

# **Agentenbasierter Handel auf Spotmärkten am Beispiel eines Energiemarktszenarios**

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Ingenieurwissenschaften

der Fakultät für Informatik  
des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

**genehmigte**

**Dissertation**

von

**Antje Dietrich**

aus Karlsruhe

Tag der mündlichen Prüfung: 10.07.15

Erster Gutachter: Prof. Dr. Dr.h.c. Peter C. Lockemann

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. York Sure-Vetter

DOI 10.5445/IR/1000048737

---

Antje Dietrich

# Danksagung

---

An erster Stelle möchte ich meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Dr.h.c. Peter C. Lockemann danken. Herr Professor Dr. Dr.h.c. Peter C. Lockemann hat mich in den vergangenen Jahren immer sehr konstruktiv unterstützt. Im Verlauf der Erstellung meiner Dissertation konnte ich in vielfältiger Weise von seinen Anregungen profitieren.

Außerdem bedanke ich mich bei Herrn Professor Dr. York Sure-Vetter, der mich immer wieder zum Durchhalten motiviert hat und mir mit wertvollen Hinweisen wiederholt weiterhelfen konnte.

Des Weiteren danke ich meinen ehemaligen Kollegen am KIT, insbesondere den ehemaligen Kollegen am IPD. Durch den wissenschaftlichen Austausch hat die Arbeit zunehmend an Qualität gewonnen.

Besonders herzlich bedanke ich mich bei meiner Familie für die verlässliche Unterstützung und für die Rücksichtnahme meiner drei kleinen Kinder.



# Eidesstattliche Erklärung

---

“Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Wörtlich übernommene Sätze oder Satzteile sind als Zitat belegt, andere Anlehnungen hinsichtlich Aussage und Umfang unter Quellenangabe kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen und ist nicht veröffentlicht“.

Ort, Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_



---

# Zusammenfassung

---

Der drohende *Klimawandel* mit der Forderung den CO<sub>2</sub> Ausstoß zu minimieren und der geplante *Atomausstieg* werfen zahlreiche neue Fragestellungen auf. Auf Grund der aktuellen politischen Diskussionen über den Klimawandel und den Atomausstieg und dem darauf resultierenden großen Interesse der Bevölkerung an dezentraler Energieerzeugung liegt der Focus der vorliegenden Arbeit auf dem Verkauf und Kauf von *dezentral erzeugtem Strom aus alternativen Energiequellen*.

Auch massiv ansteigende Kosten sowie Stromausfälle, die schwerwiegenden Einfluss auf das öffentliche und private Leben nehmen, sind ein Ansporn, die alternative Stromerzeugung und deren Vermarktung zu forcieren. Dezentral erzeugter Strom muss, da er nicht ausreichend gespeichert werden kann, möglichst zeitnah und räumlich begrenzt verkauft bzw. gekauft werden können. Die Unterstützung der Erzeugung und des Konsums erneuerbaren Energien ist momentan eine Wachstumsbranche. Im kommenden Jahrzehnt liegt das Potential an CO<sub>2</sub> Einsparungen bei bis zu 250 Mio. Tonnen. Bereits 2008 konnte durch den Einsatz von erneuerbaren Energiequellen ein Klimaschutzbeitrag geleistet werden, es wurden 110 Mio. Tonnen eingespart. Daher ist es ein wesentlicher Beitrag, Erzeuger und Verbraucher von erneuerbarer Energie, insbesondere Strom, zu unterstützen.

Im kommerziellen Strommarkt werden die Kapazitäten an einem *Spotmarkt* erfolgreich vermarktet. Der Begriff Spotmarkt entstammt ursprünglich dem Ölhandel. Dort bezeichnet er Geschäfte, die gegen sofortige Bezahlung und möglichst schnelle Lieferung abgewickelt werden. Auch im nicht kommerziellen Bereich der dezentralen Stromerzeugung ist es naheliegend das Konzept eines Spotmarktes zu übernehmen, da Strom nicht bzw. nur aufwändig gelagert werden kann. Allerdings ist es derzeit für einen nicht professionellen Käufer/Verkäufer schwer, Spotmärkten beizutreten, die verderbliche Güter oder nicht bzw. schwer lagerbare Güter zum Gegenstand haben. Kurzfristig angebotene Artikel wie Lebensmittel, Blumen, Last-Minute Reisen, Flüge oder Strom werden zumeist an einer Warenbörse oder durch Auktionen verkauft. Für einen durchschnittlichen Konsumenten ist es sehr schwierig an einer Warenbörse bzw. an einer spezialisierten Auktion teilzunehmen. Denn das Marktgeschehen muss eingeschätzt werden können, um dann auch die für ihn beste Kaufentscheidung treffen zu können.

