird jetzt, dass die Informationen der Fachplaner in ein zentrales Produktmodell fließen und im Planungsverlauf eine digitale Beschreibung des Gebäudes aufbauen. Der Austausch von Informationen und die Kooperation der Beteiligten finden über das Gebäudeproduktmodell statt und ersetzen das bisherige schnittstellengebundene zirkuläre Verfahren. Der Kommunikationsweg zwischen den Fachplanern basiert auf der Generierung problemspezifischer Sichten auf das Modell und der Auswertung der geometrischen und semantischen Informationen in Simulationsprozessen.

Mit der Bereitstellung eines umfassenden und konsistenten Produktdatenmodells stellt die in Abbildung 3.3c dargestellte Planungsumgebung eine Idealform der Kooperationsunterstützung dar. In den nachfolgenden Kapiteln soll untersucht werden, inwieweit diese Vorstellung realistisch ist, und in welchem zeitlichen Rahmen mit einer Umsetzung gerechnet werden kann.

3.2 Die Diffusion von neuen Produkten und Verfahren

Die Marktdurchsetzung neuer Techniken und Verfahren wird von [Rogers 03] als Diffusion oder Ausbreitung bezeichnet. Sie wird durch Angabe der Akzeptanz, in der Regel also die Anzahl der Nutzer der Neuerung, bezogen auf einen zeitlichen Abschnitt definiert. Die Geschwindigkeit der Diffusion (Adoptionsrate) wird bestimmt durch das Marktpotential des Produkts sowie der Wahrscheinlichkeit der Annahme der Neuerung durch die Mitglieder des in Frage kommenden sozialen Systems.

Prognosemodelle in der Wirtschaft

Für die Bewertung der Zukunftsfähigkeit von Produkten und Dienstleistungen wurden in den Wirtschaftswissenschaften Modelle entwickelt die unter verschiedenen Vorgaben die Diffusionsgeschwindigkeit und Erfolgsaussichten von neuen Produkten, Verfahren und Werkzeugen prognostizieren. Weite Verbreitung findet die Modelle nach Frank Bass [Bass 69] sowie die Hype Cycles der Gartner Group [Gartner]. Beide Modelle produzieren auf Grund von Recherchen über ein Gebiet qualitative und quantitative Voraussagen über dessen Entwicklung und bilden die Ergebnisse ihren Untersuchungen als Graphen über die Zeit ab.

Diffusionsprozess nach Bass

Die graphische Darstellung eines typischen Diffusionsprozesses nach [Bass 69] bildet eine in vier Bereiche unterteilbare S-förmige Kurve. Die parallel stattfindende qualitative Weiterentwicklung wie beispielsweise die Maximierung der Effizienz oder der Zuverlässigkeit klassifiziert [Mann 99] dabei in verschiedene Phasen der Optimierung des Produkts (siehe Abbildung 3.4).

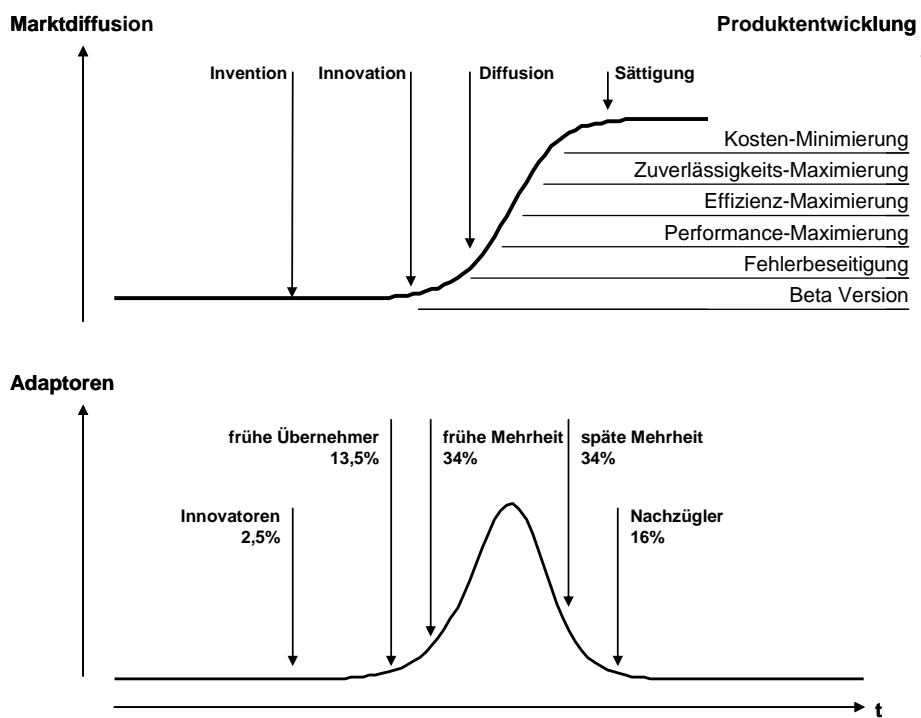


Abbildung 3.4: Diffusionskurve, Adaptionkurve und Produktentwicklung

Zu Beginn der Phase der Invention befindet sich das Produkt im Entwicklungszustand und ist nur in Expertenkreisen bekannt. Das Produkt ist prototypisch und hat noch nicht seine endgültige Form erreicht. Nur eine kleine Anzahl von Produkten schafft den Sprung in die zweite Phase, wird veröffentlicht und muss sich im Markt behaupten. Neben den Experten werden jetzt vor allem engagierte Erstnutzer zu den Protagonisten der weiteren Adoption des Produkts. Sie überprüfen die Neuerung auf Grund ihrer eigenen Erfahrung und hinsichtlich ihrer Erwartungen und vergleichen sie mit bekannten und ähnlichen Produkten. Dabei kann beobachtet werden, dass in den ersten Diffusionsphasen von neuen Technologien der Gebrauch auch auf Bereiche ausgedehnt wurde, für welche das neue Werkzeug eigentlich nicht konzipiert

Phasen der Produkteinführung

wurde. Diese Phase des Testens und des Versuchs ist typisch für die Einführung eines neuen Mediums und notwendig um Fähigkeiten und Tragweite des neuen Produkts auszuloten und die persönliche Weiterempfehlung des Produkts im sozialen System der Erstnutzer wird zum wichtigen Parameter der weiteren Ausbreitung des Produkts. Gerade technische Neuerungen profitieren dabei von den erweiterten Kommunikationsdiensten des Internet. Die Möglichkeit hier, schnell und effektiv sehr viele gleichgesinnte Menschen zu erreichen kann zu schnellen Diffusionsprozessen führen und konventionelle Werbemechanismen übertreffen. Die Geschwindigkeit mit der ein neues Produkt dann nach Ende der Innovationsphase in den Markt diffundiert wird nach [Lilien 03] beeinflusst durch

- Vorteil gegenüber anderen Produkten
- Kompatibilität mit existierenden Produkten
- Einfachheit des Produkts
- Möglichkeit des Tests im Vorfeld der Adoption
- Überprüfbarkeit der Vorteile
- Kosten

Personengruppen in den Diffusionsphasen

Die Personen, die im Verlauf der Diffusion ein neues Produkt oder eine neue Dienstleistung annahmen, werden dabei von [Rogers 03] in fünf Gruppen unterteilt:

- Die Innovatoren: Sie sind in der Regel risikofreudig, technikbegeistert und gut informiert. Sie bilden mit lediglich 2,5% eine Minderheit in ihrem sozialen System.
- Frühe Übernehmer: Sie bilden mit 13,5% eine größere Gruppe, genießen in ihrem Umfeld Anerkennung und sind in Meinungsfragen Vorbild.
- Frühe Mehrheit: Sie verfügen in der Regel über weniger Kaufkraft und gehen bei der Adoption von neuen Produkten überlegter vor und warten Anfangsschwierigkeiten sowie erste Preisreduktionen ab (34%).
- Späte Mehrheit: Sie ist anteilmäßig gleich groß wie die der *Frühen Mehrheit*. Sie nimmt aber Neuerungen erst auf, wenn deren Funktionen und Nützlichkeit erwiesen sind, die Preise deutlich gefallen sind und der soziale Druck der unmittelbaren Umgebung ansteigt.

- Nachzügler: Die letzten 16% der Umgebung gelten als sehr skeptisch und traditionsverhaftet. Sie entschließen sich erst dann zur Annahme der Neuerung, wenn der soziale Druck Ihres Umfelds zu groß wird.

Die Diffusion von neuen Produkten und Verfahren wird dabei zum einen durch den Grad der Innovation bestimmt, die als externe Einflussgröße die Wahrscheinlichkeit beschreibt, mit der sich ein Nutzer auf Grund der Leistungsmerkmale der Neuerung entscheidet ein neues Produkt zu erwerben. Die zweite Einflussgröße ist der Grad der Imitation, welcher die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der ein Nutzer auf Basis persönlicher Kontakte und Mundpropaganda in seinen sozialen Systemen dazu angeregt wird, ein neues Produkt oder eine neue Dienstleistung anzunehmen. In der den Graphen zu Grunde liegenden Gleichung gehen die beiden Werte als Innovationsparameter p und Imitationsparameter q ein. Der Verlauf der Diffusion wird dann über die Angabe der adaptierten Einheiten über die Zeit abgetragen, und wird durch das Marktpotential m begrenzt.

Parameter der Diffusion

$$x_t = \left(p + q \frac{x_{t-1}}{m} \right) (m - x_{t-1})$$

Gleichung 3.1: Diffusionsprozess nach [Bass 69]

x_t : Anzahl der eingeführten Systeme zum Zeitpunkt

p : Innovationsparameter

q : Imitationsparameter

m : Marktpotential

x_{t-1} : Kulminierte Anzahl der Systeme zum Zeitpunkt $t - 1$

Innovationsparameter p und Imitationsparameter q bestimmen dabei sowohl durch ihren absoluten Wert als auch durch ihr Verhältnis zueinander die Qualität der Diffusion. Hohe Werte für den Innovationsparameter p führen zu Diffusionskurven, die zu Beginn und zum Ende schnell ansteigen beziehungsweise auslaufen. Hohe Imitationsparameter q dagegen weisen auf Entwicklungen hin, die langsam eingeführt werden und im weiteren Verlauf aber beschleunigt diffundieren. Sind die Werte des Imitationsparameter q in der angesetzten Gleichung größer als p , ergeben sich typische S-förmige Diffusionskurven, die häufig bei der Einführung gänzlich neuer Produkte beobachtet werden können. Ist dagegen q kleiner als der Innovationsparameter p ergeben sich Diffusionskurven, die in ihrer Form an ein umgedrehtes J erinnern. Sie zeigen sich häufig bei neuen Produkten, die mit einem geringen Risiko

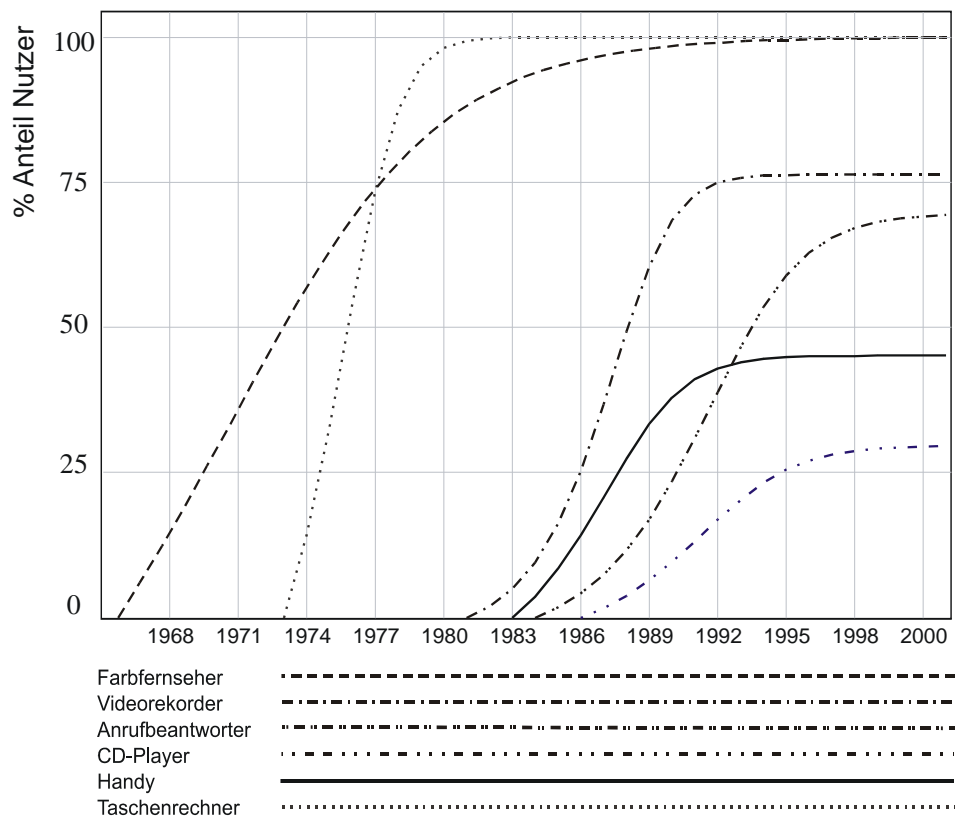
Auswirkungen der Parameter

verbunden sind [Bulte 02]. Als Durchschnittswerte kann auf Grund der Meta-Analyse von Diffusionen für die Parameter p und q ein Wert von 0,04 beziehungsweise 0,3 angenommen werden [Sultan 90].

Am Beispiel bereits abgeschlossener Diffusionen werden in Abbildung 3.5 einige Prozesse mit unterschiedlichen Charakteristiken gegenübergestellt.

Abbildung 3.5: Diffusionsgeschwindigkeit von beispielhaften Neuerungen

Quelle: [Lilien 00]



Diffusionsprozess nach Gartner

Phasen des Hype Cycle

Die unter dem Namen Hype Cycle bekannten Prognosemodelle der Gartner Gruppe [Gartner] teilen den Diffusionsverlauf eines neuen Produkts in fünf aufeinander folgende Abschnitte ein und bilden über der horizontalen Zeitachse die *Sichtbarkeit* einer Technologie ab. Der Begriff umschreibt die Präsenz der Neuerung in den Medien und in der öffentlichen Meinung. Das Interesse an einem neuen Produkt erreicht demnach nach der technologischen Erfindung (Technology Trigger) den höchsten Grad der öffentlichen Aufmerksamkeit (Peak of Inflated

Expectations), welcher allerdings dadurch gekennzeichnet ist, dass die in das neue Produkt gesetzten Erwartungen überzogen sind und vom Produkt selbst nicht vollständig erfüllt werden können. Dieser Umstand führt zum weitgehenden Verschwinden des neuen Produkts im *Tal der Desillusionierung* (Trough of Disillusionment). Erfolgreiche Produkte überwinden diesen Tiefpunkt und treten nach der *Aufklärung* (Slope of Enlightenment) in die Phase der Produktivität ein und erreichen dann ein über den Kreis von Spezialisten hinausragendes breites Publikum.

Das in einem Hype Cycle beschriebene Verhalten lässt sich deutlich bei der Einführung von neuen Technologien beobachten. Zu Beginn werden unrealistische Erwartungen an die Fähigkeiten der neuen Technologien geweckt und führen verbunden mit Unkenntnis der Nutzer zu einer nicht realistischen Sicht auf die möglichen Produktleistungen. Als aktuelles Beispiel kann die Einführung der RFID (Radio Frequency Identification-Technologie) angeführt werden (siehe Kapitel 2.7.1). Die Technologie erlebte, obwohl ihre Prinzipien schon seit längerem bekannt sind, in den 1990er Jahren, bedingt durch visionäre Szenarien aus dem Umfeld der Logistik, eine sehr hohe Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit und Fachwelt. Obwohl die öffentliche Beachtung der Technologie sank, wurden die Potentiale der Technik in der Fachwelt weiter untersucht und sind mittlerweile in zahlreichen Anwendungen umgesetzt.

Beispiele des Hype Cycle

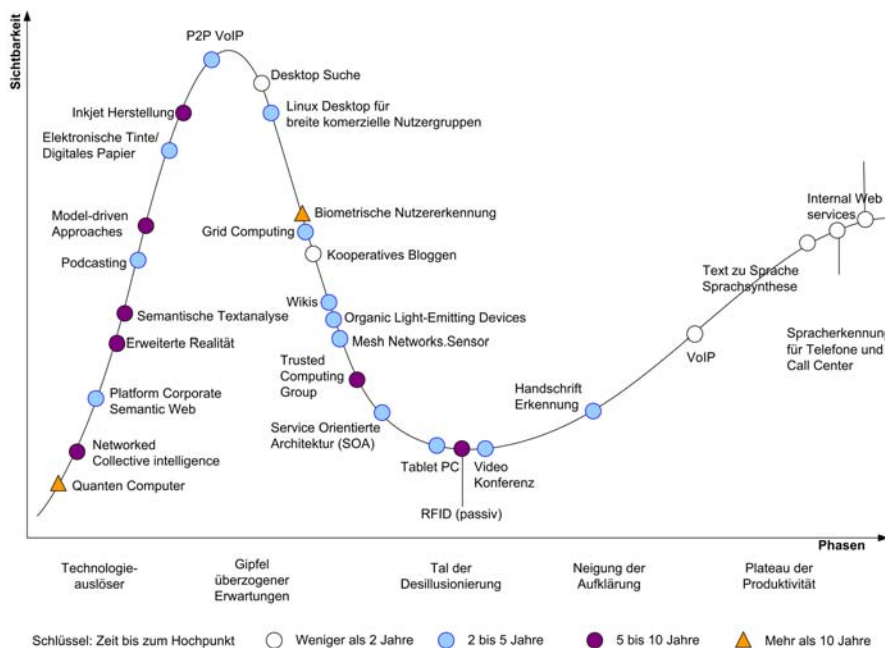


Abbildung 3.6: Einschätzung verschiedener Technologien auf einem Hype Cycle (Stand 2005)
Quelle: [Gartner]

S-Kurven und Hype Cycles

S-Kurven visualisieren ökonomische Diffusionsraten einer Neuerung über die Zeit hinweg, während die Berechnungen der Gartner Gruppe die öffentliche Wahrnehmung des Produkts beschreiben. Die beiden vorgestellten Verfahren treffen damit Aussagen mit unterschiedlichen Fokussierungen, behandeln aber im Wesentlichen den gleichen wirtschaftlichen Prozess. Da die vorliegende Arbeit qualitative Aussagen über das Potential von technischen Entwicklungen verwertet, lassen sich beide Methoden uneingeschränkt zur Prognostizierung der Entwicklung von Werkzeugen und Verfahren verwenden.

3.3 Anwendungen in der Architektur

*Beurteilung der IT-
Werkzeuge im Kontext der
Architektur*

In den nachfolgenden Kapiteln werden die heute im Bauwesen relevanten Anwendungen von Informationstechnologien vorgestellt. Nach einer jeweils kurzen historischen Betrachtung wird der aktuelle technische Stand des Anwendungsbereichs beschrieben und das ersichtliche Potential des Werkzeugs für das zukünftige Arbeitsumfeld von Architekten diskutiert.

3.3.1 Computergestütztes Zeichnen

Der Begriff CAD wird heute sowohl als Kurzform für *Computer Aided Design* als auch für *Computer Aided Drawing* verwendet. Als ursprüngliche und auch im internationalen Gebrauch heute weiter verbreitete Bezeichnung wird der Begriff *design* vorgezogen. Im angelsächsischen Sprachgebrauch umfasst dieser Begriff neben reinen Gestaltungsaufgaben auch Planungsleistungen und geht damit über dessen Verwendung in der deutschen Sprache hinaus. Im Architekturbereich wird in der Fachliteratur als weitere Unterscheidung der Begriff *Computer Aided Architectural Design (CAAD)* verwendet.

Erste CAD-Systeme

Die Ursprünge des CAD liegen in den frühen 1960er Jahren und wurden mit der Vorstellung des *Sketchpad* von Ivan Sutherland am Massachusetts Institute of Technology 1963 veröffentlicht [Sutherland 63]. Herausragendes Merkmal der Anwendung war die Interaktion des Benutzers mit dem Programm. Sie erfolgte über einen Leuchtstift direkt auf der Bildschirmoberfläche und ermöglichte die direkte Eingabe und Veränderung von einfachen geometrischen Elementen (Abbildung 3.7).

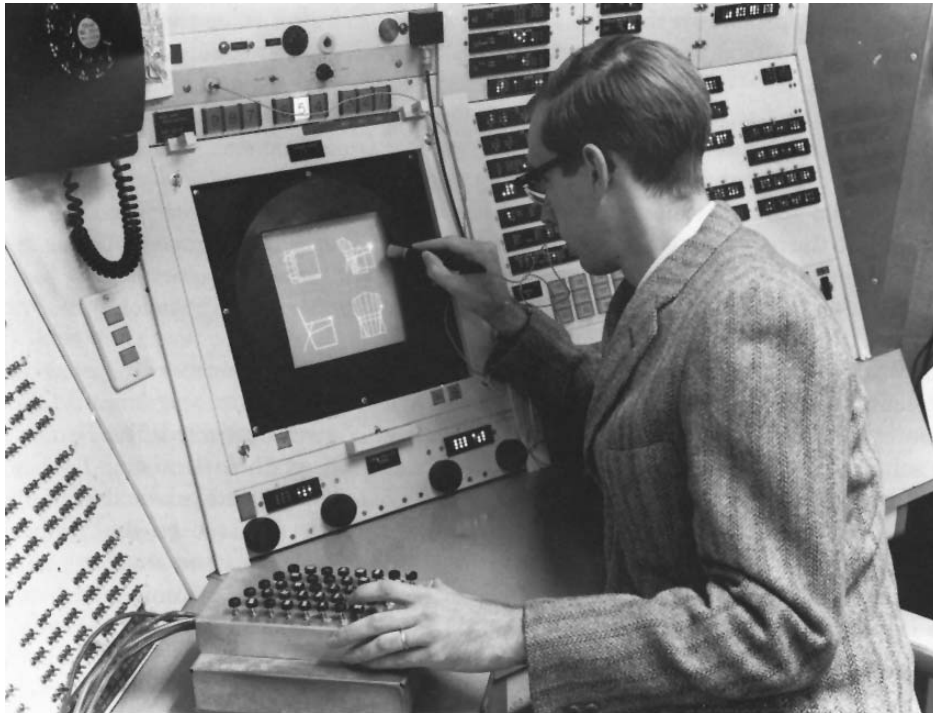


Abbildung 3.7: Ivan Sutherland und das Sketchpad System (1963)

Quelle: Sun Microsystems

Kommerzielle Anwendungen von CAD-Umgebungen etablieren sich dann Mitte der 1970er Jahre zuerst im Flugzeug- und Automobilbau und im Bauingenieurwesen. Obwohl die Anschaffungskosten für die Hard- und Softwarekomponenten, sowie die Einarbeitungszeit der Ingenieure nach heutigen Maßstäben sehr hoch ausfielen, konnte nachgewiesen werden, dass sich die Investitionen nach heutigem Äquivalent von ungefähr 100.000 Euro für einen Rechnerarbeitsplatz innerhalb der Abschreibungszeiträume auszahlen konnte [SIA 74].

Synchron mit der Entwicklung von kostengünstigen und leistungsfähigen PC-Systemen in den 80er Jahren verbreiten sich die CAD-Anwendungen dann zunehmend in den Planungsbüros. Die dabei verwendeten Versionen der CAD-Programme und die angeschlossene Peripherie zeichnen sich dadurch aus, dass sie wesentliche Merkmale konventioneller Arbeitsmethoden am Zeichenbrett nachahmen und in einfachen, anfänglich rein zweidimensionalen, Konstruktionen abbilden. Die sukzessive Weiterentwicklung von Hard- und Software bildete dann die Grundlage für zwei entscheidende Entwicklungen in den 1990er Jahren:

- CAD-Anwendungen entwickelten sich an den Hochschulen von einer Expertendomäne hin zu einem Grundlagenfach. Es wird von Absol-

Integration von CAD-Umgebungen in die Planungsbüros

venten erwartet, dass sie mindestens ein CAD-Programm sehr gut bedienen können.

- Die Arbeitsweise der Systeme entwickelt sich weg von der reinen Nachahmung des konventionellen Zeichnens. Der Aufbau von Zeichnungen unter Verwendungen geometrischer Grundelemente wird durch die zunehmende Verwendung von Bauteilbibliotheken und Einbeziehung von nicht-geometrischen Informationen in den Planungsprozess erweitert.

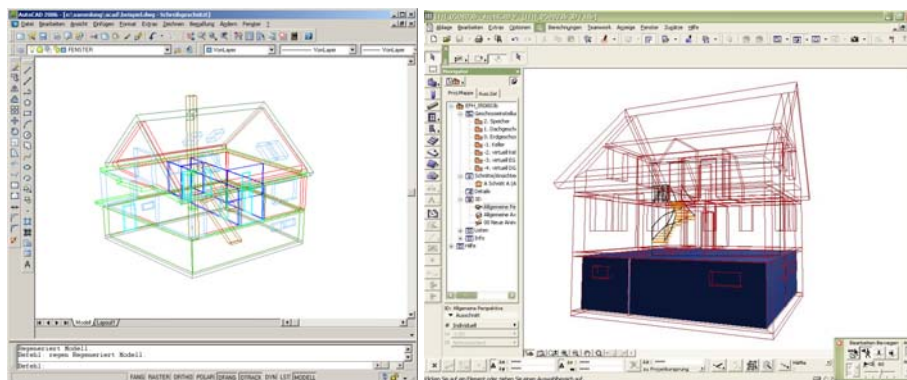
Geometriebasierte CAD-Anwendungen

Die etablierten CAD-Anwendungen lassen sich aus diesem Grund heute in prinzipiell zwei Kategorien aufteilen. Die *geometriebasierten* Systeme arbeiten mit rudimentären geometrischen Elementen wie Linie, Kreis, Quader etc. und können diese zu komplexen zwei- und dreidimensionalen Konstruktionen zusammenfügen. Die Anwender sind in der Regel selbst dafür verantwortlich, dass die Zeichnung sinnvoll und planungsunterstützend organisiert ist. Dies geschieht üblicherweise durch die Einführung von Zeichnungsebenen und die Zusammenfassung von geometrischen Objekten zu logischen und wieder verwertbaren Gruppen.

Objektbasierte CAD-Anwendungen

Die *objektbasierten* Systeme dagegen beruhen grundsätzlich auf der Verwendung von vordefinierten Zeichnungsobjekten wie Wände, Decken, Türen oder Fenster. Sie werden durch den Anwender ausgewählt und durch die Spezifizierung von verschiedenen Parametern für das bearbeitete Projekt angepasst und in die Zeichnung integriert. Die inhaltliche Strukturierung der Zeichnung wird basierend auf der Bibliotheksstruktur vom jeweiligen CAD-System übernommen.

Abbildung 3.8: Oberflächen von geometrie- und elementbasierten CAD-Systemen [Autodesk], [Graphisoft]



Merkmale von geometrie- und objektbasierten CAD-Anwendungen

Beide Systeme weisen in der planerischen Tätigkeit Vor- und Nachteile auf. Objektbasierte Systeme liefern beispielsweise schnell hochwertige dreidimensionale Konstruktionen unter der Voraussetzung, dass auf die

in den Bibliotheken vorgehaltenen Objekte zurückgegriffen wurde. Werden für die eigene Planung benötigte Objekte nicht vorgefunden, müssen diese aber in der Regel selbst spezifiziert werden.

Wesentlich aber für die Beurteilung der heute eingesetzten architektonischen Zeichenwerkzeuge ist das Maß der mit der Zeichnung transportierten Planungsinformationen. Bei der Gegenüberstellung der einzelnen Verfahren zeigt sich, dass Qualität und Quantität der vermittelten Informationen deutlich variieren. Abbildung 3.9 stellt die grundsätzlich praktizierten Zeichnungsarten gegenüber und führt den mit ihren Elementen transportierbaren Informationsgehalt auf.

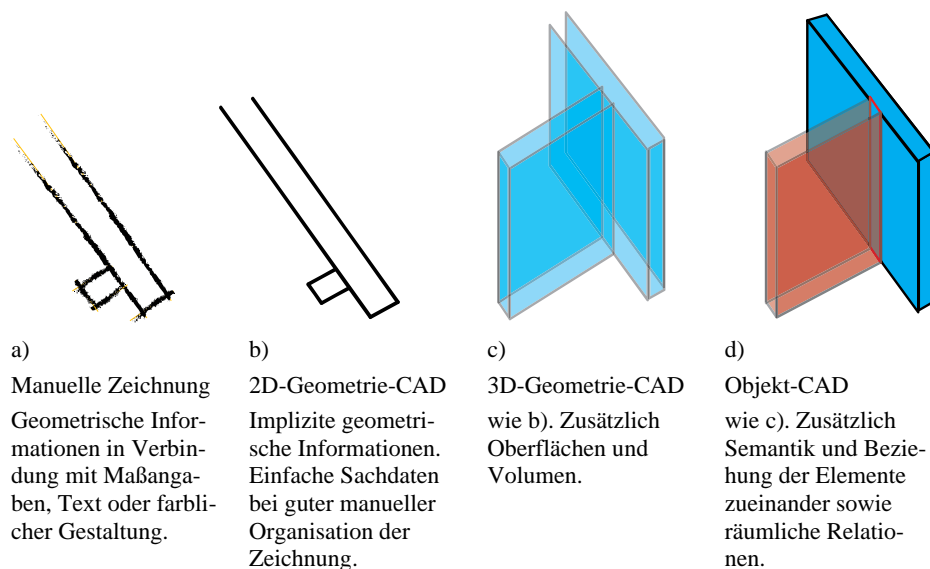


Abbildung 3.9: Steigerung des Informationsgehalt in Zeichnungen

Potential

Die Ausbildung an CAD-Programmen ist als Grundlagenfach an den Architekturfakultäten etabliert. Spätestens bei der Erstellung von Präsentationsplänen werden heute nahezu alle studentischen Zeichnungen mit Unterstützung von Informationstechnologien erstellt und veröffentlicht. Dabei stellt die Mehrheit der veröffentlichten Zeichnungen in der Ausbildung und der Berufspraxis zweidimensionale Inhalte dar [CIRIA 05]. Es kann gleichzeitig beobachtet werden, dass auf Grund der Zunahme des Anteils objektbasierter CAD-Umgebungen systembedingt vermehrt dreidimensional konstruiert wird, die Projekte aber weiterhin zweidimensional präsentiert werden.

Integrationsstand der CAD-Anwendungen

Das Potential der Entwicklungen im Bereich der CAD-Anwendungen liegt nicht im Ausbau der Produktfunktionalitäten, sondern im Umwandlungsprozess der Werkzeuge von geometrie- zum objektbasierten Arbeiten. Die dreidimensionale Planung ist dafür grundsätzliche Voraussetzung und wird in modernen CAD-Umgebungen durch das Modellierungswerkzeug selbst und ohne Zutun des Anwenders geleistet. Von diesem werden im Wesentlichen zweidimensionale Angaben erwartet, die durch die Abfrage von Höhenangaben vom System zu einem dreidimensionalen Ganzen ergänzt werden. Die Verwendung von Bauteilbibliotheken und einer zunehmend frühen Verknüpfung von geometrischen Angaben mit semantischen Informationen in die rechnerunterstützte Planungsarbeit führt gleichzeitig dazu, dass innerhalb der heutigen CAD-Umgebungen weniger gezeichnet sondern vielmehr konstruiert und durch die Auswahl von Optionen geplant wird. Trotz der vollzogenen Etablierung von CAD-Werkzeugen in die architektonische Planungspraxis ist deshalb durch den Übergang vom geometriebasierten Arbeiten hin zum elementbasierten Konstruieren eine Erweiterung der Werkzeugpotentiale zu erwarten. Sie lassen Auswirkungen auf die Planungsprozesse in der Praxis und auf deren didaktische Vermittlung in den Hochschulen erwarten.

Die Arbeit der *International Alliance for Interoperability* [IAI] bei der Umsetzung der *Industry Foundation Classes* (IFC) hat für diesen Prozess zentrale Bedeutung und wird im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

3.3.2 Computergestütztes Modellieren und die IFC

Produktdatenmodellierung

Als zentrales Thema der IT in der Architektur hat sich in den vergangenen Jahren, ebenso wie in anderen Industriezweigen auch, die Etablierung eines einheitlichen und lebenszyklusumfassenden *Produktdatenmodells* (PDM) herausgebildet [Junge 95]. Der Beginn dieser Entwicklungen im Bauwesen wird durch die Einführung des *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP) [ISO] im Jahre 1984 und des darin integrierten *General AEC Reference Model* (GARM) [Gielingh 88] markiert. Mit Beginn der Definition der *Industry Foundation Classes* (IFC) 1995 [IAI] wird der Prozess der unabhängigen Formulierung eines Produktdatenmodells für das Bauwesen bis heute fortgesetzt.

Während sich STEP Produktdatenmodelle für verschiedene Industrieprodukte etabliert haben, konzentriert sich die *International Alliance of Interoperability* (IAI) mit den IFC auf die einheitliche und durchgängige digitale Beschreibung von Gebäuden. Seit der Einstellung des für das Bauwesen entscheidenden Teils 106 der ISO 10303 und verschiedener Anwendungsprotokolle von STEP stellen die *Industry Foundation Classes* den alleinigen Standard für ein digitales Gebäudemodell dar.

Produktdatenmodelle für Gebäude

Die aktuelle Version IFC2x3 erlaubt die semantische Beschreibung von komplexen Geometrien und ermöglicht deren topologische Auswertung. Sie überträgt Bauelemente als Objekte mit beschreibenden Attributen und kann diese in unterschiedliche Beziehungen zueinander setzen. Ein durch IFC beschriebenes Fenster kann somit einschließlich notwendiger Durchbrüche als Teil der Wand beschrieben und übertragen werden. Eine Änderung der Fensterparameter in einem CAD-System wird dann die notwendigen Änderungen der Wand einleiten können. Gleichzeitig werden auch Räume und Raster als eigenständige Objekte behandelt. Räume ergeben sich daher nicht nur als logische Konsequenz der Anordnung von umgebenen Wänden sondern durch eine bewusste Definition des Planers. Sie können damit für weitere Planungsschritte relevante Informationen tragen und zum Beispiel in Form eines Raumbuchs in der Verwaltung der Gebäude eingesetzt werden. IFC2x3 erlaubt weiterhin die Abbildung von Organisationsstrukturen der beteiligten Planer sowie Angaben zu Termin-, Kosten- und Ausschreibungsmerkmalen. Die umfangreiche Datensammlung wird in der IFC Spezifikation mit der Einführung von Strukturierungsmaßnahmen kontrolliert. Die Sichten (views) auf den Gesamtbestand der Planung werden dabei für verschiedene Fachplaner und Planungssituationen vorgehalten und erlauben eine Extraktion von bedarfsgerechten Teilmengen aus dem Gesamtbestand der Informationen, deren Bearbeitung und Zurückführung. Die mögliche Unterstützung der räumlich verteilten Planung auf Basis der PDM konnte durch die Arbeiten an der Vega-Plattform aufgezeigt werden [Junge 97].

Merkmale der Produktdatenmodellierung

Abbildung 3.10: Direkter Datenaustausch und Planung mit einem PDM

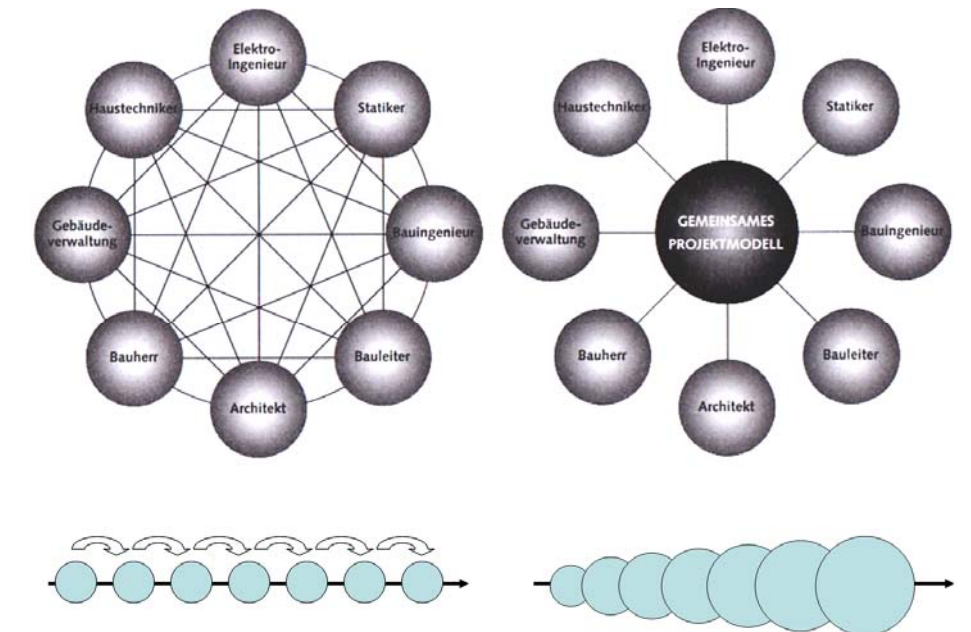


Abbildung 3.10 stellt plastisch gegenüber, wie das bisherige Vorgehen unter Verwendung diverser Übergabeformate die Planungsprozesse unterbricht. Die Kooperation auf Basis eines gemeinsamen Produktdatenmodells fördert dagegen den kontinuierlichen Aufbau von Planungswissen (siehe auch Kapitel 3.1 und Abbildung 3.3).

Potential

Mit der Etablierung einer durchgängigen digitalen Beschreibungssprache für Gebäude werden wesentliche Verbesserungen des Planungsprozesses auf verschiedenen Ebenen erwartet:

Datenaustausch und Kommunikation

Durch die Einführung der IFC soll der umfassende Informationstransfer beim Datenaustausch zwischen verschiedenen CAD-Systemen sichergestellt werden. Das heute übliche Verfahren der Übergabe von geometrischen Informationen im *Drawing Exchange Format* (DXF) [Autodesk] kann nur die Portierung von geometrischen Informationen gewährleisten. Zudem wird das Format durch eine eigenständige Firma definiert und ist eng an das proprietäre CAD-Format aus dem gleichen Hause gebunden. Der Transfer von Zeichnungsinformationen zwischen Fachplanern ist daher verlustbehaftet und führt dazu, dass in dieser konventionellen Planungskette ein geplantes Gebäude in der Regel mehrere Male neu erfasst wird. Der wirtschaftliche Verlust dieses Pro-

Datenaustausch und Produktdatenmodellierung

zesses ist offensichtlich, schwerer wiegt aber die damit verbundene erhöhte Fehlerquelle in der Planung. Der Datenaustausch und damit die Qualität der Kommunikation der Fachplaner werden durch die Einführung einer durchgängigen digitalen Beschreibungssprache erhöht.

Model-Server

Zur Vermeidung von Transferverlusten ist die Einrichtung von Model-Servern auf Basis der Industry Foundation Classes nahe liegend und deshalb Thema der Forschung und Entwicklung. Auf einem zentralen und für alle Planungsbeteiligten zugänglichen Rechner wird dabei das digitale Gebäudemodell unter Wahrung der Planungsrechte und -kompetenzen gemeinsam erstellt. Basierend auf standardisierte *views* können die Planenden zeitgleich auf das wachsende Produktmodell zugreifen und es verändern. Die Sicherung der Konsistenz, die Verwaltung von Versionen und die Steuerung der Zugriffsrechte obliegen dabei der Serveranwendung.

*Zentrale Model-Server als
Arbeitsgrundlage*

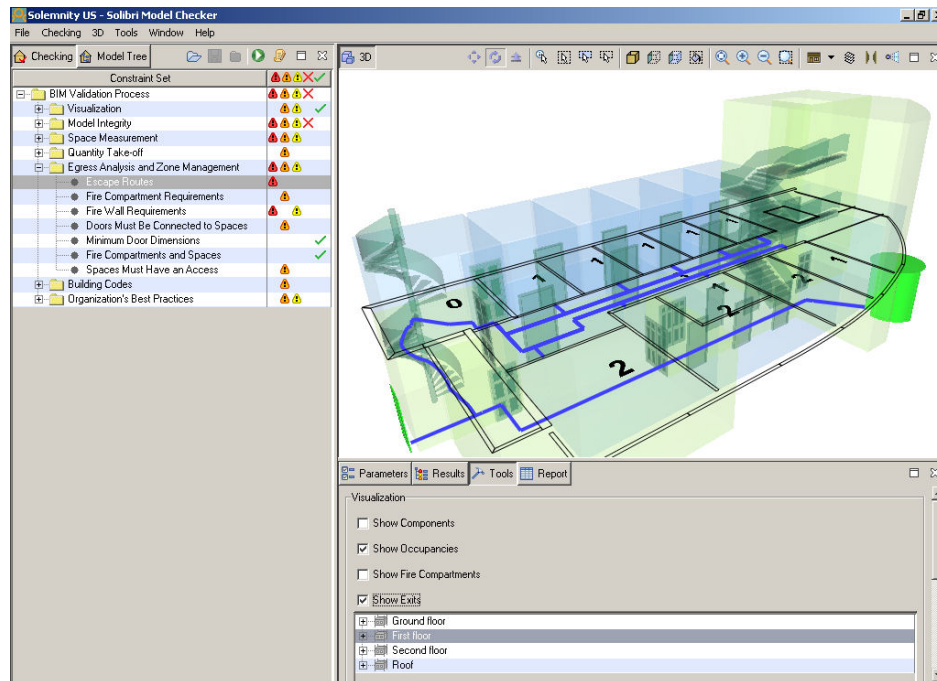
Neue Planungswerkzeuge und -methoden

Die semantische Erweiterung von Bauteilen durch die Verknüpfung mit Sachdaten, die Verwaltung von Räumen als eigenständige Objekte sowie die Möglichkeit der inhaltlichen Verknüpfung der eingesetzten Objekte untereinander fördert die Entwicklung von neuen Planungswerkzeugen. Erste Anwendungen nutzen diese Qualitäten bereits, indem sie beispielsweise die Topologie der modellierten Architektur hinsichtlich der Einhaltung brandschutztechnischer Regeln überprüfen (siehe Abbildung 3.11). Eine durchgängige und dokumentierte Beschreibungssprache für Gebäude in allen Lebensphasen bietet darüber hinaus gute Voraussetzungen für die effiziente Programmierung von Anwendungen. Hier kann davon ausgegangen werden, dass vor allem im Bereich der Simulation vermehrt Werkzeuge entstehen, die auf die geometrischen, semantischen und topologischen Informationen des IFC Modells zurückgreifen.

*Unterstützung von Simulati-
onswerkzeugen*

Abbildung 3.11: Verwertung von IFC-Dateien – der Model-Checker

Quelle: [solibri]



Vollständige digitale und lebenszyklusübergreifende Planungskette

Building Information Modelling

Ein konsistentes Produktdatenmodell unterstützt neben dem zuverlässigen Informationsaustausch zwischen verschiedenen Fachplanern (horizontale Integration) auch die vertikale Integration der Planungsleistungen über den Lebenszyklus des Gebäudes hinweg. Diese vollständige und umfassende Beschreibung von Gebäuden findet als Methode unter dem Begriff des *Building Information Modelling* (BIM) zunehmend Beachtung in der Fachliteratur [Penttilä 06] und in der Softwareindustrie des Baugewerbes.

3.3.3 Multimedia-Anwendungen

Eine als ursprüngliche anzunehmende Definition des Begriffs Multimedia kann heute nicht mehr eindeutig angegeben werden. Es hat sich aber durchgesetzt, dass Anwendungen sowohl bezüglich der Integration von Medien als auch hinsichtlich der Art der Präsentation verschiedene Anforderungen erfüllen müssen, um als multimedial bezeichnet werden zu können [Issing 02]. Die Anzahl der eingesetzten Medien spielt dabei eine weniger große Rolle als die durch die Anwendung ermöglichte Interaktion mit dem Inhalt und deren parallele Vermittlung durch zwei oder mehr Medien.

Der Begriff *Multimedia* vereinigte in den 1990er Jahren unterschiedliche und neue Tendenzen der Softwareindustrie und fungierte zeitweise als wichtigstes Verkaufsargument für die in diesen Jahren vehement angestiegene Verbreitung von PC-Systemen in Heimanwendung und Beruf. Die hohe gesellschaftliche Relevanz des Begriffs fand schließlich Ausdruck in der Kür von *Multimedia* zum *Wort des Jahres 1995* durch die Gesellschaft für deutsche Sprache.

Die Verwendung des Begriffs erfolgt heute bedeutend zurückhaltender und vermittelt nicht mehr die ursprünglich eng mit ihm verbundenen Erwartungen. Multimedia ist heute in der Ausbildung, im Internet und in der Öffentlichkeit präsent und zum selbstverständlichen Teil der alltäglichen Medienlandschaft geworden. Förderlich für die Entwicklung war wiederum die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Rechner, aber auch die Bereitstellung intuitiver und einfach bedienbarer Autorensysteme. Auch in der Ausbildung von Studierenden der Architektur hat sich hinter der Vermittlung von CAD das Einüben von multimedialen Präsentationstechniken etabliert.

Potential

Die technischen Möglichkeiten der zur Verfügung stehenden multimedialen Anwendungen können heute als so umfangreich angesehen werden, dass die in der Architektur notwendigen Präsentationen auch in Zukunft auf ausreichend leistungsstarke Applikationen zurückgreifen können. Ein Problem welches sich in diesem Zusammenhang eher abzeichnet, ist die mangelnde Kompetenz der Nutzer aus dem großen Fundus der Anwendungen für die gestellte Aufgabe die richtigen Werkzeuge und Präsentationsverfahren zu wählen. Weiterhin lässt sich beobachten, dass die Darstellung von architektonischen Inhalten mit Hilfe handelsüblicher Präsentationssoftware oft unter der Reduktion auf die zur Verfügung stehende Auflösung und Bildschirmgröße leidet und dadurch trivialisiert wird. Aufgabe der Ausbildung wird deshalb die Vermittlung einer kritischen Medienkompetenz sein, die zum einen die Qualitäten und bevorzugten Einsatzarten der Anwendungen lehrt und andererseits Strategien zur Vermittlung von architektonischer Planung mit elektronischen Medien einübt.

*Umfassende Präsenz von
Multimedia*

3.3.4 Virtual Reality

Wortbedeutung Virtualität

Der Begriff der *Virtuellen Realität* - *Virtual Reality* (VR) wird sowohl auf einer allgemeinen als auch auf einer rein technischen Bedeutungsebene angewendet. Der allgemeinen Begriffsbestimmung liegt der lateinische Wortstamm *virtualis* mit der Bedeutung *in der Anlage oder in den Möglichkeiten vorhanden* zu Grunde. Er umschreibt also das prinzipiell vorhandene, aber verborgen und nicht direkt sichtbare Vermögen eines Systems. Virtualität steht damit nicht in Opposition zum Begriff der Realität, sondern bezeichnet vielmehr einen potentiellen, aber noch nicht realisierten Zustand der realen Welt. [Lévy 95] sieht in diesem Sinn Virtualität zusammen mit Realität, Möglichkeit und Aktualität als eine von vier möglichen Dimensionen der Existenz im Allgemeinen.

Virtuelle Realität in der Informationstechnologie

Auf soft- und hardwaretechnischen Ebene wird unter Virtueller Realität dagegen seit den 1990er Jahren eine rechnergenerierte dreidimensionale, interaktive und in Echtzeit reagierende digitale Umwelt verstanden. [Aukstakalnis 92], [Aukstakalnis 94]. In den meisten Anwendungen wird dabei primär der optische Sinn angesprochen. Die möglichst umfangliche Einbeziehung aller Sinne ist aber Ziel der Entwicklungen. Virtuelle Welten können daher neben optischen auch akustische, haptische und olfaktorische Ausgaben beinhalten.

Erste VR-Anwendungen

Eine in diesem Sinne umfassende technische Umsetzung fand bereits 1962 durch den Regisseur und Erfinder Morton Heilig statt. Er stellt mit seinem *Sensorama* eine für Unterhaltungszwecke konzipierte Apparatur vor, welche eine vordefinierte Motorradfahrt durch eine Stadt simulierte und dabei neben den visuellen Eindrücken auch Geräusche, Gerüche und Fahrtwind vermittelte (Abbildung 3.12).



Abbildung 3.12: Sensorama
von Morton Heilig
(1962)

VR-Umgebungen werden heute nach der Art der angesprochenen Sinne und der möglichen Intensität und Qualität der übertragenen Sinneseindrücke unterteilt und bewertet. Sie bestimmen den Grad der für den Nutzer möglichen Einbindung in die virtuelle Welt. Eine weitere Untergliederung findet durch das Maß der möglichen Dynamik und möglichen Interaktivität der virtuellen Umgebung statt. Es wird hier unterschieden zwischen passiven, aktiven und interaktiven Welten. Bei passiven Anwendungen wird dem Nutzer zwar eine dreidimensionale Umgebung präsentiert, die Dynamik innerhalb der Darstellung jedoch ist vorbestimmt und nicht direkt zu beeinflussen. Er kann sich innerhalb der virtuellen Welt nicht frei bewegen. Anwendungen in diesem Bereich dienen damit eher der Vorführung und der Unterhaltung. Die Bewegungsfreiheit wird erst in aktiven Umgebungen gewährleistet. In diesen Welten kann der Anwender seinen Standpunkt ändern und je nach programmierten Vorgaben der virtuellen Umgebung Art und Geschwindigkeit der Bewegung variieren. Die eigentliche Interaktion wird aber erst dann erreicht, wenn die Virtual Reality-Anwendung eine direkte Beeinflussung des Nutzers auf die Welt zulässt und sie zur Laufzeit der Anwendung durch den Nutzer bei Einhaltung der Anforderungen der Echtzeit modifiziert werden kann.

Kategorien der VR

*Rudimentäre Funktionalität
der VR*

Der einfache Aufbau einer Virtual Reality-Umgebung verwendet herkömmliche Bildschirmsysteme, auf denen mit ausreichender Taktrate Bilder der gerechneten Virtualität in Abhängigkeit von der Bewegung des Nutzers und der Dynamik der dargestellten Objekte gezeigt werden. Die flüssige Darstellung erfordert Bildraten von mehr als 20 Bildern pro Sekunde. Zur Erhöhung der Immersion können in dieser Konfiguration Shutterbrillen eingesetzt werden. Sie bestehen aus Flüssigkristallanzeigen für das linke und rechte Auge. Beide Brillengläser können durch Anlegen einer elektrischen Spannung schnell und steuerbar ihren Zustand zwischen durchlässig und nicht-durchlässig wechseln. In Korrespondenz mit abwechselnd durch den Rechner generierten Bildern für linkes und rechtes Auge wird das jeweils nicht bediente Auge durch die Flüssigkristallanzeige verschattet. Bei einer ausreichend hohen Frequenz dieses Vorgangs wird dann ein dreidimensionales Bild wahrgenommen. Head-Mounted Displays (HMD) erlauben die weitere Verstärkung der Immersion und können den Anwender bei Bedarf visuell vollständig von der Außenwelt ausschließen. Konzept und Funktionsweise des HMD wurde bereits 1968 von Ivan E. Sutherland beschrieben und umgesetzt [Sutherland 68].

*Umfassende VR-
Anwendungen*

Eine aufwendige und kostenintensive Virtual Reality-Umgebung wird in einer CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) realisiert. Dabei werden durch zwei bis sechs Projektoren sich ergänzende Bilder einer künstlichen oder realen Szenerie an eine gleiche Anzahl von Projektionsflächen geworfen und so aufeinander abgestimmt berechnet, dass Nutzer innerhalb des durch die Wände gebildeten Raums eine plastische, dreidimensionale und greifbare Wirkung der Szenerie erleben. Die Verwendung von Shutterbrillen, Datenhandschuhen und anderen interaktiven Elementen steigern die Qualität des gewonnenen Eindrucks. Anwendungen von CAVE-basierten Systemen finden sich vor allem im Maschinenbau und in der Medizintechnik zu Visualisierung und Bewertung von komplexen Strukturen oder Abläufen.

Umsetzungsgebiete

*Integration der VR in die
Planungsbüros*

Mitte der 1990er Jahre konnte bedingt durch die gestiegene Leistungsfähigkeit handelsüblicher PC eine Ausbreitung der VR-Technologien auch in den Bereich der Architektur beobachtet werden. Für die Erstellung echtzeitfähiger Darstellungen in einer akzeptablen Bildwiederholungsrate reichte das zur Verfügung stehende Leistungsspektrum aus, um eine hinreichend gute Darstellungsqualität zu erreichen. Gleichzei-

tig wurde mit der Beschreibungssprache VRML (Virtual Reality Modeling Language) eine Möglichkeit eröffnet virtuelle Modelle auf dem noch jungen Medium Internet zu veröffentlichen. In verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurde in dieser Zeit ausgelotet, welche für die Architekturplanung sinnvollen Anwendungen durch VR-Technologien ermöglicht werden könnten. Es wurde untersucht, wie die Visualisierung des Bauablaufs als Planungsgrundlage und zur Kontrolle der Baubarkeit (siehe Abbildung 3.13) eingesetzt werden konnte und virtuelle Umgebungen die Kooperation räumlich verteilter Planungsteams unterstützen könnte. Es zeigte sich aber, dass der für die Erstellung der Virtuellen Welten relativ hohe Modellierungsaufwand durch den erreichten Mehrwert nicht gerechtfertigt werden konnte. Virtual Reality Anwendungen im Sinne einer interaktiven und echtzeitfähigen Gesamtdarstellung haben heute bezüglich der Planungsunterstützung in der Architektur kaum Relevanz. VR-Technologien werden heute vornehmlich zur Simulation und Ausbildung (z.B. Flugsimulatoren) und in der Unterhaltungsindustrie eingesetzt.

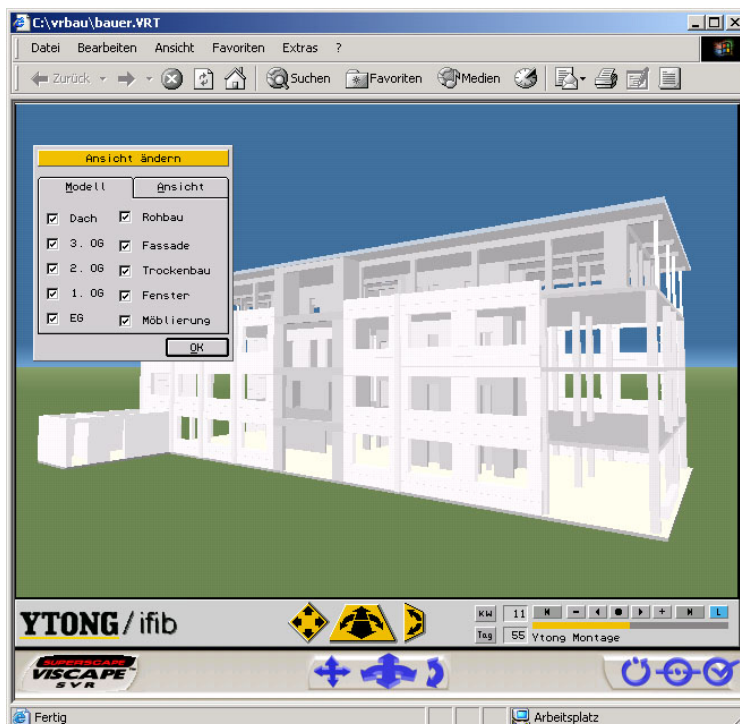


Abbildung 3.13: PC-basierte VR-Anwendung zur Darstellung des Bauablaufs (1997)

Quelle: [ifib]

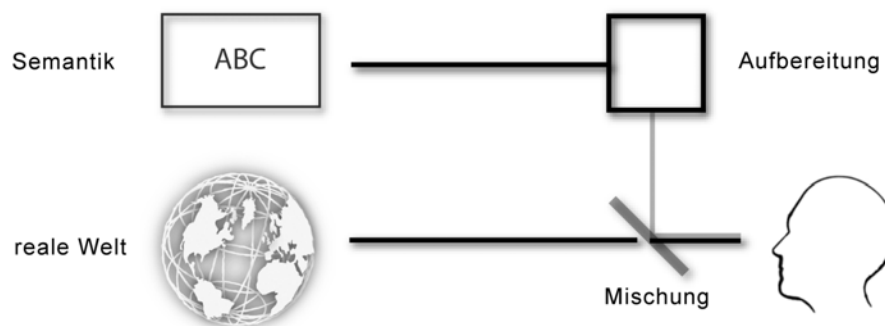
Potential

Die Potentiale der Techniken um Virtual Reality werden im nachfolgenden Kapitel *Augmented Reality* zusammengefasst und bewertet.

3.3.5 Augmented Reality

Im Gegensatz zur informationstechnischen Umsetzung der *Virtuellen Realität* konzentriert sich die *Erweiterte Realität - Augmented Reality* (AR) auf die Ergänzung der Realität durch nicht sichtbare Informationen, welche in inhaltlichem Zusammenhang mit der räumlichen Position und der Sicht des Benutzers stehen. Unter einer Augmented Reality Umgebung wird eine Kombination aus Hard- und Softwareelementen verstanden, welche die ortsrelevante Erweiterung der Realität durch eingespielte Informationen in Form von Text, Ton, Bild oder Videomaterial ermöglicht [Azuma 97]. Unterstützt wird diese Technologie in der Regel durch die Verwendung von HMD-Geräten, welche notwendige Teile der realen Welt den menschlichen Sinnen weiterleitet und durch Einspiegeln von gespeicherten oder produzierten Informationen ergänzt.

Abbildung 3.14: Prinzip der Visualisierung in Augmented Reality Umgebungen



In Virtual Reality-Anwendungen besteht kein Anlass, Teile der realen Welt in das Handlungsumfeld der Agierenden zu integrieren. Demzufolge existieren auch kaum Gründe VR-Anwendungen außerhalb geschlossener Räume umzusetzen. Im Gegensatz dazu lassen sich interessante Anwendungsszenarien von Augmented Reality Technologien außerhalb geschlossener Räume bestimmen. Beispielsweise kann AR die Bereitstellung von Verkehrsinformationen für Autofahrer, die Unterstützung von Servicetechnikern und verschiedene Anwendungsszenarien auf Baustellen sinnvoll unterstützen. Da Augmented Reality ortsbezogene Informationen anbietet und damit eine ständige Lokalisierung der Nutzer und eine Bestimmung der Blickrichtung erforderlich

macht, ergeben sich außerhalb geschlossener Räume deutlich erhöhte Anforderung an die technische Umsetzung der Anwendung.

Anwendungen

Augmented Reality Anwendungen wurden bedingt durch höhere technische Anforderungen später als VR-Dienste erprobt und eingeführt. Eine frühe industrielle Nutzung erfolgte beispielsweise durch die Firma Boeing. Sie startete 1990 den Versuch, die Verlegung von Kabelbäumen im Flugzeugbau durch den Einsatz von Augmented Reality-Technologien zu unterstützen. Die grundsätzliche Funktionalität und die Fehlerfreiheit des Systems konnte im Pilotprojekt 1996 bestätigt werden. Es zeigte sich aber, dass die durch AR-Technik unterstützte Arbeitsmethode nicht schneller zu Ergebnissen führte als die konventionelle Verlegung der Kabelstränge.

Augmented Reality Anwendungen in der Industrie

Potential

Virtual- und Augmented Reality Anwendungen stellen hohe Anforderungen an Rechenleistung und die angeschlossenen Peripheriegeräte. Die bisherigen Implementierungen in Forschung und Wirtschaft zeichnen sich deshalb in der Regel durch hohe Investitionskosten, spezialisierte Ausrichtung und prototypischen Charakter aus. Mitte bis Ende der 1990er Jahre erfuhren beide Technologien hohe Beachtung und wurden in zahlreichen Projekten auf ihre Potentiale für die Planung untersucht. Mit steigender Leistungsfähigkeit handelsüblicher Rechner wurden diese Bemühungen auf die PC-Welt ausgedehnt, führten aber nur vereinzelt zur dauerhaften Etablierung von Anwendungen. Ein hoher Modellierungsaufwand in Verbindung mit beschränktem praktischem Mehrwert ist der wesentliche Grund dafür. Dass heute trotzdem von einem guten Potential dieser Anwendungen im Planungsbereich ausgegangen werden kann, liegt zum einen in der im Kapitel 3.3.2 bereits erwähnten automatischen Generierung dreidimensionaler Gebäudemodelle in modernen CAD-Systemen und zum anderen in der Neuausrichtung der Zielsetzung der AR- und VR-Implementierungen. Sie wird durch eine weiter gestiegene Rechnerleistung unterstützt und durch Entwicklungen in der Funktechnologie und der Sensorik erweitert. Vor allem Augmented Reality Anwendungen profitieren von dieser Entwicklung und erlauben neue Anwendungen in der Visualisierung von zeitlichen Aspekten der Planung (4D-CAD), der Erweiterung

Potentiale von AR- und VR Technologien

der Kommunikations- und Kooperationsbeziehungen und im Management von virtuellen Systemen.

Abbildung 3.15: Einsatz von mobiler AR zur Gebäudewartung

Quelle: [ifib]



3.3.6 Tabellenkalkulation

Tabellenkalkulationsprogramme verarbeiten alphanumerische Daten, die in Spalten und Zeilen eines oder mehrerer Arbeitsblätter eingegeben werden können. Einzelne Tabellenfelder können dabei in Relation zueinander gesetzt und mit mathematischen Gleichungen verbunden werden. Ergebnisse der Berechnungen von Benutzereingaben werden in den Tabellenfeldern angezeigt oder visualisiert. Das erste kommerzielle Produkt, welches nach heutigem Verständnis die Anforderungen an ein Tabellenkalkulationsprogramm erfüllte, war die Software *VisiCalc* aus dem Jahr 1979 [VisiCalc]. Die Einführung dieser Tabellenkalkulationssoftware hatte in den 1980er Jahre entscheidenden Einfluss auf den erfolgreichen Einzug von PC-Systemen in die Büropraxis.

Aktuelle Anwendungen der Tabellenkalkulation verfügen über umfangreiche Ein- und Ausgabeoptionen, haben offene Programmierschnittstellen und Verknüpfungsmöglichkeiten zu Datenbanken. In der architektonischen Planungspraxis werden sie heute in der Verwaltung, Kostenkalkulation, Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung eingesetzt.

Potential

Tabellenkalkulation als Standardanwendung

Tabellenkalkulation ist heute in Architekturbüros etabliert und nicht mehr ersetzbar. Ihr Mehrwert ist unstrittig. Als ein noch zu wenig aus-

geschöpftes Potential kann die heute problemlos mögliche Kopplung von Zeichnungselementen mit Tabelleneinträgen gesehen werden. Eine Integration in die digitale und lebenszyklusumfassenden Kette der Planungsleistungen ist bereits realisiert.

3.3.7 Programmieren

Das Erlernen einer Programmiersprache gehört nicht, wie in anderen Ingenieurdisziplinen üblich, zur Standardausbildung für Architekten. Lediglich an Fakultäten mit hoher Forschungsaktivität wurden beginnend in den 1980er Jahren Kurse in verschiedenen Programmiersprachen angeboten, um aus den Reihen der Studierenden Nachwuchs für die Mitarbeit in Forschungsprojekten auszubilden [Hovestadt, L. 89]. Der didaktische Gewinn der Programmierkurse liegt in der intensiven und grundlegenden Beschäftigung mit den Informationstechnologien und der darauf bauenden Fähigkeit, vorhandene Applikationen individuell anzupassen und eigene Anwendungen erstellen zu können.

Potential

Das Erlernen und Anwenden einer Programmiersprache ist für Architekten aus mehreren Gründen wichtig und sinnvoll. Es fördert grundsätzlich das tiefere Verständnis der Informationstechnologien und stellt eine gute Methode dar, deren Zusammenhänge und Wirkungsweisen zu entdecken. Damit kann der Schritt vom reinen Anwender von Software hin zum einem kritischen Hinterfragen der Anwendungen erfolgen. Die Nutzer werden dadurch in die Lage versetzt, Softwarepakete mit dokumentierten Schnittstellen zu modifizieren und den eigenen Anforderungen anzupassen. Diese Möglichkeit wird durch zwei Entwicklungen der Softwareanwendungen und der Programmiersprachen unterstützt. Zum einen bieten sie vermehrt die Möglichkeit an, durch integrierte Programmierschnittstellen die Anwendung zu personalisieren und mit anderen Paketen zu verknüpfen, zum anderen werden die dabei eingesetzten Programmierumgebungen zunehmend anwenderfreundlich umgesetzt.

*Programmieren als Einstieg
in vertiefte IT-Kenntnisse*

3.3.8 Simulationen

Simulationen stellen Vereinfachungen komplexer realer Systeme dar, die unter Verwendung von Modellen, Rahmenbedingungen und Hypo-

*Bedeutung von Simulations-
prozessen*

thesen Aussagen über die zu erwartenden Zustände des Systems ermöglichen.

Im Bauprozess kann für verschiedene Teilaspekte der Planung auf eine große Anzahl von digital unterstützten Simulationsprogrammen zurückgegriffen werden. In der Praxis der Architekturbüros werden diese Programme allerdings nur zurückhaltend eingesetzt. Die Unkenntnis der Architekten über deren Verfügbarkeit, Aussagekraft und Anwendung ist dafür ebenso verantwortlich, wie der Umstand, dass Simulationsprogramme in der Regel einen nicht unerheblichen Arbeitsaufwand bedeuten und mangels einer durchgängigen Gebäudemodellierung bisher nicht konsequent in den digitalen Planungsprozess integriert werden konnten. Durch die Portierung praktisch aller Simulationsprozesse in rechnerbasierte Verfahren entsteht faktisch eine eigenständige Planungstechnologie, die heute in der Regel von Architekten nicht beherrscht sondern von Fachplanern angeboten wird.

Einsatzgebiete von Simulationsprogrammen

In der Architekturplanung werden heute in folgenden Bereichen Simulationsprogramme angeboten und eingesetzt:

Thermische und energetische Gebäudesimulation

Berechnung der Temperaturen von Räumen und Bauteilen in Abhängigkeit von Zeit und Nutzung des Gebäudes und darauf aufbauende Berechnung des Energiebedarfs eines Gebäudes.

Bau- und Planungsprozesse

Die Simulation von Bau- und Planungsprozessen erfolgt für Aspekte sowohl vor als auch nach der Inbetriebnahme von Gebäuden. Sie simulieren das Zusammenwirken der Planungsbeteiligten und deren Teilleistungen.

Lichtsimation

Simulationen von Tages-, Kunst- und Mischlichtsituationen von geplanter Architektur. Für Tageslichtsimulationen werden Informationen über geographische Lage des Objekts, Zeit und meteorologischer Umstände verwertet. Die Simulationen von Kunstlichtinstallationen erfolgt unter Einbezug der technischen Informationen der eingeplanten Leuchtmittel.

Akustische Simulation

Simulation der akustischen Eigenschaften von Räumen und Raumkomplexen einschließlich der Übertragung von Schall zwischen verschiedenen Räumen unter Einbezug von Materialeigenschaften.

Lebenszykluskosten, Energieverbrauch und Umweltbelastung

Berechnung und Visualisierung von ökonomischen und ökologischen Auswirkungen der Planung von Gebäuden.

Simulation von Bauingenieurleistungen

Berechnung und graphische Darstellung von statischen Systemen und Visualisierung der relevanten Einflussgrößen.

Potential

Simulationsprogramme benötigen in den meisten Fällen geometrische Parameter der projektierten Architektur, die mit weiteren semantischen Informationen verbunden sein müssen. Eine Übernahme der Informationen aus CAD-Plänen führt in diesem Zusammenhang zu kaum verwertbaren Ergebnissen, da die gängigen Austauschformate keine mit der Geometrie verknüpfte Semantik und keine Rauminformationen transportieren. Die Verwendung einer konsistenten Produktdatenmodellierung kann diese Lücke schließen und eine durchgängige, einheitliche, offene und dokumentierte Gebäudebeschreibung zur Verfügung stellen. Die Konzeption und Umsetzung von rechnergestützten Simulationsanwendungen wird deutlich von dieser Entwicklung profitieren und kann auf Basis der einheitlichen digitalen Gebäudemodellierung simulationsspezifische Parameter aus dem IFC-Modell extrahieren.

Verknüpfung von Geometrie und Semantik

3.3.9 Kopplung von Planung und Fertigung

Die computergestützte Fertigung (*Computer Aided Manufacturing, CAM*), bildet in Verbindung mit CAD-Software den wesentlichen Teil einer digitalen Planungskette. Die in der Zeichnungsumgebung modellierten Bauteile werden dabei ausgelesen und als Handlungsanweisungen an eine Produktionsmaschine exportiert. Je nach Erfordernissen der Ausführung und Material der Bauteile werden dabei unterschiedliche Schneide-, Fügungs- und Montagetechniken eingesetzt. Die computerunterstützte numerische Maschinensteuerung (*Computer Numerical*

CAD/CAD Kopplung als Teil der digitalen Planungskette

Control, CNC) hat ihre Ursprünge in der ersten numerisch angesteuerten Fräsmaschine, die 1952 am Servomechanisms Laboratory des MIT vorgestellt wurde [MIT Servo]. 1957 wurde mit der Anwendung *Pron-to* die erste kommerzielle Anwendung auf diesem Gebiet in den Markt eingeführt [MCS]. Die Integration der Technologie in den digitalen Planungsprozess erfolgte dann ab Mitte der 1970er Jahre und führte dazu, dass heute in nahezu allen Bereichen der Fertigung CNC-gesteuerte Maschinen präsent sind.

Potential

Die CNC-Technologie ist heute Standard in verschiedenen Berufszweigen und wird auch in Teilgebieten des Bauwesens eingesetzt. Vor allem im Holz- und metallverarbeitenden Gewerbe finden sich hier Anwendungen auf hohem Integrationsniveau und demonstrieren die Leistungsfähigkeit der Prozessketten [Digitales Bauen], [Zwölfer 04]. In den vergangenen Jahren wurde das Verfahren, begünstigt vor allem durch deutliche Senkung der Anschaffungskosten der notwendigen Hardware, zunehmend auch für den Lehrbetrieb interessant und in das Curriculum der Hochschulen eingebunden.

Vorteile der CAD/CAM
Kopplung

Aus der Integration der computer-numerisch gesteuerten Produktion ergeben sich Vorteile für den Planungs- und Bauprozess, die bisher in der Berufspraxis ungenügend umgesetzt werden. Primär besteht der Mehrwert des Verfahrens darin, dass eine individuelle Planung erfolgen kann, in der Fertigung aber auf die Qualitätsmerkmale der industriellen Produktion zurückgegriffen wird. Durch den Einsatz der CNC-Verfahren ergeben sich aber gleichzeitig deutliche Veränderungen für den Planungsprozess:

- die Planung innerhalb einer CNC-basierten Fertigungskette setzt spezifische Kenntnisse über die technischen Rahmenbedingungen der verwendeten Anlage voraus.
- die Kopplung der Planung mit der Fertigung fasst die bisher getrennten Bereiche des Gestaltens und des Konstruierens in einer Tätigkeit zusammen.

3.3.10 Künstliche Intelligenz

Der Begriff der Intelligenz in
der Informatik

Die Debatte, ob und ab wann digitale Maschinen und Programme als intelligent im menschlichen Sinne bezeichnet werden können, wurde durch den Aufsatz *Computing Machinery and Intelligence* des engli-

schen Mathematikers Alan Turing aus dem Jahr 1950 angestoßen [Turing 50]. Turing definierte darin, dass in dem Moment, in dem eine Maschine einen Dialog mit einem Menschen führen kann ohne dass dieser sie als solche erkennt, die Maschine als intelligent bezeichnet werden muss. Das *Darhmouth Summer Research Projekt of Artificial Intelligence* in New Hampshire führte dann im Jahr 1956 den Begriff der Künstlichen Intelligenz ein und initiierte damit die Forschung in diesem Kontext. In den darauf folgenden Jahren erlebte die KI-Forschung eine wechselhafte Geschichte zwischen Phasen des Enthusiasmus und der Ernüchterung über das bisher Erreichte. Während zu Beginn der KI-Forschung davon ausgegangen wurde, dass Maschinen mittelfristig menschliche Intelligenz erreichen und übertreffen werden, hat sich heute die Erkenntnis durchgesetzt, dass dieser Zeitpunkt noch in weiter Ferne liegt und nicht bestimmt werden kann. In der Informatik wird seitdem auch zwischen einer *starken* und einer *schwachen* KI unterschieden. Während die *starke* KI eine eigenständige, intelligente und kreative Maschine erwartet, geht die *schwache* KI davon aus, dass Maschinen auf Dauer intelligentes Verhalten mit den Mitteln der Informatik nur simulieren werden. Eine weitere Differenzierung des Begriffs der KI findet auf inhaltlicher Ebene statt. Während in der klassischen KI jegliche Informationsverarbeitung als Manipulation von sprachlichen, textlichen oder bildlichen Symbolen verstanden wird (semantische Netze), konnte sich in den 1990er Jahren der konnektionistische Ansatz in der KI-Forschung etablieren. Er basiert darauf, dass innerhalb eines Systems einfache Informations- und Entscheidungseinheiten vernetzt werden und untereinander agieren. Wissen wird innerhalb dieser Struktur durch die Gewichtung der Verbindungen zwischen den Einheiten abgebildet (neuronale Netze) und bildet damit eine dem menschlichen Denken ähnliche Struktur. Die maschinelle Verarbeitung von in diesem Sinne unscharfen Informationen wurde durch die *fuzzy set theory* vorbereitet [Zadeh 65] und zeigte insbesondere im Umgang mit komplexen Aufgabenstellungen ein hohes Potential.

In der Architektur haben sich diverse Forschungsprojekte mit der Umsetzung von KI-Methoden in der Planung beschäftigt um beispielsweise die Generierung von Grundrissvarianten und Raumzusammenhängen zu unterstützen [Flemming 94], [Weinzapfel 71] oder um die Planung von Leitungsführungen in hoch installierten Gebäuden zu optimieren [Hovestadt, L. 94], [Gauchel 90]. Die Forschungsprojekte in diesem Umfeld führten zu der Erkenntnis, dass eine vollständige Automatisie-

KI-Methoden in der Architektur

rung der Planung mit den zur Verfügung stehenden Methoden und Werkzeugen noch nicht möglich ist, zeigten aber deutlich die Potentiale der KI-Methoden auf, planungsunterstützende Werkzeuge auf hohem Niveau zur Verfügung stellen zu können.

Potential

Die KI-Forschung gehört mit ihren theoretischen und praktischen Untersuchungen zu den ältesten Themenfelder der Informationstechnologie. In den vergangenen 50 Jahren wurde sie durch die Verwendung des Begriffs *Intelligenz* stets an ihrem Anspruch gemessen, menschliches Verhalten und Entscheidungen auf Rechneranwendungen übertragen zu können. Sie konnte diesen selbst gestellten Anspruch bis heute nicht vollständig erfüllen und scheint auch in absehbarer Zukunft nicht dazu in der Lage zu sein, die komplexen Muster menschlichen Verhaltens nachbilden zu können.

Planungswerkzeuge für Architekten auf KI-Basis

Gleichzeitig hat die KI-Forschung wesentliche Beiträge zur Entwicklung der Informationstechnologien erarbeitet und durch die Einführung einer Unterscheidung in *Starke* und *Schwache KI* einen differenzierteren Umgang mit dem Begriff der Intelligenz ermöglicht. Durch die Unterscheidung wird der sich aufdrängende Vergleich mit der menschlichen Intelligenz relativiert und die objektive Beurteilung der Leistungsmerkmale der KI-Methoden gefördert. Das Potential der KI-Methoden für die Planungsunterstützung wird nach dieser Relativierung deutlich erkennbar und konnte beispielsweise durch das A+Modell von [Drach 94] nachgewiesen werden. Das Modell versteht sich dabei als Sammlung von flexiblen Werkzeugen zur Entwurfsunterstützung, die den Planern parametrisierbare und weitgehend anpassbare Arbeitshilfen zur Verfügung stellt. Das zentrale Konzept der Implementierung ist die Einführung von Prototypen, die als Abbild von in den Fachgebieten vorhandenen kognitiven Modellen agieren. Die Prototypen sind durch die Benutzer konfigurierbar, damit personalisierbar und auf neue Planungssituationen übertragbar.

Agentensysteme zur Planungsunterstützung

Als eine weitere Entwicklung auf Grundlage der KI-Forschung lassen die Agentensysteme für die Zukunft ein hohes Verwertungspotential erwarten. Unter dieser Bezeichnung werden Softwareimplementierungen zusammengefasst, die autonom auf Basis von Expertenwissen und integrierten Zielsetzungen agieren. Sie sind prinzipiell in der Lage als Reaktion auf äußere Einflüsse eigeninitiativ zu handeln und können

durch Interaktion mit Objekten oder anderen Agenten ihr eigenes Verhalten zur Laufzeit ändern und vorhandenes Wissen bewerten.

3.3.11 Datenbanken und Informationsverwaltung

Datenbanken als Werkzeuge der Informationsverwaltung gehören zu den grundlegendsten und auch ältesten Anwendungen der IT. Dabei ist bemerkenswert, dass *Datenbankmanagementsysteme* (DBMS) zu den robustesten Anwendungen in der Computerindustrie gezählt werden können. So ist eines der ersten Datenbanksysteme, das *Information Management System* der Firma IBM aus den 1960er Jahren noch heute in einigen Rechenzentren aktiv und funktionsfähig. Wesentlicher Grund hierfür ist, dass die Einführung einer gemeinsamen und standardisierten Abfragesprache an die Inhalte einer Datenbank durch die *Structured Query Language* (SQL) in den 1970er Jahren früh und umfassend realisiert wurde.

Datenbankmanagementsysteme als grundlegende Werkzeuge der Planung

Seit 1995 hat sich aufbauend auf den Arbeiten des amerikanischen Programmierers Howard Cunningham das Wiki-Prinzip für Web-Präsenzen als effektive Möglichkeit der gemeinsamen Informationsverwaltung etabliert [Leuf 05]. Hierbei wird einer Gruppe von Nutzern serverseitig erlaubt, Webseiten mit einem definierten Themenschwerpunkt zu ergänzen, zu editieren oder zu löschen. Dabei wird erwartet, dass durch Selbstkontrolle, Öffentlichkeit und Archivierung der Editiervorgänge die Inhalte des jeweiligen Wiki korrekt und in der Summe möglichst objektiv wachsen. Grundlage aller Wiki-Anwendungen sind Datenbanken und die Methode des Hypertexts, also der nicht-linearen Abbildung von Informationen in Form von logisch verknüpften und über Text oder andere Medien repräsentierte Wissensansammlung. Bekanntestes Beispiel einer Wiki-Anwendung ist die Online-Enzyklopädie Wikipedia [Wikipedia].

Anwendungen auf Basis des Wiki Prinzip

Potential

Informationen sind die Grundlage der persönlichen Wissensgewinnung und der gemeinsamen Wissenskonstruktion in interdisziplinären Planungsteams. Informationen werden dabei in allen Anwendungen der IT erzeugt. Entscheidend für die Weiterverwertung von Informationen ist, ob sie leicht mit der bestehenden Informationssammlung verknüpft werden können und schnell auffindbar sind. Da in Bauprozessen die beteiligten Fachplaner sowohl zeit- als auch ortsversetzt Informationen

Informationsverwaltung als Grundlage der Wissenskonstruktion

produzieren, sammeln und verwerten müssen, erlangt die strukturierte Einführung in eine persönliche und gemeinsame Informationsverwaltung eine zentrale Bedeutung im Studium. Die gegenwärtig zugänglichen Datenbankmanagementsysteme sind ausreichend, um diese Anforderung auch in Zukunft erfüllen zu können.

3.3.12 Geo-Informationssysteme

Definition der Geo-Informationssysteme

Unter dem Begriff der Geo-Informationssysteme (GIS) werden heute alle Datenverarbeitungssysteme verstanden, die raumbezogene Daten digital erfassen, speichern und organisieren und darauf aufbauend alphanumerische und graphische Analysen generieren können [Bill 99]. Bedingt durch die zu verwaltende Datengrundlage handelt es sich bei GIS-Anwendungen um Softwaresysteme die neben alphanumerischen Daten vor allem vektorbasierte Informationen, beispielsweise Katasterauszüge, und pixelbasierte Informationen aus bildgebenden Verfahren verwerten können. Grundlage der Geo-Informationssysteme ist immer, dass die verwalteten Informationen mit einem räumlichen-geometrischen Referenzsystem verbunden sind und in der Regel in diesem Zusammenhang auch dargestellt werden. Für die Auswertung des Datenbestands durch Nutzeranfragen werden deshalb vornehmlich Techniken der graphischen Datenverarbeitung verwendet. Die Gesamtheit der Geo-Informationssysteme kann unterteilt werden in

- Netzinformationssysteme (NIS): Verwaltung von Netztopologien wie beispielsweise kommunale Versorgungsbetriebe
- Landinformationssysteme (LIS): Verwaltung von direkt an Grund und Boden gebunden Informationen wie beispielsweise Liegenschaftskataster
- Rauminformationssysteme (RIS): Verwaltung von Informationen zur Raumplanung, kommunalen Raumordnung und Statistik
- Umweltinformationssysteme (UIS): Verwaltung von umwelt- und umweltschutz-relevanten Daten und zur Umweltbeobachtung
- Fachinformationssysteme (FIS): Verwaltung von weiteren fachspezifischen Anwendungen wie Tourismus, Immobilienmanagement, Navigation, etc.

Einführung der Geo-Informationssysteme

Geo-Informationssysteme wurden nach Mitte der 1950er Jahre in ersten Pilotanwendungen erprobt [Bartelme 05]. Initiierung und notwendige Grundlage dafür war die Einführung der vektorbasierten Graphik zu

Beginn des Jahrzehnts. Sie ermöglichte die ersten Anwendungen in der digitalen Kartographie und führten 1958 zur ersten Definition eines Digitalen Geländemodells (DGM) durch Miller und Laflamme [Miller 58]. Die Einführung der Automatisierten Liegenschaftskarte durch die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesländer im Jahr 1975 und die in den 1980er Jahren einsetzende Diffusion von leistungsfähigen PCs förderten die Verbreitung von GIS-Anwendungen zunehmend und führten dazu, dass heute Geo-Informationssysteme allgemein akzeptierte und verbreitete Werkzeuge der Verwaltung und Analyse von raumbezogenen Informationen in Behörden und Forschung sind. Die Diffusion der GIS in die Planungsbüros fand primär in den Fachbereichen Geodäsie statt.

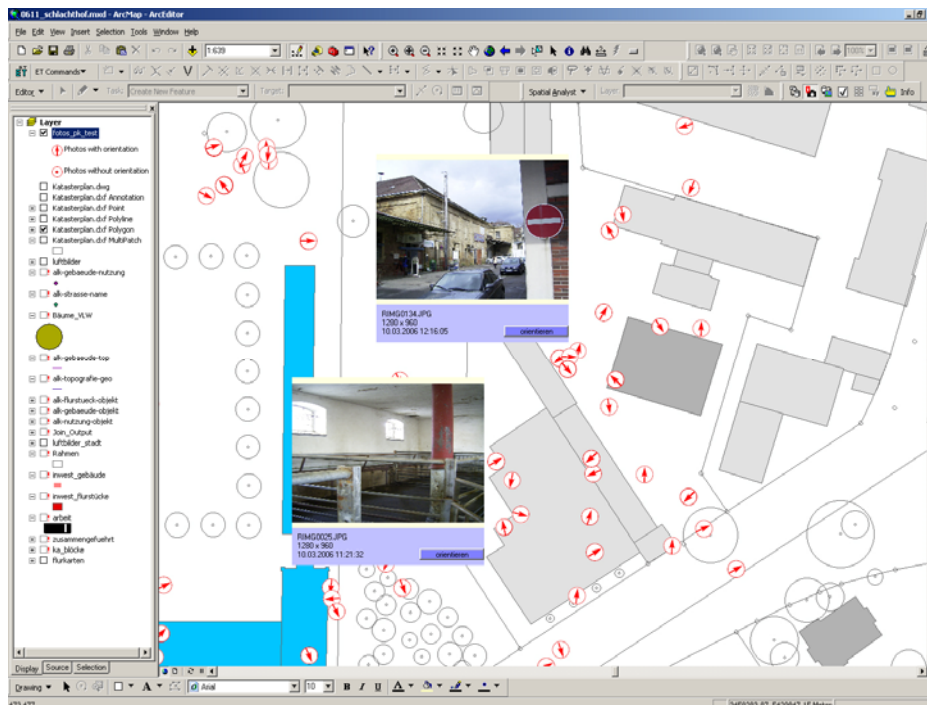


Abbildung 3.16: Geo-Informationssystem ArcGIS
Quelle: [STQP]

Potential

Das Potential der GIS-Anwendungen für die heutige und zukünftige Tätigkeit von Planern im Baubereich kann als hoch eingestuft werden. Da die Mehrheit der Planungsleistungen von Architekten einen Bezug zu Räumen und Topologien aufweist, eröffnet die Verknüpfung von semantischen Informationen mit geometrischen Referenzen und deren graphische Repräsentation auf Grundlage individueller Nutzeranfragen eine Reihe von Anwendungsgebieten. Durch graphisch unterstützten Variantenvergleich können komplexe Planungssituationen besser beur-

teilt und die Kommunikationsqualität unter den Planungsbeteiligten erhöht werden.

*GIS und CAD Anwendungen
in Architekturbüros*

Für die Integration der GIS-Technologien in die architektonische Planungspraxis sind die Verknüpfbarkeit und der effektivere Austausch von Informationen zwischen GIS und den bereits etablierten CAD-Systemen entscheidend. Akzeptanz werden Geo-Informationssysteme hier nur erreichen können, wenn ein problemloser Datenaustausch gewährleistet werden kann. Eine Vereinheitlichung des Austauschformats durch die Einführung der *Industry Foundation Classes* kann mittelfristig diese Aufgabe erfüllen.

*Notwendige Erweiterungen
der Geo-Informationssysteme*

Die gängigen GIS-Anwendungen modellieren Geometrien aber lediglich zweidimensional und reduzieren damit die Einsatzmöglichkeiten in der Architektur deutlich. Die Notwendigkeit der Erweiterung von Geo-Informationssystemen um die dritte geometrische Achse und die Einführung der Zeit als vierte Dimension (4D-CAD, 4D-GIS) wird deshalb in der Forschung diskutiert und gefordert [Davis 89]. Mit einer mittelfristig zu erwartenden Integration zeitlicher Aspekte in GIS ergeben sich dann erweiterte Möglichkeiten der Anwendung vor allem im Bereich der Simulation und der Prozessunterstützung. Geo-Informationssysteme erreichen damit spezifische Tätigkeitsfelder von Architekten und stellen neben Ordnungs-, Analyse- und Präsentationsanwendungen auch ihre internen topologischen Werkzeuge zur Verfügung.

*Digitale Stadtmodelle zur
Quartiersverwaltung*

Weiterhin wird der Ausbau der Geo-Informationssysteme zu vollständigen digitalen und semantisch erweiterten Stadtmodellen führen, die zur Gebäude- und Quartiersverwaltung in die digitale Planungskette integriert werden können. Erste Ansätze zeigen sich hier in der XML-basierten und IFC-konformen Umsetzung CityGML [CityGML] sowie in den kartographischen Diensten der Anwendung Google Earth [GoogleEarth].

3.3.13 IT-gestützte Raumbücher

*Raumbücher zur Beschreibung
und Verwaltung von
Gebäuden*

In der heute üblichen Planung werden Gebäude in verschiedenen Phasen nach unterschiedlichen Kriterien organisiert und beschrieben. Auf Grundlagen der Normen DIN 276 und DIN 277 erfolgt eine Beschreibung der Bauwerke nach Kostengruppen beziehungsweise Flächentypen [Fröhlich 04]. In der Phase der Ausschreibung wird dann schließlich eine Gliederung nach den zu erbringenden Leistungen der einzel-

nen Gewerke aufgestellt und damit die Auftragsvergabe vorbereitet. Raumbücher dagegen beschreiben Gebäude auf Grundlage der geplanten oder bestehenden Räume eines Bauwerks und haben damit primär einen anderen Fokus als die vorgenannten Methoden. Sie verwalten Informationen über Fläche, Volumen, Nutzung, Ausstattung und Oberflächenmaterialien der Räume. Bisher werden Raumbücher vor allem hinsichtlich einer Verwendung in der Gebäudebewirtschaftung aufgestellt und finden in früheren Leistungsphasen der Planung weniger Verwendung.

Potential

Es ist offensichtlich, dass verschiedene Planungs- und Bauphasen unterschiedliche Sichten auf den Datenbestand einer Planung notwendig machen. Die aufgeführten Beschreibungsmethoden für Gebäude sind aber nur teilweise miteinander in dem Sinne verknüpft, als dass eine gemeinsame Datengrundlage verwendet werden kann oder der Austausch von Informationen zum dynamischen Abgleich der Sichten führt. Dieser Umstand bewirkt einen nicht unerheblichen zeitlichen Mehraufwand in der Planung und stellt eine zusätzliche Fehlerquelle für den Planungsprozess dar. Die IFC-basierte Modellierung von Gebäuden korrigiert diese Fehler indem sie Räume und ihre Relationen ebenso wie Bauteile als Objekte behandelt. Die von [Richter 88] vorgeschlagene siebenstufige Gebäudegliederung (Liegenschaft, Gebäude, Gebäudeabschnitt, Gebäudebereich, Ebene, Raumgruppe und Raum) als umfassende raumbezogene Klassifizierung von Gebäuden kann hier bereits auf passende Definitionen von IFC-Entitäten zurückgreifen [Gessmann 05].