Durch die vorliegende Arbeit sollen privaten Käufern und Verkäufern in einem Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom, verschiedene Unterstützungsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt

werden. Durch eine individuelle Gestaltung eines Marktplatzes für den Kauf und Verkauf von dezentral erzeugtem Strom soll eine höhere Teilnahme privater Käufer und Verkäufer erreicht werden. Damit kann ein Beitrag geleistet werden, den CO<sub>2</sub> Ausstoß zu verringern. Daher soll durch die hier vorgestellten Konzeptionen eine Hilfe geleistet werden, einen Durchschnittskonsumenten in verschiedener Hinsicht zu unterstützen. Ein vielversprechender Ansatz, wie dies verwirklicht werden kann, ist die Vermarktung über das Medium Internet.

Da der ökonomische Wert von Spotmärkten gerade in der Reduktion des Koordinationsaufwandes liegt und es durch die Schaffung einer hohen Markttransparenz zu entsprechend transparent ermittelten Marktpreisen kommt, wird eine kundenindividuelle Leistungserbringung ausgeschlossen. Die Anbieter haben bisher keine Möglichkeit, zu ihren Kunden eine Beziehung aufzubauen, Marketing zu betreiben oder am Nutzungsprozess der Kunden mitzuwirken. Allerdings ist der Preis nur vorrangig das entscheidende Kaufkriterium. Gerade private Kunden haben nicht nur ein kommerzielles Interesse, sondern auch die Motivation den CO<sub>2</sub> Ausstoß zu reduzieren und nachhaltig zu handeln und somit an einem Spot-Markt für dezentral erzeugten Strom teilzunehmen.

In der vorliegenden Arbeit werden Konzepte vorgestellt, die die Marktteilnehmer innerhalb eines Marktmodelles für einen sich selbstorganisierten Strommarkt für dezentral erzeugten Strom unterstützen können. Diese Unterstützung ist notwendig, da die Marktteilnehmer, die Privatpersonen sind, üblicherweise betriebswirtschaftliche und juristische Laien sind. Schwerpunktmäßig soll somit zum einen auf den spontanen Vertragsabschluss in einem Spotmarkt und zum anderen auf die juristische Unterstützung eines rechtlichen Laien eingegangen werden. Den Teilnehmern werden daher am Marktplatz jeweils zwei Softwareagenten zur Seite gestellt, ein Experte für den spontanen Vertragsschluss, der *Vertragsagent*, der für den Marktteilnehmer auch über verschiedene Benutzerpräferenzen verhandelt werden kann, und ein *Rechtsagent*, ein Experte für Vertragsrecht.

Der eine Agent, Vertragsagent genannt, vertritt den menschlichen Benutzer während des Auftragsabwicklungsprozesses des Kaufs bzw. Verkaufs von Strom. Dieser Vertragsagent agiert als *Stellvertreter* des Benutzers. Der Vertragsagent erledigt innerhalb des Marktes für den Benutzer die Aushandlung der für einen Stromkauf bzw. Stromverkauf relevanten Verträge anhand verschiedener benutzerspezifischer Kriterien. Diese Kriterien können vielfältig und sehr individuell sein, so dass dem Agenten eine Begriffsontologie als Wissensbasis mit auf dem Weg gegeben wird. In dieser *Ontologie* sind ökonomische und auch vertragsrechtliche relevante Begriffe modelliert. Die Ontologie dient als Wissensspeicher für den Agenten. Auf Grundlage der



verschiedenen Ausprägungen der Ontologie bzw. der unterschiedlichen Relevanz bestimmter Kriterien für den menschlichen Besitzer und somit den Agenten können gleiche Kriterien für verschiedene Agenten beim Stromeinkauf bzw. -verkauf eine unterschiedliche Priorität haben. Daher können vor Abschluss eines Stromkaufvertrages noch *Verhandlungen* über diese benutzerspezifischen Kriterien durchgeführt werden. Diese Verhandlungen bilden den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit. Der andere Agent, der Rechtsagent, greift bei seinen Entscheidungen auf eine Ontologie der Rechtsbegriffe des Vertragsrechtes zurück. Diese Ontologie ist Teil der Wissensbasis des rechtsspezifischen Softwareagenten. Diese Wissensbasis ist notwendig, da Rechtssysteme national und international und auch die verwendeten Begrifflichkeiten sehr verschieden sein können.