Integration von Raumbüchern in die Gebäudemodellierung

3.3.14 Plattformen und Virtuelle Projekträume

Die gemeinsame Projektbearbeitung von räumlich und zeitlich verteilt agierenden Planungsteams stellt hohe Anforderungen an die Kooperationsfähigkeit der Beteiligten und an die sie unterstützende Planungsumgebung. Das Forschungsgebiet der *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) hat in diesem Zusammenhang Mitte der 1980er Jahre damit begonnen, theoretische und praktische Grundlagen für die verteilte Projektarbeit zu entwickeln [Wilson 91]. Die Forschungsprojekte führten auf Entwicklerseite zur softwaretechnischen Umsetzung in den so genannten Groupware-Anwendungen.

CSCW als Grundlage der verteilten Planung

Integration von Groupware-Anwendungen in der Architektur

Basierend auf den Kommunikationsstandards des Internets und unter Berücksichtigung bauspezifischer Aufgabenstellungen wurden dann auch Plattformen und Werkzeuge bereitgestellt, um den Prozess der gemeinsamen Projektentwicklung im Bauwesen mit Methoden und Anwendungen zu unterstützen [Intesol 98], [Müller 99]. Erkenntnisse und Werkzeuge aus diesem Forschungsumfeld wurden gleichzeitig in Lehrprojekten der Architekturausbildung evaluiert [Russell 99], [Elger 00]. Sie bildeten die theoretische und praktische Grundlage für die studentische Planungsplattform *netzentwurf.de*, die dann seit 1997 in verschiedenen Entwurfsprojekten die räumlich verteilte Zusammenarbeit von studentischen Arbeitsgruppen trainierte [Netzentwurf].

Potential

Virtuelle Planungsgruppen

Die Bildung von virtuellen Organisationsformen als zweckbezogener, zeitlich befristeter Zusammenschluss von autonomen Partnern ist heute in vielen Berufen eingeführt. Die Planer verbinden in diesem Prozess ihre Kompetenzen und können als virtuelle Gruppe Aufgaben bearbeiten, für deren Bearbeitung sie allein nicht ausreichend gerüstet wären. Durch informationstechnische Unterstützung kann sich dann die traditionelle Form des Arbeitsplatzes in Richtung einer zeitlichen und räumlichen Unabhängigkeit entwickeln (Abbildung 3.17). Da die Mehrheit der Architekturbüros heute weniger als 5 Mitarbeiter hat, wird die Bedeutung des temporären Zusammenschlusses von Planungsbüros und die Projektbearbeitung über netzbasierte Plattformen an Bedeutung gewinnen.

Abbildung 3.17: Ergänzung der traditionellen Arbeitsumgebung

	synchron	asynchron
Präsenz	Traditioneller Arbeitsplatz	Job sharing
Telepräsenz	Videokonferenz	Virtuelle Firma

3.3.15 Ubiquitäre Computeranwendungen

Ausschlaggebend für die Omnipräsenz der IT ist die anhaltende Miniaturisierung von Rechnerkomponenten und der damit verbundenen Möglichkeit datenverarbeitende Systeme mit sich zu führen oder in Gegenständen des täglichen Gebrauchs zu integrieren. Interessant in diesem Zusammenhang ist die Einschätzung von [Weiser 97], der die Prinzipien des *Ubiquitous Computing* als konsequente Fortsetzung der bisherigen Meilensteine des Mainframe Computing und der Einführung des Personal Computers sieht. Mit dem Einsatz von Mainframe-Anlagen ab Mitte der 1950er Jahre haben sich mehrere Menschen einen Computer geteilt, mit der Einführung des Personal Computer erfolgte dann die direkte Zuordnung einer Person zu einem Computer. Die Entwicklungen des Ubiquitous Computing führen schließlich dazu, dass einzelne Menschen in ihrer alltäglichen Umgebung mit mehreren Rechereinheiten kooperieren.

Miniaturisierung und Omnipräsenz der Informationstechnologien

Deutlich zeigt sich diese Entwicklung in der fortschreitenden Verbreitung der RFID-Technologie (siehe Kapitel 2.7.1). Anwendungen davon finden sich heute hauptsächlich in der Warenlogistik, der Zugangskontrolle und der Verwaltung von Objekten und Inventar. Diese Entwicklung wird vervollständigt durch den zunehmenden Ausbau von Funksystemen zur Vernetzung von stationären oder tragbaren Computern. Allgemein lässt sich in diesem Zusammenhang auch eine Integration der Hardwarekomponenten beobachten. Bisher einzeln zur Verfügung stehende Geräte wie Telefon, Kamera, Organizer, Spielkonsole, mp3-Player etc. werden zunehmend kombiniert angeboten und entwickeln sich zu kleinen, netzfähigen und mobilen Universalgeräten.

Ausbau und Multifunktionalität der Technologie

Potential

Die Entwicklungen im Bereich der drahtlosen Datenübertragung, der RFID-Technologien sowie von mobilen Anwendungen sind bis heute nicht eingehend auf ihre Auswirkungen auf die Gebäudeerstellung und -verwaltung untersucht worden. Vorhandene Systeme der Gebäudeautomation wie beispielsweise die als Gebäudebetriebssystem verstandene Anwendung [Raumcomputer] zeigen aber, dass ortsunabhängige und omnipräsente Rechnerleistung unter Verwendung vorhandener Planungsdaten und standardisierter Technologien Potentiale haben. Wesentlich ist auch hier, dass die Technologien bereits in frühen Planungsphasen in die Gebäudesystematik integriert werden müssen. Die Nutzungspotentiale der beschriebenen technischen Entwicklungen für

Omnipräsente Rechnerleistung in Gebäuden

die Ausbildung an den Hochschulen konnte bereits in Forschungsprojekten aufgezeigt werden [Deussen 04].

3.4 Potentiale der Werkzeuge

Veränderung der Arbeitsumgebung von Architekten durch IT

In den vorangegangenen Abschnitten dieses Kapitels wurden die wesentlichen informationstechnischen Anwendungen vorgestellt und ihre derzeitige Bedeutung für das Arbeitsumfeld von Architekten eingeschätzt. Bei der Betrachtung der Anwendungen hat sich gezeigt, dass IT-Werkzeuge sukzessive in das Leistungsspektrum von Architekten eingeflossen sind und dort auf unterschiedlich hohem Niveau eingesetzt werden. Entscheidend an dieser Entwicklung ist nicht, dass in den Planungsprozessen analoge Werkzeuge durch digitale Verfahren ersetzt werden, sondern dass die umfassende Durchdringung von Informationstechnologien zu grundsätzlichen Veränderungen der Arbeitsumgebung von Architekten führt. Abbildung 3.3 (Seite 54) hat in diesem Zusammenhang die vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Auswirkungen von informationstechnischen Werkzeugen in den Planungsprozess dargestellt und die Bedeutung der Integration eines konsistenten Gebäudeproduktmodells als zentrales Element betont.

Die sich auf Grundlage der Untersuchung abzeichnenden Veränderungen äußern sich auf mehreren Ebenen:

- Die Abstimmung der digitalen Werkzeuge untereinander verbessert sich und führt zur Etablierung einer durchgängigen digitalen Planungskette. Die Bearbeitung der Planungsphasen wird also nicht mehr als ein sequentielles Zusammenfügen von Tätigkeiten verstanden, sondern äußert sich in einem synchronen und asynchronen Aufbau eines gemeinsamen digitalen Produktmodells.
- Die Bedeutung der bisherigen Planungsphasen verändert sich (siehe a. Abbildung 2.13). Die Verfügbarkeit von Informationen aus Simulationen und Wissensspeichern bieten qualitativ hochwertige Planungsgrundlagen in frühen Phasen und verstärken deren Bedeutung für den gesamten Planungsprozess.
- Assistierende Systeme kooperieren in einigen Bereichen der Planung autonom und übernehmen dort Aufgaben der Planenden.
- Die Durchdringung mit Informationstechnologien erhöht die Geschwindigkeit der stattfindenden Prozesse.

3.4.1 Erwartete Diffusionsprozesse

Am Beispiel der Diffusion von verschiedenen Neuerungen der Informationstechnologien im Bauwesen, sollen im Folgenden das Diffusionsverhalten von neuen Werkzeugen im Architekturbereich untersucht werden und Szenarien für das zukünftige Arbeitsumfeld für Architekten vorbereitet werden. Es werden dann die wesentlichen Bereiche der Informationstechnologien näher beschrieben, die ein hohes Potential hinsichtlich ihrer zukünftigen Stellung im architektonischen Planungsprozess aufweisen.

Diffusionsverhalten von IT in der Architektur

Vor dem Hintergrund, dass Hochschulen die Studierenden nicht primär für das aktuell in der Wirtschaft geforderte Leistungsbild, sondern für das in der Zukunft zu erwartende Spektrum ausbilden müssen, stellt sich dann die Frage, in welchem didaktischem Kontext die unterschiedlich stark diffundierten Informationstechnologien heute in der Hochschullehre vermittelt werden müssen. Offensichtlich ist hier, dass die Studierenden in Methoden und Werkzeugen so ausgebildet werden sollten, dass sie bei Abschluss ihrer Studien die in der Phase der Innovation beziehungsweise Diffusion befindlichen Anwendungen verstehen und nutzen können. Diese Untersuchungen leiten dann über in das Kapitel 4 *Methoden der Ausbildung*

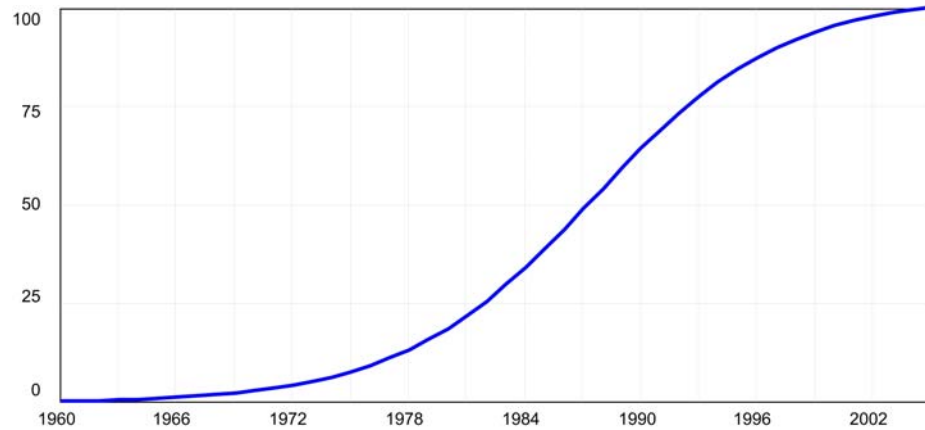
Ziel und didaktisches Umfeld der IT-Ausbildung

Die Untersuchung der eingesetzten IT zeigt deutlich die verschiedenen Diffusionsgrade der in der architektonischen Planung eingesetzten Anwendungen. Beispielsweise ist offensichtlich, dass klassische, d.h. geometriebasierte CAD-Anwendungen schon vor einigen Jahren in den meisten Architekturbüros eingeführt wurde und daher von einer Sättigung im Sinne der Untersuchungen von [Rogers 03] gesprochen werden kann. Andere Anwendungen wiederum spielen in den Büros noch keine Rolle, zeigen allerdings in den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an den Hochschulen Potentiale auf und werden mit hoher Wahrscheinlichkeit in den kommenden Jahren in die Praxis diffundieren. Die Beurteilung der Integrationsentwicklung von neuen Werkzeugen und Medien in die architektonische Planungspraxis wird durch den Umstand erleichtert, dass sich Architekten skeptischer als andere Ingenieurberufe neuen Planungswerkzeugen nähern und demzufolge diese Werkzeuge auch verzögert adaptieren. Bei einem Blick auf andere Planungsdisziplinen lassen sich deshalb häufig Tendenzen ausmachen, die dann zeitversetzt in die Planungswelt der Architekten portiert werden. Hinsichtlich der Verwendung von CAD-Werkzeugen kann beispiels-

Verschiedene Diffusionsgrade der IT-Anwendungen im Bauwesen

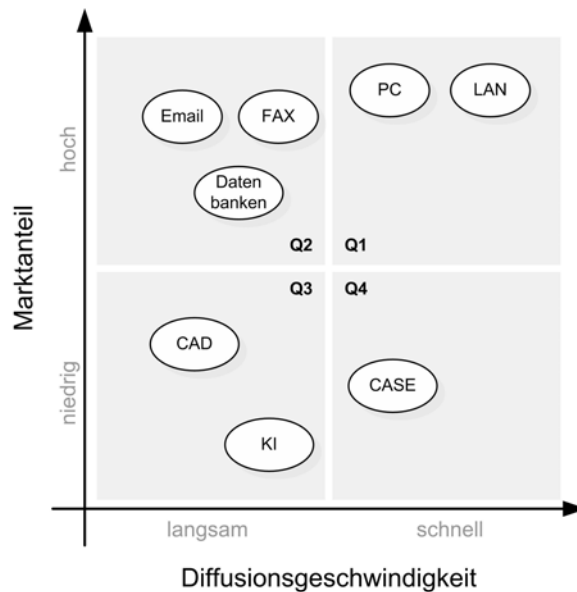
weise im Maschinenbau seit einigen Jahren eine Ausrichtung auf objektorientiertes Modellieren festgestellt werden, das heute mit die Einführung der *Industry Foundation Classes* in der Bauplanung nachvollzogen wird.

Abbildung 3.18: Diffusion von CAD-Anwendungen in der Architektur
Graphik nach Werten von [Teng 02]



Die Diffusion der CAD-Anwendungen in die Architektur hat sich von der Phase der Invention bis hin zum selbstverständlich genutzten Medium durch die Mehrheit der Architekturbüros von 1963 bis ca. 1995 hingezogen. Innovationsparameter p und Imitationsparameter q werden von [Teng 02] mit $p = 0.0048$ und $q = 0.3186$ angegeben und führen zum in Abbildung 3.18 dargestellten Verlauf der Diffusion. Auf Grund seiner Untersuchungen klassifiziert er dabei die Diffusion der CAD-Anwendungen zusammen mit der Entwicklung von Expertensystemen als tendenziell langsam abgelaufene Prozesse (Abbildung 3.19).

Abbildung 3.19: Diffusionsqualitäten
Graphik nach [Teng 02]



Eine ähnlich niedrige Diffusionsrate zeichnet auch die computergestützte Softwareentwicklung (Computer-Aided Software Engineering, CASE) aus, die aber schneller den maximalen Sättigungsgrad erreichte. Eine hohe Anzahl von Adaptoren erreichten dagegen E-Mail, Fax, Personal Computer und Lokale Netzwerke (Local Area Network, LAN). Unterschiedliche Geschwindigkeiten in der Diffusion können auch hier zu einer Differenzierung der Anwendungen herangezogen werden. Die Quadranten der Aufstellung klassifizieren also vier unterschiedliche Diffusionstypen von für das Bauwesen relevanten informationstechnischen Entwicklungen. Sie werden in Tabelle 3.1 durch jeweils durchschnittliche Werte für den *Innovationsparameter p* und den *Imitationsparameter q* beschrieben.

Unterschiedliche Diffusionstypen

	Q1	Q2	Q3	Q4
Sättigungsgrad	hoch	hoch	niedrig	niedrig
Diffusionsgeschwindigkeit	schnell	langsam	langsam	schnell
Innovationsparameter p	0,0019	0,0013	0,0039	0,0029
Imitationsparameter q	0,65	0,30	0,35	0,60

Tabelle 3.1: Durchschnittliche Innovations- und Imitationsparameter

Für die nachfolgende Bewertung der in den Kapiteln 3.3.1 bis 3.3.15 vorgestellten Werkzeuge werden für die Festsetzung der Innovations- und Imitationsparameter die von [Lilien 03] angegebenen Entscheidungsmerkmale herangezogen. Die Einschätzung des Imitationskoeffizienten wird zusätzlich dadurch beeinflusst, ob die beobachteten Neuerungen durch einen direkten Bezug oder Einsatz zu den Netzwerktechnologien einen hohen Nachahmungseffekt aufweisen werden. Der Erfolg der Produkteinführungen und Integration von neuen Werkzeugen in die Planungspraxis wird demzufolge bestimmt durch:

- den relativen Vorteil der Neuerung bezüglich den bereits vorhandenen Lösungen
- den Grad der Kompatibilität der Neuerung zu den vorhandenen Produkten
- die Komplexität der Neuerung und der damit verbundenen Einarbeitungsschwierigkeiten
- das Risikopotential der Neuerung und den Möglichkeiten zur risikoreichen Erprobung der Neuerung

Tabelle 3.2: Diffusionsgrad der Informationstechnologien und deren Potentiale

		Invention	Innovation	Diffusion	Sättigung	Innovationsparameter p	Imitationsparameter q	Marktpotential m
1	Computergestütztes Zeichnen	■	■	■	■	0.005	0.3	100
2	Computergestütztes Modellieren / IFC	■	■	■	■	0.01	0.2	100
3	Vollständiges parametrisches Modellieren	■	■	■	■	0.006	0.2	75
4	Multimedia-Anwendungen	■	■	■	■	0.02	0.6	100
5	Virtual Reality	■	■	■	■	0.001	0.1	50
6	Augmented Reality	■	■	■	■	0.001	0.2	50
7	4D-CAD, 4D-GIS	■	■	■	■	0.001	0.3	50
8	Model-Server	■	■	■	■	0.001	0.5	100
9	Tabellenkalkulation	■	■	■	■	0.01	0.3	100
10	Programmieren	■	■	■	■	0.001	0.05	25
11	Simulationen	■	■	■	■	0.01	0.3	75
12	Kopplung von Planung und Fertigung	■	■	■	■	0.001	0.3	75
13	KI / Agentensysteme	■	■	■	■	0.01	0.4	75
14	Datenbanken und Informationsverwaltung	■	■	■	■	0.02	0.2	100
15	Geo-Informationssysteme	■	■	■	■	0.01	0.3	100
16	IT-gestützte Raumbücher	■	■	■	■	0.001	0.3	100
17	Ubiquitäre Anwendungen im Bauen	■	■	■	■	0.02	0.3	100
18	Plattformen und Virtuelle Projekträume	■	■	■	■	0.02	0.3	100

3.4.2 Themenfelder

Vergleich und Zuordnung der beobachteten Technologien

Abbildung 3.20 stellt den Diffusionsverlauf der zuvor beschriebenen Werkzeuge dar und ermöglicht deren Vergleich und gegenseitige Zuordnung im Prognosezeitraum. Die Graphik umfasst auf der horizontalen Achse den Zeitraum von 2000 bis 2030 und ist vertikal in die aus Kapitel 3.2 bekannten Phasen Invention, Innovation, Diffusion und Sättigung untergliedert. In der Abbildung werden dann durch Verknüpfungen von einzelnen Verlaufslinien sechs didaktische Themenfelder erzeugt und auf der Zeitachse positioniert. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass immer mindestens zwei Werkzeuge zusammengefasst werden und mindestens eines davon aus den beiden ersten Phasen der Invention

und der Innovation stammt. Ein weiteres Werkzeug der Gruppe befindet sich bereits in der Diffusions- beziehungsweise Sättigungsphase. Die Kombination von Werkzeugen aus frühen und späten Phasen hat den Vorteil, dass noch nicht in der Lehre überprüfte Werkzeugtypen in Verbindung mit bereits etablierten Verfahren eingeführt werden können und damit das Risiko des Scheiterns der darauf aufbauenden Lehrkonzepte verringert werden kann.

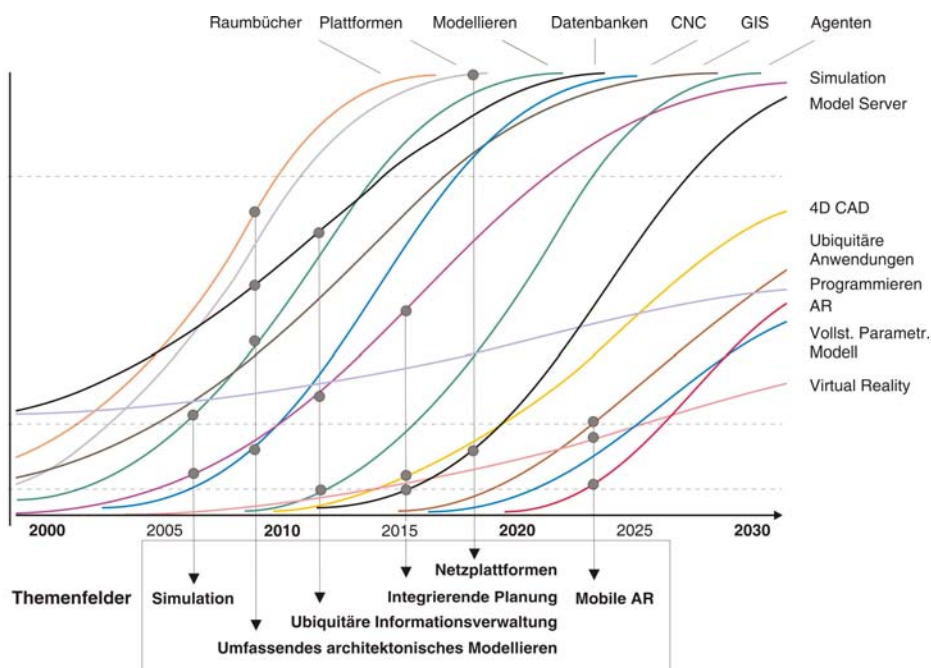


Abbildung 3.20: Technologie-Roadmap

Die entstehenden Themenfelder werden nachfolgend erläutert und in Kapitel 5 mit den Szenarien der zukünftigen beruflichen Aufgaben und den methodischen Eckpunkten der Ausbildung zusammengeführt.

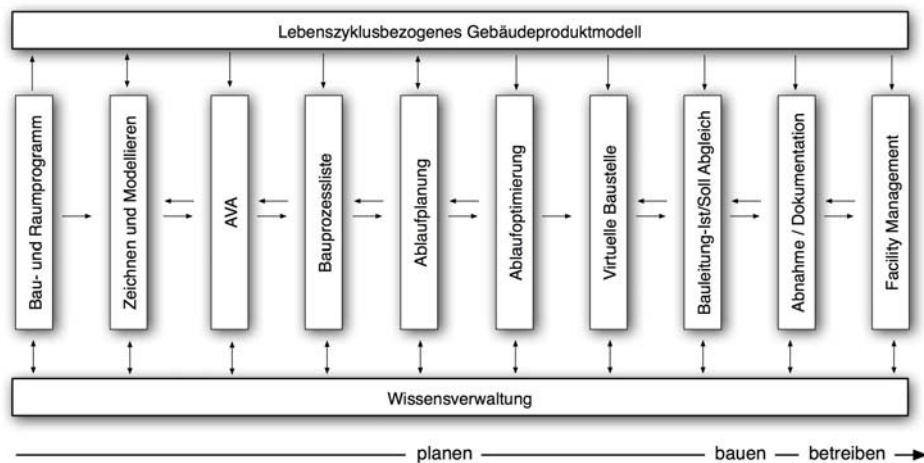
3.4.2.1 Simulationen

Die primäre Aufgabe von Simulationen im Bauwesen ist die möglichst umfangreiche Akkumulation von Wissen über den Planungsgegenstand in frühen Planungsphasen. Dieser Vorgang erfordert in der Regel die dreidimensionale Modellierung von Gebäuden bereits zu Beginn des Planungsprozesses. Moderne objektbasierte CAD-Umgebungen bilden die erforderlichen Modelle nahezu selbstständig aus und fordern von ihren Benutzern vornehmlich die Angabe von zweidimensionalen Planungsinformationen. Die heute in großer Anzahl zur Verfügung stehenden Simulationsprogramme haben aber den Nachteil, dass ihre Be-

Bereitstellen von Wissen durch Simulation

nutzung, bedingt durch das Fehlen eines ausreichend effizienten Übergabeformats, eine redundante Dateneingabe erforderlich machen. Durch die Diffusion der Industry Foundation Classes in den Planungsprozess kann erwartet werden, dass in der Zukunft das direkte Ansprechen von Simulationswerkzeugen aus der Planung heraus gewährleistet ist und dass die Anzahl der Implementierungen, welche auf das gemeinsame Datenmodell zugreifen, deutlich ansteigen wird. Die Umsetzung der IFC bildet damit schließlich die Grundlage einer vollständigen digitalen Planungskette, welche die durchgängige Unterstützung der verschiedenen Planungs- und Betriebsstufen ermöglicht (siehe Abbildung 3.21).

Abbildung 3.21: Durchgängige Digitale Kette



3.4.2.2 Umfassendes architektonisches Modellieren

Zyklisches Verfahren der Planbearbeitung

Die heute in der Architekturplanung eingesetzten CAD-Umgebungen beruhen in der Regel auf geometriebasierten Prinzipien. Die Anwendungen platzieren geometrische Grundelemente und ordnen sie nach den Regeln der jeweiligen Arbeitsumgebung. In der Kooperation mit Fachplanern werden die Planstände aus der Anwendung exportiert und anderen Planern übermittelt. Nach der Bearbeitung werden die Projektdaten weitergereicht und reimportiert. Das zyklische Verfahren der Planbearbeitung in einer Gruppe von Fachplanern hat den Nachteil, dass zur Vermeidung von Versionskonflikten die Arbeit am Planstand nach der Weitergabe der Daten an externe Fachplaner die Planbearbeitung ruhen muss und sich erhebliche zeitliche Verzögerungen einstellen können. Gleichzeitig führt das Aus- und Einlesen von CAD-Daten zwi-

schen den Planern zu Informationsverlusten und zur mehrfachen Neugabe von geometrischen Informationen.

Die auf einem einheitlichen Gebäudeproduktmodell basierte Planung kann in Zukunft Lösungen für die angesprochene Problematik anbieten. Sie stellt die bisher praktizierten Insellösungen im Rechnereinsatz auf eine gemeinsame Datengrundlage:

Grundzüge einer durchgängigen digitalen Planungskette

- Eine durchgängige digitale Kette auf Basis der Industry Foundation Classes gewährleistet die fehler- und verlustfreie Weitergabe von Modelldaten. Der Betrieb von Model-Servern erlaubt darüber hinaus den gleichzeitigen und kontrollierten Zugriff auf ein alleiniges und zentral gehaltenes Produktmodell unter Wahrung der Zugriffsrechte und Versionenkontrolle.
- Die umfassende und einheitliche Modellierung von Gebäudeinformationen erlaubt darüber hinaus die effektive Programmierung von Simulationswerkzeugen und deren Einsatz in frühen Planungsphasen.
- Das digitale Gebäudemodell auf Grundlage der IFC umfasst auch die Beschreibung von Räumen und deren Verhältnisse zu einander. Es ermöglicht daher die Planungsunterstützung durch halb- und vollautomatische Mechanismen zur Kontrolle von Designregeln in frühen Phasen der Planung.

3.4.2.3 Ubiquitäre Informationsverwaltung

Die Arbeit von Architekten wird in Zukunft durch den ubiquitären Umgang mit Informationen und Wissen geprägt sein. Dazu zählen die schnelle und effektive Informationsrecherche an jedem Ort, die gemeinsame Wissenskonstruktion, die Bewertung und Verwaltung von Informationen und die Integration von neuen Informationen in den bestehenden Wissenskontext. Die hardware- und softwaretechnische Grundlage der Entwicklung wird durch die fortschreitende Verbreitung von kleinsten Recheneinheiten, wie beispielsweise RFID Elementen und kleiner portabler Speichermedien erreicht und durch den Ausbau drahtloser Netze und Agentensysteme ergänzt.

Ortsunabhängiger und permanenter Informationszugang

3.4.2.4 Integrierende Planung und CAD / CAM Kopplung

Die einzelnen Gewerke im Bauwesen verfügen in den meisten Fällen über optimierte Produkte und eingespielte Verfahren der Montage und Wartung. Gleichzeitig nimmt der Grad der industriellen Vorfertigung auf Grundlage individueller Planungsprozesse zu. Fehler, Verzögerun-

Optimierung durch Integration der Gewerke

gen und baukonstruktive Probleme entstehen dagegen an den Schnittstellen der Gewerke. Das Optimierungspotential im Bauprozess liegt daher weniger in der Verbesserung einzelner Produkte oder Verfahren, sondern in der besseren Integration der Gewerke in einem schlüssigen Gesamtkonzept. Die Einbeziehung der Kopplung von individueller Planung und maschineller Fertigung ist Teil dieser Forderung.

Produktdatenmodell und Einbindung der Zeit als Voraussetzung

Um diesen Aufgabenbereich in Zukunft beherrschen zu können, müssen nachfolgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- Die Integration der Gewerke muss früh im Planungsprozess verankert werden. Dafür ist es notwendig, dass auf eine gewerkeübergreifende Planungs- und Realisierungskette auf Basis eines Produktdatenmodells zurückgegriffen werden kann und eine eindeutige Übergabesprache an numerisch gesteuerte Maschinen zur Verfügung steht.
- Bauprozesse und Facility Management-Anwendungen verwenden zeitliche Angaben. Die Integration der Dimension *Zeit* ist deshalb Voraussetzung für wichtige und bisher nicht erschlossene Anwendungsgebiete der Industry Foundation Classes.

3.4.2.5 Abwicklung von Planungsprozessen auf Netzplattformen

Verteiltes Arbeiten auf Netzplattformen

Das verteilte kooperative Arbeiten auf Netzplattformen ist heute in Beruf und Ausbildung verbreitet und wird sich in Zukunft als zentrale Arbeitsmethode etablieren. Kommunikation, Kooperation, Informationsgewinnung und -verwaltung mit Netztechnologien muss daher mehr als heute zu einem Teil der Ausbildung werden. Gleichzeitig ist abzu-sehen, dass auf Grundlage der zentralen Anwendung *Model-Server* (siehe auch Abbildung 5.6) der Abruf individueller Sichten auf die Planung die zeitgleiche Bearbeitung des Produktmodells durch verteilte Fachplaner ermöglichen wird. Die Vermeidung logischer Konflikte sowie die Verwaltung von Versionen werden durch den *Model-Server* gewährleistet.

3.4.2.6 Mobile Augmented Reality und ortsbezogene Dienstleistungen

Ortsgebundene Darstellung von Planungswissen

Wie in Kapitel 3.3.4 beschrieben, zielt die Anwendung von Virtual Reality Umgebungen bisher darauf ab, möglichst realitätsnahe Abbildungen noch nicht existierender Planungsgegenstände zu generieren, um dabei die Planung selbst zu kontrollieren und um sie mit anderen

Beteiligten zu kommunizieren. Sie stellte im Bauprozess also primär ein Simulationswerkzeug dar. Augmented Reality Anwendungen dagegen wurden originär als planungsunterstützende Werkzeuge verstanden und entsprechend eingesetzt. Die Überlagerung der Realität durch in Echtzeit eingespielte zusätzliche, zumeist ortsgebundene Informationen stellt sehr hohe Anforderungen an die Positionsbestimmung und Bewegungsanalyse (Tracking) der Nutzer sowie an die drahtlose Übertragung von Planungsdaten. In beiden Bereichen lassen sich Fortschritte beobachten und für die Zukunft sinnvolle Anwendungen erwarten. Wesentlich ist hier nicht die Visualisierung von Planungswissen auf der Baustelle, sondern die Bereitstellung, Darstellung und Editierbarkeit von planungsrelevanten Informationen zu jedem Zeitpunkt und an jedem Ort. Die Prinzipien und Techniken des ubiquitären Computereinsatzes sowie der ortsbezogenen Dienstleistungen *Location Based Services* (LBS) sind bereits in anderen Disziplinen erprobt und werden zukünftig in der Bauplanung eine Rolle spielen können.

Beispielhafte Anwendungen im Bereich der Architektur:

- Visuelle Unterstützung beim Vergleich von Soll- und Ist-Zustand in der Bauleitung
- Unterstützung bei der Gebäudeverwaltung durch Visualisierung von Eigenschaften, Funktionen und Semantik
- Vor-Ort-Visualisierung von nicht mehr bestehenden oder geplanten Gebäuden zur Unterstützung der Bauforschung und der Bauplanung



Abbildung 3.22: Soll-Ist-Abgleich mit Unterstützung von Augmented Reality

4 Methoden der Ausbildung

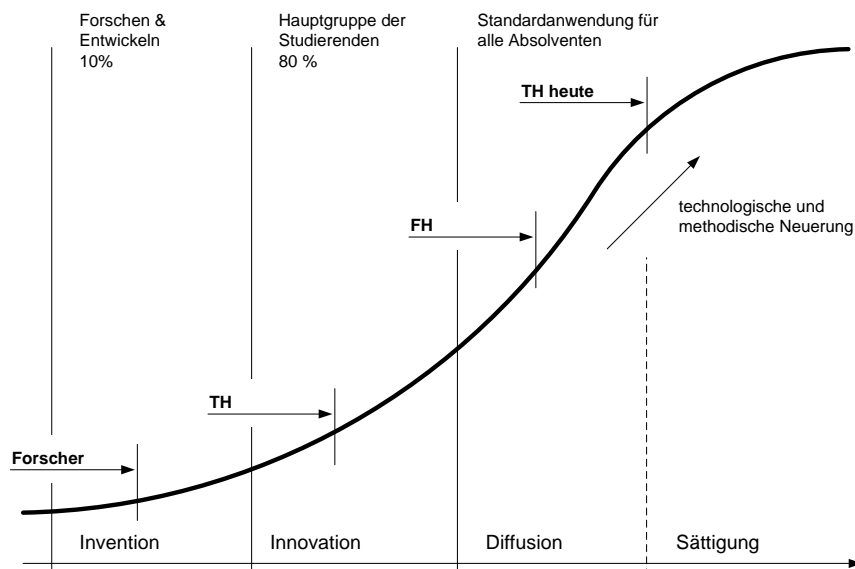
Jedermann entwirft einmal, niemand entwirft immer

Horst W. Rittel (1930 - 1990), Mathematiker und Designer

Ziele der universitären Ausbildung

Die Aufgabe der Lehre an den Universitäten ist es nicht, die aktuelle Situation in der beruflichen Praxis nachzuahmen und einzuüben. Vielmehr müssen die Studierenden durch vorausschauende Themen- und Methodenwahl auf Situationen vorbereitet werden, die nach Abschluss ihrer Studien anfangen in die berufliche Praxis zu diffundieren. Bezogen auf die Modelle von [Bass 69] bedeutet das, dass die Mehrheit der Absolventen mit den Methoden und Werkzeugen umgehen können muss, welche in die Phase der Diffusion eingetreten sind (siehe Abbildung 4.1). Studierende, die sich auf Teilbereiche der Planung spezialisiert haben, müssen dagegen schon mit Methoden vertraut sein, die sich noch in der Phase der Innovation befinden. Absolventen dagegen, die im Umfeld der Hochschulen bleiben und sich als Forscher etablieren wollen, müssen noch früher ansetzen und sich mit methodischen und technischen Entwicklungen beschäftigen, die gänzlich neu und unbewertet sind. Als selbstverständlich für alle Betroffenen muss angesehen werden, dass Anwendungen die sich als Standard etabliert haben, dem gesamten Jahrgang bekannt und vertraut sind.

Abbildung 4.1: Ausrichtung der Ausbildung bezogen auf das Diffusionsmodell



Diese Notwendigkeit erfordert eine kritische und vorausschauende Beurteilung der praktischen Tätigkeit und ein ständiges Überprüfen der angewandten Konzepte in der Lehre.

Die gegenwärtige Praxis an den Universitäten im Bereich der Architekturausbildung erfüllt diese Ansprüche nur ungenügend, da die Aufgaben und die Umsetzung des Lehrangebots ein unrealistisches Berufsbild widerspiegeln. Die am häufigsten anzutreffende Verzerrung zeigt sich deutlich in der Überbewertung der Gestaltungsarbeit in der Bauplanung [Wolfensberger 93]. Diese Problematik setzt sich fort in einer mangelnden horizontalen Integration von aufeinander aufbauenden Studieninhalten und in der lückenhaften vertikalen Integration, also der Abstimmung von parallel ablaufenden Studieninhalten.

*Mängel der gegenwärtigen
Ausbildung*

Aufbau des Kapitels

In Kapitel 4 werden zuerst allgemeine Anforderungen an Architekten und Studierende der Architektur aufgestellt und bewertet. Bezogen auf die zu erwartenden Aufgaben und die zur Verfügung stehenden Werkzeuge werden dann vier für die Zukunft wesentliche Qualifikationen für Absolventen beschrieben. Nach einem kurzen Überblick über allgemeine didaktische Methoden wird dann eine Auswahl historischer und gegenwärtiger Modelle der Architekturausbildung diskutiert und ihre wesentlichen Merkmale beschrieben. Zum Abschluss des Kapitels werden die bewerteten Modelle und methodischen Anforderungen zusammengetragen und als Grundlage einer zukunftsfähigen Ausbildungsumgebung vorgestellt.

4.1 Anforderungen an Studierende der Architektur

Die Arbeit von Architekten hat kulturelle, soziale, ökonomische und ökologische Auswirkungen auf die Gesellschaft. Ihre Produkte weisen eine lange Lebensdauer auf und können die Lebensqualität auch der nachfolgenden Generationen entscheidend beeinflussen. Die Verantwortung von Architekten ist deshalb groß und erfordert eine gründliche, sensible und umfassende Ausbildung. In Deutschland wird Architektur an Universitäten, Technischen Hochschulen, Fachhochschulen, Berufsakademien und Kunstakademien gelehrt und führt bei erfolgreichem Abschluss bisher zum akademischen Grad eines Diplomingenieurs. Abhängig vom jeweiligen Bundesland können sich Absolventen dann nach 2 bis 3 Jahren angeleiteter Tätigkeit in einem Architekturbü-

*Architekturausbildung in
Deutschland*

ro in die Listen der Länderammern eintragen, werden damit zur Bauvorlage berechtigt und dürfen den Titel *Architekt* tragen. Die unterschiedlichen Hochschultypen und länderspezifischen Besonderheiten deuten an, dass sich bereits innerhalb Deutschlands Ausrichtung und Art der Ausbildung zum Architekten regional unterscheidet. Europaweit betrachtet werden die Unterschiede noch deutlicher. Da diese Problematik im Kern alle Studiengänge betrifft, haben 27 europäische Staaten im Juni 1999 eine Vereinbarung unterzeichnet die zu einer Harmonisierung des gesamten Hochschulwesens in Europa beitragen soll. Ziel der Umstellung ist es seit dem, die Vergleichbarkeit der jeweils landestypischen Prüfungsleistungen und Abschlüsse zu ermöglichen. Da innerhalb des *Bologna-Prozesses* die Anforderungen an Studierende der Architektur durch Evaluierungseinrichtungen neu thematisiert werden, sollen die anstehenden Umstellungen nachfolgend beschrieben werden.

Bachelor- und Masterprogramme

Die Einführung zweistufiger Bachelor- und Masterprogramme ist das zentrale Element des Prozesses. Er wird ergänzt durch ein auf Leistungspunkten beruhendem Bewertungssystem für Studienarbeiten. Das *European Credit Transfer System (ECTS)* und die durchgängige Modularisierung der Studieninhalte sollen Migration und Mobilität der Studierenden sowohl geographisch als auch zwischen verschiedenen Studiengängen ermöglichen und fördern. Zur Kontrolle und Sicherstellung der Qualität der Ausbildung werden Akkreditierungsmaßnahmen gefordert die zur Zertifizierung des jeweiligen Studienangebots führen soll. Die für die deutsche Hochschullandschaft tätigen Akkreditierungsinstitutionen bewerten die Ausbildung an den Architekturfakultäten nach einem Katalog von zu erreichenden Zielen und verwenden dabei unter anderem einen von der *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]* und der *International Union of Architects [UIA]* erstellten Kompetenzkatalog.

Allgemeines Ziel der Ausbildung

Der Akkreditierungsverbund für Studien der Architektur und Planung [ASAP] sieht dabei als allgemeines Ziel der Architekturausbildung die Heranbildung von

„... kompetenten, kreativen und kritisch denkenden Fachleuten im Planen und Bauen [...] die sich durch intellektuelle Reife, ökologische Sensibilität, ökonomisches Verständnis und soziale Verantwortung auszeichnen“.

Für den Verbund ist die Architektur ein interdisziplinär aufgebautes Fachgebiet, welches im Spannungsfeld zwischen Vernunft, Wissen und Intuition arbeitet. Architekten müssen geistes-, sozial- und naturwissenschaftliche sowie technische und künstlerische Fähigkeiten einsetzen um durch konzeptionelles Denken und Planen Bauaufgabe umsetzen zu können.

Die [UIA] konkretisiert dieses Ziel und fordert für die Ausbildung eine ausgewogene Mischung von theoretischen und praktischen Lehrangeboten aus den Bereichen Geschichte, Kunst, Technologie, Geistes-, Sozial- und Naturwissenschaften, Städtebau, Rechte und Administration. Die Umsetzung in die Lehre soll dann zu folgenden Kompetenzen der Studierenden führen:

Ausbildungsziele der International Union of Architects

Integration komplexer Fragestellungen im Entwurf

Die Fähigkeit, kreativ zu denken und die Leistungen anderer an der Planung Beteiligter zu steuern und zu integrieren

Die Fähigkeit, Informationen zu sammeln, Probleme zu definieren, Analysen anzuwenden, kritisch zu urteilen und Handlungsstrategien zu formulieren

Die Fähigkeit, dreidimensional zu denken und Entwürfe methodisch wissenschaftlich und künstlerisch zu entwickeln

Die Fähigkeit, divergierende Faktoren in Einklang zu bringen, Kenntnisse zu vereinheitlichen und die Fertigkeiten bei der Schaffung einer Entwurfslösung anzuwenden

Kenntnisse in Kultur- und Kunstwissenschaften

Die Anwendung der Kenntnisse geschichtlicher und kultureller Bezüge in der internationalen Architektur

Die Anwendung der Kenntnisse über den Einfluss der bildenden Kunst auf die Qualität des architektonischen Entwurfs

Das Verständnis für das Erbe der gebauten Umwelt und für Themen des Denkmalschutzes

Das Bewusstsein für die Querverbindungen zwischen Architektur, philosophischen und politischen Strömungen und der kulturellen Entwicklung anderer kreativer Disziplinen

Kenntnisse in Sozialwissenschaften

Die Anwendung der Kenntnisse über Gesellschaft, Bauherren und Nutzer

Die Fähigkeit, Programme für Bauaufgaben zu entwickeln und dabei die Bedürfnisse von Bauherren, Öffentlichkeit und Nutzern zu definieren

Die funktionalen Bedingungen für unterschiedliche Typen der gebauten Umwelt zu ermitteln und zu definieren

Das Verständnis für den sozialen Kontext einer Bauaufgabe

Das Verständnis der ergonomischen und räumlichen Erfordernisse der Arbeitswelt

Kenntnisse über die entsprechenden Gesetze, Regeln und Maßstäbe für Planung, Entwurf, Bau, Gesundheit, Sicherheit und den Gebrauch gebauter Umwelt

Kenntnisse in Umweltwissenschaften

Die Anwendung des Wissens natürlicher Systeme und der gebauten Umwelt, das Verständnis für Themen wie ökologische Nachhaltigkeit, für Entwürfe zur Verringerung des Energieverbrauchs und der Auswirkungen auf die Umwelt sowie das Verständnis für passive Systeme und deren Steuerung

Das Bewusstsein für Geschichte und Praxis von Landschaftsarchitektur, Städtebau, regionaler und nationaler Planung

Kenntnisse in Technikwissenschaften

Die Anwendung von Kenntnissen von Tragwerk, Materialien, Ver- und Entsorgung

Das Verständnis der Prozesse des technischen Entwurfs und der Integration von Tragwerk, Bautechnik, technischem Ausbau in ein funktionell sinnvolles Ganzes

Das Verständnis von Infrastruktur und Erschließung und von Kommunikations-, Wartungs- und Sicherheitssystemen

Das Bewusstsein für die Bedeutung der technischen Infrastruktur bei der Entwurfsrealisierung sowie das Bewusstsein für Baukostenplanung und Kontrolle

Die Kenntnis der physikalischen Probleme und der Technologien, die mit der Funktion eines Gebäudes zur Schaffung von Komfort und Schutz gegen Witterungseinflüsse zusammenhängen

Kenntnisse in Entwurfsmethodik

Die Anwendung der Kenntnisse von Entwurfstheorie und Methodik

Das Verständnis von Entwurfsverfahren und Entwurfsprozessen sowie Analysen und Interpretation von Rahmenbedingungen

Kenntnisse in Bauökonomie / Baudurchführung

Die Anwendung von Kenntnissen der berufsständischen, geschäftlichen, finanziellen und rechtlichen Anforderungen

Das Bewusstsein für die Funktionsweisen der Bau- und Entwicklungsindustrien, der finanziellen Zusammenhänge, des Immobilien-Investment, der alternativen Methoden der Auftragsvergabe und des Facility Managements

Das Bewusstsein für die potentiellen Rollen von Architekten in gewohnten und in neuen Handlungsbereichen sowie im internationalen Kontext

Das Verständnis der Geschäftsprinzipien und ihrer Anwendung auf die Entwicklung der gebauten Umwelt, das Verständnis von Projektsteuerung, Projektentwicklung und Bauherrenberatung

Das Verständnis von Berufsethik und Verhaltensregeln in Bezug auf die Ausübung des Berufs sowie das Verständnis der rechtlichen Pflichten eines Architekten in Bezug auf Registrierung nach den Architektengesetzen, der Berufsausübung und der Bauverträge

Fertigkeiten

Die Fähigkeit dem Nutzer mittels technischer und künstlerischer Darstellungsweisen Entwurfsziele zu vermitteln

Graphische, manuelle oder elektronische Fertigkeiten und Modellherstellung zur Überprüfung, Entwicklung und Dokumentation des Entwurfs

Gebrauch von Bewertungssystemen unter Verwendung manueller und/oder elektronischer Mittel zur Beurteilung der Leistung gebauter Umwelt

4.2 Schlüsselqualifikationen

Mangelnde Vermittlung von Schlüsselqualifikationen

Der Anforderungskatalog der UIA weist mit der *Integration komplexer Fragestellungen im Entwurf* gleich zu Beginn auf wesentliche Ausbildungsziele hin. Trotzdem bleibt zu bemängeln, dass die Bereitschaft und die Befähigung zu Kooperation nicht explizit genannt und lediglich die Steuerung und Einbeziehung der Leistungen anderer Planungsbeteiligten gefordert wird. Insgesamt wird damit zwar ein umfassendes, auf fachliche Fertigkeiten bezogenes Leistungsbild skizziert, der Erwerb von Schlüsselqualifikationen, also von außer- und überfachlichen Qualifikationen, nur am Rande erwähnt. Dieses Fehlen erstaunt umso mehr, als dass gerade im interdisziplinären und stetig unbestimmter werdenden Umfeld der Architektur die Bedeutung der Schlüsselqualifikationen an Bedeutung gewinnt. Deren steigende Wichtigkeit wird nicht nur dadurch verdeutlicht, dass in der pädagogischen Literatur mittlerweile über 600 verschiedene Kompetenzen als Schlüsselqualifikationen aufgeführt werden [Weinert 98], sondern vor allem durch drei Entwicklungen aus dem Berufsumfeld direkt, welche die Anforderungen an Absolventen grundlegend ändern.

Notwendigkeit der Schlüsselqualifikationen

- Anwendungswissen verliert heute deutlich schneller an Aktualität und macht den Wissenserwerb zur Problemlaufzeit erforderlich.
- Anwendungswissen wird komplexer und macht die verstärkte Zusammenarbeit verschiedener Fachleute notwendig.
- Die berufliche Zukunft ist heute weniger determiniert. Der Wechsel zwischen verschiedenen ausgerichteten Tätigkeiten wird üblich werden.

Schlüsselqualifikationen haben durch diese Anforderungen eine mittlerweile höhere Wertigkeit wie rein fachspezifische Kenntnisse erlangt und werden vor allem in der Ausbildung an Hochschulen eingefordert [Knauf 03].

Klassifizierung der Schlüsselqualifikationen

Verschiedene Autoren haben seit der Einführung des Begriffs durch [Mertens 74] die Klassifizierung der Qualifikationen unternommen (z.B. [Arnold 91]). Sie werden heute in der Regel in folgenden Klassen organisiert:

- Sozialkompetenz: Fähigkeit zur Kommunikation, Kooperation und zum Aufbau von sozialen Beziehungen
- Selbstkompetenz: persönlichkeitsbezogene Fähigkeiten wie Ausdauer, Flexibilität, Verantwortungsgefühl

- Methodenkompetenz: Fähigkeit zur problemspezifischen Auswahl und Umsetzung von Problemlösungsstrategien
- Sachkompetenz: grundlegende und fachübergreifende Fähigkeiten wie Medienkompetenz oder Fremdsprachenkenntnisse

Eine allgemeine und heute verbreitete Definition des Begriffs der Schlüsselqualifikation wird beispielsweise von [Orth 99] gegeben:

Definition Schlüsselqualifikation

„Schlüsselqualifikationen sind erwerbbar allgemeine Fähigkeiten, Einstellungen und Wissens Elemente, die bei der Lösung von Problemen und beim Erwerb neuer Kompetenzen in möglichst vielen Inhaltsbereichen von Nutzen sind, so dass eine Handlungsfähigkeit entsteht, die es ermöglicht, sowohl individuellen als auch gesellschaftlichen Anforderungen gerecht zu werden.“

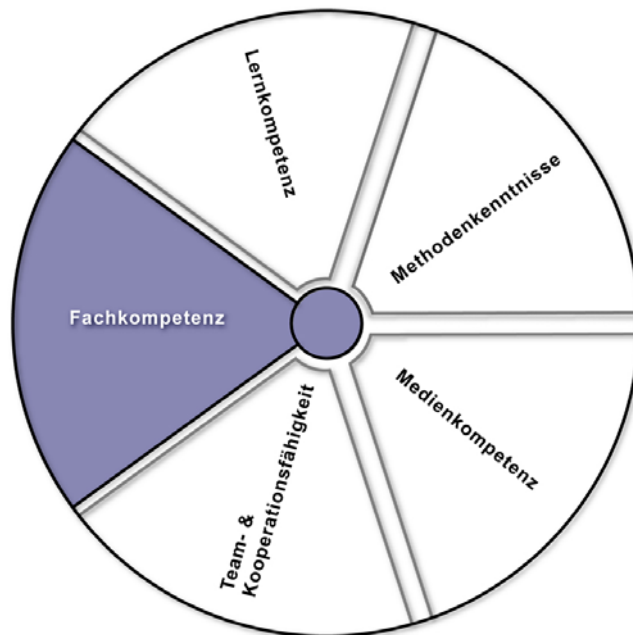
Elementar für die Ausrichtung von didaktischen Konzepten ist die Feststellung, dass Schlüsselqualifikationen als prinzipiell erwerbbar Fähigkeiten angesehen werden, also durch geeignete Lehrkonzepte und Lernumgebungen gefördert werden können. Offensichtlich ist auch, dass sie in einem didaktischen Umfeld, welches die gleichzeitige Vermittlung von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen fördert, besser entwickelt werden können als in einer isolierten Lernumgebung, da sie im Wesentlichen auf implizite Lernvorgänge beruhen [Weinert 98]. Folgerichtig wird heute die gemeinsame Betrachtung und Förderung von Fach- und Schlüsselqualifikationen bevorzugt und als Grundlage der beruflichen Handlungskompetenz gesehen [Beck 95]. Als weitere Voraussetzung für die Förderung von Schlüsselqualifikationen wird von [Knauf 03] das möglichst vielfältige und variantenreiche Angebot von Lernumgebungen gefordert, da Lernerfolge durch die Überprüfung der Nützlichkeit und Brauchbarkeit eines Angebots durch die Lernenden bestimmt werden und demzufolge starke individuelle Prozesse darstellen. Lernumgebungen, die den Erwerb von Schlüsselqualifikationen fokussieren, kombinieren dabei ein grundlegendes Methodentraining und die Integration von Reflexionselementen zur Selbstevaluation der Lernenden.

Gemeinsame Vermittlung von Fach- und Schlüsselqualifikationen

Für die Bearbeitung von komplexen Problemen werden im Folgenden vier Schlüsselqualifikationen beschrieben, die in Kombination mit Fachkompetenzen (siehe Abbildung 4.2) das Ausbildungsziel einer erweiterten Architekturausbildung ermöglichen. In Kapitel 4.5 werden diese Schlüsselqualifikationen zur Spezifikation des methodisch-didaktischen Umfeldes beitragen.

Kombination von Fach- und Schlüsselqualifikationen

Abbildung 4.2: Fach- und Schlüsselqualifikationen als Teil der Ausbildung



4.2.1 Schlüsselqualifikation Team- und Kooperationsfähigkeit

Ein wesentliches Merkmal der Architekturplanung ist die intensive Kooperation von Fachplanern, Behörden und Technikern, welche vermehrt über zeitliche und räumliche Grenzen hinweg auf Netzplattformen zusammenarbeiten. Dieses Zusammenwirken gelingt nur dann, wenn verschiedene Anforderungen an die Planungsgruppe und die Planungsumgebung gewährleistet sind. Team- und Kooperationsfähigkeit sind in diesem Kontext essentiell und zählen zusammen mit weiteren Eigenschaften wie Konfliktlösungsbereitschaft und Zuverlässigkeit zu den Schlüsselqualifikationen der Klasse Sozialkompetenz.

Vermittlung von Team- und Kooperationsfähigkeit

Lernkonzepte vermitteln Team- und Kooperationsfähigkeit nicht direkt, können jedoch durch geeignete Themenwahl und Vorgehensmuster die Bildung dieser Schlüsselqualifikationen fördern. Solche Situationen entstehen beispielsweise dann, wenn den Teammitgliedern schnell deutlich wird, dass Offenheit und Zuverlässigkeit innerhalb der Planungsarbeit direkt das eigene Vorankommen und die persönliche Entwicklung fördern.

Die Grundlage einer funktionierenden Kooperation in einem Planungsteam ist das Vorhandensein eines Mindestmaßes an Vertrauen unter den beteiligten Personen. Dieses Vertrauen gründet in der Regel auf

persönliche und direkte Kontakte und kann bei der Bearbeitung einer Planungsaufgabe über Netzplattformen ein Problem darstellen. In der Regel wird versucht diesem Problem durch die Organisation eines initiierenden Treffens und darauf folgender regelmäßiger physischer Kontakte zu begegnen.

Als weitere Schwierigkeit innerhalb von kooperierenden Teams kann das in der Fachliteratur als *social loafing* (soziales Faulenzen) bekannte Phänomen in Gruppen genannt werden, bei dem einzelne Gruppenmitglieder ihre Kooperationsbereitschaft und ihre Beiträge zum Team reduzieren und sich von der Gesamtleistung der Gruppe mitziehen lassen.

4.2.2 Schlüsselqualifikation Methodenkompetenz

In der universitären Ausbildung steht das selbstgesteuerte und individuelle Lernen im Vordergrund. Es ermöglicht die Personalisierung der Lehre und bildet die Grundlage für die Kompetenzen zum *Lebenslangen Lernen* und zum *Lernen nach Bedarf*, zwei Anforderungen, die in der aktuellen didaktischen Diskussion zentrale Bedeutung erlangt haben. Sowohl autonome wie auch die gruppenbezogene Lernprozesse erfordern dabei Kenntnisse über die Methoden des Wissenserwerbs und gleichzeitig Erfahrungen mit prinzipiellen Problemlösungsstrategien. Dietrich Dörner unterscheidet grundsätzlich zwei Methoden des Wissenserwerbs [Dörner 82]. Er beschreibt, wie abstraktes Wissen über die Zusammenhänge in einem System die Lernenden in die Lage versetzen kann, innerhalb konkreter Situationen Strukturen zu entdecken und darauf aufbauend konkretes Handlungswissen zu generieren. Im Wissenserwerb durch Analogieschluss dagegen überträgt der Lernende Strukturen aus einem konkreten Anwendungsfall heraus und portiert diese als Arbeitshypothese in einen neuen Sachverhalt. Die Verfahren übertragen also abstraktes in konkretes Wissen (Schemata) beziehungsweise konkretes Wissen über einen Abstrahierungsvorgang in das konkrete Wissen eines neuen Umfelds (Analogieschluss). Beide Verfahren können mit geeigneten didaktischen Übungen trainiert werden.

Förderung des methodischen Vorgehens

Die Förderung der Kompetenz zum Problemlösen sieht Dörner ebenfalls durch zwei unterschiedliche Strategien erreichbar. Zum einen können die Definition und Anwendung von Heuristiken, welche er als Verfahren zur Konstruktion von Operationsketten verstanden haben möchte, die Problemlösungsversuche unterstützen, zum anderen be-

nennt er die Fähigkeit zur Selbstreflexion als effektives Mittel der Problemlösung (vergleiche auch [Schön 83]).

4.2.3 Schlüsselqualifikation Medienkompetenz

Medienkompetenz als Handlungsgrundlage

Die Zusammenarbeit von Planungsteams stützt sich heute auf informationstechnische Werkzeuge und darauf aufsetzende Methoden. Die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten, wie beispielsweise computerunterstütztes Zeichnen oder die Nutzung von netzbasierten Planungsplattformen, werden heute standardmäßig in der Architekturausbildung vermittelt. Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass gegenwärtig den Studierenden ein für heutige Bedürfnisse ausreichender Umfang an grundlegenden Anwendungsprogrammen in allen Bereichen der architektonischen Planung zur Verfügung steht und diese entweder betreut oder unbetreut erlernt werden können. Diese Anwendungen sind schon seit geraumer Zeit auf dem Markt, erfahren eine hohe Akzeptanz unter den Studierenden und weisen auch in den Planungsbüros einen hohen Verbreitungsgrad auf. Weniger beachtet, für die zukünftigen Tätigkeiten der Architekten aber notwendige Anwendungsbereiche wie Datenbankanwendungen oder Simulationen dagegen finden sich bisher nur vereinzelt in der Hochschullandschaft wieder.

Medienkompetenz fokussiert aber nicht den Erwerb von technischen Fähigkeiten zum Selbstzweck, sondern wird als Mittel angesehen mit denen weitergehende Fähigkeiten erworben werden können. Medienkompetenz ist

"... also grundlegend nichts anderes als die Fähigkeit, in die Welt aktiv aneignender Weise auch alle Arten von Medien für das Kommunikations- und Handlungsrepertoire von Menschen einzusetzen" [Baacke 96]

Werden die Werkzeuge des Netzes vorrangig als Kommunikationswerkzeuge verstanden, ist der Begriff der Medienkompetenz eng verwoben mit dem der Handlungskompetenz, da

„Menschen lernen zu kommunizieren, weil sie miteinander handeln müssen und insofern ‚Kommunikation‘ und ‚Handeln‘ nur unterschiedliche Modalitäten eines Grundzustandes des In-der-Welt-Seins [sind]“ [Baacke 96]

Es spielt dabei keine Rolle, ob die Kommunikation einseitig passiv durch Präsentation von Inhalt oder in synchroner beziehungsweise asynchroner Wechselwirkung mit Menschen oder Maschinen erfolgt.

Baacke beschreibt weitergehend vier Dimensionen der Medienkompetenz, welche sich auf Handlungs- und Denkweisen der Mediennutzer auswirken müssen und eine fundierte Medienkompetenz ausmachen.

Dimensionen der Medienkompetenz

- Die *Medienkritik* beschreibt die Befähigung der Nutzer sich analytisch, reflexiv und ethisch mit den Auswirkungen von Medien auf Individuen und Gesellschaft auseinanderzusetzen und die dabei gewonnenen Einsichten auf das eigene Handeln anwenden zu können.
- Die *Medienkunde* umfasst zum einen die Kompetenz, Medien und Medienwerkzeuge faktisch richtig bedienen und anwenden zu können. Zum anderen werden hier aber auch Kenntnisse über die Zusammenhänge, Abhängigkeiten und Strukturen der Mediensysteme erwartet.
- Das Kriterium der *Mediennutzung* erreicht der Anwender dann, wenn er mit seinen erworbenen Fähigkeiten Medien auch tatsächlich anwendet und sowohl als passiver Nutzer Medienbeiträge empfängt als auch als aktiver Nutzer Medienbotschaften produzieren und verteilen kann.
- Mit der Fähigkeit zur *Mediengestaltung* schließlich zeigt der Nutzer seine Kompetenz zur individuellen Veränderung und Weiterentwicklung des vorgefundenen Mediensystems.

Zusammenfassend wird also von einem medienkompetenten Nutzer der aktive, selbst bestimmte und kritische Umgang mit den Medien erwartet. Diese Befähigungen können in ihrer Gesamtheit theoretisch erläutert, aber nur durch eigene praktische Tätigkeit verinnerlicht und anschließend sicher angewandt werden. In der Ausbildung von Architekten wird hier in der Regel versucht, zeitgleich einer Aufgabe die zur Bearbeitung notwendigen Werkzeuge und Medien einzuführen und parallel mit der inhaltlichen Auseinandersetzung anwenden zu lassen. Das Erlernen und die Arbeit mit den Werkzeugen stellen also einen zentralen Ausbildungsinhalt dar.

4.2.4 Schlüsselqualifikation Lernkompetenz

Das für Planung, Umsetzung und Betrieb von Gebäuden notwendige Wissen ist umfangreich, wächst und ist zunehmend auf verschiedene Personen verteilt. Der sichere Umgang mit Wissen und die Fähigkeit,

Notwendigkeit des bedarfsgerechten und lebenslangen Lernens

das auf die Planenden verteilte Wissen zu moderieren bildet demzufolge eine Grundvoraussetzung für die Koordinierungsaufgabe von Architekten. Die Kompetenz zur Koordination der Bauprozesse wiederum ist aber die entscheidende Größe, die darüber bestimmt, ob und in welchem Umfang sich Architekten im Baugeschehen behaupten werden. Es ist daher offensichtlich, dass sich Architekten eingehend mit der Verwaltung von Wissen auseinandersetzen müssen, wenn sie die Rolle der Koordination auch in Zukunft ausfüllen möchten.

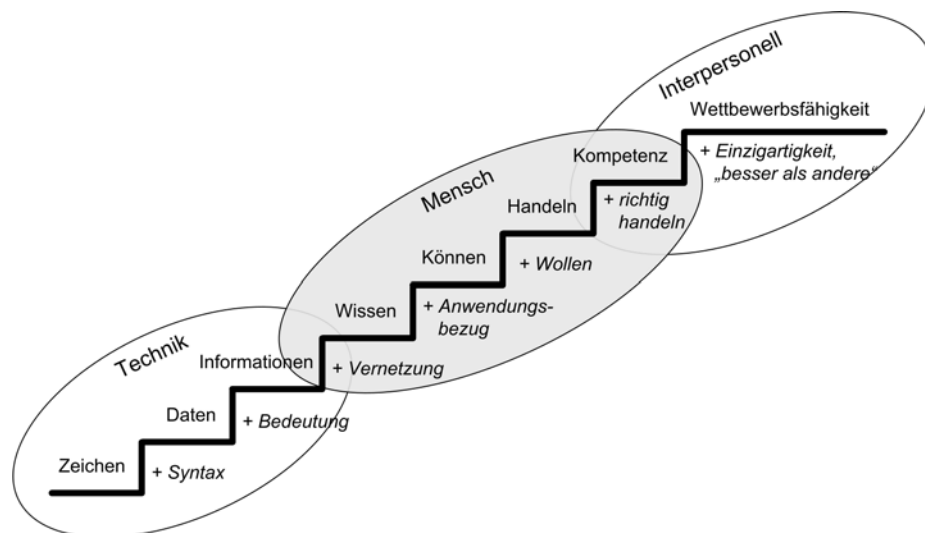
Der Umgang mit Wissen zeichnet sich heute durch einen schnellen Wissenszuwachs und verringerter Lebensdauer von Wissensbausteinen aus. Als Folge daraus ergeben sich die zwei Forderungen der zeitgenössischen Didaktik nach der Fähigkeit zum *Lebenslangen Lernen* (Lifelong Learning) und zum *Lernen nach Bedarf* (Learning on Demand). Beide Prozesse verdeutlichen, dass der Prozess der Wissensaneignung nach dem Studium nicht abgeschlossen ist, sondern lediglich eine lebenslange Auseinandersetzung mit neuem Wissen vorbereitet wurde.

Daten – Informationen – Wissen

Unterscheidung der Begriffe
Daten, Informationen und
Wissen

Für die weitere Verwendung des Begriffs *Wissen* in dieser Arbeit, wird auf die Klassifizierung von [North 99] und [Klimesch 03] zurückgegriffen. Beginnend mit der einfachen Codierung *Zeichen* ordnen sie die Begriffe *Daten*, *Information*, *Wissen* etc. in einer Hierarchie und benennen die Elemente, die in Addition mit dem Begriff selbst zu nächst höheren Komplexität führen (siehe Abbildung 4.3).

Abbildung 4.3: Zeichen -
Daten - Informationen - Wis-
sen
Graphik nach [North 99] und
[Klimesch 03]



Aus der Verbindung von *Zeichen* und *Syntax* erschließt sich demzufolge der Begriffs *Daten*, der wiederum in Zusammenhang mit *Bedeutung* die Kategorie Informationen generiert. Gleichzeitig werden die damit eingeordneten Begrifflichkeiten den drei Handlungsfeldern Technik, Mensch und Unternehmen zugewiesen. Innerhalb des Feldes Technik ist ersichtlich, dass Zeichen, Daten und Informationen durch technische Anwendungen verwaltet werden können. Erst aber durch den Vorgang der Vernetzung mit der persönlichen Erfahrungswelt werden Informationen in den persönlichen Wissenskontext eingebunden und damit als Wissen verfügbar.

Zuordnung und Zusammenhang der Begriffe Daten, Informationen und Wissen

Für die Betrachtung des Wissensaustauschs ist die Schnittstelle zwischen Informationen und Wissen besonders interessant, da hier auch die Grenze der Möglichkeiten von technischen Lösungen und der menschlichen Erfahrungswelt gezogen wird. Auf der Seite der *Zeichen, Daten* und *Informationen* bestehen Möglichkeiten, formalisierte Regeln zur Kommunikation von Informationen einzusetzen, die Wert und Inhalt verlustfrei transportieren können. Da Wissen aber nur innerhalb von Menschen bestehen kann und mit der persönlichen Erfahrungswelt der Person verknüpft ist, wird der Wissensinhalt im Moment der Kommunikation zwischen Menschen auf das Niveau von Informationen reduziert und damit teilweise entwertet.

Wissensmanagement

Der Begriff des *Wissensmanagement* (WM) wurde im Kontext der Betriebswirtschaftslehre eingeführt und stellt Methoden bereit, mit denen das in einer Unternehmensstruktur verteilte Wissen bestmöglich genutzt und erweitert werden kann. Zentrales Ziel des WM ist das Schaffen von Wissen durch Suchen, Analysieren und Organisieren von Wissensbausteinen. Voraussetzung dafür ist, dass Wissen dargestellt und abgelegt werden kann und zwischen *Wissensträgern* effizient transportiert werden kann. Grundlegende Frage hier ist deshalb, in welchen verschiedenen Quellen Wissen innerhalb eines Betriebes vorhanden ist. Zum einen werden Menschen als Wissensträger und damit als Ausgangs- und Endpunkt von Informations- und Wissensprozessen gesehen. Weiterhin findet sich verborgenes Wissen auch in den durch Menschen erstellten Produkten wieder. Das in den Entstehungsprozess eingeflossene Wissen ist aber in der Regel nicht offensichtlich, sondern findet sich erst durch fachkompetente Betrachtung und Interpretation wieder. Die Möglichkeit einer vollständigen und objektiven Restaurie-

Grundlagen des Wissensmanagements

rung des eingebrachten Wissens ist kaum möglich. Bezogen auf Themen des Bauwesens bedeutet das, dass sich in einem fertig gestelltem Bauwerk Wissen aus verschiedenen beteiligten Kompetenzen manifestiert hat. Bei Betrachtung und Analyse des Gebäudes kann dieses Wissens teilweise wiederhergestellt werden. Eine weitere Wissensquelle bildet der geschriebene Text. Hierunter fallen auch die in manchen Berufen üblichen und sinnvollen graphischen Beschreibungen, wie sie beispielsweise im Bauingenieurwesen, Maschinenbau oder der Kartographie gepflegt werden. Die verwendete Grammatik in Form von standardisierten Zeichen und Mustern stellt im Sinne der Wissensvermittlung eine spezialisierte und hochkomplexe Sprache dar, die bei richtiger Anwendung eine effiziente und dichte Speicherung und Weitergabe von Informationen und Wissen ermöglicht.

Prozesse des Wissensmanagements

Die typischen Prozesse innerhalb des Wissensmanagement können wie folgt chronologisch klassifiziert werden.

- Klärung des Wissensbedarfs
- Wissensakquisition
- Wissensbewertung
- Wissensablage
- Teilen von Wissen
- Wissensverknüpfung
- Wissensdarstellung
- Suche nach Wissen

Wissensverwaltung als komplexer Prozess

Die Charakteristik der Wissensverwaltung kann weiterhin hinsichtlich einer Fokussierung auf die drei Bereiche Mensch, Organisation und die Technik unternommen werden. Bei der Fokussierung auf den Menschen wird deutlich, dass das Sammeln, Aneignen, Weitergeben und Verwerten von Wissen und damit die gemeinsame Wissenskonstruktion ein komplexer soziologischer Prozess darstellt. [Nonaka 97] unterscheidet dabei implizites und explizites Wissen. Implizites Wissen ist an Individuen gebunden, lässt sich nur unzureichend formalisieren und ist demzufolge schwer vermittelbar. Es basiert auf individuellen Erfahrungen und Vorstellungen und kann zudem mit persönlichen Emotionen und Wertvorstellungen verwoben sein. Wenn implizites Wissen zwischen Individuen ausgetauscht werden soll, muss es zumindest teilweise expliziert werden. Dieser Übergang kann durch Reflexion des

eigenen impliziten Wissens erreicht werden. Explizites Wissen dagegen ist strukturierbar, beschreibbar, leicht vermittelbar und wird damit zum öffentlichen Wissen. Beschreibungssprachen für explizites Wissen können Text, Graphik, mathematische Gleichungen und die gesprochene Sprache sein. Explizites Wissen wird deshalb auch als Aussagewissen bezeichnet. Explizites und implizites Wissen beinhaltet dabei auch körperlich-technische Kompetenzen von Individuen und beschreibt sowohl kognitive als auch körperliche Fähigkeiten.

Innerhalb von Planungsteams oder Organisationen trifft implizites und explizites Wissen aufeinander, wird transformiert und kann bei geschickter Kooperation zu neuem Wissen führen. Dieser Prozess ist für die erfolgreiche Tätigkeit einer Arbeitsgruppe von entscheidender Bedeutung und wird in der Erkenntnis- und Wissenstheorie eingehend behandelt. Abbildung 4.4 stellt die grundsätzliche Problematik des Transfers zwischen einem Sender und einem Empfänger dar: wesentliche Teile des personalisierten Wissens sind dabei von der direkten Übertragbarkeit ausgenommen und werden durch eine Kommunikationsbarriere behindert, die nur durch intuitives Verstehen überwunden werden kann [Neuweg 99].

Probleme des Wissenstransfers

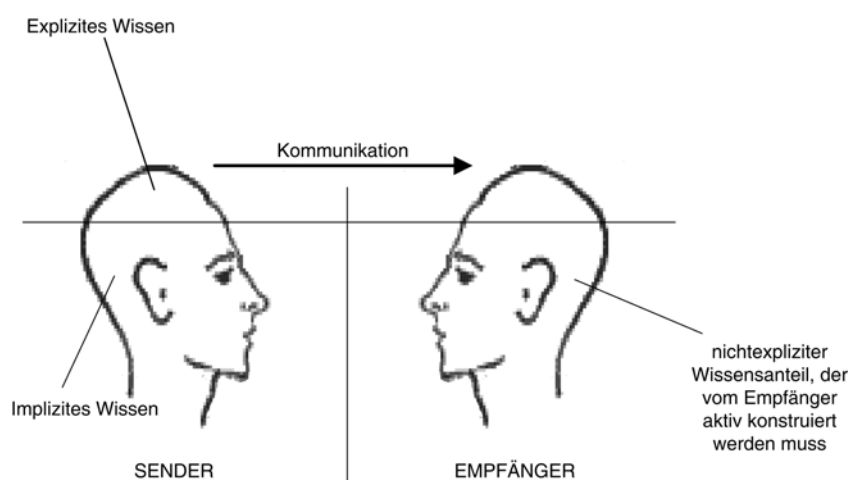


Abbildung 4.4: Kommunikation von Wissen

Quelle: Graphik nach [Neuweg 99]

In der Arbeit von [Nonaka 97] wird das Aufeinandertreffen von implizitem und explizitem Wissen zum zentralen Thema. Für ihn wird

Implizites und explizites Wissen

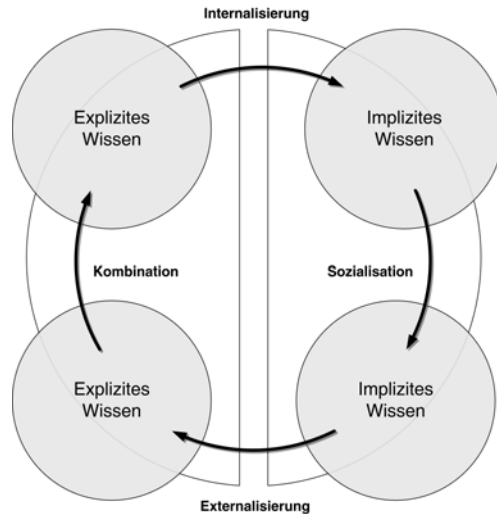
„menschliches Wissen [...] durch soziale Interaktion zwischen impliziten und expliziten Wissen geschaffen“.

Er benennt die jeweiligen Übergänge zwischen den Wissensformen innerhalb der Mitglieder einer Organisation wie folgt (siehe auch Abbildung 4.5):

- implizit zu explizit: Externalisierung
- explizit zu explizit: Kombination
- explizit zu implizit: Internalisierung
- implizit zu implizit: Sozialisation

Abbildung 4.5: Seci-Modell nach Nonaka und Takeuchi

Quelle: [Nonaka 97]



Die Relevanz eines effektiven Umgangs mit Wissen hat sich über die Betriebswirtschaft hinaus auf Bereiche des beruflichen und privaten Lebens ausgedehnt. Die Fülle der Informationsangebote und ihre Dynamik auf Grund der technologischen Entwicklungen machen es notwendig, dass Aufgaben, die eine extensive Nutzung und einen hohen Informationsaustausch erfordern, ein System der Wissensverwaltung pflegen und anwenden müssen.

Notwendigkeit der Wissensverwaltung in der Architektur

Das Bauwesen und die Architektur machen im besonderen Maß den Einsatz von Strategien der Wissensverwaltung erforderlich. Die große Anzahl von Beteiligten, deren unterschiedliche Kompetenzen, die räumliche Verteilung der Experten und die hohe Komplexität des Produkts führen sonst zu ineffektiven und gestörten Prozessen. Für die Studierenden der Architektur bedeutet diese Anforderung, dass sie den kompetenten Umgang mit Informationen und Wissen bewusst einüben und zu einer strategischen Fähigkeit ausbauen. Dabei geht es nicht nur darum, das in der Studienzeit erworbene Wissen sinnvoll zu ordnen und in der Praxis sicher anzuwenden, sondern den lebenslangen Umgang mit neuem Wissen zu trainieren um sich schnell in unbekanntem und neuen Wissensgebieten orientieren zu können. In diesem Zusam-

menhang haben sich in der Literatur die Begriffe *Lifelong Learning* und *Learning on Demand* etabliert [Issing 02].

Technologische Unterstützung

Der effektive Umgang mit Informationen und Wissen kann heute auf mehreren Ebenen durch informationstechnische Werkzeuge und Verfahren unterstützt werden. Grundsätzlich bildet die volltextbasierte Suche von Textfragmenten eine hinreichend gute Möglichkeit die Speichermedien in einer persönlichen Arbeitsumgebung zu organisieren, reicht aber nicht mehr aus, wenn digital abgebildetes Wissen von verschiedenen Personen berücksichtigt und einbezogen werden muss. Das Verfahren scheitert außerdem, wenn neben textbasierten Dokumenten (Briefe, Tabellen, etc.) pixel- oder vektorbasierte Daten (Bilder, Zeichnungen) in die Suche eingebunden und analysiert werden müssen. Dieser Problematik wird üblicherweise durch die Einführung von erläuternden *Meta-Informationen* begegnet, welche entweder manuell den Dateien angefügt oder automatisch von den Anwendungen generiert werden. Prinzipiell erlauben die gängigen Betriebssysteme die Versorgung der von ihnen verwalteten Dateien und Ordnerstrukturen mit *Meta-Informationen* durch betriebssysteminterne Attributierung. Technologiebasiertes Wissensmanagement erweitert diese Funktionalitäten entscheidend und wird zunehmend in informationsverarbeitenden Unternehmen eingesetzt. Im Wesentlichen wird dabei versucht durch Suchalgorithmen die Häufigkeit von Wörtern oder Mustern in den Dokumenten zu erkennen, sie anschließend zu klassifizieren und in Verbindung mit ähnlichen Dokumenten zu setzen. Dieser Prozess kann durch eine manuelle Bewertung der eingegangenen Daten ergänzt werden. In der Regel kommt hier eine Datenbank zum Einsatz, in der die Autoren der Dateien die Klassifizierung, Verschlagwortung und Verknüpfung zu inhaltlich verwandten Daten korrigieren und erweitern. Die Qualität eines rechnerbasiertes Werkzeugs zur Unterstützung der Wissensverwaltung zeigt sich unter anderem darin, dass es bei Suchanfragen weder zu grobe noch zu feine Filter anwendet und damit die Suchergebnisse optimiert.

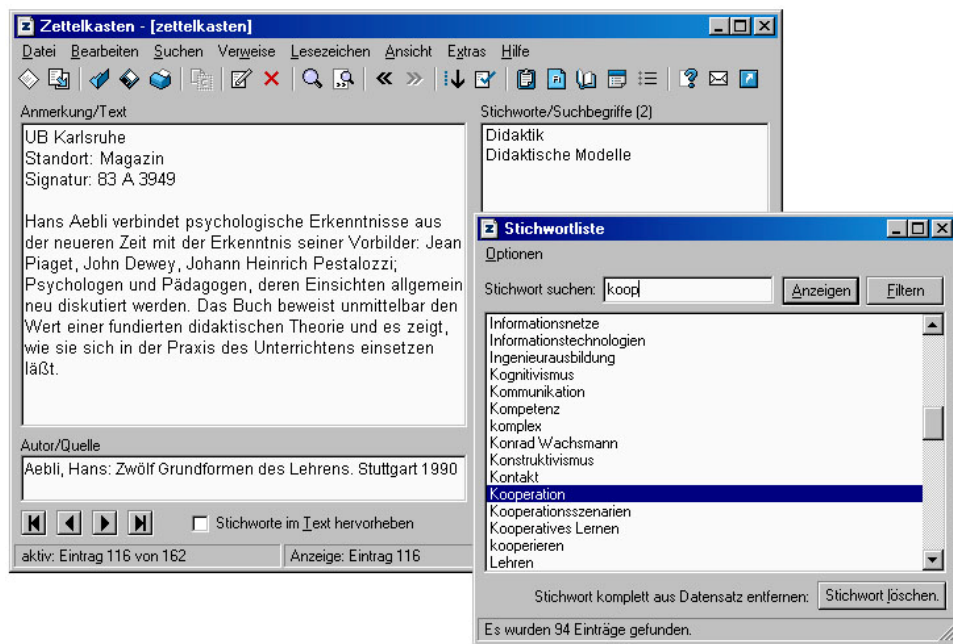
Informationstechnische Unterstützung der Informationsverwaltung

Als Beispiel einer möglichen technischen Umsetzung wird hier die Anwendung *Zettelkasten* angeführt [Zettelkasten]. Sie basiert auf den Arbeitsprinzipien des Soziologen und Systemtheoretikers Niklas Luhmann (1927-1998). Luhmann ordnete im Laufe seiner wissenschaftlichen Arbeit Gedanken, Hinweise und Literaturangaben in einem stän-

Beispiel einer informationstechnischen Umsetzung

dig anwachsenden Karteikartensystem. Zur Verbindung der einzelnen Einträge führte er ein alphanumerisches Ordnungs- und Beschriftungssystem, das sich durch eine hohe Verzweigungs- und Entwicklungsfähigkeit auszeichnete [Luhmann 92]. Bei der Nutzung der Prinzipien des *Zettelkastens* zeigt sich, dass mit fortschreitender Größe der Informationssammlung eine Eigendynamik der darin enthaltenen Bausteine beobachtet werden kann und Verknüpfungen durch anscheinend zufällige und unvorhergesehene Verbindungen zwischen den Einträgen sichtbar werden. Luhmann sah demzufolge sein Werkzeug als Kooperationspartner in der eigenen Arbeit an.

Abbildung 4.6: Die Benutzeroberfläche des [Zettelkasten]



4.3 Allgemeine didaktische Elemente

Um die in der Ausbildung von Architekten zum Einsatz kommenden Methoden einordnen zu können wird in diesem Kapitel ein Überblick über die etablierten didaktischen Modelle auf Grundlage der Aufstellung von [Flehsig 96] vorangestellt. Die Auflistung ist dabei unabhängig von den Einflüssen der Informationstechnologien.

Arbeitsunterricht

Der Arbeitsunterricht, auch als Gruppen- oder Projektunterricht bekannt, zeichnet sich dadurch aus, dass Lernende allein oder in kleineren Gruppen eine zuvor formulierte Aufgabenstellung bearbeiten. Die Auf-

gabe selbst soll handwerkliche, intellektuelle, soziale Aspekte integrieren und zum selbsttätigen, individualisierten und ganzheitlichen Lernen animieren. Die Methode entstand zu Beginn des 20. Jahrhundert und bildete das Gegenstück zum klassischen Frontalunterricht im Sinne einer einseitigen Belehrung. Der Lehrende verhält sich in diesem Modell als Moderator und Berater des Lernenden. Die Ziele der Ausbildung liegen in der Vermittlung von Handlungs- und Sozialkompetenzen.

Disputation

Die Disputation als Streitgespräch und als tief in der universitären Kultur verhafteten didaktischen Prinzips, wird in der Regel öffentlich geführt und fokussiert als Lernziel den Aufbau und die Vermittlung einer sicheren Argumentationslinie. Die Lernenden erarbeiten dafür Thesen zu einer gestellten Problematik, präsentieren und verteidigen diese gegen Argumente anderer Lernender und Lehrender. Die Entwicklung von kommunikativen Kompetenzen steht dabei im Vordergrund.

Erkundung

Im universitären Umfeld als Exkursion bekannt, dient die Erkundung der unmittelbaren Beobachtung und Datenerhebung außerhalb des gewohnten Lernumfelds und damit der Orientierung vor Ort sowie dem Lernen durch direkte Erfahrung und Anschauung.

Fallmethode

Im Zentrum der Fallmethode steht die Rekonstruktion eines Fallbeispiels aus der Praxis. Die Lernenden werden dabei aufgefordert, Entscheidungen zu finden, diese zu begründen, ihre Ergebnisse zu präsentieren und mit den tatsächlichen Verlauf des Falls in der Realität zu vergleichen. Dieses Verfahren dient der Entscheidungsfindung unter realistischen Bedingungen und trainiert das praxisnahe Lernen.

Famulatur

Die Famulatur verweist durch seinen Wortstamm auf ein ausgeprägtes und enges Meister-Schülerverhältnis. Als Assistent des Meisters gewinnt der Schüler durch einen dauerhaften und engen Kontakt zu seinem Lehrer die Möglichkeit, das ganz spezifische Wissen des Meisters zu erkennen und durch ein *Lernen durch Assistieren* zu adaptieren.

Fernunterricht

Das Modell zeichnet sich dadurch aus, dass die Kommunikation von Lehrenden und Lernenden räumlich und zeitlich getrennt ist und durch die Verwendung eines oder mehrerer Medien überbrückt werden muss. Sie zieht in der Regel ein Lernen in Einzelarbeit nach sich und setzt die intensive Beschäftigung mit verschiedenen Medien voraus. Durch die räumliche Trennung zwischen Lehrer und Schüler kommt der Selbstdisziplinierung des Lernenden sowie der sicheren Kommunikation eine tragende Rolle zu.

Frontalunterricht

Er stellt die bis heute verbreitetste Art der Didaktik in allgemein bildenden Schulen und auch Hochschulen dar. Er ist gekennzeichnet durch die lehrergesteuerte Vermittlung von Fachwissen vor einem in der Regel passiven oder nur auf Zuruf aktiven Publikum. Die Vermittlung von Lehrinhalten wird unterstützt durch synchronisierte Präsentation von Anschauungsmaterial. Die Rolle des Lernenden beschränkt sich auf die Beobachtung des Geschehens und auf die unreflektierte Aufnahme von Informationen.

Individualisierter programmierter Unterricht

Diese Unterrichtsform gründet sich auf eine Kombination aus formulierten Lerninhalten und Lernschritten, die im Moment der Bearbeitung durch den Lernenden aus individuellen Bedürfnissen heraus in ihrer Reihenfolge oder Bearbeitungstiefe modifiziert werden können. Der Lernende hat damit die Möglichkeit, Geschwindigkeit und Gewichtung des eigenen Lernprozesses im Rahmen der durch den Lehrenden eingeräumten Möglichkeiten selbst zu steuern.

Individueller Lernplatz

Der Begriff umschreibt die durchaus räumlich gemeinte individuelle Einrichtung eines Arbeitsplatzes, an dem ein bezüglich der zu lösenden Fragestellung ausgerichteter Handapparat an Literatur, Medien und Informationsträgern zur Verfügung gestellt wird. Der Lernende wird zum selbständigen Lösen der gestellten Aufgabe ermutigt und kann durch deren Bearbeitung gleichzeitig Medien- und Sachkompetenz erlangen.

Kleingruppen-Lerngespräch

In einem Kleingruppen-Lerngespräch findet der Lerneffekt durch den Austausch von persönlichen Erfahrungen über ein vorgegebenes Thema in einer kleinen Gruppe statt. Dabei treten die Beteiligten abwechselnd als Lehrer oder Lernende auf. Das Modell produziert neben Sachwissen auch Kommunikationskompetenzen.

Lernausstellung

In der Lernausstellung werden Exponate und Informationsträger durch Autoren gesichtet, gesammelt und schließlich vergleichbar einer musealen Ausstellung präsentiert. Lernende bewegen sich selbständig durch die Zusammenstellung und können den Lernstoff individuell abgestimmt aufnehmen.

Lerndialog

Der Lerndialog findet zwischen zwei Personen in einer tendenziell ruhigen Atmosphäre statt. Dabei können beide als Lernende auftreten oder ein Lernender mit einem Lehrenden kommunizieren. Der Lerndialog entwickelt primär ein Bewusstsein gegenüber einer Aufgabenstellung und schult dabei die Argumentations- und Kommunikationskompetenz der Teilnehmer

Lernkabinett

Innerhalb eines Lernkabinetts stehen den Lernenden, ähnlich einem Labor, eine Auswahl von Objekten und Werkzeugen zur Verfügung, die zwar aus der Realität entnommen sind, in der Regel aber für ihre Verwendung im Lernkabinett vereinfacht wurden. In der *Mikrowelt* können realitätsnahe Erfahrungen aus dem spielerischen Umgang mit der Lernumgebung gewonnen werden.

Lernkonferenz

Die Lernkonferenz fördert den Informationsaustausch in einer größeren Gruppe mit gemeinsamer Interessenslage. Ähnlich einer wissenschaftlichen Konferenz werden durch Vorträge und Ausstellungen in einem organisatorisch festgelegten Umfeld, persönliche Ansichten veröffentlicht und zur Diskussion gestellt. Gefördert werden das kollegiale Lernen sowie das beiläufige Lernen auch am Rande des offiziellen Konferenzgeschehens.

Lernnetzwerk

Ein Lernnetzwerk bildet sich aus einer Gruppe von Nutzern, die sich bezüglich eines Themenkomplexes zusammenschließen und ihre Erfahrungen innerhalb der Organisation mit den anderen Mitgliedern formlos austauschen. Die Bereitschaft zur gegenseitigen Unterstützung ist Voraussetzung und Ziel der Vereinigung. Als typisches Beispiel dieser Zusammenarbeit gelten beispielsweise Newsgroups im Internet oder gemeinnützige Organisationen.

Lernprojekt

Ein Lernprojekt ist ein zeitlich befristetes und außerhalb der regulären Lehrorganisation stattfindendes Projekt, bei dem bereits erworbenes Wissen in realer Situation eingesetzt und überprüft wird.

Simulation

Innerhalb von Simulationen übernehmen Lernende verschiedene Positionen im Sinne eines Rollentauschs oder Planspiels ein und trainieren dabei Handlungs- und Entscheidungsfähigkeiten in einer simulierten und damit sicheren Umwelt. Die Interaktion in oder mit einer Simulation fördert das spielerische und antizipatorische Lernen.

Tutorium

Lernende werden in die Position von Lehrenden versetzt und vermitteln innerhalb von Tutorien einen bestimmten Wissensbereich eigenverantwortlich an andere Lernenden. Bei diesem unter dem Begriffs des *Lernen durch Lehren* bekannten Vorgehens, stellt sich vor allem bei den in die Rolle der Lehrenden gewechselten Studierenden der eigentliche Lerneffekt ein, indem sie das zu vermittelnde Wissen für die Übertragung auf die anderen Lernenden intensiver verstanden und verarbeitet haben müssen.

Vorlesung

Die Vorlesung als persönliche Informationsrepräsentation ist eine unidirektionale Veranstaltung in der Informationen, unterstützt durch begleitendes Bildmaterial, einem Fachpublikum vorgetragen werden. Der Lernende agiert nicht, hat aber die Aufgabe das präsentierte Wissen in den eigenen Kontext zu integrieren und dem Verlauf der Präsentation zu folgen.