---

# Inhaltsverzeichnis

---

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Einleitung .....  | 1  |
| 1.1 | Motivation .....  | 1  |
| 1.2 | Aktueller Handlungsbedarf.....  | 3  |
| 1.3 | Zielsetzungen.....  | 4  |
| 2   | Szenario.....   | 7  |
| 3   | Anforderungen .....   | 11 |
| 4   | Stand des Wissens.....  | 15 |
| 4.1 | Netzentwicklung .....   | 16 |
| 4.2 | Der Umbau des Energiesystems und der dezentralen Energieerzeugung.....  | 18 |
| 5   | Geschäftsmodell für einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom ..... | 29 |
| 5.1 | Grundlagen: Geschäftsmodell .....                                       | 29 |
| 5.2 | Geschäftsmodellinnovation .....   | 33 |
| 5.3 | Geschäftsmodelle im E-Business und im Web 2.0.....                      | 35 |
| 6   | Prozessmodell .....   | 43 |
| 6.1 | Prozessmodell der Auftragsabwicklung.....                               | 43 |
| 6.2 | Synchronisationspunkte .....  | 47 |
| 6.3 | Steuerung durch Geschäftsmodell .....                                   | 49 |
| 6.4 | Auftragsabwicklungsprozess für den Energiemarkt.....                    | 57 |
| 6.5 | Umsetzung des Auftragsabwicklungsprozesses .....                        | 57 |
| 7   | Umsetzung mit Agenten .....   | 59 |
| 7.1 | Grundlagen: Ansätze aus der Agententheorie .....                        | 59 |
| 7.2 | Unterscheidung Vertragsagent und Rechtsagent.....                       | 63 |

---

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 7.3  | Agentenarchitekturen.....                                   | 64  |
| 7.4  | BDI-Agenten.....  | 65  |
| 7.5  | Kommunikation zwischen Agenten.....                         | 69  |
| 7.6  | Agentenbasierter Marktplatz.....                            | 72  |
| 8    | Ontologien als Wissensbasis für die Agenten.....            | 75  |
| 8.1  | Grundlagen: Ontologien.....                                 | 75  |
| 8.2  | Anwendungsbereiche von Ontologien.....                      | 78  |
| 8.3  | Grundelemente einer Ontologie.....                          | 79  |
| 8.4  | Modellierungssprachen von Ontologien.....                   | 80  |
| 8.5  | Ansätze bei der Entwicklung einer Ontologie.....            | 81  |
| 8.6  | Ontologien für die Auftragsabwicklung.....                  | 83  |
| 9    | Verhandlungsmodell einer multikriteriellen Verhandlung..... | 85  |
| 9.1  | Systemziele der Verhandlung.....                            | 85  |
| 9.2  | Verhandlungstheorie.....                                    | 89  |
| 9.3  | Merkmale elektronischer Verhandlungen.....                  | 90  |
| 9.4  | Bilaterale, alternierende Verhandlung.....                  | 91  |
| 9.5  | Komponenten elektronischer Verhandlungen.....               | 96  |
| 9.6  | Agentenverhandlung.....                                     | 99  |
| 9.7  | Verhandlungsobjekt und Benutzerpräferenzen.....             | 101 |
| 9.8  | Konkretisierung des Präferenzmodells.....                   | 108 |
| 9.9  | Fähigkeiten des Vertragsagenten.....                        | 108 |
| 9.10 | Entwurf des Vertragsagenten.....                            | 111 |
| 9.11 | Marktontologie für Vertragsagenten.....                     | 113 |
| 9.12 | Benutzerschnittstellen des Vertragsagenten.....             | 118 |
| 9.13 | Benutzerschnittstelle des Rechtsagenten.....                | 119 |
| 10   | Verhandeln mit Benutzerpräferenzen.....                     | 121 |