Werkstattseminar

In einem kompakten oft mehrtägigen Seminar erarbeitet sich eine Gruppe von Interessenten ein definiertes Gebiet durch die gemeinsame Sichtung und Bewertung von Arbeitsgrundlagen in einem meist aktuellen Kontext. Kollegiales Lernen und gemeinsame Wissenskonstruktion auf Grund des wechselseitigen Erfahrungsaustausches sind die Hauptmerkmale des Werkstattseminars.

Die in der konventionellen Architekturausbildung eingesetzten Lehrprinzipien finden sich vollständig in der oben aufgeführten Zusammenstellung wieder. Sie bilden das grundsätzlich zur Verfügung stehende Repertoire für didaktische Konzepte an Bildungseinrichtungen und werden je nach Ausrichtung der Hochschule verschiedenen kombiniert und als Lehrmethode formalisiert. Sie können dabei zunächst unabhängig von den Belangen gesehen werden, welche durch den Einsatz von Informationstechnologien unter Umständen in die Methodendiskussion einfließen werden. Entscheidend ist vielmehr, welche didaktischen Anforderungen und Zielsetzungen durch die Lehrenden festgestellt, welche Kombinationen und Gesamtkonzepte daraus entwickelt werden und welche informationstechnischen Werkzeuge zur Umsetzung des didaktischen Systems integriert werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird deshalb in Kapitel 5 *Aufgaben - Werkzeuge - Methoden* auf Grundlage der vorstehenden Analyse ein didaktisch-methodischer Schaltkasten vorgestellt, der hinsichtlich der zu erwartenden Anforderungen als ein konfigurierbares Instrumentarium zur Gestaltung von individuellen Lehrsystemen verwendet werden kann.

Didaktische Methoden als Fundus der Ausbildung

4.4 Methodische Eckpunkte der Architekturausbildung

Zur Ergänzung der aufgeführten Lehrprinzipien wird in diesem Kapitel eine Auswahl historischer und gegenwärtiger Modelle in der Architekturausbildung beschrieben und deren primären Ausbildungsziele benannt. Die Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf eine repräsentative Zusammenstellung von Methoden, sondern widmet sich gezielt einer Auswahl von didaktischen Modellen, die auf Grund ihres systematischen Aufbaus oder ihrer historischen Bedeutung geeignet sind, die Möglichkeit der Planung und Strukturierung der architektonischen Ausbildung zu dokumentieren. Zudem kann an den vorgestellten Modellen gezeigt werden, wie geeignete Lehrprinzipien zusammengestellt, koordiniert und zu einem schlüssigen Gesamten gefügt wurden. Am

Gegenwärtige und historische Modelle

Ende des Kapitels werden die jeweils wesentlichen Aspekte der vier Modelle extrahiert und als Grundlage des Syntheseversuch in Kapitel 5 bereitgestellt.

4.4.1 Das Projektstudium als polytechnisches Modell

Das polytechnische Modell als Keimzelle der modernen Architekturausbildung

Die Einrichtung der *École Polytechnique* in Paris im Jahr 1795 gilt mit ihrem richtungsweisenden Lehr- und Ausbildungskonzept als Meilenstein und Keimzelle der modernen Architekturausbildung. Sie prägte Generationen von Bauingenieuren und Architekten in Europa und führte darüber hinaus dazu, dass ein Reihe von Hochschulen innerhalb kurzer Zeit das in Paris entwickelte polytechnische Modell adaptierten und auf den eigenen Standort übertrugen. Bekannteste Beispiele sind die Polytechnischen Institute in Prag (1806) und Wien (1815), das Polytechnikum in Karlsruhe als Vorläufer der späteren Technischen Hochschule (1825) sowie das Eidgenössische Polytechnikum in Zürich (1855).

Grundlagen des polytechnischen Modells

Die *École Polytechnique* formalisierte zum ersten Mal in der Geschichte der Ausbildung von Baufachleuten ein umfassendes und wissenschaftlich fundiertes Ingenieurstudium, bei dem

„... die Theorievermittlung unmittelbar in praktische Anwendungen anhand konkreter, sozial nützlicher Fragestellungen mündete und dass diese auf die Aufgaben der Zeit reagierten.“

Das didaktische Kernstück des polytechnischen Unterrichtsmodells bestand dabei

„... in der Kombination der grundlegenden Theorievermittlung mir einem vielfältigen System von praktischer Arbeit sowie konkreter Anschauung.“ [Pfammatter 97]

Verbindung von Theorie und Praxis

Die Theorievermittlung in Vorlesungen korrespondierte im Unterrichtsmodell der Schule mit der Bearbeitung von Praxisbeispielen in den Werkstätten, Zeichensälen und Labors. Bei der Auswahl der dort behandelten Themen wurde dem konkreten Bezug zu aktuellen gesellschaftliche Fragestellungen hohe Bedeutung zugemessen. Das Spannungsfeld zwischen Theorie und Praxis zeigte sich aber auch in der Verbindung von spektakulären Laborexperimenten (Manipulations) einerseits und mathematisch theoretischen Übungen andererseits. Die Vorlesungen (Cours) wurden in diesem Sinne durch Untersuchungen und konkrete Anschauungen (Visites et Excursions) ergänzt und durch

mündliche und schriftliche Prüfungen (Interrogation, Concour) überprüft. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, dass die Lehrer der Schule verpflichtet wurden, ihre Lehre wissenschaftlich zu begründen, schriftlich zu formalisieren und damit nachvollziehbar zu gestalten. In Verbindung mit den klar aufgebauten und aufeinander abgestimmten Lehrformen ergab diese Verpflichtung eine systematische Übersicht über die Struktur der Schule. Das didaktische Konzept förderte damit die in der heutigen Lerntheorie als Primärstrategien des Lernens bekannten kognitiven Prozesse des Aneignens, Verstehens, Festigens, Abrufens, Anwendens, Interpretierens [Pfammatter 97] und wurde ergänzt durch die Förderung der Gruppenarbeit, der sozialen Interaktion und der Übernahme eines eindeutigen erzieherischen Auftrags durch die Lehrenden.

Als Schlüsselwissenschaft der polytechnischen Ausbildung etablierte sich frühzeitig die *Géométrie Descriptive* (Darstellende Geometrie) im Fächerkanon des Polytechnikums. Sie wurde im Sinne einer Lingua Franca sowohl als Kommunikations- als auch als Lösungswerkzeug angesehen und entsprechend vermittelt. Sie umfasste neben der geometrischen Darstellung von statischen Zusammenhängen auch die Beschreibung von dynamischen Prozessen, die für die Planung von Industrie- und Bahnanlagen zunehmend Bedeutung erlangte.

Die Geometrie als gemeinsame Sprache

Ausbildungsziele

Aus der Beschreibung des polytechnischen Modells lassen sich drei Prinzipien extrahieren, welche für den weiteren Aufbau der vorliegenden Arbeit Relevanz haben. Zum einen ist dies die erwähnte Einrichtung und Pflege einer gemeinsamen Sprache als Mittel der Verständigung der Planungsbeteiligten und als grundlegendes Werkzeug der Lösungsfindung. Zum anderen ist die wissenschaftliche Fundierung der Ausbildung und die darauf aufbauende Verpflichtung zur Herleitung der Lehrinhalte entscheidend. Sie wird ergänzt durch die eingehende Verknüpfung von theoretischen und praktischen Elementen in der Lehre.

Drei Prinzipien der polytechnischen Ausbildung

4.4.2 Fachübergreifende Kooperation

Die Integrale Planung als fachübergreifende Kooperation gründet in der Einsicht, dass traditionelle Vorgehensweisen in der Planung den gestiegenen Anforderungen des Bauprozesses nicht gerecht werden. Da

Horizontale und vertikale Integration von Kompetenzen

herkömmliche Verfahren in der Regel auf der sequentiellen Aneinanderreihung einzelner Planungsleistungen beruhen, wirkt sich die mangelnde direkte Zusammenarbeit von Fachplanern insbesondere in der Anfangsphase eines Projekt negativ auf den Planungsfortschritt und das Produkt selbst aus. Die Integrale Planung strebt deshalb die möglichst frühe Bildung von Planungsteams an und fördert die horizontale, d.h. fachübergreifende, sowie die vertikale, d.h. lebenszyklusbezogene Integration von Kompetenzen in den Planungsprozess. Die frühzeitige Integration von Fachkompetenzen stellt damit Wissen in einer Projektphase bereit, in der die Möglichkeit zur Beeinflussung der Planung am Größten ist.

Hemmnisse für die Umsetzung der Integralen Planung

Die Übertragung der Prinzipien der Integralen Planung in die Berufspraxis wird heute unter anderem dadurch behindert, dass die gesetzlichen Regelungen, vornehmlich die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, diese Arbeitsmethodik nicht abbilden und damit kaum abgerechnet werden können. Gleichzeitig ist die integrierende Form der Ausbildung an den Architekturfakultäten wenig verankert und damit den später praktizierenden Architekten wenig vertraut. Im Gegensatz dazu wurde in der Schweiz mit dem Leistungsmodell 95 [LM 95] die bisherige Honorarordnung hinsichtlich der Einbindung der Methoden des integralen Planens erweitert. In diesem Modell agieren die Fachplaner im Planungsteam als Gruppe und sind in der Zusammenarbeit mit dem Bauherren durch einen Repräsentanten vertreten. Das Leistungsbild des Modells wurde darüber hinaus auf den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden ausgedehnt und durch die Leistungsphasen der Nutzung und des Rückbaus erweitert. Die geforderten Leistungsmodule selbst sind gewerkeübergreifend organisiert.

Ausbildungsziele

Die Umsetzung der Prinzipien der Integralen Planung in didaktische Prozesse basiert auf dem Training der horizontalen Integration von Fachkompetenz in die studentische Projektarbeit. Durch die zyklische Übernahme von Rollen einzelner Fachplaner durch die Studierenden und ihrer Betreuer wird eine realitätsnahe Arbeitssituation simuliert, die unterschiedlichen Sicht- und Argumentationsweisen kennen gelernt und die Moderation von Planungsteams eingeübt.

4.4.3 Reflektierende Konversation

Das Zusammenwirken von Handeln, Wissen, Denken und Lernen als Grundlage der Berufspraxis ist die zentrale Frage, der sich Donald Schön in seinem 1983 erschienenen Buch *The Reflective Practitioner* widmet [Schön 83]. Er wendet sich darin gegen die Vorstellung, dass richtiges Handeln durch Anwendung von theoretischem und spezialisiertem Wissen eindeutig gewährleistet werden kann. Ähnlich wie die in Kapitel 2.3 beschriebene Klassifizierung einfacher und komplexer Probleme, sieht Schön diesen Schluss nur für einfache und repetitive Ausgaben gegeben. Die Mehrheit der gestellten Ausgaben entspricht nicht dieser Vorstellung und verlangt einen differenzierteren Umgang. Er stellt einleitend fest, dass im professionellen Handeln häufig keine Trennung zwischen Denken und Handeln erfolgt und dass die Handelnden den eindeutigen Ursprung ihres angewandten Wissens nicht benennen können. Sie sind zudem selten in der Lage, das eingesetzte Wissen zu beschreiben und damit anderen Beteiligten zu übermitteln (siehe auch [Nonaka 97]). Schön charakterisiert den Design-Prozess darauf aufbauend als eine *reflektierende Konversation* mit der Situation und klassifiziert drei Handlungstypen eines professionell handelnden Praktikers.

Der Design-Prozess als reflektierende Konversation

Knowing-in-action, Handlungstyp 1 (HT1)

Wissen-in-der-Handlung beschreibt ein Vorgehen, welche durch implizites Wissen vorangetrieben wird. Wissen und Handeln bilden eine Einheit und werden während der Handlung nicht getrennt. Die Quelle des Wissens kann von dem Handelnden nicht angegeben werden, das Wissen selbst nicht explizit beschrieben werden. Die Handlung kann demzufolge als intuitiv beschrieben werden.

Handlungstypen nach Donald Schön

Reflection-in-action, Handlungstyp 2 (HT2)

Mit dem zweiten Handlungstyp (*Reflektion-in-der-Handlung*) werden Praktiker konfrontiert, wenn die gewohnten und routiniert intuitiven Handlungsmuster durch das Auftauchen unerwarteter Ereignisse unterbrochen werden. Die darauf folgende kognitive Umstrukturierung führt zu einem Dialog mit der neu entstandenen Situation und zum Versuch, basierend auf eigenen Erfahrungen, an diese neue Ordnung anzusetzen. Der Handelnde wird dann zum *Forscher im Kontext der Praxis* und tritt in die *reflexive Konversation mit der Situation* ein [Schön 83].

Reflection-on-action, Handlungstyp 3 (HT3)

Die beiden vorangestellten Handlungstypen haben gemein, dass die Handelnden in der Aktion selbst agieren, sich also nicht aus dem Kontext lösen und entweder intuitiv direkt (HT 1) oder reflektierend agierend (HT 2) auf Probleme reagieren. Mit dem Handlungstyp 3 (*Reflexion-über-die-Handlung*) schließlich verlässt der Praktiker das direkte Umfeld der Ereignisse um sein auf implizitem Wissen beruhendes Vorgehen kritisch zu hinterfragen und zu verändern. Der Handlungstyp wird entweder dann erreicht, wenn der durch unvorhergesehene Ereignisse aufgebaute Druck zu groß wird oder die Handelnden sich bewusst zur Lösung von Forschungsaufgaben aus dem direkten Wirkbereich der Aufgabe zurückziehen. Durch das bewusste Heraustreten aus dem Problemumfeld wird das eigene Wissen analysierbar und kommunizierbar.

Lernen durch Handeln

Für die Vermittlung der Fähigkeiten, die handelnde Praktiker im Sinne der Ausführungen erwerben müssen, werden von Schön Prozesse formuliert, die er in seinem Buch *Educating the Reflective Practitioner* formuliert [Schön 87]. Ins Zentrum seiner Überlegungen stellt er dabei das *Lernen durch Handeln* in dem der Akteur im Moment des Handelns sein vorhandenes Wissen experimentell erprobt, bewertet und erweitert. Dieses Lernumfeld korrespondiert deutlich mit dem aus der Lernpsychologie bekannten Konzept des *Situierten Lernens*, in welchem die Einbettung des Lernvorgangs in einen Praxiskontext grundlegende Bedeutung erlangt. Der Lehrende tritt dem Lernenden während der Arbeit als Berater gegenüber und löst durch unterschiedliche Sichtweise und Terminologien Reaktionen auf das eigene Handeln aus. Der bewusste Umgang mit diesem Prozess und das Reflektieren der eigenen Handlungsmuster durch die Kommunikation mit Betreuern und Kommilitonen werden damit zur zentralen Tätigkeit des Lernenden. Sie führen zu den von [Dörner 82] geforderten Fähigkeiten der *selbstreflexiven Umwandlung des eigenen Denkens* und der Kompetenz zum *Import von fremdem Wissen durch Analogieschlüsse, Korrektur und Erweiterung*.

Ausbildungsziele

Die Ausführungen Schöns zeigen deutlich, dass die Reflexion in beziehungsweise über das eigene Handeln und sein Verhältnis zum verinnerlichten Wissen entscheidend die Tätigkeit von Praktikern prägt. Bedeutsam ist deshalb, dass Studierenden und Betreuern die daraus resul-

tierenden Handlungstypen vertraut sind und trainiert werden, damit sie in den Phasen des Handelns und beim Auftreten von Problemen die eigenen Reaktionen richtig einschätzen können. Die Handlungstypen 2 und 3 stehen dabei im Vordergrund und werden in der weiteren Verwendung als interne Reflexion (HT2) und als externe Reflexion (HT3) fortgeführt.

4.4.4 Informationslogistik und netzbasierte Kooperation

Aufbauend auf den Entwicklungen der am Institut für Industrielle Bau-
produktion der Universität Karlsruhe (TH) Mitte der 1990er Jahre be-
gonnenen Forschungsprojekte Intesol [Intesol 98] und Integra
[Müller98] wurden internetbasierte Planungsplattformen mit Beginn
des Sommersemesters 1997 für die Lehre an der Architekturfakultät
überarbeitet und in der Ausbildung eingesetzt. Sie gründeten auf der
Einsicht, dass der Planungsprozess eine schnelle und spezifische In-
formationsgewinnung sowie die Verwaltung von komplexem, fach-
übergreifendem Wissen erforderlich macht und dass in Zukunft diese
Vorgänge vermehrt auf die Technologien des zu diesem Zeitpunkt noch
jungen Mediums Internet zurückgreifen werden. Da ein hohes Maß an
Kommunikations-, Kooperations- und Teamfähigkeit Voraussetzung
zur Lösung dieser Aufgabe ist, nahm die Frage, wie Studierende unter
den erschwerten Bedingungen des räumlich und zeitlich verteilten Pla-
nens diese Fähigkeiten trainieren konnten und mit welchen Werkzeu-
gen sie dabei unterstützt werden mussten, die zentrale Rolle bei der
Planung und Evaluierung der Plattform ein. Die Entwicklung der Netz-
entwurf-Plattform erfolgte schrittweise und parallel mit der allge-
meinen Entwicklung der Informationstechnologien, namentlich mit den im
Internet entstehenden Kommunikationsmedien. Sie kann in drei we-
sentliche Schritte unterteilt werden:

*Internetbasierte Planungs-
und Ausbildungsplattformen*

Informieren

In der Anfangsphase der netzentwurf-Plattform stand die Informations-
beschaffung und Informationspräsentation im Vordergrund des didakti-
schen Konzepts. Die Studierenden wurden mit Planungsaufgaben kon-
frontiert, die sie mit den Mittel und Kompetenzen vor Ort nicht oder
nicht vollständig lösen konnten. Die Studierenden waren aufgefordert,
externe Informationsquellen und Fachplaner zu lokalisieren und die
dabei gefundenen Informationen entsprechend dem Charakter der Platt-
form allen anderen Studierenden in einer öffentlichen Datenbank zu-

*Entwicklung der Ausbil-
dungsplattform Netzentwurf*

gänglich zu machen. Die Bearbeitungsschritte wurden permanent dokumentiert und durch geeignete Präsentation im Internet veröffentlicht.

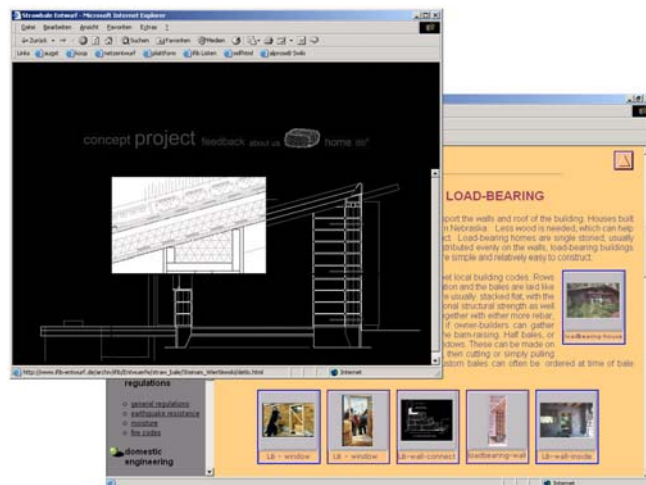
Kommunizieren

Ermöglichten die anfänglich zur Verfügung stehenden Medien lediglich die asynchrone Kommunikation zwischen den Beteiligten, führte die Entwicklung der Informationstechnologien zum Ausbau der Arbeitsumgebung zur Kommunikationsplattform. Die Möglichkeit zur unmittelbaren und synchronen Kommunikation mit geographisch verteilten Fachplanern und Studierenden anderer Hochschulen erweiterte das didaktisch mögliche Spektrum.

Kooperieren

Als letzte Ausbaustufe erfolgte schließlich die Erweiterung der Plattform um kooperationsunterstützende Elemente. Sie ermöglichten die Abwicklung von gemeinsamen Studienprojekten durch interdisziplinäre Gruppen mit räumlich verteilten und zeitlich versetzt agierenden Mitgliedern. Die Mitarbeiter und Institute der beteiligten Hochschulen erhielten die Möglichkeit, sich temporär zu virtuellen Arbeitsgemeinschaften zusammenzuschließen.

Abbildung 4.7: netzentwurf.de als Informations- und Kooperationsplattform



Didaktische Auswirkungen der Plattformarbeit

Die Nutzung der Netzentwurfplattform zeigte eine außergewöhnliche und in dem Maße nicht erwartete Eigendynamik der Zusammenarbeit. Sie äußerte sich in einer weitgehenden Selbstorganisation der Studierenden und in der Beobachtung, dass die wesentlichen Lerneffekte von den Studierenden untereinander ausgingen. Die klassische Unterschei-

dung zwischen Lehrenden und Lernenden in Sinne von Sender und Empfänger von Wissen konnte in diesem Zusammenhang nicht länger aufrechterhalten werden. Konventionelle didaktische Systeme konnten daher nur bedingt wirken und als Ganzes nicht übertragen werden. Dagegen wurde das Lernen durch Kooperieren zum zentralen Element des Netzentwurf-Konzepts.

Ausbildungsziele

Die Konzeption der Netzentwurf-Plattform verlangt von den Studierenden eine grundlegend andere Arbeitsweise als das bisher in der Entwurfsbearbeitung übliche Vorgehen. Die permanente Veröffentlichung von Bearbeitungsschritten und damit die frühe Preisgabe von Entwurfsideen forderte von vielen Studierenden Überwindung, wurde aber aufgrund der verbesserten Fehlerkontrolle der eigenen Arbeit auf Dauer positiv bewertet.

Wenn als ideales Umfeld für die Kooperation eines Planungsteams die permanente und persönliche Anwesenheit aller Beteiligten an einem Ort angesehen wird, stellt die Arbeit auf einer netzbasierten Kooperationsplattformen in erster Linie eine Erschwernis der gewohnten Lern- und Arbeitsumgebung dar. Das primäre Ausbildungsziel der Netzentwurf-Plattform ist deshalb das Training von Kommunikation- und Teamfähigkeit unter den erschwerten Bedingungen der räumlich und zeitlich getrennten Zusammenarbeit. Dieses Ziel wird ergänzt durch das Einüben von Recherche und Wissensakquisition mit den Netzmedien sowie dem Aufbau und der Verwaltung eines persönlichen Wissensspeichers. Diese Anforderungen können nur mit der umfassenden Nutzung informationstechnischer Werkzeugen und mit zumindest rudimentären Kenntnissen von Datenbankstrukturen erfüllt werden.

4.5 Anforderungen an Methoden und Lernumgebung

In Kapitel 4 *Methoden der Ausbildung* wurden die Anforderungen an Architekten vorgestellt und hinsichtlich des für die Zukunft zu erwartenden Berufsprofils bewertet. Als wichtiges Element der Ausbildung wurde der Erwerb von fachübergreifenden Schlüsselqualifikationen festgestellt und an Hand von Beispielen erläutert. Anschließend wurden allgemeine didaktische Methoden vorgestellt und die Ziele und Methoden einer Auswahl von Lehrmodellen diskutiert. Als methodische Eck-

punkte einer zukunftsfähigen Ausbildung ergaben sich dann die in Abbildung 4.8 aufgeführten didaktischen Elemente.

Abbildung 4.8: Methodisch-didaktische Eckpunkte

Projektstudium	Fachübergreifende Kooperation	Reflektierende Konversation	Netzbasierte Kooperation und Informations-Logistik
gemeinsame Sprache	Horizontale und vertikale Integration	Umgang mit komplexen Problemstellungen	informieren
wissenschaftliche Herleitung	Teamfähigkeit		kommunizieren
Verbindung von Theorie und Praxis	Verständnis der Rollen		kooperieren
			Wissensakquisition

Aus den Betrachtungen des Kapitels 4 lassen sich zusammenfassend nachfolgende Anforderungen an die Ausbildungsziele und die Lernumgebung formulieren:

Anforderungen an die Ausbildungsziele

- Teamfähigkeit, Medienkompetenz, Methoden- und Wissenskompetenz sind Schlüsselqualifikationen in der Ausbildung von Architekten. Sie werden durch die Methoden der Projektarbeit gefördert.
- Der Wissenserwerb, die Wissensverwaltung und die gemeinsame Wissenskonstruktion bilden den Kern der Ausbildung. Sie können sowohl in der Bearbeitung von Projekten auf Netzplattformen als auch in der direkten Zusammenarbeit mit Kommilitonen und Betreuern erprobt werden. Ihr Training beinhaltet auch den Aufbau und die Pflege einer in die Berufspraxis übertragbaren, persönlichen Organisationsumgebung die das *Lebenslange Lernen* und *Learning on Demand* unterstützen.
- Kooperations- und Teamfähigkeit sind nicht allein theoretisch vermittelbar, sondern können nur durch direkte Anwendung in der Projektarbeit trainiert werden.
- die Studierenden sollen sich mit Methoden zum systematischen Vorgehen beim Lösen von Problemen vertraut machen und die Gelegenheit erhalten, diese Strategien in Anwendungsbeispielen zu erproben.

- in der Ausbildung sollte als Verständigungs- und Planungswerkzeug eine gemeinsame Sprache etabliert werden. Es ist nahe liegend, diese Verständigungsebene auf dem IFC-basierten Modellieren aufzubauen.
- Die Kooperation mit Planern anderer Disziplinen wird im Sinne der horizontalen und vertikalen Integration von Planungsleistungen trainiert.
- die Fähigkeit zur Reflexion des eigenen Handelns und des bewussten Umgangs mit Reaktionen auf Probleme sollte trainiert werden (interne Reflexion).
- die Fähigkeit, den Wirkungskreis der bearbeitenden Aufgabenstellung zu verlassen und damit das eigene Handeln innerhalb der Aufgabenstellung kritisch zu hinterfragen (externe Reflexion, Forschung) sollte gefördert werden.

Anforderungen an die Lernumgebung

- Qualifikationen: Die Arbeitsumgebung soll die Vermittlung von Fachqualifikationen bei gleichzeitigem Erwerb von Schlüsselqualifikationen fördern.
- Netzkompatibilität: als grundlegende technische Anforderung an die Ausbildungsumgebung wird die Fähigkeit des Systems konstatiert, die aktuellen Kommunikationsebenen des Internets zu integrieren. Sie soll damit die Schulung der Nutzerkompetenzen im Umgang mit der räumlich verteilten Kooperation und die Wissensakquise im Netz erlauben und eine hohe Unabhängigkeit von örtlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen gewährleisten.
- Vielfalt, Variabilität und Personalisierung: Lernen als persönlicher Prozess erfordern Umgebungen, welche den individuellen Neigungen möglichst weitgehend entsprechen. Eine große Auswahl unterschiedlicher Lernumgebungen mit der Möglichkeit der Personalisierung und Anpassung von Lerngeschwindigkeit und Themen verbessert den Erwerb von Fachwissen und Schlüsselqualifikationen.
- Gruppen- und Projektunterstützung: Als wesentliches Merkmal der Architektenausbildung und dem kombinierten Erwerb von Fach- und Schlüsselqualifikationen kommt der Förderung der Gruppen- und Projektarbeit wesentliche Bedeutung zu. Die Lernumgebung sollte in diesem Sinne die individuelle und gemeinschaftliche Arbeit fördern.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass die Anforderungen aus den Veränderungen des Berufsumfelds und der Entwicklung der informationstechnischen Dienste zu grundlegenden Änderungen der

Schwerpunkte der Ausbildung

Aufgaben und Rollen von Lernenden und Lehrenden führt. Die Kombination von Projektbezogenheit, komplexer Unikatproduktion und neuen Werkzeugen stellt höhere Anforderungen an beide Gruppen und an die Ausbildungsumgebung als bisher. Das selbst erkundende und das situationsbedingte Lernen werden zusammen mit der gemeinsamen Wissenskonstruktion und dem kooperierenden Lernen den Schwerpunkt der Ausbildung bilden. Die Kooperation der Studierenden untereinander ist dabei wesentlich und führt zu den eigentlichen Lerneffekten innerhalb der Ausbildung von Architekten. Diese Erkenntnisse werden im nachfolgenden Kapitel 5 mit den Ergebnissen der Kapitel 2 (*Das Arbeitsumfeld von Architekten*) und 3 (*Informationstechnische Werkzeuge*) zusammengeführt.

5 Aufgaben - Werkzeuge - Methoden

*Computing is not about computers any more.
It is about living.*

Nicholas Negroponte (1943), Media Lab MIT

In den vorangegangenen Kapiteln wurde deutlich, dass Lernen als aktiver, selbstgesteuerter, sozialer, persönlicher und konstruktiver Prozess verstanden werden muss und den sicheren Umgang mit Daten, Informationen und Wissen voraussetzt. Um eine Umgebung beschreiben zu können, welche in diesem Sinne bedarfsgerecht und zukunftsorientiert Architekten ausbildet, wurden verschiedene Aspekte beleuchtet:

- **Berufsbild und Aufgaben:** die Situation der Bauwirtschaft, die Anforderungen an Architekten und die zu erwartenden Tätigkeitsfelder
- **Informationstechnologien und Werkzeuge:** die Diffusion von Anwendungen der Informationstechnologien in die Bauplanung und deren Auswirkungen auf eine erweiterte Berufspraxis
- **Qualifikationen und Methoden:** Die möglichen Qualifikationen von Architekten und die daraus folgenden Anforderungen an didaktische Methoden und Lernumgebungen

Die jeweiligen Kapitel schlossen mit einer Einschätzung der zu erwartenden Entwicklungen und Umstände in den beschriebenen Bereichen. Im Kapitel 5 werden nun zuerst die wesentlichen Aussagen dieser Kapitel zusammengefasst, ihre Relationen beschrieben und schließlich zu einem didaktisch-methodischem Rahmenprogramm gefügt.

Berufsbild und Aufgaben

Die Arbeitsmarktsituation für Architekten mit klassischem Ausbildungsprofil wird sich weiter verschlechtern. Die sie bestimmenden Parameter aus der Bauwirtschaft und die anhaltend hohe Anzahl von Absolventen zeigen deutlich, dass es sich hier um kein temporäres Phänomen, sondern um eine grundlegende Krise handelt. Um dieser Situation effektiv zu begegnen, sind zwei prinzipiell unterschiedliche Handlungsalternativen möglich:

- 1) Die Anzahl der Architekten müsste deutlich reduziert werden und sich auf Dauer dem tatsächlich benötigten Niveau anpassen.

Zusammenfassung: Das Arbeitsumfeld von Architekten

Gleichzeitig müsste die Ausbildung verstärkt die Verlagerung der Bautätigkeiten vom Neubau auf Sanierung und Umbau berücksichtigen.

- 2) Das Tätigkeitsfeld von Architekten müsste deutlich erweitert oder verändert werden. Zum einen käme hier der Export von Architektenleistungen in Länder in Frage, deren Bedarf nach klassischen Planungsleistungen intern nicht gedeckt werden kann. Zum anderen könnten Architekten in Zukunft neben Bauaufgaben andere komplexe Planungs- und Koordinierungsaufgaben übernehmen und versuchen sich außerhalb des Baugewerbes zu etablieren.

Es ist offensichtlich, dass es nicht Aufgabe der Hochschulen ist, die Anzahl der Absolventen zu regulieren oder einzufordern. Die Hochschulen müssen aber in Lehre und Forschung Antworten in der zweiten Handlungsalternative vorweisen können und ihren Studierenden Kompetenzen vermitteln, mit denen sie in zukünftigen Aufgabenfeldern bestehen können.

Informationstechnische Werkzeuge

Zusammenfassung: Informationstechnische Werkzeuge

Entwicklungen im Bereich der IT wirken sich auf zwei Ebenen auf das Tätigkeitsprofil von Architekten aus. Zum einen ändern sich durch die Bereitstellung von neuen Werkzeugen die angewandten Planungsmethoden, zum anderen eröffnen sie neue Tätigkeitsfelder innerhalb und außerhalb des Bauwesens. Die Beobachtung der bereits etablierten Anwendung CAD zeigt deutlich, dass sich die Systeme von der rein geometriebasierten Abbildung eines Gebäudes hin zu einer umfassenden Modellierung des Bauwerks entwickeln. Diese Modellierung bietet das Potential mittelfristig sowohl die horizontale (d.h. fachübergreifende) als auch vertikale (zeitliche) Integration von Planungsleistung von ermöglichen. Darauf aufbauend sind umfassende Veränderungen der Planungsabläufe im Bauwesen zu erwarten. Sie fördern den effektiven und wirtschaftlichen Anschluss von Simulationswerkzeugen und die Einbindung von zeitabhängigen Parametern im Bauen. Es liegt nahe, dass sich bedingt durch die grundlegende Bedeutung der zeichnerischen Darstellung im Planungsprozess, die computergestützte Modellierung von Bauwerken zu einer allgemeinen und gemeinsamen Sprache der Planungsbeteiligten im Sinne der polytechnischen Ausbildung entwickelt werden kann. Der Charakter der *International Alliance for Interoperability* [IAI] als Non-Profit-Organisation unterstützt diese Entwicklung.

Die grundlegende Bedeutung dieser Sprache wird auch dadurch deutlich, dass alle weiteren, in der Analyse als zukunftsträchtig erkannten Anwendungsbereiche, letztlich auf die Verwendung einer kombinierten geometrisch-semantischen Datenhaltung angewiesen sind und die Verwaltung von Informationen und Wissen zentrale Bedeutung erlangt.

Qualifikationen und Methoden

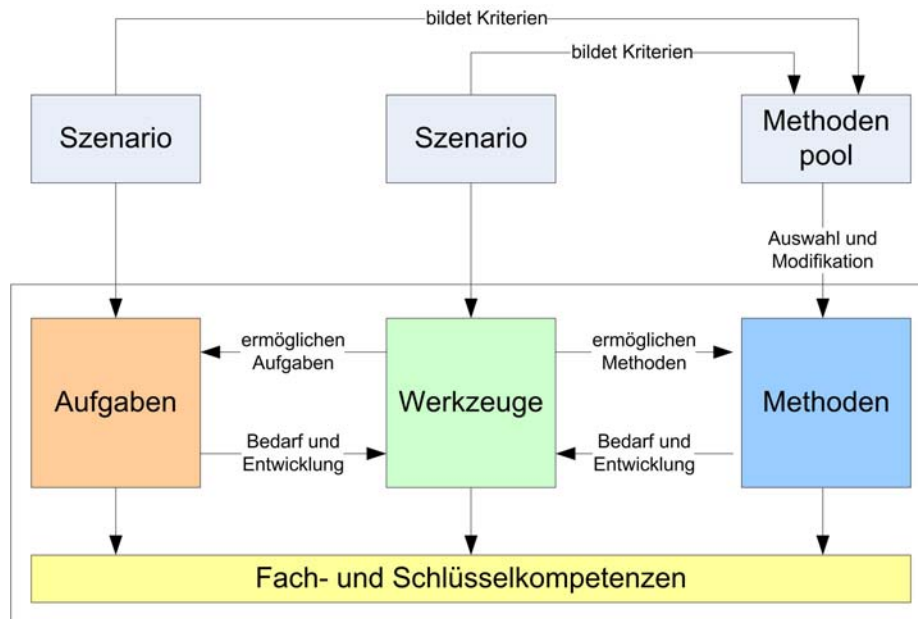
Bei der Beurteilung der Anforderungen an die didaktischen Methoden und Lernumgebungen wurde der Vermittlung von Schlüsselqualifikationen einen besonders hohen Stellenwert für eine zukunftsfähige Ausbildung zugewiesen, da sie zur eigentlichen Handlungskompetenz von Architekten führt. Der Erwerb von Schlüsselqualifikationen erfolgt in heterogenen und personalisierbaren Lernumgebungen, welche die Kooperations- und Teamfähigkeit sowie die Wissensverwaltung als Kernkompetenzen fördern. Die Lernumgebung muss darüber hinaus die räumlich verteilte und interdisziplinäre Gruppenarbeit unterstützen, die enge Verknüpfung zwischen theoretischen Grundlagen und praktischer Verwertung anstreben und die Reflektionsfähigkeit der Studierenden trainieren.

Zusammenfassung: Methoden der Ausbildung

Das Zusammenwirken der drei Untersuchungsbereiche wird in Abbildung 5.1 dargestellt. Die Graphik zeigt, dass die zukünftigen *Aufgaben*, *Werkzeuge* und *Methoden* in bestimmten Relationen zueinander stehen. Die Szenarien für die beiden Bereiche *Aufgaben* und *Werkzeuge* liefern dabei die Kriterien für die Beurteilung des didaktischen Methodenpools. Aus den Aufgaben heraus entstehen dann Anforderungen an das Werkzeugprofil, welches wiederum durch technologische Entwicklungen die Bearbeitung von neuen Aufgabenstellungen ermöglichen kann. Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich aus dem Zusammenwirken der Bereiche *Werkzeuge* und *Methoden*. Die zur Verfügung stehenden Werkzeuge unterstützen und ermöglichen hier die Anwendung von Methoden und erhalten gleichzeitig aus deren Evaluierung Impulse und Hinweise zum Entwicklungsbedarf. Die Bearbeitung der Aufgaben innerhalb eines darauf abgestimmten methodischen Umfelds unter Verwendung informationstechnischer Werkzeuge fördert schließlich den Erwerb von Fach- und Schlüsselqualifikationen.

Zusammenhang der Untersuchungsbereiche

Abbildung 5.1: Synthese der Anforderungen



5.1 Ein erweiterter Architekturbegriff

„Die Verzahnung divergierender Anforderungen, von Funktion und Konstruktion [...] und ihre Integration in einem Ganzen, nämlich in einem Bauwerk, ist eine der Chancen aus der Architekturlehre – die Ausbildung zum Architekten, zu einem Vehikel allgemeiner Bildung zu machen. Divergierende Sachverhalte zu integrieren, zu einem sinnvollen Ganzen zusammenzuführen, ist eine Fähigkeit, die nicht nur beim Erstellen von Architektur gefragt ist. Insoweit kann eine wohlverstandene Architekturlehre, weit über das pragmatische Ziel einer Ausbildung zum Architekten hinaus, ein Einüben von Fähigkeiten und Verhaltensweisen sein, die dem, der sie gelernt hat, noch zu ganz anderen Tätigkeiten befähigen könnte als zum Planen und Bauen von Häusern und Städten.“

Peter von Seidlein, zitiert nach „Stuttgarter Unikumier“, Ausgabe 96, 11/2005

Der Begriff der Architektur

Die etymologische Bedeutung des Wortes Architektur setzt sich zusammen aus den griechischen Begriffen *arché* (Anfang, Ursprung) und *techné* (Handwerk, Kunst, Technik). Die vielschichtige Bedeutung des Ausdrucks *techné* macht deutlich, dass der Begriff der Architektur eine umfassende Verwendung zulässt. Er öffnet einen Deutungsspielraum,

dem die einfache Übertragung als *Erstes Handwerk* oder *Erste Kunst* in die deutsche Sprache nicht gerecht wird. In der Diskussion über Aufgaben und Kernkompetenzen von Architekten sowie deren Ausbildung zeigt sich der mögliche Spielraum der Auslegung des Begriffs deutlich.

Die vorliegende Arbeit beteiligt sich nicht unmittelbar an dieser Diskussion. Sie versucht vielmehr festzustellen, welche allgemeinen und speziellen Qualifikationen aus dem Studium der Architektur resultieren können, ob diese Kompetenzen ein Alleinstellungsmerkmal darstellen und welche Tätigkeitsfelder damit Absolventen in Zukunft eröffnet werden. Die Arbeit schlägt vor, dass die Ausbildung an den Fakultäten für Architektur bewusst von der alleinigen Ausrichtung auf Tätigkeiten im Baubereich Abstand nehmen sollte und dagegen die Ausbildung von Architekten anstrebt, die an Beispielen des Bauwesens die Bearbeitung von komplexen Problemen trainiert und dadurch vielseitig einsetzbare Schlüsselqualifikationen vermittelt. In Verbindung mit den Szenarien über die Entwicklung des Bauwesens und der informationstechnischen Werkzeuge folgt daraus eine erweiterte Interpretation des Begriffs *Architektur* und ein deutlich umfassenderen Aktionsraum im Sinne der Definition des *System Architecting* [Rechtin 97] (siehe auch Kapitel 2.3.1).

Erweiterte Interpretation des Architekturbegriffs

Abbildung 5.2 zeigt, wie das Tätigkeitsfeld der *Traditionellen Architektur* auf den Themenbereich *Gebaute Umwelt* erweitert und schließlich zur Lösung von *Komplexen Problemen* verallgemeinert wird. Mit der Ausweitung des Tätigkeitsfelds verringert sich gleichzeitig die Bedeutung der Fachkompetenzen und stärkt sich die Wichtigkeit der Schlüsselqualifikationen für Bearbeitung der Problemstellung.

Architektur – Gebaute Umwelt – Komplexe Probleme

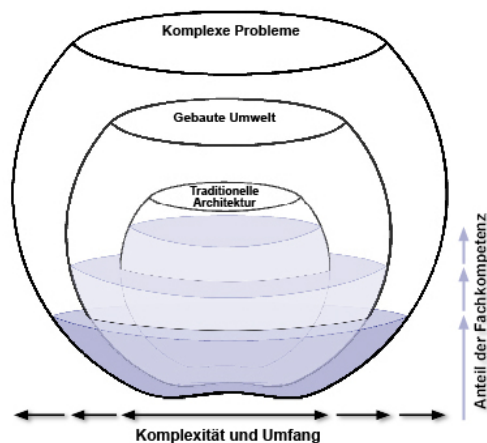
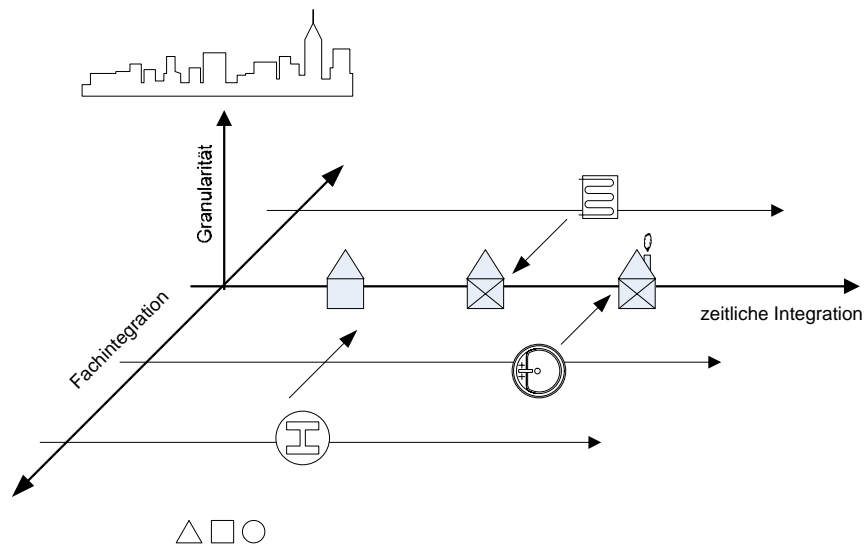


Abbildung 5.2: Erweiterung des Architekturbegriffs

Granularität als Erweiterung
der Integralen Planung

Ein weiterer Aspekt zur Ausdehnung des gegenwärtigen Architekturbegriffs ergibt sich aus der Verbindung der in Kapitel 4.4.2 dargestellten didaktischen Methode der Integralen Planung mit den in Kapitel 3.3.12 beschriebenen Entwicklungspotentialen der *Geo-Informationssysteme*. Wie beschrieben, fordert die *Integrale Planung* die fach- und lebenszyklusübergreifende Einbindung von Kompetenzen in den Planungsprozess. Sie bildet mit dieser horizontalen und vertikalen Integration die Grundlagen einer durchgängigen Planungskette. In Abbildung 5.3 wird diese Grundlage durch die Dimension der Granularität ergänzt. Sie erweitert die Sichtweise der Planung durch die Platzierung des Planungsgegenstands in einen über- und untergeordneten Kontext. Diese mögliche Erweiterung zeigt sich beispielsweise in der informationstechnischen Integration großer Maßstäbe in die Produktdatenmodellierung von Gebäuden durch GIS-Anwendungen (z.B. [CityGML]) oder offene Anwendungen wie [GoogleEarth]. Die Konsistenz der Produktdatenmodellierung zeigt sich also nicht nur in der Ebene der Zeit und in der Kooperation der Fachplaner, sondern setzt sich in der Beschreibung der dem Gebäude über- und untergeordneten Strukturen fort. Sie durchbricht damit die bisherige Einschränkung der Modellierung auf die Größenordnung *Gebäude* und ermöglicht durch die Verwendung einer gleichen Modellierungsgrammatik den Einsatz von Architektenkompetenzen in einer groben Granularität (z.B. überregionale Infrastrukturplanung) oder in einer feiner Granularität (z.B. Ressourcenplanung).

Abbildung 5.3: Integration der Granularität in die Planung



Für die Ausbildung von Studierenden und das Selbstverständnis von Architekten folgt aus diesen Überlegungen:

Auswirkungen der erweiterten Definition

- In Anlehnung an seine Wortbedeutung wird Architektur als allgemeine Problemlösungsdisziplin verstanden.
- Architekten können allgemeine und komplexe Probleme mit Hilfe der Schlüsselqualifikationen Teamfähigkeit, Lernkompetenz, Methoden- und Medienkompetenz behandeln.
- Studierende der Architektur entwickeln die Schlüsselqualifikationen am Beispiel von komplexen Planungsaufgaben im Baubereich.
- Zur Ergänzung der Schlüsselqualifikationen erwerben Studierende entsprechend ihrer Neigung spezifische Fachkompetenzen in bevorzugten Themenbereichen.

Der Erwerb von Wissen und die effektive Wissensverwaltung bilden zusammen mit der Kooperationsfähigkeit die Eckpunkte der Ausbildung. In der vorliegenden Arbeit wird deshalb zum einen die gemeinsame Sprache der Gebäudemodellierung als Wissensträger und Kommunikationsebene eingeführt und zum anderen der persönliche Wissensspeicher als Basis der Wissensverwaltung beschrieben. Wie in Abbildung 5.4 dargestellt, agieren die Module der Lehre innerhalb dieser Rahmenbedingungen als Produzenten von Fach- und Schlüsselqualifikationen und fördern je nach Charakter der Anwendung den Aufbau des Wissensspeichers oder die gemeinsame Sprache der Produktmodellierung. Die Werkzeugmodule in Kapitel 6 greifen diese Klassifizierung auf und detaillieren sie hinsichtlich der erwarteten Effekte auf die einzelnen Schlüsselqualifikationen.

Rahmenbedingungen der Lehrumgebung

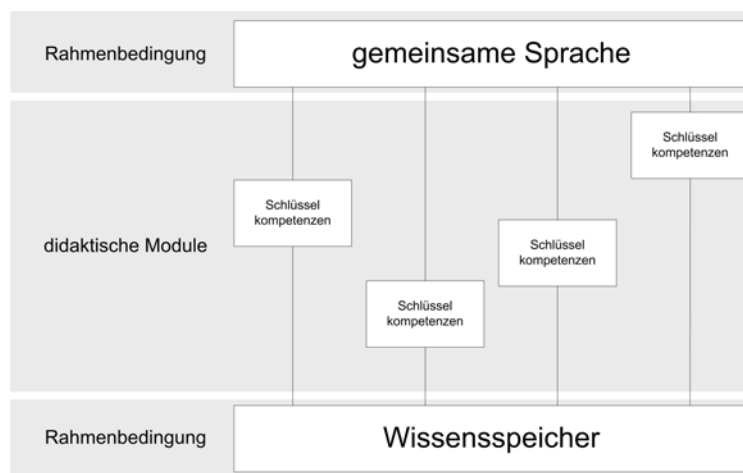


Abbildung 5.4: Gemeinsame Sprache und Wissensspeicher als Rahmen der Ausbildung

5.2 Eine gemeinsame Sprache

Das Gelingen der komplexen Planungsleistung *Bauen* ist primär abhängig von einer eindeutigen und fehlerfreien Kommunikation unter den beteiligten Personen, der eingesetzten Maschinen und Softwareanwendungen. Die auftretenden Störungen in diesen Prozessen lassen sich zu einem hohen Anteil auf eine ungenügende Kommunikationsqualität zwischen den Komponenten zurückführen.

*Geometrische Modellierung
als Verständigungsebene*

Die Grundlage der Kommunikation und damit auch einer erfolgreichen Projektkooperation, basiert im Gebrauch einer leistungsfähigen und akzeptierten Sprache, welche Gebäudeinformationen eindeutig und möglichst vollständig beschreiben und verlustfrei transportieren kann. Wie in Kapitel 4.4.1 angemerkt, wurde für diesen Zweck bei der Umsetzung des polytechnischen Unterrichtsmodells die darstellende und beschreibende Geometrie als gemeinsame Sprache etabliert. Sie kommuniziert in Form von Zeichnungen verschiedener Qualitäts- und Detaillierungsstufen Informationen unter den Planern und bildet bis heute das wesentliche Kommunikationsmedium im Bauwesen. Die Einführung des computerunterstützten Zeichnens hat an der zentralen Bedeutung der graphischen Darstellung in der Planung nichts Wesentliches geändert. Allerdings kann durch den heute zu beobachtenden Übergang von einer geometrie-basierten Arbeitsweise hin zu einer objekt- und modellbasierten Methode der eigentlich entscheidende Mehrwert der CAD deutlich gemacht werden.

Konstantinos Papamichael widmet sich in seinen Arbeiten zum *Building Design Advisor* diesem Übergang [Papamichael 97], [Papamichael 99] (siehe Abbildung 5.5). Er bezeichnet die herkömmlichen CAD-Systeme zwar als leistungsfähige Träger und Verwalter geometrischer Informationen, die für eine Kopplung mit Simulationswerkzeugen notwendige Bereitstellung topologischer und nicht-geometrischer Zusatzinformationen werden aber vermisst und eingefordert. Die Potentiale für eine Zusammenführung dieser beiden Anforderungswelten sieht er schließlich in der durchgängigen Anwendung der Industry Foundation Classes zur Gebäudemodellierung.

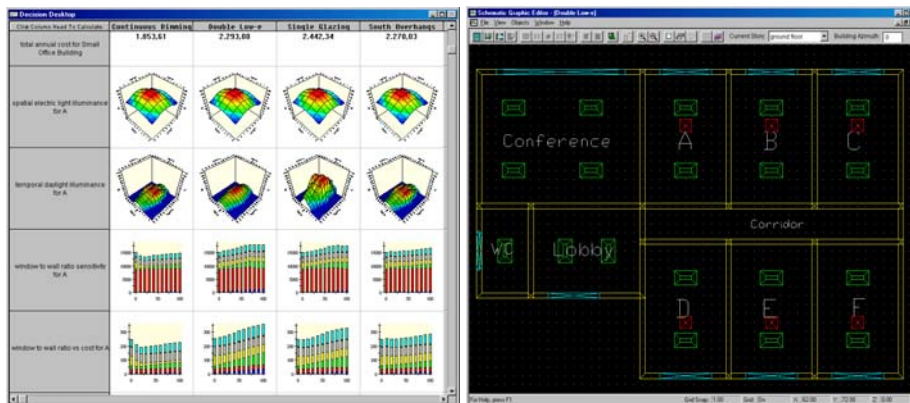


Abbildung 5.5: Der Building Design Advisor als Entscheidungsunterstützer

Die digitale Beschreibung eines Gebäudes auf Grundlage der Produktdatenmodellierung wird in diesem Sinne als die konsequente Weiterentwicklung der vormals manuellen und dann computergestützten Zeichnungsdarstellung angesehen. Sie schließt bis dato vorhandene Lücken der Informationsflüsse und stellt ein umfassendes Kommunikationswerkzeug als gemeinsame Verständigungsebene von Planenden zur Verfügung. Ihre wesentlichen Merkmale sind im Vergleich zu einer manuellen beziehungsweise computergestützten Zeichnungserstellung in Tabelle 5.1 zusammengefasst.

Die Tabelle zeigt die Beurteilungen der unterschiedlichen Austauschmethoden hinsichtlich der wichtigsten planungsrelevanten Kriterien. Die einzelnen Kategorien werden wie folgt charakterisiert:

- Geometrie: sie umfasst sämtliche Informationen, die für eine eindeutige geometrische Bestimmung und Verortung der Elemente notwendig sind.
- Massen und Volumen: die Fähigkeit der Methodik beide Größen implizit vorzuhalten.
- Objektsachdaten: umfasst Angaben, welche die geometrischen Objekte um zusätzliche Informationen, wie beispielsweise Material oder Kosten erweitern.
- Fertigungsinformationen: Bereitstellung von Daten, die zur direkten Fertigung der dargestellten Bauteile benötigt werden.
- Topologie: Kenntnis des Systems über die räumlichen Beziehungen der modellierten Bauteile und Räume.
- Unterstützung der verteilten Planung: Fähigkeit des Systems, eine räumlich und zeitlich verteilt arbeitende Gruppe zu unterstützen.

Übermittlung planungsrelevanter Kriterien

Die Beurteilung unterscheidet dabei im computergestützten Zeichnen zwischen einem zwei- und dreidimensionalen Vorgehen. Beide Varianten beruhen aber auf der Festlegung, dass mit rudimentären geometrischen Objekten umgegangen wird und mit den CAD-üblichen Methoden geordnet werden.

Tabelle 5.1: Vergleich manueller und rechnergestützter Verständigungsebenen

	Geo- metrie	Massen und Volu- men	Objekt- sachda- ten	Ferti- gungs- Informa- tionen	Topolo- gie	Unter- stützung der verteilt- ten Pla- nung
analog						
2D CAD						
3D CAD						
Modellierung						

Unterstützung:

	keine
	gering
	mittel
	stark

Das Produktdatenmodell als Kommunikationsinstrument

Mit dem Übergang zur Modellierung wird die in digitalen Modellen vorhandene Topologie erschlossen, die semantische Bedeutung der geometrischen Objekte verwaltet und die Bereitstellung eines konsistenten und verteilt zugänglichen Planungsmodells ermöglicht. Das Vorgehen bietet damit einen deutlich über die bisherigen Verständigungsebenen hinausgehenden Funktionsumfang an und eignet sich gut als Kommunikationsinstrumentarium und als Werkzeug zur praktischen Lösungsfindung in der Planungsarbeit. Es ist nahe liegend, dass mit dieser Forderung keine rein verbale Kommunikation gemeint ist, sondern eine allgemeine, über den Planungsablauf hinweg gültige und tragfähige Verständigungsebene bezeichnet wird. Sie muss vielschichtige Aufgaben erfüllen und

Anforderungen an die Kommunikationsebene

- leicht zu erlernen beziehungsweise zu gebrauchen sein und damit eine einfache und verständliche Struktur haben
- leistungsfähig und in der Lage sein, auch komplizierte Situationen beschreiben zu können
- eine hohe Akzeptanz unter den Planern erreichen

- die Breite und Tiefe des Lebenszyklus von Gebäuden und damit die gesamte Planungs-, Bau- und Nutzungsphasen begleiten können
- über die informationstechnischen Medien des Internets kommunizierbar sein
- auf neue Anforderungen reagieren und ausbaufähig sein
- individuelle Freiräume zulassen und persönliche oder projektbezogen notwendige Ergänzungen zulassen.

Die in dieser Arbeit vorgeschlagene gemeinsame Kommunikationsebene der erweiterten Architekturausbildung basiert auf der IFC-konformen Modellierung von Gebäuden und der Verknüpfung geometrischer Elemente mit planungsrelevanten Sachdaten. Gebäude werden dabei in beiden Fällen als Produkte verstanden, die durch die Modellierung sowohl geometrisch beschrieben, als auch durch semantische Ergänzungen aufgabenspezifisch erweitert werden. Die Gebäudeproduktmodellierung auf Grundlage der IFC erfüllt in der heute gültigen Fassung wesentliche der oben erwähnten Anforderungen und kann beliebige semantische Informationen auf Grundlage der *Extensible Markup Language* [XML] transportieren. Für den Betrachtungszeitraum der Arbeit ist zu erwarten, dass sich durch die Mitwirkung der CAD-Hersteller die IFC-Modellierung nachhaltig im Planungsprozess etabliert hat und heute vorhandene Lücken im Anforderungskatalog geschlossen werden. So kann davon ausgegangen werden, dass die in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Eigenschaften eines Model-Servers etabliert sind und dass die Standardisierung und sichere Umsetzung in den wesentlichen Applikationen der IFC gefestigt ist.

Grundlage der Kommunikationsebene

Für die Verwendung im didaktischen Konzept der Arbeit sind dabei folgende Prinzipien ausschlaggebend:

Sichtenprinzip

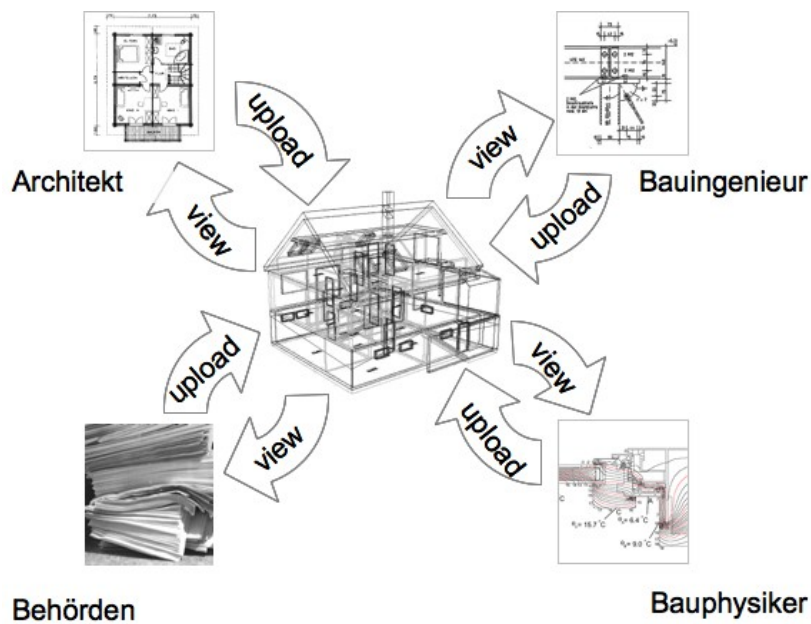
Die am Bauprozess beteiligten Fachplaner stellen unterschiedliche Anforderungen an Art, Menge und Detaillierung der gehaltenen Daten. Das digitale Gebäudemodell muss die unterschiedlichen Aspekte der beteiligten Disziplinen bedienen können und es erlauben, dass eine rein fachspezifische Sicht auf den Datenbestand möglich ist, relevante Objekte anderer Planer angezeigt werden aber nur fachspezifische Objekte verändert werden dürfen (siehe auch Kapitel 3.3.2).

Prinzipien der Kommunikationsebene

Model-Server

In einem konventionellen Ablauf werden Pläne zwischen den Fachplannern weitergereicht, die dann ihre Arbeiten in das Gesamtleistungsbild eingliedern. Hier spielt es zunächst keine Rolle, ob der Ablauf der Planung analog, digital oder gemischt unterstützt wird. Entscheidend ist, dass durch das Rotationsverfahren die Planungstätigkeit im jeweils bearbeiteten Bereich ruhen muss, um die Entscheidungsgrundlagen der Fachplaner zur Laufzeit nicht zu verändern. Das zuvor beschriebene Sichtenprinzip beruht darauf, dass ein Gebäudemodell sukzessive durch Weitergabe fortgeschrieben und entwickelt wird. Dieses Verfahren ist zwar konsistent und kumuliert Planungsleistungen bedeutend besser als herkömmliche Techniken weist aber immer noch die Nachteile eines Rotationsverfahrens auf. Für den in dieser Arbeit prognostizierten Zeitraum kann aber mit der Etablierung von Model-Server-Technologien gerechnet werden (siehe Kapitel 3.3.2), welche die gleichzeitige, geregelte Zusammenarbeit an einem gemeinsamen Gebäudeproduktmodell ermöglicht und die angeführten Nachteile korrigiert (siehe Abbildung 5.6).

Abbildung 5.6: Model-Server als zentrales Produktdatenmodell



Individuelle Datenbankbindung

Die IFC-konforme Modellierung von Gebäuden in einer CAD-Umgebung verbindet bereits beim Einfügen von Bauteilen in das Modell Sachinformationen mit der geometrischen Darstellung des Objekts.

Trotzdem wird es auch in Zukunft notwendig sein, individuelle und projektabhängige Informationen im Kontext der geometrischen Abbildung zu verwalten. Handelsübliche CAD-Anwendungen bieten für diesen Zweck Verknüpfungsmöglichkeiten von Zeichnungsobjekten mit Datenbankanwendungen an. Ihre Anwendung ist etabliert und wurde verschiedenen Forschungsprojekten eingesetzt. Abbildung 5.7 zeigt zwei Arbeiten, bei denen durch manuelle Konfiguration der CAD-Anwendung zeitlich-historische Daten als semantische Informationen an ein Gebäudequartier beziehungsweise Angaben über Verbindungs-details mit geometrischen Informationen verbunden wurden. Sie dienen zu einem der Darstellung der zeitlichen Entwicklung eines Stadtquartiers, zum anderen der Ansteuerung von Fertigungsmaschinen.

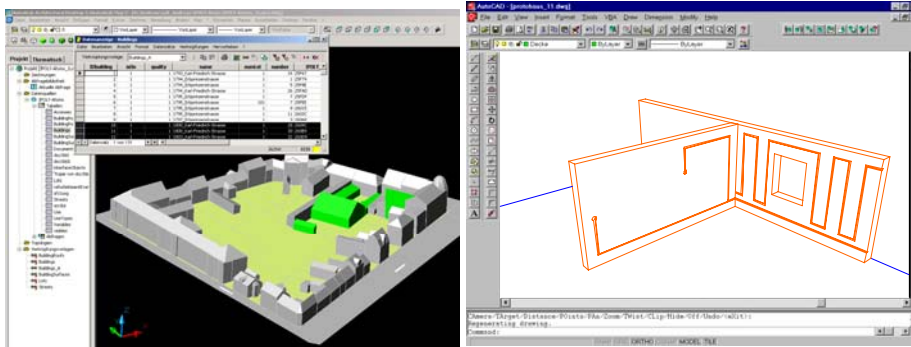


Abbildung 5.7: Raum-Zeit-Browser und CNC Fertigung
Quelle: [ifib]

5.3 Ein kooperativer Wissenspeicher

Im vorangegangenen Abschnitt wurde die digitale Gebäudeproduktmodellierung als gemeinsame Sprache der Planenden beschrieben. Sie stellt die Handlungs- und Austauschenebene für Kooperationsprozesse im Planungsablauf dar und unterstützt die effektive Weitergabe von Informationen und Planungswissen unter den Beteiligten. Als zweiter Baustein der wissensbasierten Architektentätigkeit werden im folgenden Werkzeuge und Methoden für die Verwaltung von Wissen beschrieben. Innerhalb der vorliegenden Arbeit geht es dabei weniger um die Beschreibung der tatsächlichen Anwendung, sondern vielmehr um die Zusammenstellung der Anforderungen an eine inhaltliche und technische Umsetzung.

Der Wissenspeicher stellt die Ergänzung der gemeinsamen Verständigungsebene dar und unterstützt die Aneignung, die Ablage, das Auffinden und das Verteilen von Wissen. Bedingt durch die hohe Individualität der Prozesse im Umgang mit Wissen wurde in diesem Zusammen-

Aufgaben des Wissensspeichers

hang der Begriff des *Personal Studio* eingeführt [Aberle 07]. Er beschreibt eine Arbeitsumgebung für Architekten, in der relevante Informationen gesammelt und personalisiert in den eigenen Wissenskontext eingefügt werden können. In der Ausbildung wird das *Personal Studio* den Studierenden zu Beginn des Studiums zur Verfügung gestellt und von ihnen zum sukzessiven Aufbau einer individuellen Wissenssammlung genutzt. Im Idealfall kann nach Studienabschluss das *Personal Studio* sowohl als Methode und als auch in Form einer Wissenssammlung in das Arbeitsumfeld als Architekt portiert werden. Der skizzierte Wissensspeicher muss im Einzelnen folgende Anforderungen erfüllen:

Anforderungen an den Wissensspeicher

- Unterstützung des individuellen und gemeinsamen Wissenserwerbs
- Unterstützung der verschiedenen Phasen im Umgang mit Wissen: Wissenserwerb, Wissensbewertung, Wissensstrukturierung, Ablage und Teilen von Wissen, Wissensrecherche
- Intuitiv und einfache Bedienung
- Nutzung der informationstechnischen Werkzeuge des Internets
- Möglichkeit des ubiquitären Zugriffs
- Akzeptanz unterschiedlicher Medienformate
- Möglichkeit zur Verknüpfung von Wissensbausteinen
- Personalisierbarkeit

Neben der Verwaltung von Wissen muss der Speicher auch als Organisationsgrundlage des Studiums dienen und zu diesem Zweck administrative Informationen der Studierenden strukturieren. Hierzu zählen

- die Unterstützung bei der Planung des Studiumsverlaufs
- die Verwaltung von Prüfungsleistungen
- die Unterstützung bei der Kommunikation mit der Hochschulverwaltung

In Kapitel 4.2.4 wurde festgestellt, dass Wissen innerhalb der Erfahrungswelt von Personen gehalten und im Moment der Veräußerung durch Text, Bild oder Ton zu Kommunikationszwecken auf das Niveau von Informationen reduziert wird. Für das *Personal Studio* stellt sich daher die Frage, inwieweit ein technisch unterstützter Wissensspeicher in der Lage sein kann, Wissen aufzunehmen und zu verwalten.

Integration von Wissen in das Personal Studio

Da das *Personal Studio* als individueller Ablageort von Informationen und Wissen konzipiert ist, wird davon ausgegangen, dass mit der Auf-

nahme von Informationen in die persönlichen Lernumgebung bereits ein Assoziierungsvorgang mit dem individuellen Wissensumfeld des Anwenders stattgefunden hat und die Beschreibung des Wissensbausteins zwar als formalisierte Information erfolgen muss, aber im Sinne eines Platzhalters den eigentlichen Wissensinhalt repräsentieren kann. Die Verknüpfung von neuen Wissensbausteinen mit dem vorhandenen Umfeld muss daher eine hohe Priorität in der Konzeption des Wissensspeichers haben. Eine weitere wichtige Eigenschaft des Wissensspeichers stellt das schnelle Wiederauffinden von abgelegten Objekten dar. In diesem Zusammenhang kann heute zum einen auf etablierte Suchmechanismen auf Betriebssystemebene und auf umfangreiche und einfach zu bedienende Datenbankmanagementsysteme bebaut werden. Die Analyse der Inhalte von Dateien durch Suchalgorithmen beschränkt sich heute aber auf text- und zahlenbasierte Dokumente und erreicht noch nicht die Integration von Bild- Graphik- und CAD-Dateien. Dieser Situation kann durch die manuelle Vergabe von Metainformationen zu Art und Inhalt dieser Dateien begegnet werden. Gleichzeitig ist abzusehen, dass die Mustererkennung innerhalb von Bilddateien ausgebaut und in Zukunft effektivere Ergebnisse liefern wird. Die Erschließung der Inhalte von Zeichnungsdateien kann dagegen bereits heute durch die Verwendung des offenen IFC-Standards ermöglicht werden.

Zur technischen Umsetzung des Wissensspeichers bieten sich verschiedene Möglichkeiten an (siehe auch [Aberle 07]). Sie unterscheiden sich im Wesentlichen dadurch, an welchem Ort Informationen abgelegt werden und auf welche Weise Nutzer auf das abgelegte Wissen zugreifen können. Da als eine wichtige Voraussetzung der Wissensverwaltung gefordert wird, dass der ubiquitäre Zugriff auf den Speicher gewährleistet ist, können prinzipiell zwei Gruppen von technischen Umsetzungen unterschieden werden:

Mögliche technische Umsetzung des Personal Studio

Portable Wissensspeicher

Das Datenablagensystem wird auf portablen Speichermedien wie beispielsweise USB-Sticks, MP3-Player oder Mobiltelefonen organisiert. Die Nutzer führen ihren Wissensspeicher bei sich und schließen das portable Speichermedium bei Bedarf an einen Rechner an. Auf dem Medium werden Werkzeuge zur Verwaltung des Wissensspeichers für die gängigen Betriebssysteme vorgehalten. Der Vorteil der Umsetzung ist, dass der Nutzer seinen Wissensspeicher permanent mit sich führen

und ihn persönlich organisieren kann. Die Speicherung von persönlichen Daten auf Netzservern entfällt.

Netzbasierter Wissensspeicher

Die Umsetzung basiert darauf, dass sämtliche Informationen des Wissensspeichers zentral auf einem Server im Internet organisiert werden. Um Informationen zu verwalten, müssen sich Nutzer auf einen netzwerkfähigen Rechner am Wissensspeicher anmelden. Der Vorteil der Umsetzung ist, dass Versionskonflikte in der Datenhaltung vermieden werden und durch Öffnung des Wissensspeichers externe Partner partizipieren können. Serverseitig können gleichzeitig Datensicherungskonzepte integriert werden.

5.4 Didaktische Grundlage

Durch die Definition eines erweiterten Architekturbegriffs ergeben sich veränderte didaktische Anforderungen an die Architekturausbildung. Wie bereits dargestellt, bestehen sie im Wesentlichen aus der Vermittlung von Schlüsselqualifikationen, der Unterstützung des individuellen und gemeinschaftlichen Wissenserwerbs, der Einrichtung eines persönlichen Wissensspeichers und dem Einsatz einer gemeinsamen Verständigungsebene.

Zielsetzung der Didaktik

Die Ausbildung von Architekten an Hochschulen hat zum Ziel, Werkzeuge und Methoden zu vermitteln, die Absolventen in die Lage versetzen, bekannte Probleme der Gegenwart und noch unbekannte Probleme der Zukunft bearbeiten zu können. Bei der Bearbeitung von gegenwärtigen Aufgabenstellungen kann primär auf Fachwissen, bekannte Strategien und bereits gelöste Fälle zurückgegriffen werden. Zukünftige und damit unscharfe Aufgabenstellungen entziehen sich dieser Art der Bearbeitung. Sie verlangen den Einsatz von Schlüsselqualifikationen und können in der Zukunft mit heute vielleicht schon bekannten aber noch nicht etablierten Werkzeugen bearbeitet werden. Die Didaktik muss daher den Einsatz von Themen und Werkzeugen so wählen, dass Studierende nach Abschluss ihres Studiums mit Methoden und Werkzeugen vertraut sind, die am Beginn der Diffusionsphase in die Praxis stehen. Anwendungen und Verfahren, die durch ihre hohe Präsenz in der Praxis bereits als Standard gelten, haben eine deutliche geringere Gewichtung und sind oft für das Selbststudium geeignet.

Veränderung der Lehrreihenfolge

Die Einführung einer modellbasierten Verständigungsebene verändert die Arbeitsprozesse in der Planungspraxis grundsätzlich und hat damit Auswirkungen auf die Projektbearbeitung im Studium. Die bisher praktizierte Kompetenzvermittlung in der Ausbildung durch die zeitlich aufeinander folgende Vermittlung der Fähigkeiten *Zeichnen*, *Entwerfen* und *Konstruieren* wird durch die computergestützte Modellierung grundlegend verändert. Sie ermöglicht die Unterstützung der Entwurfsprozesse bei gleichzeitig hoher Qualität an implizit produziertem Entscheidungswissen. In sehr frühen Planungsphasen wird die Bildung von Alternativen gefördert und effektivere Bewertungshilfen für den Planungsprozess bereitgestellt. Die ursprünglich getrennten und sukzessiven Vorgänge des Entwerfens, Zeichnens, Konstruierens und Simulierens werden durch diese technischen Entwicklungen zu einem Prozess zusammengefasst (siehe Abbildung 5.8). Das veränderte Zusammenwirken der Prozesse muss sich auf die Reihenfolge der Ausbildungsthemen und deren Gewichtung auswirken und in der Projektbearbeitung trainiert werden.

*Gleichzeitige Vermittlung
verschiedener Kompetenzen*

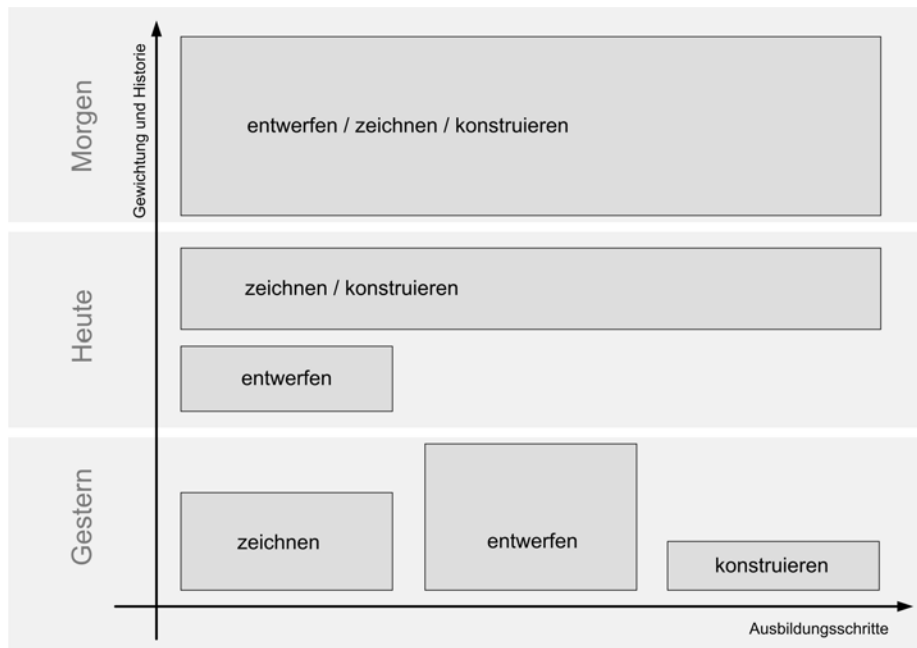


Abbildung 5.8: Veränderung der Ausbildungsschritte im zeitlichen Kontext

Methodik und Intuition

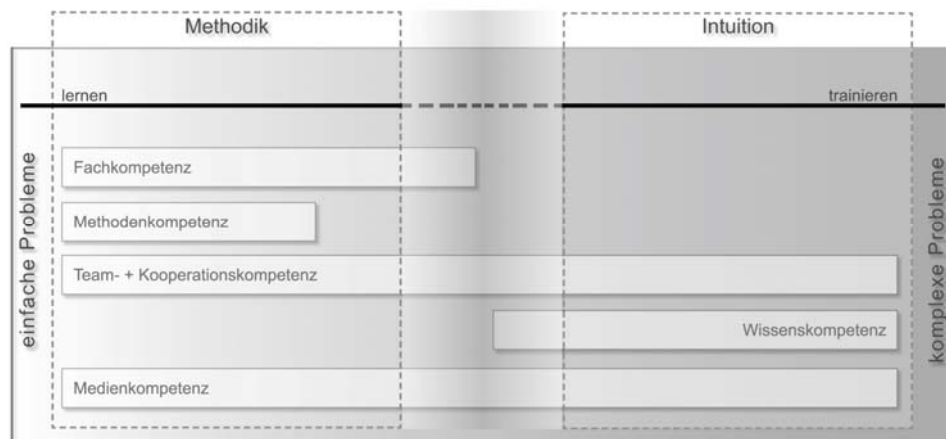
Wie in Kapitel 2.3.2 gezeigt wurde, können komplexe Aufgaben nicht vollständig durch den Einsatz rational-technischer Methoden und Lösungsstrategien bearbeitet werden. Deutlich zeigt sich dieser Umstand

*Methodisches und intuitives
Vorgehen*

in dem Scheitern der Übertragung von Methoden und Techniken der *Künstlichen Intelligenz* auf architektonische Probleme. Ein professioneller Umgang mit komplexen Aufgaben zeichnet sich dagegen dadurch aus, dass methodische Lösungsverfahren in denjenigen Teilbereichen des Gesamtproblems eingesetzt werden, welche ein vernunftmäßiges Erfassen zulassen. Das methodische Vorgehen wird beim Überschreiten dieser Grenze durch ein intuitiv basiertes Handeln abgelöst. Das Erkennen dieses Übergangs kann aber nur gelingen, wenn die Problembearbeiter mit den Leistungsmerkmalen und Restriktionen beider Vorgehen vertraut sind. Gerade die Ausbildung an architektonischen Planungsbeispielen bietet mit kombiniert technisch-gestalterischen Aufgaben sehr gute Voraussetzungen dafür, diese Kompetenz zu trainieren.

Abbildung 5.9 stellt die Abgrenzung von methodischem und intuitivem Vorgehen dar und ergänzt die Zusammenstellung durch die prinzipielle Positionierung der Schlüsselqualifikationen in diesem Kontext.

Abbildung 5.9: Wirkungsbereich von Methodik und Intuition



6 Studentische Lern- und Forschungsumgebung

„The best way to predict the future is to invent it”

Dénes Gábor (1900 - 1979), Physiker

Als Grundlage einer Lernumgebung, die eine gleichzeitige Aneignung von Fach- und Schlüsselqualifikationen fördert, wurden im vorangegangenen Kapitel die Einführung einer gemeinsamen Verständigungsebene und eines dynamischen Wissensspeicher bestimmt. Sie bilden die Rahmenbedingungen, in welchem die Werkzeugmodule als didaktische Elemente platziert und angewendet werden.

In diesem Kapitel werden die Module erläutert und in den Kontext dieser Rahmenbedingungen gestellt. Dazu werden sie zunächst allgemein zusammengefasst, ihre technische Umsetzung beschrieben und schließlich hinsichtlich ihrer Fördermöglichkeiten für die verschiedenen Schlüsselqualifikationen bewertet.

6.1 Netzbasierte Werkzeuge zur Kooperationsunterstützung

Beschreibung

Im Rahmen der Entwicklung der Netzentwurf-Plattform (vgl. Kapitel 4.4.4 und [Netzentwurf]) wurden verschiedene Werkzeuge zur verteilten Kooperationsunterstützung realisiert und in den Lehrbetrieb integriert. Sie fokussierten zu Beginn der Implementierungen die Unterstützung der Informationsgewinnung und wurden im Verlauf der allgemeinen technischen Weiterentwicklung zur Kommunikations- und schließlich Kooperationsunterstützung ausgebaut. Die Funktionalität der Plattform kann dabei in drei Bereiche unterteilt werden:

- Verwaltung: Neben allgemeinen Angaben zur Person legen die Benutzer des Netzentwurf Informationen darüber ab, mit welchen informationstechnischen Anwendungen sie arbeiten, über welche Kommunikationsmedien sie zu erreichen sind und über welche fachlichen Kompetenzen sie verfügen. Diese Angaben dienen in verschiedenen Teilmodulen als Grundlage der Kooperationsunterstützung.

- Sammlung: Arbeitsschritte und Beiträge der Nutzer werden erfasst, verwaltet und der Recherche zugänglich gemacht.
- Austausch: Dieser Bereich umfasst die Kommunikations- und Kooperationswerkzeuge der Plattform

Im Einzelnen werden auf dieser Grundlage nachfolgende Werkzeuge aufgesetzt:

Kompetenzmarktplatz

Auf dem Kompetenzmarktplatz beschreiben die Nutzer der Plattform ihre Fähigkeiten und legen ihre Angaben in einer Datenbank ab. Personen, die bei der Bewältigung einer Aufgabe an die Grenzen ihrer Kompetenzen stoßen, können die Profile der Nutzerabfragen und ihrer Kompetenzen abfragen und erhalten Kontaktinformationen potentieller Helfer. Der Kompetenzmarktplatz fördert damit die Selbsthilfe bei der Problembearbeitung, fokussiert aber in erster Linie die Zusammenführung von Nutzern auf Basis der kollegialen Hilfe und bietet Anreize zur Kooperation.

Synchrone und asynchrone Kommunikationsmedien

Auf der Plattform werden die heute gängigen Kommunikationswerkzeuge zur synchronen und asynchronen Kommunikation bereitgestellt. Sie beinhaltet die Unterstützung von Telephonie und Videokonferenz sowie die Nutzung asynchroner Werkzeuge wie Newsgroups, Schwarzen Brettern und Mailing-Listen.

Whiteboard

Die gemeinsame Erstellung graphischer Darstellungen wird unterstützt durch die Bereitstellung einer Whiteboard-Funktionalität. Dieses serverseitige Werkzeug ermöglicht den verteilten parallelen Zugriff unterschiedlicher Nutzer auf eine Zeichnung und erlaubt das gemeinsame Editieren.

Tagebuch

Die Tagebuch-Funktionalität dient der persönlichen Erfolgskontrolle in der Projektbearbeitung und der Kommunikation mit Betreuern und Kommilitonen. Sie erlaubt die Dokumentation und Veröffentlichung der Arbeitsschritte durch die Bearbeiter. Die Tagebucheinträge aller Arbeiten sind öffentlich und können chronologisch geordnet aus der

Datenbank generiert werden. Das permanente Veröffentlichen aller Zwischenschritte, einschließlich der Dokumentation verworfenen Ideen, fördert die offene und kooperative Arbeitsweise.

Die oben zusammengestellten Werkzeuge wurden in unterschiedlich strukturierten Lehrprojekten eingesetzt und evaluiert [Russell 99], [Elger 00], [Koch 00]. Die Lehrveranstaltungen basierten dabei auf interdisziplinäre und räumlich verteilte studentische Planungsgruppen und deren Unterstützung von Betreuern aus verschiedenen Hochschulen.

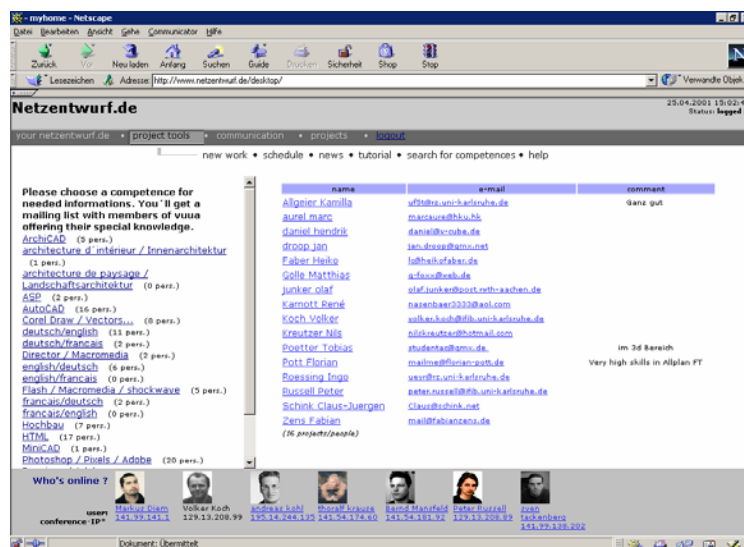


Abbildung 6.1: Kompetenzmarkt auf der Netzentwurf-Plattform

Didaktische Bewertung

Die Netzentwurf-Plattform reagierte auf die Mitte der 1990er Jahre prognostizierten Entwicklungen der Informationstechnologien und ihre steigende Bedeutung für die verteilte kooperative Planung. Die Werkzeuge der Plattform fördern daher primär das Training der Schlüsselqualifikation Team- und Kooperationsfähigkeit sowie die Kompetenz zur Verwaltung von Wissen. Als sekundäres Ziel wurde die Entwicklung von Medienkompetenz, und hier im speziellen der internetbasierten Medien, avisiert.

Tabelle 6.1: Bewertung:
Netzbasierte Werkzeuge zur
Kooperationsunterstützung

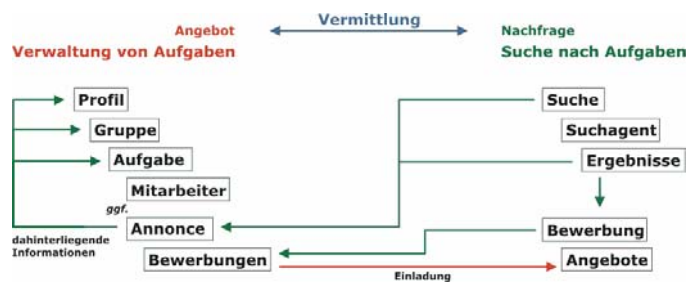
nicht geeignet						
teilweise geeignet						
geeignet						
Netzbasierte Werkzeuge						
	gemeinsame Sprache	Wissenspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz

6.2 Überforderungsszenario

Beschreibung

Im didaktischen Konzept des Überforderungsszenarios werden Studierende mit Aufgaben konfrontiert, die sie auf Grund ihres Umfangs oder fachlichen Ausrichtung nicht alleine bewältigen können. Sie sind dazu aufgefordert, die gestellte Aufgabe zu analysieren, sinnvoll zu zergliedern und in Kooperation mit Kommilitonen zu bearbeiten. Die netzfähige Implementierung *jobadmin* [Schink 04] unterstützt dabei die Bearbeiter bei der Zerlegung der Aufgabe in Teilaufgaben, der Kompezsuche, die Koordination der Partner und das Zusammenführen der Teilergebnisse (Abbildung 6.2).

Abbildung 6.2: Jobadmin –
gemeinsame Bearbeitung von
Aufgaben



Didaktische Bewertung

Die Anwendung trainiert die Ausbildung der Team- und Kooperationskompetenzen, unterstützt die Entwicklung eines methodischen Vorgehens bei der Bearbeitung umfangreicher Aufgaben und fördert die Fähigkeit zur Koordination von Planungspartnern und deren Leistungen. Innerhalb der beiden Ausbildungsschwerpunkte bedient das Modul den Wissenspeicher.

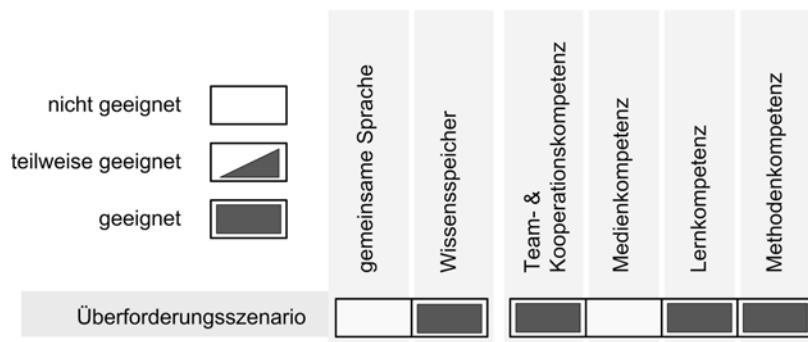


Tabelle 6.2: Bewertung: Überforderungsszenario

6.3 Das elektronische Büro

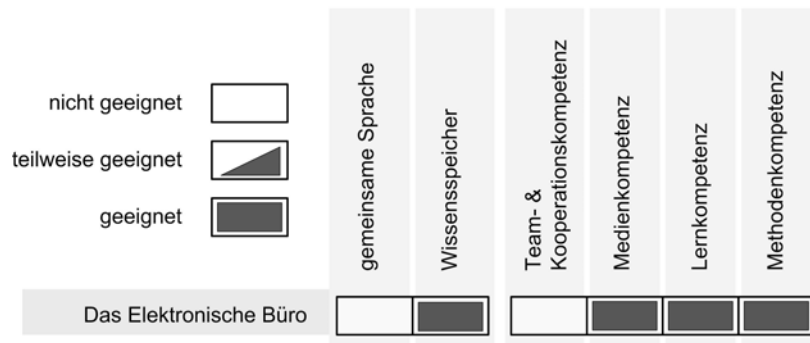
Beschreibung

Das Modul reagiert auf die hohen Anforderungen an die Bürostrukturen durch die Integration einer hohen Anzahl von Informationstechnologien in die Arbeitsumgebung von Architekten. Es wird dabei davon ausgegangen, dass das Büro der Zukunft klein und hoch digitalisiert ist. Die Leistungen zur Einrichtung und zum Betrieb dieses Büro kann durch die Betreiber nicht eingekauft werden und muss daher von den Architekten selbst aufgebaut und verwaltet werden. Vermittelte Inhalte des Moduls sind daher zum einen Grundkenntnisse der Datenhaltung und -pflege, die hard- und softwaretechnische Umsetzung von Sicherheitskonzepten und der Aufbau der informationstechnischen Grundlagen der Informationsverwaltung.

Didaktische Bewertung

Das Modul fordert von den Studierenden die inhaltliche Auseinandersetzung mit zukünftig zu erwartenden Büro- und Arbeitsorganisationen. Sie müssen dazu die Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologien beurteilen können und zu einer kritischen Auseinandersetzung mit den Berufsaufgaben in der Lage sein. Die Schlüsselqualifikationen Medienkompetenz und Methodenkompetenz werden daher primär angesprochen. Entscheidend ist aber, dass mit dem Modul das prinzipielle Verständnis der Rahmenbedingung *Wissensspeicher* vermittelt wird und damit also der grundsätzliche Umgang der Studierenden mit Informationen und Wissen trainiert werden kann.

Tabelle 6.3: Bewertung: Das Elektronische Büro



6.4 Erfinden für Architekten

Beschreibung

Im Modul *Erfinden für Architekten* erhalten die Studierenden die Aufgabe, einen neuartigen und nützlichen Gegenstand zu erfinden, zu planen und prototypisch herzustellen. Hierfür werden zuerst einfache Verfahren der Ideenfindung, wie beispielsweise *Trial and Error*- oder *Brainstorming*-Verfahren angewendet und bewertet. Die Reichweiten dieser Systematiken werden dadurch deutlich und führen zur Verwendung von systematischen Verfahren wie Axiomatic Design (Kapitel 2.3.3) und TRIZ (Kapitel 2.3.4).