---

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 10.1  | Linguistische Variablen .....  | 121 |
| 10.2  | Umgang mit Unschärfe: Fuzzy-Theorie .....                              | 122 |
| 10.3  | Umgang mit Unschärfe: Possibilitätstheorie .....                       | 126 |
| 10.4  | Constraints (Zwangsbedingungen) .....                                  | 132 |
| 10.5  | Zuordnungsproblem .....  | 135 |
| 10.6  | Verhandlung in einem Constraint System .....                           | 139 |
| 11    | Rechtssichere Verhandlung .....  | 155 |
| 11.1  | Grundlagen: Expertensysteme .....                                      | 155 |
| 11.2  | Rechts- und Geschäftsfähigkeit von Agenten .....                       | 157 |
| 11.3  | Anforderungen an Rechtsagenten .....                                   | 158 |
| 11.4  | Konzeption des Rechtsagenten .....                                     | 160 |
| 11.5  | Zusammenspiel von Vertrags- und Rechtsagent .....                      | 163 |
| 11.6  | Rechtsbegriffsontologie für Rechtsagenten .....                        | 168 |
| 11.7  | Konzeption einer Rechtsbegriffsontologie .....                         | 174 |
| 11.8  | Problemlösung durch Inferenz .....                                     | 184 |
| 11.9  | Zusammenspiel von Inferenzkomponente und Rechtsbegriffsontologie ..... | 189 |
| 11.10 | Umsetzung des Rechtsagenten .....                                      | 194 |
| 12    | Bezahlsystem/e-Payment .....   | 199 |
| 12.1  | Grundlagen: Bezahlssysteme/e-Payment .....                             | 199 |
| 12.2  | Anforderungen an ein Bezahlssystem/e-Payment .....                     | 201 |
| 12.3  | Konzeption eines leichtgewichtigen Bezahlssystems .....                | 202 |
| 13    | Evaluierung .....  | 209 |
| 13.1  | Forschungsprojekt SESAM .....  | 209 |
| 13.2  | Einschlägige Arbeiten in SESAM .....                                   | 210 |
| 13.3  | Evaluierungsszenario .....   | 212 |
| 13.4  | Bilanzevaluation .....   | 214 |

---

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 13.5 | Vertragsagenten in SESAM.....              | 215 |
| 13.6 | Multikriterielle Verhandlung in SESAM..... | 217 |
| 13.7 | Rechtsagenten in SESAM .....               | 220 |
| 13.8 | Ontologien in SESAM .....                  | 226 |
| 14   | Ergebnisse und Ausblick.....               | 231 |
| 14.1 | Ergebnisse.....                            | 231 |
| 14.2 | Offene und weiterführende Fragen .....     | 234 |
| 14.3 | Ausblick.....                              | 236 |
| 14.4 | Aktuelle Entwicklungen .....               | 239 |
| 15   | Literaturverzeichnis .....                 | 241 |