Didaktische Bewertung

Die Konfrontation der Studierenden mit der Aufgabe einen nützlichen und funktionierenden Gegenstand in einem nicht-architektonischen Umfeld zu erfinden und umzusetzen, löst auf verschiedenen Handlungsebenen der Lernenden didaktische wertvolle Prozesse aus. Zum einen versagen die gewohnten Arbeitsmuster und die Bearbeiter sind gezwungen über das eigene Vorgehen bei der Problemlösung zu reflektieren. Sie treten damit bewusst aus den ihnen vertrauten Lösungsräumen aus und finden sich in einer *reflection-on-action* Situation im Sinne von [Schön 83] wieder. Weiterhin ermöglicht die ideale und weitreichende Formulierung der Zielvorstellungen eine über die üblichen Maße hinausgehende Auseinandersetzung mit schwierigen Problemen die wiederum die Methodenkompetenz der Studierenden bereichert. Gleichzeitig fördert die Arbeit die Kompetenz zur schnellen Wissensakquisition in einem fachfremden Umfeld und trainiert durch die prototypische Umsetzung des Produkts eine realitätsnahe Planung.

	gemeinsame Sprache	Wissensspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz
nicht geeignet						
teilweise geeignet						
geeignet						
Erfinden für Architekten						

Tabelle 6.4: Bewertung: Erfinden für Architekten

6.5 Analoge Methoden anderer Disziplinen

Beschreibung

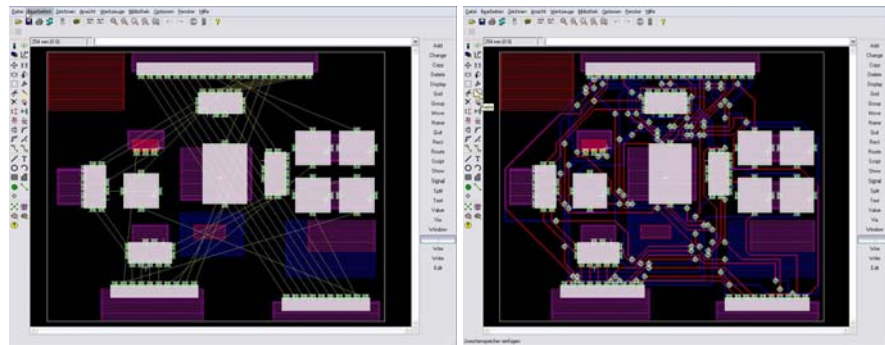
Die Auseinandersetzung mit fachfremden Werkzeugen führt zu einer Überprüfung von gewohnten und unreflektiert angewandten Handlungsmustern. Der Einsatz von Arbeitsprinzipien der Elektrotechnik eignet sich neben denjenigen des Maschinenbaus und der Informatik besonders gut für eine Übertragung in die Ausbildung von Architekten, da in diesen Disziplinen sowohl geometrische als auch strukturelle und systematische Fragen bearbeitet werden müssen. Ziel der Beschäftigung mit den Vorgehensweisen anderer Disziplinen ist es dabei nicht, spezifisches Fachwissen zu erwerben, sondern die zum Einsatz kommenden Handlungsmuster kennen zu lernen und auf Aufgabenstellungen des eigenen Arbeitsumfelds zu übertragen. Für dieses Vorgehen können neben den Fachmethoden auch die Anwendungsebenen der Übungen gewechselt werden. In beispielhaften Umsetzungen in der Lehre wurde das methodische Vorgehen der Entwicklung von Leiterplatten in der Elektrotechnik mit den methodischen Prozessen des Installationsmodells ARMILLA von Fritz Haller [Haller 85] auf verschiedene Größenebenen und Anwendungsgebiete übertragen und verglichen. Dabei wurden

- die IT-Werkzeuge des Platinenbaus zur Lösung baulicher Fragestellungen genutzt und auf die Ebene der Leitungsplanung in Gebäuden und der städtebaulichen Planung übertragen.
- und die Methoden des Installationsmodells ARMILLA auf städtebauliche Aufgabenstellungen übertragen.

Die Beschäftigung mit den Methoden des Leiterplatten-Design verdeutlicht, dass die dort behandelten Aufgaben ähnlich sind zu Fragen der

Grundrissgestaltung in der Architektur. Das elektrotechnische Planungswerkzeug [Eagle] stellt beispielsweise folgende aufeinander aufbauende Programmteile zur Verfügung und verdeutlicht das prinzipielle Vorgehen im Platinenlayout. Im *Schaltplan*- und *Board-Editor* werden Bauteile und deren Verknüpfungen (Verdrahtungen) platziert und mit Design-Regeln, wie beispielsweise minimale oder maximale Abstände, hinterlegt. Das Werkzeug *Autorouter* ordnet und optimiert dann die Elemente auf einer definierten Platine (siehe Abbildung 6.3). Die benutzten Begrifflichkeiten können in Bezug zur architektonischen Terminologie gestellt werden und führen zu Wertepaaren wie Bauteil - Raum, Verdrahtung - Wegesystem, Platine - Grundstück. Unterstützt durch die Möglichkeit eigene nicht-elektronische Bauteile zu definieren, kann das Werkzeug und die Arbeitsweise der Elektrotechnik auf die Dimension Gebäude übertragen werden.

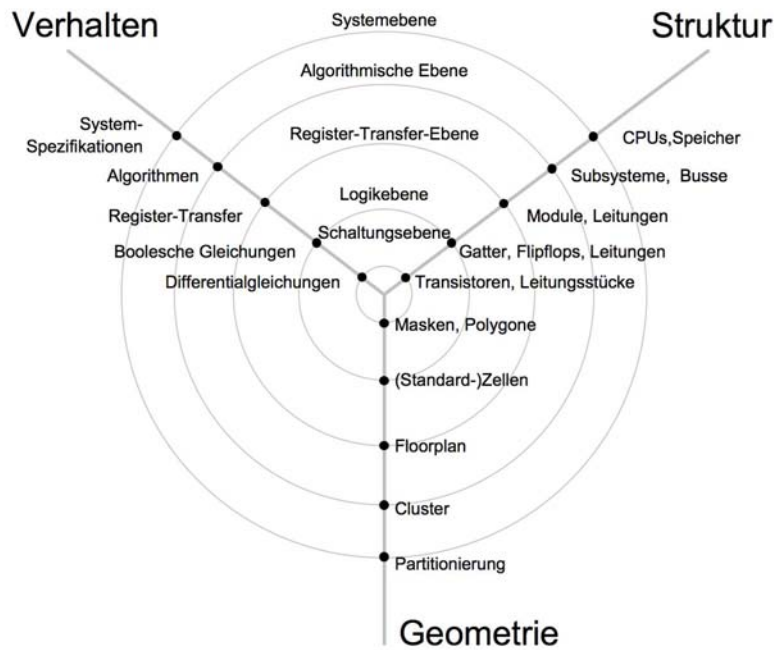
Abbildung 6.3: Automatisierte Leitungsführung im Platinenbau



Die in der Elektrotechnik genutzte Designstrategie wird durch das Diagramm nach Gajski-Walker [Walker 85] erläutert (siehe Abbildung 6.4). Beim Entwurf von Schaltkreisen wird demnach zwischen den Sichtweisen Verhalten, Struktur und Geometrie der Anordnung unterschieden und durch die Einführung von Abstraktionsebenen bis zur Realisierung differenziert. Nach [Reifschneider 98] kann der Vorgang des Entwurfs

"... als eine Reihe von Transformationen (Wechsel der Sichtweisen auf einem Abstraktionskreis) und zunehmenden Verfeinerungen (Wechsel der Abstraktionsebene innerhalb einer Sichtweise) aufgefasst werden."

Abbildung 6.4: Y-Diagramm nach Gajski-Walker



Didaktische Bewertung

In den durchgeführten Szenarien konnte gezeigt werden, dass Lösungsstrategien und Werkzeuge der Fachbereiche auf unterschiedliche Planungsdimensionen und Anwendungsszenarien angewandt werden können und sich positiv auf die Methoden- und Wissenskompetenz der Bearbeiter auswirken.

	gemeinsame Sprache	Wissensspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz
nicht geeignet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
teilweise geeignet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geeignet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Analoge Methoden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

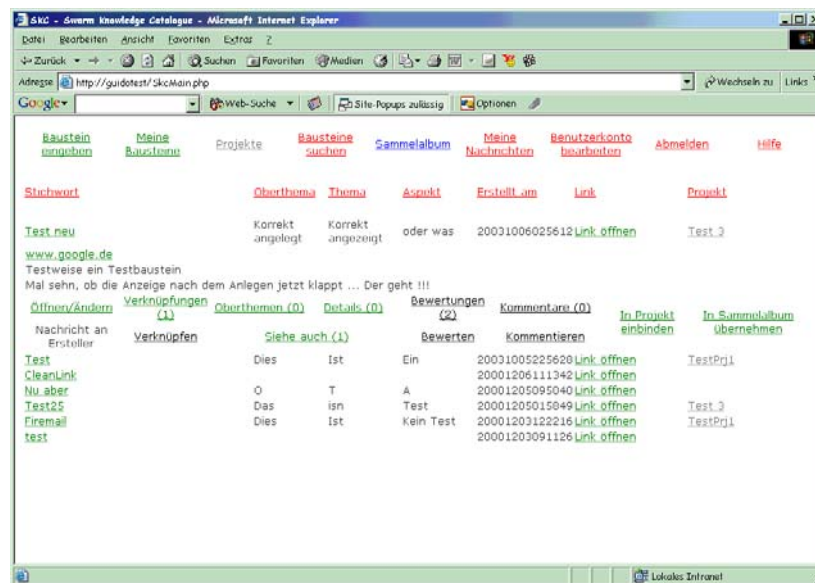
Tabelle 6.5: Bewertung: Analoge Methoden anderer Disziplinen

6.6 Informationssuche

Beschreibung

Die Fähigkeit bedarfsbezogen und schnell Informationen zu gewinnen kann zusammen mit der Förderung der Kooperationskompetenz im Modul *Informationssuche* trainiert werden. Zu Beginn einer neuen Aufgabe, die auf einem für die Beteiligten unbekanntem Wissensgebiet platziert wird, suchen die Studierenden einzeln oder in kleinen Gruppen für eine beschränkte Zeit nach möglichst vielen relevanten Informationen über das vorgegebene Thema. Quellen, Inhalte und Bewertung der Funde werden dokumentiert und in einer webbasierten Informationsdatenbank abgelegt. In einer zweiten Phase werden die Ergebnisse von den jeweils anderen Gruppen aufgesucht, erneut bewertet und in Relation mit den eigenen Dokumenten gesetzt. Dieser Vorgang wird wiederholt und führt dazu, dass eine Landkarte und Orientierungshilfe einer bis dahin unbekanntem Wissenslandschaft entsteht, in der sich durch die Bewertungen der Beteiligten besonders wichtige Orte und Verbindungen herausgestellt haben. Die Landkarte kann dann als Grundlage für die weitere Projektarbeit verwendet und gepflegt werden.

Abbildung 6.5: Das Modul Informationssuche
Quelle: [Sautter 03]



Didaktische Bewertung

Die gemeinschaftliche Spurensuche trainiert die Wissensakquise, das Teilen und die Weitergabe von Wissen. Sie unterstützt zudem mit der

Durchführung als gemeinschaftliche Übung die Entwicklung der Team- und Kooperationskompetenz.

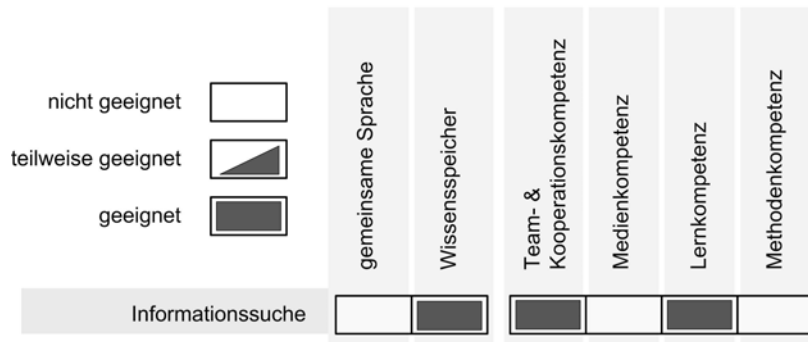


Tabelle 6.6: Bewertung: Informationssuche

6.7 Simulation

Beschreibung

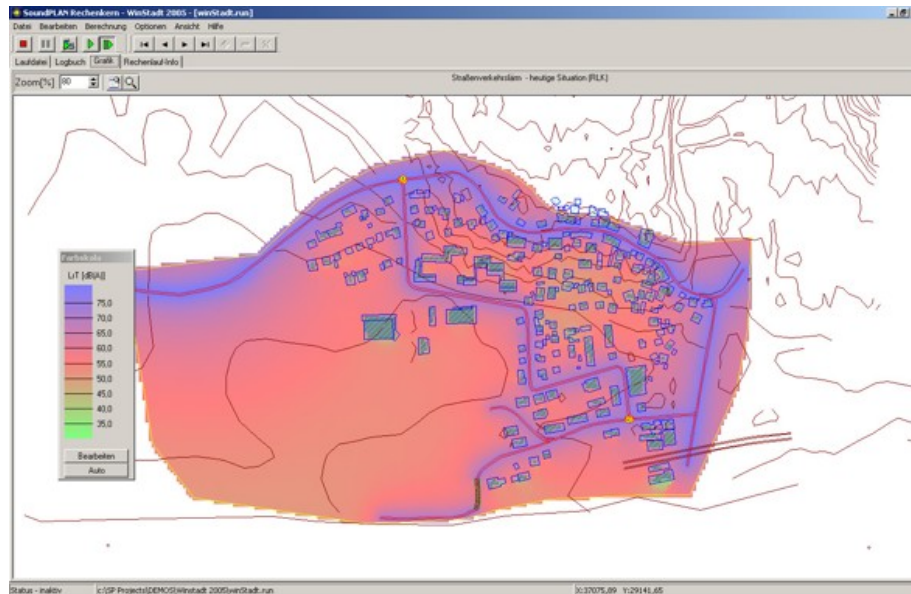
Der steigenden Bedeutung von Simulationsverfahren in den Arbeitsprozessen der planenden Berufe wird durch die Vermittlung von Anwenderwissen in Simulationswerkzeugen und der Bereitstellung von Konzepten für deren sinnvolle Einbindung in den Planungsablauf begegnet. Das Modul *Simulation* wird in diesem Sinne als Seminar mit Übungen durchgeführt und untersucht zu Beginn die verschiedenen Bereiche, in denen Simulationen im Planen angewendet werden. Die Themenschwerpunkte sind:

- Umweltbelastung
- Lichtsimulation
- Schallsimulation
- Wärme und Feuchte
- Behaglichkeit
- Nachhaltigkeit und Bewirtschaftung
- Bauablauf
- Alterung

In den Themenbereichen werden ausgewählte Werkzeuge bewertet und untersucht, welche Informationen in welcher Menge und Qualität notwendig sind, um die jeweiligen Simulationsprozesse zu betreiben. Es

wird insbesondere der Frage nachgegangen, in welchem Umfang geometrische Informationen und damit direkt verknüpfte Sachdaten benötigt werden.

Abbildung 6.6: Simulationstools: Schallimmission
Quelle: [soundplan]



Didaktische Bewertung

Die frühe Verfügbarkeit von fundiertem Planungswissen wird durch Simulationsprozesse entscheidend gefördert. Wie im Kapitel 3.3.2 gezeigt wurde, fördert der Einsatz der Industry Foundation Classes die Etablierung von neuen Simulationstools und führt dazu, dass zukünftig eine größere Anzahl von Simulationstools zu erwarten ist und diese leichter an die bestehende CAD-Planung angebunden werden kann. Das Modul *Simulation* fördert daher neben der Medienkompetenz vor allem das Training der gemeinsamen Verständigungsebene auf Basis der Produktdatenmodellierung.

	gemeinsame Sprache	Wissensspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz
nicht geeignet						
teilweise geeignet						
geeignet						
Simulation						

Tabelle 6.7: Bewertung: Simulation

6.8 Systematisches und strategisches Vorgehen

Beschreibung

Wie in Kapitel 2 gezeigt wurde, wird ein systematisches Vorgehen innerhalb des Studiums unzureichend vermittelt und ist demzufolge in den verschiedenen Phasen der Architekturplanung wenig verbreitet. Für die Bearbeitung von komplexen Problemen im Rahmen eines erweiterten Berufsfeldes nimmt das sichere Handeln unter Verwendung angemessener Methoden aber eine wichtige Rolle ein. Kompetenz im Umgang mit Planungsmethoden wird deshalb in dieser Arbeit als eine Schlüsselqualifikation in der Ausbildung von Architekten gesehen. Methodenkenntnis kann dabei zwar theoretisch vermittelt werden, führt aber erst dann zur Methodenkompetenz, wenn die Studierenden die Verfahren praktisch anwenden. Das didaktische Werkzeug *Systematisches und strategisches Vorgehen* wendet erprobte Methoden der Strukturierung in studentischen Übungsprojekten an und ergänzt sie durch Strategien anderer Disziplinen. Zu Beginn der Auseinandersetzung mit der Thematik ist dabei weniger entscheidend welche Methoden vermittelt werden, sondern dass durch das methodische Vorgehen die Skepsis der Studierenden gegenüber einer strukturierten Annäherung an eine Aufgabenstellung abgebaut wird. Bewährt hat sich in diesem Zusammenhang die vorgelagerte Sichtung und Bewertung bestehender Ordnungssysteme im Bauwesen. Hier sind zuerst die Normierungen der DIN 276 (Kosten im Hochbau) und 277 (Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken) zu nennen, aber auch die kritische Analyse der Systematik der gängigen Konstruktionsbücher, der material-spezifischen Fachpublikationen und der Produktkataloge.

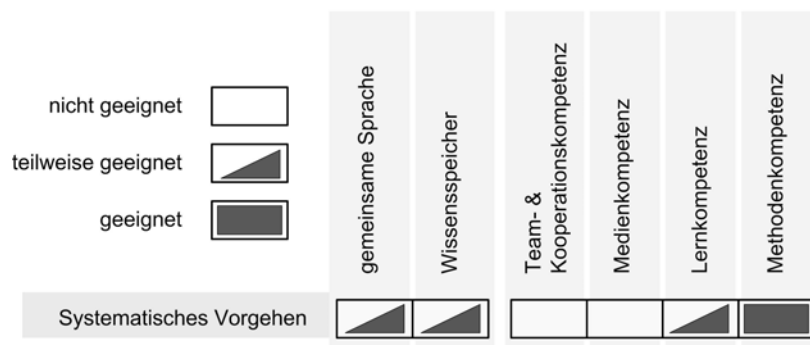
In die Anwendung überführt wird das Thema, durch die theoretische Vermittlung der Methode *Axiomatic Design* (Kapitel 2.3.3) und TRIZ

(Kapitel 6.4) und deren angeleitete Verwendung in Planungsaufgaben. Systematisch-strategische Planungsbeispiele mit Spielecharakter wie LEAPCON (Lean Apartment Construction) [Sacks 05], fördern ebenfalls die Auseinandersetzung mit dem methodischen Vorgehen und vermitteln gleichzeitig Grundlagen des Produktionssystems *Lean Construction* [Howell 99].

Didaktische Bewertung

Die theoretische und praktische Auseinandersetzung mit systematischen und strategischen Vorgehensweisen fördert vorrangig die Schlüsselqualifikation der Methodenkompetenz. Erstes Ziel ist es dabei, dem grundsätzlich vorhandenen Bedenken gegenüber dem Einsatz von systematischen Vorgehensmodellen im Kontext von kreativen Prozessen zu begegnen. Die Bearbeiter können dann zu einer individuellen und inhaltlichen Bewertung einer Methode gelangen und schließlich Elemente der Methoden in die persönliche Arbeitstechnik integrieren. Wichtig in diesem Zusammenhang ist ebenfalls, dass durch gute Kenntnisse im Bereich des methodischen Vorgehens persönlich abgeschätzt werden kann, wie weit diese Strategien innerhalb der Problemlösung sinnvoll eingesetzt werden können und ab wann sie durch prinzipiell andere Vorgehensmuster, wie beispielsweise intuitives Arbeiten, abgelöst werden sollten.

Tabelle 6.8: Bewertung: Systematisches Vorgehen



6.9 Realisierung

Beschreibung

Im Modul *Realisierung* überführen Studierende architektonische Entwürfe in die Werk- und Detailplanung und setzen sie anschließend in

Gruppenarbeit um. Bei den Projekten handelt es sich in der Regel um einfache, temporäre Gebäudehüllen für kulturelle Zwecke oder skulpturale Installationen mit unkonventionellen Tragstrukturen. Bisher entstanden diese Arbeiten als Objekte im Rahmen von Open-Air Veranstaltungen (siehe Abbildung 6.7). Der Ablauf der studentischen Projekte folgt dabei einem dreistufigen Prozess [Elger 06]:

- Wettbewerb: als Einzelarbeit oder in kleinen Gruppen werden zu einem gestellten Thema Ideen entwickelt und dargestellt. Die Entwürfe werden öffentlich präsentiert und durch eine Jury bewertet.
- Gruppenbildung, Planung, Finanzierung: In der darauf folgenden Phase verteilen sich die Studierenden auf die prämierten und zur Realisierung vorgesehenen Arbeiten. Sie entwickeln Detaillösungen für die Objekte, planen den Umsetzungsablauf, kommunizieren mit Behörden und Fachplanern, bemühen sich um Sponsoring und erstellen schließlich eine genehmigungsfähige Baueingabeplanung.
- Umsetzung: Der Bau wird in einem festgesetzten Zeitfenster von in der Regel zwei Wochen realisiert. Die dafür notwendige Logistik wird vorbereitet und geleitet. Auftretende Störungen des Bauablaufs werden vor Ort kommuniziert und entschieden. Nach Abschluss der Veranstaltung erfolgt der kontrollierte Rückbau des Bauwerks.



Abbildung 6.7: Studentische Realisierungsprojekte

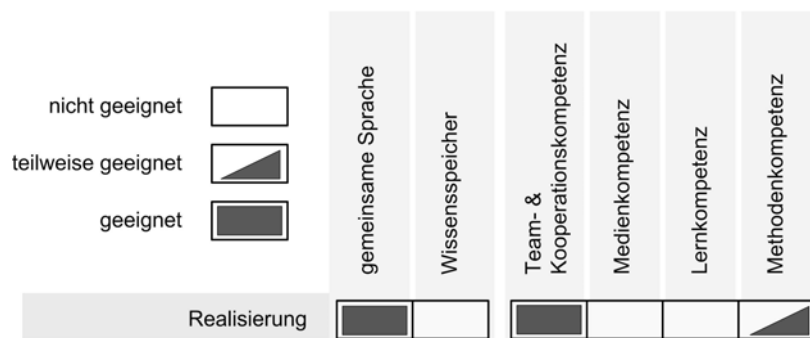
Didaktische Bewertung

Das Modul *Realisierung* wird innerhalb der an den Architekturfakultäten vorgesehenen Prüfungsleistung *Entwurf* umgesetzt. Die zusätzliche Konfrontation der Studierenden mit der baulichen Umsetzung ihrer

Ideen bei hohem zeitlichem Druck stellt insgesamt sehr hohe Ansprüche an die Beteiligten. Erfolgt die Bearbeitung der Phasen 1 und 2 über eine Kooperationsplattform (Netzentwurf, s. Kapitel: 6.1) werden die Anforderungen an die Zusammenarbeit im Planungsteam zusätzlich erhöht.

Die dargestellte Bearbeitungsform im Modul *Realisierung* stellt daher die intensivste Form der möglichen Auseinandersetzung von Studierenden mit planerischen Fragestellungen im Studium dar. Das Erbringen von Planungsleistungen auf gleichzeitig technischer, konstruktiver und administrativer Ebenen in Kooperation mit Kommilitonen innerhalb eines festen Zeitplans fördert die Team- und Kooperationskompetenz. Sie trainiert gleichzeitig die Fähigkeit, in Stresssituationen zu schnellen, gemeinsamen Lösungen zu gelangen um damit, auch unter Verwendung von Improvisation, auf nicht vorhersehbare Situationen reagieren zu können.

Tabelle 6.9: Bewertung: Realisierung



6.10 Interdisziplinäre Kooperation

Beschreibung

Das Modul *Interdisziplinäre Kooperation* baut auf dem Konzept der *Analogen Methoden anderer Disziplinen* auf (Kapitel 6.5) und erweitert die dort vermittelten Prinzipien durch die direkte Zusammenarbeit der Disziplinen in einem gemeinsamen Projekt. Art und Umfang der Methode kann mit der Veranstaltung *Ich, Robot* verdeutlicht werden. Die Kooperation ist als Kompaktveranstaltung konzipiert, in der sich Studierende der Architektur und der Informatik in kleinen Gruppen dem Bau und der Programmierung von Robotern widmen. Die Maschinen müssen so umgesetzt werden, dass sie einen zuvor definierten Parcours

schnell und geschickt durchfahren können und dabei verschiedene Geschicklichkeitsaufgaben lösen. Die Zusammenarbeit der Studierenden der Architektur und der Informatik innerhalb einer Gruppe wird dabei nicht automatisch so aufgefasst, dass die Studierenden ihren jeweils fachspezifischen Beitrag leisten. Vielmehr kann im Verlauf der Veranstaltung beobachtet werden, wie die Studierenden ihr rollenspezifisches Verhalten ändern, traditionelle Tätigkeitsfelder verlassen und sich mit dem methodischen Vorgehen der jeweils anderen Disziplin auseinandersetzen.













Abbildung 6.8: Interdisziplinäre Projektteams: Architekten und Informatiker

Didaktische Bewertung

Die didaktische Qualität des Moduls liegt eindeutig in der Stärkung der Team- und Kooperationskompetenz und in der Erweiterung der Kenntnisse des methodischen Vorgehens. Speziell am Beispiel der Veranstaltung *Ich, Robot* kann weiter aufgezeigt werden, dass durch den Event-Charakter der Veranstaltung die spielerische Auseinandersetzung mit Werkzeugen und Methoden anderer Disziplinen gefördert und eine hohe Attraktivität unter den Studierenden erreicht werden kann.

Tabelle 6.10: Bewertung:
Interdisziplinäre Kooperation

nicht geeignet							
teilweise geeignet							
geeignet							
		gemeinsame Sprache	Wissensspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz
Interdisziplinäre Kooperation							

6.11 Selbstgestellte Aufgaben

Beschreibung

Die Definition und Bearbeitung eines selbstgestellten Themas im Studium weist gegenüber einer konventionell vergebenen Aufgabenstellung verschiedene Vorteile auf:

- die Studierenden erarbeiten sich die Grundlagen für das gewählte Thema selbst und setzen sich damit schon zu Beginn der Ausarbeitung intensiver mit einer Aufgabenstellung auseinander.
- bedingt durch die selbständige Wahl der Thematik kann von einer höheren Motivation und Identifikation der Studierenden mit der Aufgabe ausgegangen werden. Die Qualität der Arbeit steigt dadurch in der Regel.
- die Studierenden müssen sich frühzeitiger mit der Planung des zeitlichen Ablaufs einer Studienarbeit auseinandersetzen und lernen dabei, sich selbst und die ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen besser organisieren.
- die Suche nach eigenen Themen erfordert von den Studierenden eine individuelle Positionierung und fördert die kritische Auseinandersetzung innerhalb ihres Fachgebiets.

Die Durchführung selbst gestellter Aufgaben erhöht die Anforderungen an Studierende und Betreuer. Zum einen erfordert die Sichtung und Bewertung der Planungsgrundlagen einen nicht unerheblichen zeitlichen Mehraufwand, zum anderen muss bei der Bearbeitung eines freien Themas sichergestellt werden, dass die Bearbeiter die Aufgabenstellung thematisch abgrenzen und den Verlauf der Arbeit hinsichtlich der in der Aufgabenstellung festgelegten Zielformulierung kontrollieren. Die frühzeitige inhaltliche und zeitliche Fixierung der Aufgabenstel-

lung ist aus diesen Gründen unerlässlich und hat großen Einfluss auf den Erfolg der Bearbeitung

Didaktische Bewertung

Die Bearbeitung von selbstdefinierten Aufgabenstellungen setzt voraus, dass die Studierenden schon über eine gewisse Sicherheit im Umgang mit der Bearbeitung von Themen in ihrem Arbeitsfeld erworben haben. Das Modul eignet sich deshalb sehr gut für den Einsatz in der Diplomarbeit. Es trainiert dabei primär die Fähigkeit zur Projekt- und Selbstorganisation und fördert die Entwicklung der Methodenkompetenz der Bearbeiter.

	gemeinsame Sprache	Wissensspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz
nicht geeignet						
teilweise geeignet						
geeignet						
Selbstgestellte Aufgabe						

Tabelle 6.11: Bewertung: Selbstgestellte Aufgaben

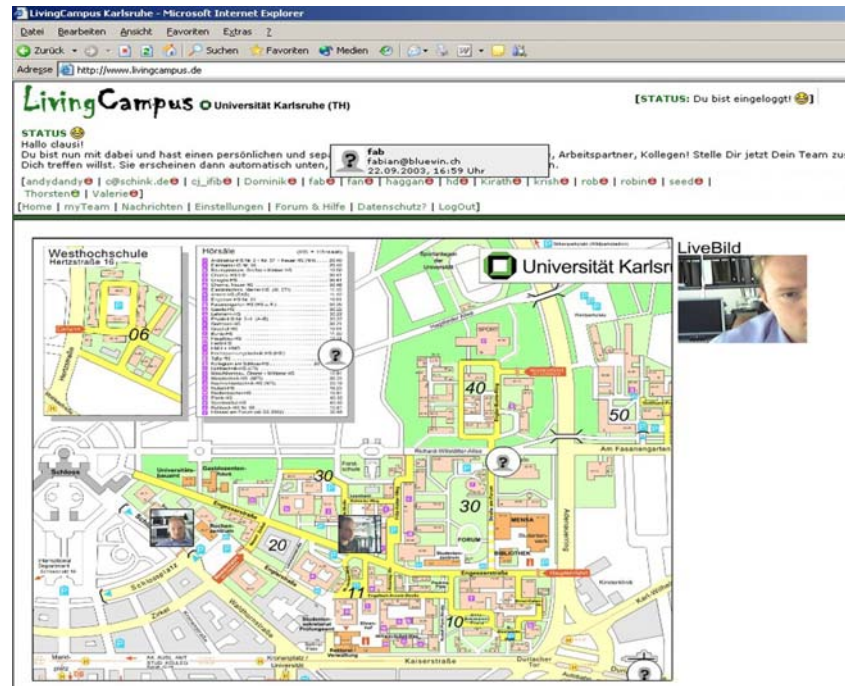
6.12 Didaktische Netzwerke

Beschreibung

Das Modul *Didaktische Netzwerke* erweitert die Möglichkeiten der netzbasierten Planung (siehe Kapitel 6.1) durch die Integration der Entwicklungen im Bereich der drahtlosen Kommunikation. Mit der Ausweitung der Zugangsmöglichkeit zu Netzdiensten durch die Platzierung von Sende- und Empfangsstationen (Access-Points) konnten hier in den vergangenen Jahren sowohl im öffentlichen als auch im privaten Raum eine hohe Ortsunabhängigkeit des Informationszugangs durch drahtlose Netze hergestellt werden. Das Modul benutzt dieses Netzwerk zur ortsunabhängigen Bereitstellung von Kommunikationsdiensten, die sowohl für private als auch für studentische Zwecke genutzt werden können. Dazu werden die Laptops der Teilnehmer zusätzlich zur heute in der Regel integrierten Funktionalität der drahtlosen Kommunikation mit GPS-Karten ausgestattet, welche die geographi-

schen Daten ihres momentanen Standortes an die nächstliegenden Access-Points sendet. Die Nutzer des Dienstes haben zuvor ihre für eine Veröffentlichung vorgesehenen Informationen freigegeben und werden dann vom System auf dem Campusplan mit ihrem Bild am derzeitigen Aufenthaltsort platziert (siehe Abbildung 6.9). Sie sind damit für diejenigen Personen sichtbar und ansprechbar, die der Nutzer in seinem persönlichen Profil zusammengestellt hat.

Abbildung 6.9: Living Campus im drahtlosen Netz der Universität Karlsruhe (TH)



Didaktische Bewertung

Während des Studiums findet eine enge Durchmischung von privatem und berufsorientiertem Leben statt. Die Studierenden trennen in dieser Zeit weitaus weniger zwischen Phasen des Lernens und des Arbeitens als in der Zeit davor oder in den darauf folgenden Jahren. Das Modul *Didaktische Netzwerke* unterstützt diesen Prozess und bietet den Studierenden die Nutzung einer Plattform an, auf der private und studentische Interessen gleichzeitig gepflegt werden können. Obwohl die Plattform im eigentlichen Sinne kein didaktisches Werkzeug ist, fördert sie sekundär die Zusammenarbeit der Studierenden. Bezogen auf die bisherige Zuordnung zu den Schlüsselqualifikationen, fördern die ortsbezogene Dienstleistungen des Moduls daher primär die Team- und Kooperationskompetenzen der Studierenden.

	gemeinsame Sprache	Wissensspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz
nicht geeignet						
teilweise geeignet						
geeignet						
Didaktische Netzwerke						

Tabelle 6.12: Bewertung: Didaktische Netzwerke

6.13 Zusammenstellung

	gemeinsame Sprache	Wissensspeicher	Team- & Kooperationskompetenz	Medienkompetenz	Lernkompetenz	Methodenkompetenz
nicht geeignet						
teilweise geeignet						
geeignet						
Netzbasierte Werkzeuge						
Überforderungsszenario						
Das elektronische Büro						
Erfinden für Architekten						
Fachfremde Anwendungen						
Informationssuche						
Simulation						
Systematisches Vorgehen						
Realisierung						
Interdisziplinäre Kooperation						
Selbstgestellte Aufgabe						
Didaktische Netzwerke						

Tabelle 6.13: Didaktische Module im Vergleich

7 Kommentar

We can only see a short distance ahead, but we can see plenty there that needs to be done.

Alan M. Turing (1912-1954), Mathematiker

Die vorliegende Arbeit trifft auf unterschiedlichen Ebenen Aussagen über das zukünftige Berufsbild von Architekten. Die entwickelten Szenarien für die Lehre und die Berufspraxis basieren auf der Auswertung von statistischem Material, Meinungsbildern der Fachliteratur und empirischen Beobachtungen. Bedingt durch die unterschiedliche Herkunft und Qualität der Grundlagen variieren daher Belastbarkeit und Detaillierung der Szenarien. Für die Beurteilung des entwickelten didaktischen Umfeldes ist demzufolge die Klassifizierung der auf die Zukunft bezogenen Aussagen der Arbeit sinnvoll. Sie können in drei unterschiedliche Kategorien aufgeteilt werden:

- **Gesichert:** Die Einschätzung der heutigen Situation von Architekten und der Entwicklung in der Bauwirtschaft basieren auf den Angaben des Statistischen Bundesamts, der Bundesarchitektenkammer und der Prognosen weiterer etablierter Organisationen. Die grundlegenden Aussagen der Arbeit zur Entwicklung des Berufsstands und zu den erwartenden Bauaufgaben können daher als ausreichend gesichert angesehen werden.
- **Wahrscheinlich:** Aussagen über diejenigen informationstechnischen Werkzeuge, deren Diffusion in die Berufspraxis sich auf Grund einer bereits heute sichtbaren Innovation in den kommenden Jahren ergeben wird, können als wahrscheinlich angenommen werden. Die Betrachtung der Innovations- und Imitationskoeffizienten der Werkzeuge lassen auf Grund des bekannten Diffusionsverhaltens von bereits etablierten Werkzeugen wahrscheinliche Aussagen innerhalb der kommenden zehn Jahre zu.
- **Möglich:** Über diesen Zeitrahmen hinausgehende Aussagen über die Entwicklung des Arbeitsumfelds von Architekten beschreiben dagegen mögliche Entwicklungstendenzen die auf Grund von empirischen Einschätzungen nahe liegen aber nicht genauer charakterisiert beziehungsweise zeitlich verortet werden können.

Weiterhin ist es notwendig die prinzipielle Zielsetzung der Lehre an den Universitäten in die Bewertung des vorgeschlagenen didaktischen

Systems zu beachten. Da sie die Ausbildung von im weitesten Sinne zukunftsfähigen Absolventen fokussiert, wurde in dieser Arbeit der Aneignung von Schlüsselqualifikationen Vorrang eingeräumt gegenüber der Vermittlung von rein fachspezifischen Kenntnissen. Sie erlauben den Absolventen bessere Reaktionen auf unvorhergesehene Entwicklungen und unterstützt die Beschäftigung mit Problemstellungen außerhalb der klassischen Domäne. Die Frage, wann sich genau eine technologische oder strukturelle Entwicklung auf die Berufspraxis auswirken wird, ist in der vorliegenden Arbeit also weniger bedeutsam als die Feststellung, welche Möglichkeiten sich durch sie erschließen und mit welchen Qualifikationen Architekten darauf reagieren können.

Die in der Arbeit vorgeschlagene Ausdehnung des Tätigkeitsfelds von Architekten über die Grenzen des traditionellen Umfelds hinaus, baut auf dieser Reaktionsfähigkeit auf, ohne den bisherigen Schwerpunkt von Architekten im Bauen auszugrenzen. Die Ausbildung von *System-Architekten* stellt also keine Spezialisierung der Berufsgruppe dar, sondern fördert die spezifischen Qualifikationen von Architekten und setzt sie zur Lösung von allgemeinen und komplexen Problemen ein.

8 Anhang

8.1 Literaturverzeichnis

[Aberle 07]

Aberle, Christian: Personal Studio - Konzeption und Aufbau eines persönlichen rechnergestützten Wissensspeichers, Diplomarbeit am Institut für Industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 2007

[Alexander 64]

Alexander, Christopher: Notes on the synthesis of form, Harvard University Press, Cambridge 1964

[Alexander 77]

Alexander, Christopher: A pattern language: towns, buildings, construction, Oxford University Press, New York 1977

[Altrichter 00]

Altrichter, Herbert: Handlung und Reflexion bei Donald Schön. In: Neuweg, Georg H. (Hrsg): Wissen - Können - Reflexion. Studien Verlag, Innsbruck 2000

[Altschuller 86]

Altschuller, Genrich S.: Erfinden - Wege zur Lösung technischer Probleme, Verlag Technik, Berlin 1986

[Architektengesetz B.-W.]

Architektengesetz des Landes Baden-Württemberg in der Fassung vom 05.10.1999, Wirtschaftsministerium des Landes Baden-Württemberg, Stuttgart 1999

[Arnold 91]

Arnold, Rolf: Betriebliche Weiterbildung - Theorie und Praxis der Erwachsenenbildung, Klinkhardt, Bad Heilbrunn 1991

[Arnold 03]

Arnold, Patricia: Kooperatives Lernen im Internet: qualitative Analyse einer Community of Practice im Fernstudium, Waxmann, Münster 2003

[Ashby 57]

Ashby, William R.: An introduction to cybernetics, Chapman & Hall, London 1956

[Atkins 94]

WS Atkins International Ltd (Hrsg.): Strategies for the European Construction Sector - A Programme for Change. Final Report of the Strategic Study on the Construction Sector for the European Commission, Luxemburg 1994

[Aukstakalnis 92]

Aukstakalnis, Steve; Blatner, David: Silicon Mirage - The Art and Science of Virtual Reality, Peachpit Press, Berkeley, USA 1992

[Aukstakalnis 94]

Aukstakalnis, Steve; Blatner, David: Cyberspace: Die Entdeckung künstlicher Welten. VGS Verlagsgesellschaften, Köln 1994

[Ayrle 93]

Ayrle, Hartmut, Systemtechnische Software für die Bauplanung, VDI-Verlag, Düsseldorf 1993

[Azuma 97]

Azuma, Ronald T.: A Survey of Augmented Reality. in: Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, MIT Press Journals, Cambridge, USA 1997

[Baacke 96]

Baacke, Dieter: Medienkompetenz - Begrifflichkeit und sozialer Wandel, in: Rein, Antje von (Hrsg.), Medienkompetenz als Schlüsselbegriff, Klinkhardt, Bad Heilbrunn 1996

[Baacke 97]

Baacke, Dieter: Medienpädagogik, Niemeyer, Tübingen 1997

[BAK 01]

Bundesarchitektenkammer, Jahresbericht 2000-2001, Bundesgemeinschaft der Architektenkammern Deutschlands, Berlin 2001

[Bartelme 05]

Bartelme, Norbert: Geoinformatik - Modelle, Strukturen, Funktionen, Springer, Berlin 2005

[Bass 69]

Bass, Frank: A New Product Growth Model for Consumer Durables. In: Management Science, Band 15, Ausgabe 5, Hanover Maryland, USA 1969

[Baus 97]

Baus, Ursula (Hrsg.): Architekten: Apocalypse now? Die Veränderung eines Berufsbildes, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1997

[Bechara 97]

Bechara, Antoine, Damasio, Hanna; Tranel, Daniel; Damasio, Antonio R.: Deciding Advantageously Before Knowing the Advantageous Strategy, *Science* 275, 1997

[Beck 95]

Beck, Herbert: Schlüsselqualifikationen - Bildung im Wandel, Winkler, Darmstadt 1995

[Bill 99]

Bill, Ralf: Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1, Wichmann, Heidelberg 1999

[BMBF 99]

Der Europäische Hochschulraum, Gemeinsame Erklärung der Europäischen Bildungsminister vom 19. Juni 1999 in Bologna, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin 1999

[Bologna 06]

Bologna, Sergio: Die Zerstörung der Mittelschichten: Thesen zur neuen Selbständigkeit, Nausner & Nausner, Graz 2006

[Broadbent 88]

Broadbent, Geoffrey (Hrsg.), Design in architecture: architecture and the human sciences, David Fulton Publishers, London 1988

[Bulte 02]

van den Bulte, Christophe: Technical Report: Want to know how diffusion speed varies across countries and products? Try using a Bass model, in: *Visions* 36(2), Product Development and Management Association, Mount Laurel, New Jersey, USA 2002

[CIRIA 05]

Construction Industry Research and Information Association: Virtual reality and 4D modelling in construction, Members Report E5114, London 2005

[Davis 89]

Davis, Bruce E.; Williams, Rhea: The Five Dimensions of GIS, Proceedings GIS/LIS '89 Conference, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Falls Church, USA 1989

[Dayal 04]

Dayal, Martin; Timmermans, Jana: Analyse des 3D-Datenaustausches via IFC-Modell am Beispiel komplexer Objektdokumentation in der Automobilindustrie mit dem Ziel der Optimierung von Planungsprozessen, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau, Stuttgart 2004

[Deleuze 68]

Deleuze, Gilles: Différence et Répétition, PUF, Paris 1968

[Deneke 56]

Deneke, Volrad: Die freien Berufe, Vorwerk, Stuttgart 1956

[Denning 97]

Denning, Peter J.; Metcalfe, Robert M. (Hrsg.): Beyond calculation: the ext fifty years of computing, Copernicus, New York 1997

[Deussen 04]

Deussen, Peter (Hrsg.): NUKATH - Die Notebook-Universität Karlsruhe (TH), Universitätsverlag, Karlsruhe 2004

[Dörner 82]

Dörner, Dietrich: Lernen des Wissens- und Kompetenzerwerbs, in: Treiber, Bernhard; Weinert, Franz E. (Hrsg.): Lehr-Lern-Forschung, Urban und Schwarzenberg, München 1982

[Dörner 93]

Dörner, Dietrich; Kreuzig, Heinz; Reither, Franz; Stäudel, Thea (Hrsg.): Lohhausen - vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität, Huber, Bern 1993

[Dörner 06]

Dörner, Dietrich: Die Logik des Missslingens - strategisches Denken in komplexen Situationen, Rowohlt, Reinbek 2006

[Dorst 95]

Dorst, Kees; Dijkhuis, Judith: Comparing paradigms for describing design activity, Design Studies, 16(2), pp. 261-274, 1995

[Drach 94]

Drach, Angelika: Flexible Werkzeuge für die integrierte Gebäudeplanung, VDI-Verlag, Düsseldorf 1994

[Eastman 75]

Eastman, Charles M. (Hrsg.): Spatial synthesis in computer-aided building design, Applied Science Publishers, London 1975

[Eastman 98]

Eastman, Charles M.; Augenbroe Fried: Product modelling strategies for today and the future, in: Proceedings of the CIB W78 Conference: The life-cycle of IT innovations in construction – Technology transfer from research to practice, Royal Institute of Technology, Stockholm 1998

[Eastman 99]

Eastman, Charles M.: Building product models - computer environments supporting design and construction, CRC Press, Boca Raton 1999

[Eastman 02]

Eastman, Charles M.; Sacks Rafael; Lee, Ghang: Strategies for realizing the benefits of 3D integrated modeling of buildings for the AEC industry. In: ISARC—19th international symposium on automation and robotics in construction, Washington DC 2002

[Elger 00]

Elger, Dietrich; Russell, Peter: Using the World Wide Web as a Communication and Presentation forum for Students of Architecture. In: Proceedings of the 18th Annual eCAADe Conference, Weimar 2000

[Elger 06]

Elger, Dietrich; Dieckmann, Andreas; Russell, Peter, Stachelhaus, Thomas: The integrated design studio – a view behind the scenes – Liquid Campus 3, Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA 2006, pp. 545-548, Kumamoto, Japan 2006

[Ellis 91]

Clarence A. Ellis, Simon J. Gibbs, Gail L. Rein: Groupware: Some Issues and Experiences. Association for Computing Machinery 34, pp. 39-58, New York 1991

[Fasholz 97]

Fasholz, Jörg: Anforderungen an eine allgemeine technische Bildung aus Sicht der Wirtschaft, in: Krüger, H.; Olbertz, J. (Hrsg.), Bildung zwischen Staat und Markt. Leske und Budrich, Opladen 1997

[Feiner 95]

Feiner, Steven; Webster, Anthony; Krueger, Ted; MacIntyre, Blair; Keller, Ed: Architectural anatomy, In: Presence, 4(3), 1995

[Feiner 97]

Feiner, Steven; Webster, Anthony; MacIntyre, Blair; Höllerer, Tobias: A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment, In: In Proceedings ISWC '97, Int. Symp. on Wearable Computing, Cambridge, USA 1997

[Feldhusen 74]

Feldhusen, Gernot: Berufsbild und Weiterbildung des Architekten, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1974

[Feldhusen 75]

Feldhusen, Gernot: Zur Situation der freiberuflichen Architekten und ihrer Berufsorganisationen, Arbeitsgruppe Modellversuch „Entwicklung von integrierten Studiengängen für Architekten/Planer“, Gesamthochschule Kassel 1975

[Feldhusen 82]

Feldhusen, Gernot: Architekten und ihre beruflichen Perspektiven – der Konflikt zwischen professionellem Anspruch und gesellschaftlicher Wirklichkeit, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1982

[Fischer 02]

Fischer, Martin; Kam, Cavin: Product Model & 4D CAD - Final Report, Technical Report Nr. 143, Center For Integrated Facility Engineering, Stanford University, Stanford, USA 2002

[Fischer 04]

Fischer, Martin; Kunz John: The Scope and Role of Information Technology in Construction, Technical Report Nr. 156, Center For Integrated Facility Engineering, Stanford University, Stanford, USA 2004

[Flehsig 96]

Flehsig, Karl-Heinz: Kleines Handbuch der didaktischen Modelle, Neuland Verlag für lebendiges Lernen, Eichenzell 1996

[Flemming 94]

Flemming, U., Coyne, R. and Fenves, S. (et al.): SEED: A Software Environment to Support the Early Phases in Building Design, Proceeding of IKM '94, Weimar 1994

[Fröhlich 04]

Fröhlich, Peter: Hochbaukosten, Flächen, Rauminhalte: Kommentar zu DIN 276, DIN 277 und DIN 18960, Vieweg, Wiesbaden 2004

[Gauchel 90]

Gauchel, Jupp (Hrsg.): KI-Forschung im Baubereich, Ernst, Berlin 1990

[Gero 91]

Gero, John S.: Artificial intelligence in design '91, First International Conference on Artificial Intelligence in Design, Butterworth-Heinemann, Oxford 1991

[Gessmann 05]

Gessmann, Robin: Ein internetbasiertes, digitales Gebäudebuch als Datenrepositorium. In: Schley, Frank (Hrsg.); Weber, Lars (Hrsg.): Forum Bauinformatik 2005, Lehrstuhl Bauinformatik Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Cottbus 2005

[Gielingh 88]

Gielingh, Wim: General AEC Reference Model (GARM), an aid for the intergration of applications specific data models, in Christiansson, P.; Karlsson, H. (Hrsg.): Conceptual Modelling of Buildings, CIB Publication 126, Swedish Building Center, Solna, Schweden 1988

[Godehardt 99]

Godehardt, B.: Vernetztes Arbeiten und Lernen. Telearbeit, Telekooperation, Teleteaching. Hüthig, Heidelberg 1999

[Gorz 04]

Gorz, André: Wissen, Wert und Kapital - zur Kritik der Wissensökonomie, Rotpunktverlag, Zürich 2004

[Grabowski et al. 99]

Grabowski, H.; Rude, S.: Informationslogistik - Rechnergestützte unternehmensübergreifende Kooperation. B. G. Teubner, Stuttgart / Leipzig 1999

[Graetz 01]

Graetz, Holger: Transformation der Baubranche durch Einsatz digitaler Technologien. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Allgemeine und Industrielle Betriebswirtschaftslehre, Technische Universität München, München 2001

[Haller 74]

Haller, Fritz: MIDI – Ein offenes System für mehrgeschossige Bauten mit integrierter Medieninstallation, USM Bausysteme, Münsingen, Schweiz 1974

[Haller 85]

Haller, Fritz: ARMILLA – Ein Installationsmodell, Institut für Industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 1985

[Halbhuber 81]

Halbhuber, Dieter: Übers Raumbuch - zur Q-Verfolgung: Kritik und Anregung in 13 Kapiteln zu einem Thema der Projektkoordination, In: Deutsche Bauzeitschrift 11,1981, Gütersloh 1981

[Hartmann 00]

Hartmann, Dietrich (Hrsg.): Objektorientierte Modellierung in Planung und Konstruktion, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Wiley-VCH, Weinheim 2000

[Hesse et.al. 02]

Hesse, Friedrich W.; Garsoffky, Bärbel; Hron Aemilian: Netzbasiertes kooperatives Lernen. In: Issing, Ludwig J.; Klimsa, Paul (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Psychologische Verlags Union, Weinheim 2002

[HOAI 02]

Verordnung über die Honorare für Leistungen der Architekten und Ingenieure, Eurofassung 2002, Kohlhammer, Stuttgart 2003

[Hommerich 05]

Hommerich, Christoph; Hommerich, Nicole: Zukunft der Architekten – Berufsbild und Märkte, Architektenkammer Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2005

[Hommerich 06]

Hommerich, Christoph; Ebers, Thomas: Analyse der Kosten- und Ertragssituation in Architekturbüros – Ergebnisse einer Repräsentativbefragung im Auftrag der Bundesarchitektenkammer, Hommerich Forschung, Bergisch Gladbach 2006

[Hovestadt, L. 94]

Hovestadt, Ludger: a4-digitales bauen: Ein Modell für die weitgehende Computerunterstützung von Entwurf, Konstruktion und Betrieb von Gebäuden. VDI-Verlag, Düsseldorf 1994

[Hovestadt, L. 89]

Hovestadt, Ludger; Heitz, Sandro: Der IBE-Lisp Kurs - Version 1.0, Einführung für Architekten, Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe (TH), 1989

[Hovestadt, V. 98]

Hovestadt, Volkmar: Informationsgebäude: Ein Integrationsmodell für Architektur und Informationstechnologien. VDI-Verlag, Düsseldorf 1998

[Howard 98]

Howard, Robert: Computing in construction - pioneers and the future, Butterworth-Heinemann, Oxford, Great Britain 1998

[Howell 99]

Howell, G. A.: What is lean construction, Proceeding of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, USA 1999

[Intesol 98]

Kohler, Niklaus; Forgber, Uwe; Müller, Christian: Zwischenbericht des Projektes RETEx II / INTESOL, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 1998

[Issing 02]

Issing, Ludwig J.; Klimsa, Paul (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet, Beltz, Weinheim 2002

[Joedicke 76]

Joedicke, Jürgen: Angewandte Entwurfsmethodik für Architekten, Karl Krämer, Stuttgart 1976

[Johannes 02]

Johannes, Ralph: Das Unterrichtsmodell: Methodisches Entwerfen (ME) – Lernzielorientierte Verbindung von Lehre und Praxis, in: Berendt, Brigitte; Voss, Hans-Peter, Wildt, Johannes (Hrsg.) Berlin 2002

[Jones 70]

Jones, John C.: The State of the Art in Design Methods. In: Moore, Gary T. (Hrsg): Emerging Methods in Environmental Design and Planning, MIT Press, Cambridge, USA 1970

[Jones 92]

Jones, John C.: Design Methods, Van Nostrand Reinhold, New York 1992

[Junge 95]

Junge, Richard: Aspects of new CAAD environments, CIB proceedings, publication 180, CIB workshop on computers and information in construction, Stanford 1995

[Junge 97]

Junge, Richard; Köthe, Manfred; Schulz, Karsten; Zarli, Alain; Bakkeren, Wim: The VEGA Platform, in: Junge, Richard (Hrsg.): CAAD futures 1997, proceedings of the 7th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Kluwer Academic, Dordrecht, Niederlande 1997

[Kähler 02]

Kähler, Gert: Baukultur in Deutschland, Statusbericht Langfassung, Bestandsaufnahme, Tendenzen, Empfehlungen, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn 2002

[Kammerl 00]

Kammerl, Rudolf (Hrsg.): Computerunterstütztes Lernen. Oldenbourg Verlag, München und Wien 2000

[Kerres 01]

Kerres, Michael: Multimediale und telemediale Lernumgebungen - Konzeption und Entwicklung, Oldenbourg Verlag, München 2001

[Klimesch 03]

Klimesch, Christian: Ein Beitrag zur prozessgetriebenen Informationslogistik durch kontextorientiertes domänenübergreifendes Wissensmanagement, Shaker, Aachen 2003

[Knauf 03]

Knauf, Helen; Knauf, Marcus (Hrsg.): Schlüsselqualifikationen praktisch – Veranstaltungen zur Förderung überfachlicher Qualifikationen an deutschen Hochschulen, Arbeitsgemeinschaft für Hochschuldidaktik, Düsseldorf 2003

[Knoblauch 05]

Knoblauch, Hubert: Wissenssoziologie, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz 2005

[Koch 00]

Koch, Volker; Russell, Peter: VuuA.Org: The Virtual Upperrhine University of Architecture. In: Proceedings of the 18th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe. Bauhaus Universität Weimar 2000

[Kohler 00]

Kohler, Niklaus; Russell, Peter: Research in the Field of Architecture: Objects and Methods, in: 2nd conference of the ARRC-AEEA, Paris 2000

[Kohler 04]

Kohler, Niklaus; Schink, Claus-Jürgen: In Deussen, Peter (Hrsg.): NU-KATH - Die Notebook-Universität Karlsruhe (TH), Universitätsverlag, Karlsruhe 2004

[Kohlstock 97]

Kohlstock, Peter: Integrative Ingenieurausbildung - Curriculumrevision im Ingenieurstudium am Beispiel des Vermessungswesens, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1997

[Koring 97]

Koring, Bernhard: Lernen und Wissenschaft im Internet - Anleitungen und Reflexionen zu neuen Lern-, Forschungs- und Beratungsstrukturen. Verlag Julius Klinhardt, Bad Heilbrunn 1997

[Kornadt 96]

Kornadt, Oliver: Gebäude von morgen Forschungsbericht der Philipp Holzmann AG, Beton-Verlag, Düsseldorf 1997

[Kuchenmüller 96]

Kuchenmüller, Reinhard: Komplexität im Planen und Denken, Deutsches Architektenblatt 04/1996, Forum-Verlag, Esslingen 1996

[Lanza 99]

Lanza, Marco: Entwurf der Systemunterstützung des verteilten Engineering mit Axiomatic Design, Forschungsbericht Nr. 95 des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der Universität Karlsruhe (TH), Fakultät für Maschinenbau, Karlsruhe 1999

[Leuf 05]

Leuf, Bo; Cunningham, Ward: The Wiki way - quick collaboration on the web, Addison-Wesley, Boston, USA 2005

[Lévy 95]

Lévy, Pierre, Qu'est-ce que le virtuel, Edition La Découverte, Paris 1995

[Lilien 00]

Lilien, Gary; Van den Bulte, Christophe: Diffusion Models: Managerial Applications and Software, in: Mahajan, Vijay (Hrsg.): New product diffusion models, Kluwer, Boston, USA 2000

[Lilien 03]

Lilien, Gary L; Rangaswamy, Arvind: Marketing engineering: computer-assisted marketing analysis and planning, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 2002

[LM 95]

Leistungsmodell 95 - Phasengliederung und Leistungsmodule, Arbeitsdokument in verlängerter Vernehmlassung, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1996

[Luhmann 92]

Luhmann, Niklas: Kommunikation mit Zettelkästen. Ein Erfahrungsbericht. In: Universität als Milieu, Kleine Schriften, Haux Verlag, Bielefeld 1992

[Mahajan 00]

Mahajan, Vijay (Hrsg.): New product diffusion models, Kluwer, Boston Massachusetts 2000

[Mandl et.al. 02]

Mandl, Heinz; Gruber, Hans; Renkl Alexander: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In: Issing, Ludwig J.; Klimsa, Paul (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Psychologische Verlags Union, Weinheim 2002

[Mann 99]

Mann, Darrell L.: Using S-Curves and Trends of Evolution in R&D Strategy Planning, TRIZ Journal, <http://www.triz-journal.com/>, 1999

[Mann 01]

Mann, Darrell L.; Ó Catháin, Conall: Computer-based TRIZ - Systematic Innovation Methods for Architecture, Proceedings of the Ninth International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Eindhoven 2001

[Maser 72]

Maser, Siegfried: Methodische Grundlagen zum Entwerfen von Lösungen komplexer Probleme. In: Höfler, Horst (Hrsg.): Arbeitsberichte zur Planungsmethodik Bd. 4 - Entwurfsmethoden in der Bauplanung, Institut für Grundlagen der Modernen Architektur, Universität Stuttgart, Karl Krämer, Stuttgart 1972

[Maier 89]

Maier, Otto: Die räumlich Syntax - Konrad Wachsmanns Beitrag zum Bauen in unserer Zeit, Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 1989

[Mertens 74]

Mertens, Dieter: Schlüsselqualifikationen - Thesen zur Schulung für eine moderne Gesellschaft, in: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Vol. 7(1), Nürnberg 1974

[Miller 58]

Miller, Charles Leslie; Laflamme, Robert Arthur.: The digital terrain model, M.I.T. Photogrammetry Laboratory, Cambridge, USA 1958

[Mittrach 99]

Mittrach, Silke: Lehren und Lernen in der Virtuellen Universität: Konzepte, Erfahrungen, Evaluationen. Shaker-Verlag, Aachen 1999

[Müller 99]

Müller, Christian: Der Virtuelle Projektraum - Organisatorisches Rapid Prototyping in einer internetbasierten Telekooperationsplattform für Virtuelle Unternehmen im Bauwesen, Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 1999

[Müller98]

Müller, Christian; Rodewald, Robert: INTEGRA - Eine integrierende Groupwareanwendung für ein Architekturbüro, 10. Bauforum Bauinformatik, Weimar 1998

[Myers 98]

Myers, Brad A.: A Brief History of Human Interaction History, ASM interactions, Vol. 5, No. 2, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA 1998

[Niewerth 68]

Niewerth, Hans: Lexikon der Planung und Organisation, Schnelle, Quickborn 1968

[Negroponte 70]

Negroponte, Nicholas; Groisser, Leon: URBAN 5: A Machine that Discusses Urban Design, in G. T. Moore (Hrsg.): Emerging Methods in Environmental Design and Planning, MIT Press, Cambridge, USA 1970

[Negroponte 72]

Negroponte, Nicholas: The Architecture Machine, MIT Press, Cambridge, USA 1972

[Neuweg 99]

Neuweg, Georg H.: Könnerschaft und implizites Wissen - zur lehrerlernetheoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis, Waxmann, Münster 1999

[Nonaka 97]

Nonaka, Ikujiro; Takeuchi, Hirotaka: Die Organisation des Wissens, Campus, Frankfurt 1997

[North 99]

North, Klaus: Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen, Gabler, Wiesbaden 1999

[Otnad 02]

Otnad, Adrian; Hefe, Peter: Die Zukunft der Bauwirtschaft in Deutschland – Umfeld, Probleme, Perspektiven, Olzog, München 2002

[Orloff 05]

Orloff, Michael A.: Grundlagen der klassischen TRIZ - ein praktisches Lehrbuch des erfinderischen Denkens für Ingenieure, Springer, Berlin 2005

[Orth 99]

Orth, Helen: Schlüsselqualifikationen an deutschen Hochschulen - Konzepte, Standpunkte und Perspektiven, Luchterhand, Neuwied 1999

[Ostendorf 13]

Ostendorf, Friedrich: Theorie des architektonischen Entwerfens, Ernst & Sohn, Berlin 1913

[Ozel 00]

Ozel, Filiz: Architectural Knowledge and Database Management Systems. In: Promise and Reality: State of the Art versus State of Practice in Computing for the Design and Planning Process, Weimar 2000

[Papamichael 93]

Papamichael, Konstantinos; Protzen, Jean-Pierre: The limits of intelligence in design, Proceedings of 4. International symposium on system research, informatics and cybernetics, Baden Baden 1993

[Papamichael 97]

Papamichael, Konstantinos; LaPorta, John; Chauvet, Hannah: Building Design Advisor: Automated integration of multiple simulation tools, Automation in Construction, Vol. 6(4), 1997

[Papamichael 99]

Papamichael, Konstantinos; Chauvet, Hannah; LaPorta, John; Dandridge, R: Product modeling for computer-aided decision-making, Automation in Construction, Vol. 8(3), Elsevier Science, 1999

[Penttilä 06]

Penttilä, Hannu: Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression, ITcon Vol. 11, Special Issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality, pg. 395-408, <http://www.itcon.org/2006/29>, 2006

[Pfammatter 97]

Pfammatter, Ulrich: Die Erfindung des modernen Architekten - Ursprung und Entwicklung seiner wissenschaftlich-industriellen Ausbildung, Birkhäuser, Basel 1997

[Polanyi 62]

Polanyi, Michael: Personal Knowledge, Routledge & Kegan Paul, London 1962

[Rambow 00]

Rambow, Riklef: Experten-Laien-Kommunikation in der Architektur, Waxmann, Münster 2000

[Rechtin 97]

Rechtin, Eberhardt; Maier, Mark W.: The art of systems architecting, CRC Press, Boca Raton, USA 1997

[Reifschneider 98]

Reifschneider, Norbert: CAE-gestützte IC-Entwurfsmethoden, Prentice Hall, München 1998

[Richter 88]

Richter, Peter: Entwicklung einer integrierten Informationsstruktur für relationale Datenbanken im Bauwesen, Gesamthochschule Kassel, Fachbereich für Architektur, Kassel 1988

[Rietkötter 75]

Rietkötter, Karl H.: Computerunterstütztes Entwerfen, Entwickeln, Messen und Bewerten von Grundrissen. In: Arbeitsberichte zur Planungsmethodik- Krämer, Stuttgart 1975

[Rietkötter 82]

Rietkötter, Karl H.; Schmöller, Klaus H.; Schulte, Hans O.: Computerunterstütztes Entwerfen. Entwickeln, Messen und Bewerten von Grundrissen, Karl Krämer, Stuttgart 1982

[Rifkin 04]

Rifkin, Jeremy: Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft - neue Konzepte für das 21. Jahrhundert, Campus, Frankfurt am Main 2004

[Rittel 70]

Rittel, Horst W. J.: Der Planungsprozess als iterativer Vorgang von Varietätserzeugung und Varietätseinschränkung. In: Höfler, Horst (Hrsg.): Arbeitsberichte zur Planungsmethodik Bd. 4 - Entwurfsmethoden in der Bauplanung, pp. 17-31, Institut für Grundlagen der Modernen Architektur, Universität Stuttgart, Karl Krämer, Stuttgart 1972

[Rittel 92]

Rittel, Horst W. J.: Planen, Entwerfen, Design - ausgewählte Schriften zu Theorie und Methodik, Kohlhammer, Stuttgart 1992

[Rivard 00]

Rivard, Hugues: A Survey on the Impact of Information Technology in the Canadian Architecture, Engineering and Construction Industry, in: ITcon, Electronic Journal of Information Technology in Construction Vol. 5, pp. 37-56, <http://www.itcon.org/2000/3>

[Rogers 03]

Rogers, Everett M.: Diffusion of innovations, Free Press, New York 2003

[Russell 99]

Russell, Peter; Kohler, Niklaus; Koch, Volker; Forgber, Uwe; Rügemer, Jörg: Interactive Representation of Architectural Design: The Virtual Design Studio as an architectural graphics laboratory. In: Proceedings of the 17th Annual eCAADe Conference, Liverpool 1999

[Sautter 03]

Sautter, Guido: Swarm Knowledge Catalogue, Studienarbeit am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 2003

[Sacks 05]

Sacks, Rafael; Goldin, Maxim; Derin, Zvika: Pull-driven construction of high-rise apartment buildings, Proceedings of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction, pp. 217-226, Sydney 2005

[Schill-Fendl 04]

Schill-Fendl, Monika: Planungsmethoden in der Architektur - Grundlagen von Planungs- und Entwurfsmethoden für Architekten komplexer Aufgabenstellungen in interdisziplinären Gruppen, dargestellt am Bereich Sozial- und Gesundheitsbauten, Books on Demand GmbH, Nordstedt 2004

[Schink 04]

Schink, Claus-Jürgen; Koch, Volker: Interdisciplinary Cooperation Modules in Mobile Networks, in: 10th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Weimar 2004

[Schmidt 02]

Schmidt, Wolf: Das Raumbuch als Instrument denkmalpflegerischer Bestandsaufnahme und Sanierungsplanung, Lipp, München 2002

[Schmitt 93]

Schmitt, Gerhard: Architetura et Machina. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden 1993

[Schmitt 96]

Schmitt, Gerhard (Hrsg): Architektur mit dem Computer. Vieweg, Braunschweig / Wiesbaden 1996

[Schmitt 99]

Schmitt, Gerhard: Information Architecture. Basic of CAAD and its future, Birkhäuser, Basel 1999

[Schön 83]

Schön, Donald A.: The Reflective Practitioner, How Professionals Think in Action, Basic Books, New York 1983

[Schön 87]

Schön, Donald A.: Educating the Reflective Practitioner, Jossey-Bass Inc., San Francisco 1987

[Schön 91]

Schön, Donald A. (Hrsg): The Reflective Turn - Case Studies In and On Educational Practice, Teachers College, Columbia University, New York 1991

[Schroth 85]

Schroth, Hans (Hrsg.): Chronik der Architektenkammer Baden-Württemberg - 1955 – 1985, Forum, Stuttgart 1985

[Schulmeister 89]

Schulmeister, Rolf (Hrsg.): Computereinsatz im Hochschulunterricht - Beiträge zu einer Hochschuldidaktik des Computereinsatzes in der Lehre. Verlag an der Lottbek, Ammersbek 1989

[Schulmeister 01]

Schulmeister, Rolf: Virtuelle Universität - Virtuelles Lernen, Oldenbourg-Verlag, München 2001

[SIA 74]

Computereinsatz im kleinen und mittleren Ingenieur- und Architekturbüros, SIA-Informationstagung vom 5. und 6. April 1974, Verlags-AG der akademischen technischen Vereine, Zürich 1974

[SIA 96]

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA): TOP - Teamorientiertes Planen mit dem neuen Leistungsmodell 95 des SIA (LM 95), SIA, Zürich 1996

[Steinmetz 00]

Steinmetz, Ralf: Multimedia-Technologie - Einführung und Grundlagen, Springer, Berlin 2000

[Sohlenius 00]

Sohlenius, Ulrika: Can Axiomatic Design Improve the Building Process?, Proceedings of the First International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, USA 2000

[Sohlenius 02]

Sohlenius, Ulrika: A framework for decision making in construction – bases on Axiomatic Design, Proceedings of the Second International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, USA 2002

[Suh 90]

Suh, Nam P.: The principles of design, Oxford University Press, New York 1990

[Suh 98]

Suh, Nam P.: Axiometric Design as a Basic for Universal Design Theory, in: Grabowski, Hans (Hrsg.): Universal design theory, Proceedings of the Workshop Universal Design Theory, Karlsruhe 1998, Shaker, Aachen 1998

[Suh 01]

Suh, Nam P.: Axiomatic design - advances and applications, Oxford University Press, New York 2001

[Sultan 90]

Sultan, Fareena; Farley, John U.; Lehmann, Donald R.: A Meta-Analysis of Applications of Diffusion Models, *Journal of Marketing Research* Vol. 27(1), 1990

[Sutherland 63]

Sutherland, Ivan E.: Sketchpad: A man-machine graphical communication system, *Proceedings of the AFIPS Spring Joint Computer Conference*, Washington 1963

[Sutherland 68]

Sutherland, Ivan E.: A Head-Mounted Three Dimensional Display. *Proceedings Fall Joint Computer Conference*, Thompson Books, Washington 1968

[Teng 02]

Teng, James T.C.; Grover, Varun; Güttler, Wolfgang: Information technology innovations: general diffusion patterns and its relationships to innovation characteristics, in: *IEEE transactions on engineering management*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Band 49.1, New York 2002

[Tisken 01]

Tisken, Sandra; Voormann, Friedmar; Franz, Birgit; Koch, Volker; Russell, Peter: Semi-Medial Post Professional Studies "Building Conservation" for Architects and Structural Engineers. In: *Proceedings of the 19th Annual eCAADe Conference*, Helsinki 2001

[Turing 50]

Turing, Alan M.: Computing Machinery and Intelligence, in: *Mind* 59, Oxford University Press, Oxford, GB 1950

[Venturi 79]

Venturi, Robert; Scott Brown, Denise; Izenour, Steven: *Lernen von Las Vegas - zur Ikonographie und Architektursymbolik der Geschäftstadt*, Vieweg, Braunschweig 1997

[Walker 85]

Walker, Robert A.; Thomas, Donald E.: A Model of Design Representation and Synthesis, *Proceedings of the 22nd Design Automation Conference*, pp. 453-459, Las Vegas 1985

[Weinert 98]

Weinert, Franz, E.: Vermittlung von Schlüsselqualifikationen, in: Matalik, Silvia, E. (Hrsg.): Entwicklungen in Aus- und Weiterbildung: Anforderungen, Ziele, Konzepte, Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Nomos, Baden-Baden 1998

[Weinzapfel 71]

Weinzapfel, Guy; Johnson, Timothy E.; Perkins, John: IMAGE: An interactive computer system for multi-constrained spatial synthesis, Proceedings of the 8th workshop on Design automation table of contents, pp 101 – 108, Atlantic City, New Jersey 197

[Weinzapfel 76]

Weinzapfel, Guy; Negroponte, Nicholas: Architecture-by-yourself: an experiment with computer graphics for house design, in: Proceedings of the 3rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques, Philadelphia, Pennsylvania 1976

[Weiser 97]

Weiser, Mark; Brown, John S.: The Coming Age fo Calm Technology, in: Denning, Peter J. (Hrsg.): Beyond calculation: the next fifty years of computing, Copernicus, New York 1997

[Welter 05a]

Welter, Thomas: Abschied vom Generalisten, Deutsches Architektenblatt 01/2005, Forum-Verlag, Esslingen 2005

[Welter 05b]

Welter, Thomas: Alternativen sind gefragt, Deutsches Architektenblatt 12/2005, Forum-Verlag, Esslingen 2005

[Welter 06]

Welter, Thomas: Tolle Planung, trostloser Alltag?, Deutsches Architektenblatt 03/2006, Forum-Verlag, Esslingen 2006

[Wiegand 95]

Wiegand, Jürgen: Leitfaden für das Planen und Bauen Wertanalyse, Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1995

[Wing 06]

Wing, Robert: RFID applications in construction and Facilities Management, ITcon Vol. 11, Special Issue IT in Facilities Management, 2006

[Wilson 91]

Wilson, Paul: Computer Supported Work – An Introduction, Oxford 1991

[Wolfensberger 93]

Wolfensberger, Hanno: Architektendämmerung - 10 Abgesänge auf einen Berufsstand, Campus, Frankfurt 1993

[Zadeh 65]

Zadeh, Lotfi A.: Fuzzy sets, Information and Control, Vol.8 (3), 1965

[Zobel 04]

Zobel, Dietmar: Systematisches Erfinden - Methoden und Beispiele für den Praktiker, Expert-Verlag, Renningen 2004

[Zobel 06]

Zobel, Dietmar: TRIZ für alle - der systematische Weg zur Problemlösung, Expert-Verlag, Renningen 2006

[Zwölfer 04]

Zwölfer, Michael; Thomas, Peter; Schink, Claus-Jürgen; Koch, Volker: Life Cycle Optimized System Solutions for Densified Housing with Massive Wood Technology, proceedings der 10th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Weimar 2004

8.2 Verzeichnis der www-Referenzen

[ASAP]

<http://www.asap-akkreditierung.de/>

Akkreditierungsverbund für Studiengänge der Architektur und Planung

[Autodesk]

<http://www.autodesk.de/>

Firma Autodesk, Hersteller der CAD-Software AutoCAD

[BAK]

<http://www.bak.de>

Bundsgemeinschaft der Architektenkammern Deutschlands (Bundesarchitektenkammer)

[BAK03]

<http://www.bak.de/site/525/default.aspx>

HOAI Strukturvorschlag 2003

[BMBF]

<http://www.bmbf.de>

Bundesministerium für Bildung und Forschung

[CAAD ETHZ]

<http://wiki.arch.ethz.ch/>

Professur für CAAD an der ETH Zürich

[CityGML]

<http://www.citygml.org/>

XML-basiertes Informationsmodell für städtische Objekte

[Dassault Systèmes]

<http://www.3ds.com/>

Product Lifecycle Management

[destatis]

<http://www.destatis.de/>

Statistisches Bundesamt Deutschland

[Digitales Bauen]

<http://www.digitales-bauen.de/>

Planungsbüro für integrierte Gebäudetechnik und Gebäudeautomation

[GAEB]

<http://www.gaeb.de/>

Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen

[Gartner]

<http://www.gartner.com/>

Gartner Group, Stamford, Connecticut, USA

[GoogleEarth]

<http://earth.google.de/>

Kartographischer Dienst der Google Inc., Mountain View, USA

[Graphisoft]

<http://www.graphisoft.de/>

Firma Graphisoft, Hersteller der CAD-Software ArchiCAD

[HIS]

<http://www.his.de>

Hochschul-Informationssystem GmbH (HIS)

[IAI]

<http://www.iai-international.org>

International Alliance for Interoperability (IAI)

[ifib]

<http://www.ifib.uni-karlsruhe.de>

Institut für Industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe (TH)

[ISO]

<http://www.iso.org>

International Organization for Standardization

[IWG]

<http://www.iwg-bonn.de/>

Institut für Wirtschaft und Gesellschaft Bonn e. V.

[Eagle]

<http://www.cadsoft.de/>

Layout Editor für die Entwicklung von Leiterplatten

[MCS]

<http://www.mcsaz.com/>

Manufacturing and Consulting Services, 3D CAD/CAM Systeme

[MIT Servo]

<http://libraries.mit.edu/archives/mithistory/histories-offices/servo.html>

Servomechanisms Laboratory am MIT

[NAX]

<http://www.architekturexport.de/>

Netzwerk Architekturexport der Bundesarchitektenkammer

[Netzentwurf]

<http://www.netzentwurf.de>

Netzbasierende Kooperationsplattform für Studierende der Architektur

[Raumcomputer]

<http://www.raumcomputer.com/>

Gebäudeautomatisierungssystem

[Sachverständigenrat]

<http://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/>

Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung

[solibri]

<http://www.solibri.com/>

Solibri, Inc., Helsinki, Finnland

[soundplan]

<http://www.soundplan.de/>

Software zur Lärm- und Luftschadstoffprognose, Braunstein & Berndt GmbH, Backnang

[STQP]

<http://www.stqp.uni-karlsruhe.de/>

Lehrstuhl für Stadtquartiersplanung und Entwerfen, Universität Karlsruhe (TH)

[UIA]

<http://www.uia-architectes.org/>

International Union of Architects

[UNESCO]

<http://www.unesco.org/>

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

[Vensim]

<http://www.vensim.com/>

Simulationssoftware für die Entwicklung und Analysierung von dynamischen Prozessen

[VisiCalc]

<http://www.danbricklin.com/visicalc.htm>

Historisches Tabellenkalkulationsprogramm

[W3C]

<http://www.w3.org/>

World Wide Web Consortium

[Wikipedia]

<http://www.wikipedia.org/>

Online-Enzyklopädie

[XML]

<http://www.w3.org/XML/>

Extensible Markup Language des World Wide Web Consortium [W3C]

[ZDB]

<http://www.zdb.de/>

Zentralverband Deutsches Baugewerbe e.V.

[Zettelkasten]

<http://zettelkasten.danielluedecke.de/>

Elektronischer Zettelkasten nach dem Arbeitsprinzip von Niklas Luhmann

8.3 Verzeichnis der Abbildungen

<i>Abbildung 1.1: Aufbau der Arbeit</i>	15
<i>Abbildung 2.1: Problemkategorien und Lösungsgrundlagen</i>	21
<i>Abbildung 2.2: Architektur als Prozess und Objekt</i>	23
<i>Abbildung 2.3: Die Strategie des Routiniers</i>	24
<i>Abbildung 2.4: Die Strategie des Abtastens (Scanning)</i>	24
<i>Abbildung 2.5: Die Strategie der Alternativbildung</i>	25
<i>Abbildung 2.6: Die Strategie der mehrstufigen Alternativbildung</i>	25
<i>Abbildung 2.7: Die vier Domänen des Axiomatic Design</i>	27
<i>Abbildung 2.8: Zigzagging-Prozess des Axiomatic Design</i>	28
<i>Abbildung 2.9: Konvergentes und divergentes Denken</i>	29
<i>Abbildung 2.10: Bauvolumen, Baukosten, Architekten, Absolventen und Studierende</i> ..	37
<i>Abbildung 2.11: Wettbewerbe, Teilnehmer und Kammermitglieder</i>	40
<i>Abbildung 2.12: Entwicklung der Auftragseingänge im Bauhauptgewerbe</i>	43
<i>Abbildung 2.13: Prinzipielle Verschiebung der Bedeutung der Leistungsphasen</i>	47
<i>Abbildung 3.1: Initiatoren von technischen Neuerungen</i>	51
<i>Abbildung 3.2: IT-Anwendungen im Bauwerkslebenszyklus</i>	52
<i>Abbildung 3.3: Einfluss der IT auf Informationsflüsse</i>	54
<i>Abbildung 3.4: Diffusionskurve, Adaptionkurve und Produktentwicklung</i>	57
<i>Abbildung 3.5: Diffusionsgeschwindigkeit von beispielhaften Neuerungen</i>	60
<i>Abbildung 3.6: Einschätzung verschiedener Technologien auf einem Hype Cycle</i>	61
<i>Abbildung 3.7: Ivan Sutherland und das Sketchpad System (1963)</i>	63
<i>Abbildung 3.8: Oberflächen von geometrie- und elementbasierten CAD-Systemen</i>	64
<i>Abbildung 3.9: Steigerung des Informationsgehalt in Zeichnungen</i>	65
<i>Abbildung 3.10: Direkter Datenaustausch und Planung mit einem PDM</i>	68
<i>Abbildung 3.11: Verwertung von IFC-Dateien – der Model-Checker</i>	70
<i>Abbildung 3.12: Sensorama von Morton Heilig</i>	73
<i>Abbildung 3.13: PC-basierte VR-Anwendung zur Darstellung des Bauablaufs</i>	75
<i>Abbildung 3.14: Prinzip der Visualisierung in Augmented Reality Umgebungen</i>	76
<i>Abbildung 3.15: Einsatz von mobiler AR zur Gebäudewartung</i>	78
<i>Abbildung 3.16: Geo-Informationssystem ArcGIS</i>	87

<i>Abbildung 3.17: Ergänzung der traditionellen Arbeitsumgebung</i>	90
<i>Abbildung 3.18: Diffusion von CAD-Anwendungen in der Architektur</i>	94
<i>Abbildung 3.19: Diffusionsqualitäten</i>	94
<i>Abbildung 3.20: Technologie-Roadmap</i>	97
<i>Abbildung 3.21: Durchgängige Digitale Kette</i>	98
<i>Abbildung 3.22: Soll-Ist-Abgleich mit Unterstützung von Augmented Reality</i>	101
<i>Abbildung 4.1: Ausrichtung der Ausbildung bezogen auf das Diffusionsmodell</i>	102
<i>Abbildung 4.2: Fach- und Schlüsselqualifikationen als Teil der Ausbildung</i>	110
<i>Abbildung 4.3: Zeichen - Daten - Informationen - Wissen</i>	114
<i>Abbildung 4.4: Kommunikation von Wissen</i>	117
<i>Abbildung 4.5: Seci-Modell nach Nonaka und Takeuchi</i>	118
<i>Abbildung 4.6: Die Benutzeroberfläche des [Zettelkasten]</i>	120
<i>Abbildung 4.7: netzentwurf.de als Informations- und Kooperationsplattform</i>	132
<i>Abbildung 4.8: Methodisch-didaktische Eckpunkte</i>	134
<i>Abbildung 5.1: Synthese der Anforderungen</i>	140
<i>Abbildung 5.2: Erweiterung des Architekturbegriffs</i>	141
<i>Abbildung 5.3: Integration der Granularität in die Planung</i>	142
<i>Abbildung 5.4: Gemeinsame Sprache und Wissensspeicher als Rahmen der Ausbildung</i>	143
<i>Abbildung 5.5: Der Building Design Advisor als Entscheidungsunterstützer</i>	145
<i>Abbildung 5.6: Model-Server als zentrales Produktdatenmodell</i>	148
<i>Abbildung 5.7: Raum-Zeit-Browser und CNC Fertigung</i>	149
<i>Abbildung 5.8: Veränderung der Ausbildungsschritte im zeitlichen Kontext</i>	153
<i>Abbildung 5.9: Wirkungsbereich von Methodik und Intuition</i>	154
<i>Abbildung 6.1: Kompetenzmarktplatz auf der Netzentwurf-Plattform</i>	157
<i>Abbildung 6.2: Jobadmin –gemeinsame Bearbeitung von Aufgaben</i>	158
<i>Abbildung 6.3: Automatisierte Leitungsführung im Platinenbau</i>	162
<i>Abbildung 6.4: Y-Diagramm nach Gajski-Walker</i>	163
<i>Abbildung 6.5: Das Modul Informationssuche</i>	164
<i>Abbildung 6.6: Simulationswerkzeuge: Schallimmission</i>	166
<i>Abbildung 6.7: Studentische Realisierungsprojekte</i>	169
<i>Abbildung 6.8: Interdisziplinäre Projektteams: Architekten und Informatiker</i>	171
<i>Abbildung 6.9: Living Campus im drahtlosen Netz der Universität Karlsruhe (TH) ...</i>	174

8.4 Verzeichnis der Tabellen

<i>Tabelle 2.1: Das Leistungsbild der Objektplanung in der HOAI</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 3.1: Durchschnittliche Innovations- und Imitationsparameter</i>	<i>95</i>
<i>Tabelle 3.2: Diffusionsgrad der Informationstechnologien und deren Potentiale.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabelle 5.1: Vergleich manueller und rechnergestützter Verständigungsebenen.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabelle 6.1: Bewertung: Netzbasierte Werkzeuge zur Kooperationsunterstützung</i>	<i>158</i>
<i>Tabelle 6.2: Bewertung: Überforderungsszenario</i>	<i>159</i>
<i>Tabelle 6.3: Bewertung: Das Elektronische Büro</i>	<i>160</i>
<i>Tabelle 6.4: Bewertung: Erfinden für Architekten.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabelle 6.5: Bewertung: Analoge Methoden anderer Disziplinen.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabelle 6.6: Bewertung: Informationssuche.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabelle 6.7: Bewertung: Simulation</i>	<i>167</i>
<i>Tabelle 6.8: Bewertung: Systematisches Vorgehen</i>	<i>168</i>
<i>Tabelle 6.9: Bewertung: Realisierung</i>	<i>170</i>
<i>Tabelle 6.10: Bewertung: Interdisziplinäre Kooperation.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabelle 6.11: Bewertung: Selbstgestellte Aufgaben.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabelle 6.12: Bewertung: Didaktische Netzwerke</i>	<i>175</i>
<i>Tabelle 6.13: Didaktische Module im Vergleich.....</i>	<i>175</i>

8.5 Index

A

Architekten	
Anzahl	36, 137
Berufsaufgabe.....	31, 34
Leistungen	34, 37, 138
Wettbewerbe.....	39
Architektengesetz	31
Augmented Reality	47, 76, 96, 100, 101
Ausführungsplanung.....	33, 34
Axiomatic Design	27, 160, 167
Design Parameter	27
Functional Requirements.....	27

B

Bachelor / Master Programm.....	32, 42, 104
Bauwirtschaft.....	38, 43, 44, 47, 137
Building Information Modelling.....	70
Bundesarchitektenkammer.....	32, 36, 40

C

Computer Aided Design	62, 71, 81, 82, 88, 99, 138, 144, 146
Computergestütztes Modellieren	55, 66, 96

D

Datenaustausch	68, 88
Datenbanken	85, 96
Didaktische Elemente	
Arbeitsunterricht.....	121
Disputation	120
Erkundung	121
Fallmethode.....	121
Famulatur	121
Fernunterricht.....	122
Frontalunterricht.....	122
Individueller Lernplatz	122
Kleingruppen-Lerngespräch	123
Lernausstellung	123
Lerndialog	123
Lernkabinett	123
Lernkonferenz	123
Lernnetzwerk.....	124
Lernprojekt.....	124
Programmierter Unterricht	122
Simulation	124

Tutorium.....	124
Vorlesung	124
Werkstattseminar.....	125
Diffusionsprozesse.....	56
Imitationsparameter	59, 94
Innovationsparameter	59, 94
nach Bass.....	57, 62, 102
nach Gartner	56, 60, 62
Qualitäten	94
Sättigung.....	93, 96
Domotik.....	47

E

Entwerfen.....	19, 22, 153
Entwurfsplanung.....	33
Erweiterter Architekturbegriff	23, 48, 140

F

Fachkompetenz	109, 128, 141, 143
Facility Management	34, 100, 107

G

Gemeinsame Sprache.....	127, 135, 143, 144, 146, 149, 152, 153, 155, 166
Genehmigungsplanung	33, 34
GIS.....	86, 88, 96, 142
Granularität.....	142
Grundlagenermittlung.....	33

H

HOAI.....	33, 34, 41, 45
Leistungsbild	33
Mängel.....	34

I

IFC.....	55, 66, 88, 94, 96, 98, 99, 100, 144, 147, 166
Informationslogistik.....	131
Informationstechnik	50, 136, 138
Diffusion.....	59
Einfluss auf Informationsflüsse	54
Integration in den Bauwerkslebenszyklus.....	52
Integrale Planung	127, 142
International Alliance for Interoperability	66, 67, 138
International Union of Architects	104, 105, 108
Intuition	20, 26, 105, 153, 154

K

Kopplung Planung und Fertigung	81, 96, 99
Künstliche Intelligenz	82

L

Lebenszyklus	70, 128, 147
Lehrreihenfolge	153
Lern- und Forschungsumgebung	155
Das Elektronische Büro	160
Didaktische Netzwerke	173
Erfinden für Architekten	160
Informationssuche	164
Kooperationsunterstützung	155
Methoden anderer Disziplinen	161
Modul Interdisziplinäre Kooperation	170
Modul Realisierung	168
Selbstgestellte Aufgaben	172
Simulationsverfahren	165
Systematisches und strategisches Vorgehen	167
Überforderungsszenario	158
Lohausen-Projekt	31

M

Multimedia	70, 96
------------------	--------

N

Netzentwurf	131, 133, 155, 157, 170
Kommunikationsmedien	156
Tagebuch	156
Whiteboard	156

O

Objektbetreuung	33
Objektüberwachung	33

P

Plattformen	89, 96
Polytechnische Ausbildung	18, 126
Prekariat	42
Probleme	
allgemeine	21
einfache	20
komplexe	20, 23, 24, 31, 41, 129, 141
spezielle	21
Produktdatenmodell	54, 66, 67, 70, 81, 100, 142, 145, 166
Model-Checker	70

Model-Server	69, 96, 100, 148
Programmieren	79, 96

R

Radio Frequency Identification.....	47, 61, 99
Reflektierende Konversation.....	129
Robotik	47

S

Schlüsselqualifikationen	108, 133, 135, 139, 141, 143, 152, 155, 157, 159, 167, 174
Lernkompetenz	113, 143
Medienkompetenz	71, 109, 112, 134, 143, 157, 159, 166
Methodenkompetenz	109, 111, 159, 160, 167, 173
Team- und Kooperationsfähigkeit	110, 157
Simulation.....	31, 69, 75, 79, 80, 88, 92, 96, 97, 112, 165
Spezialisierung.....	18, 41, 45, 53
STEP	66, 67
Strategie	20, 24
Szenario	
Methoden und Didaktik	125
Tätigkeiten und Strukturen	44
Werkzeuge.....	50, 92

T

Tabellenkalkulation	78, 96
Tätigkeitsfelder	34, 41, 44, 45, 48, 88, 137, 138, 141, 171
TRIZ	29, 160, 167

U

Ubiquitäre Anwendungen	91, 99
Unikat	16
Unternehmerisches Denken	40

V

Variantenbildung	25
Vergabe.....	33, 34
Virtual Reality	72, 76, 77, 96, 100
Vorplanung	33

W

Wissensspeicher.....	143, 149, 155, 158, 159
----------------------	-------------------------