---

# Abbildungsverzeichnis

---

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1 Klimaschutzbeitrag.....  | 2  |
| Abbildung 2 Handelsplattform Elektrizität.....   | 8  |
| Abbildung 3 Megatrends, Auswirkungen, Handlungsfelder [Berg12].....                      | 18 |
| Abbildung 4 Begrenzung der Erderwärmung [Berg12] .....                                   | 19 |
| Abbildung 5 Zielsetzung der Bundesregierung [Berg12] .....                               | 20 |
| Abbildung 6 Anteil erneuerbarer Energie [Berg12].....                                    | 20 |
| Abbildung 7 Smart Grids [Berg12] .....   | 21 |
| Abbildung 8 Überblick Gesamtsystem [Berg12].....   | 23 |
| Abbildung 9 Smart Grid und Smart Micro Grid [Berg12].....                                | 24 |
| Abbildung 10 Geschäftsmodell.....  | 30 |
| Abbildung 11 Erweitertes Geschäftsmodell: Marktplatz für dezentral erzeugten Strom ..... | 32 |
| Abbildung 12 Vielfalt an Geschäftsbeziehungen [Wirt01] .....                             | 37 |
| Abbildung 13 Basisgeschäftsmodelle des 4C-Net-Business-Modells [Wirt01].....             | 38 |
| Abbildung 14 Preisbildungsmechanismen .....  | 39 |
| Abbildung 15 E-Business Framework [MeSt05].....  | 40 |
| Abbildung 16 Traditionelle Auftragsabwicklung .....                                      | 44 |
| Abbildung 17 Auftragsabwicklungsprozess des Anbieters.....                               | 45 |
| Abbildung 18 Auftragsabwicklungsprozess des Nachfragers.....                             | 45 |
| Abbildung 19 Kommunikationsbeziehungen im Gesamt-Auftragsabwicklungsprozess.....         | 48 |
| Abbildung 20 Verfeinertes Geschäftsmodell.....   | 50 |
| Abbildung 21 Kombination Geschäftsmodell, Auftragsabwicklungsprozess .....               | 52 |
| Abbildung 22 vollständiger nebenläufiger Prozess.....                                    | 53 |
| Abbildung 23 zu betrachtende Schritte der Auftragsabwicklung .....                       | 57 |
| Abbildung 24 Einflussgebiete eines Softwareagenten [Wool02b].....                        | 61 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 25 Standardagent nach [Wool02b] .....   | 62  |
| Abbildung 26 Vertragsagent und Rechtsagent.....   | 64  |
| Abbildung 27 BDI-Architektur (angelehnt an [Wool02b]).....                                    | 67  |
| Abbildung 28 Außensicht des BDI-Agenten (überlegender, abwägender Agent).....                 | 69  |
| Abbildung 29 Abstraktes Kommunikationsmodell nach Finin [FFMM94].....                         | 70  |
| Abbildung 30 BDI-Agent, Sprachverarbeitung durch einen Agenten [Neum00] .....                 | 71  |
| Abbildung 31 Sprechakt.....   | 72  |
| Abbildung 32 Agentenbasierter Marktplatz [Neum00].....  | 73  |
| Abbildung 33 Semiotisches Dreieck.....  | 77  |
| Abbildung 34 Arten von Ontologien (Guar98) .....  | 80  |
| Abbildung 35 Ontology Learning Layer Cake [Cimi06] .....                                      | 82  |
| Abbildung 36 Funktionsumfang einiger aktueller Systeme [Cimi06] .....                         | 82  |
| Abbildung 37 Beteiligte der Marktplattform.....   | 85  |
| Abbildung 38 Systemziele der Verhandlung.....   | 87  |
| Abbildung 39 Merkmale elektronischer Verhandlungen [Stig10][Pipp04] .....                     | 91  |
| Abbildung 40 Modell alternierender Verhandlungen [Rubi82][Sack03][BeEG13] .....               | 93  |
| Abbildung 41 Bilaterale Verhandlung [RoWi12].....   | 94  |
| Abbildung 42 Bilaterale Verhandlung bei der Auftragsabwicklung.....                           | 95  |
| Abbildung 43: Allgemeines Interaktionsprotokoll zwischen den Agenten [Sesa06] .....           | 98  |
| Abbildung 44 Ablauf (Workflow) der Agentenverhandlung.....                                    | 101 |
| Abbildung 45 Fünf Phasen der Verhandlungsführung [Bart04] .....                               | 103 |
| Abbildung 46 Fähigkeiten des BDI-Vertragsagenten.....   | 110 |
| Abbildung 47 Architektur des Vertragsagenten in Komponentenebenen [angelehnt an Sess02] ..... | 111 |
| Abbildung 48 Architektur des Vertragsagenten in Systemebenen [Sess02] .....                   | 112 |
| Abbildung 49 Vertragscontainer in UML.....  | 114 |
| Abbildung 50 Marktontologie für einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom.....            | 116 |



---

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 51 Ontologieausschnitt Vertragscontainer.....   | 117 |
| Abbildung 52 Ontologie der Verhandlung zweiter Vertragsagenten.....                                     | 118 |
| Abbildung 53 Benutzerschnittstelle Vertragsagent.....   | 119 |
| Abbildung 54 Prozessschritte mit juristischen Informationen an den Benutzer.....                        | 120 |
| Abbildung 55 Benutzerschnittstelle des Rechtsagenten.....   | 120 |
| Abbildung 56 Zugehörigkeitsfunktion der Fuzzy-Menge „groß“ zum Grundwert „Körpergröße“.....             | 123 |
| Abbildung 57 Badewasser als linguistische Variable [Müll97].....  | 123 |
| Abbildung 58 Fuzzifizierung des Temperaturwertes 56 Grad [Müll97].....                                  | 124 |
| Abbildung 59 Linguistische Variable Temperaturzufuhr anhand kalten Wassers/warmen Wassers [Müll97]..... | 124 |
| Abbildung 60 Ergebnis der Inferenz der linguistischen Variable Zufuhr kaltes Wasser [Müll97].....       | 125 |
| Abbildung 61 Defuzzifizierung der linguistischen Variable Zufuhr kaltes Wasser [Müll97]..               | 126 |
| Abbildung 62 Possibilitätsverteilung und Wahrscheinlichkeitsverteilung [Biew97].....                    | 127 |
| Abbildung 63 Zugehörigkeitsfunktion / Zufriedenheitsgrad zu Kündigungsfrist in Minuten.....             | 129 |
| Abbildung 64 Zugehörigkeitsfunktion / Zufriedenheitsgrad zu Ökostromanteil in %.....                    | 130 |
| Abbildung 65 Kano-Modell.....   | 131 |
| Abbildung 66 Einfaches Constraint-Netz mit drei Variablen.....  | 134 |
| Abbildung 67 Graph der Constraints.....   | 135 |
| Abbildung 68 Ablauf der Agentenverhandlung.....   | 141 |
| Abbildung 69 Constraint-Netz mit Wertebelegungen des ersten Agenten.....                                | 147 |
| Abbildung 70 Beispiel Softconstraint Rechtsform.....  | 148 |
| Abbildung 71 Constraint-Werte-Belegung des zweiten Agenten.....   | 149 |
| Abbildung 72 Neue Wertebelegung des ersten Agenten.....   | 150 |
| Abbildung 73 Zweite Wertebelegung des zweiten Agenten.....  | 153 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 74 Aufbau eines Expertensystems .....   | 156 |
| Abbildung 75 Kombination Expertensystem und BDI-Agent.....                                  | 161 |
| Abbildung 76 Architektur Rechtsagent.....   | 162 |
| Abbildung 77 Technische Architektur Rechtsagent.....  | 163 |
| Abbildung 78 Prüfschritte im Auftragsabwicklungsprozess .....                               | 164 |
| Abbildung 79 Workflow mit Prüfschritten .....   | 165 |
| Abbildung 80 Kombination Auftragsabwicklungsprozess, Vertragsagenten und Rechtsagenten..... | 167 |
| Abbildung 81 Architektur EuroWordNet .....  | 171 |
| Abbildung 82 Compound in GermeNet.....  | 173 |
| Abbildung 83 UML-Klassendiagramm Vertragscontainer.....                                     | 175 |
| Abbildung 84 Das Datenmodell in Form einer Ontologie .....                                  | 177 |
| Abbildung 85 Konzept Vertragscontainer.....   | 178 |
| Abbildung 86 Konzept Person.....  | 179 |
| Abbildung 87 Konzept juristische Person .....   | 180 |
| Abbildung 88 Konzept natürliche Person.....   | 181 |
| Abbildung 89 Modellierung Invitatio .....   | 182 |
| Abbildung 90 Ontologie der Annahme eines Angebotes.....                                     | 183 |
| Abbildung 91 Sequenzdiagramm Rechtsagent Jess.....  | 193 |
| Abbildung 92 Verfeinerte Architektur des Rechtsagenten .....                                | 194 |
| Abbildung 93 Architektur Rechtsagent mit Jess Schnittstelle .....                           | 196 |
| Abbildung 94 Ablauf Anfragebearbeitung.....   | 197 |
| Abbildung 95 Bezahlprozess in Auftragsabwicklungsprozess .....                              | 199 |
| Abbildung 96 Zahlverfahren im Internet nach Zeitpunkt der Geldübertragung [ScKr10] .....    | 200 |
| Abbildung 97 leichtgewichtiger Bezahlprozess.....   | 205 |
| Abbildung 98 Bezahlprozess im Zusammenspiel mit Auftragsabwicklungsprozess .....            | 206 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 99 Vertragsagent mit Zugriff auf mobuy Software und Software für automatisierte Anrufe (Call-Modul)..... | 207 |
| Abbildung 100 Virtuelle Kraftwerke in SESAM [RNDB04] .....   | 211 |
| Abbildung 101 BDI-Rechtsagent in SESAM.....  | 213 |
| Abbildung 102 Einstellung der individuellen Präferenzen.....   | 217 |
| Abbildung 103 Erfolgreicher Vertragsschluss GUI.....   | 220 |
| Abbildung 104 GUI Prüfergebnisse des Rechtsmediators.....  | 222 |
| Abbildung 105 Sequenzdiagramm mit Prozessschritten für die Evaluierung.....  | 225 |
| Abbildung 106 Marktontologie in SESAM .....  | 227 |
| Abbildung 107 Kapazitäten verschiedener Stromspeicher .....  | 236 |



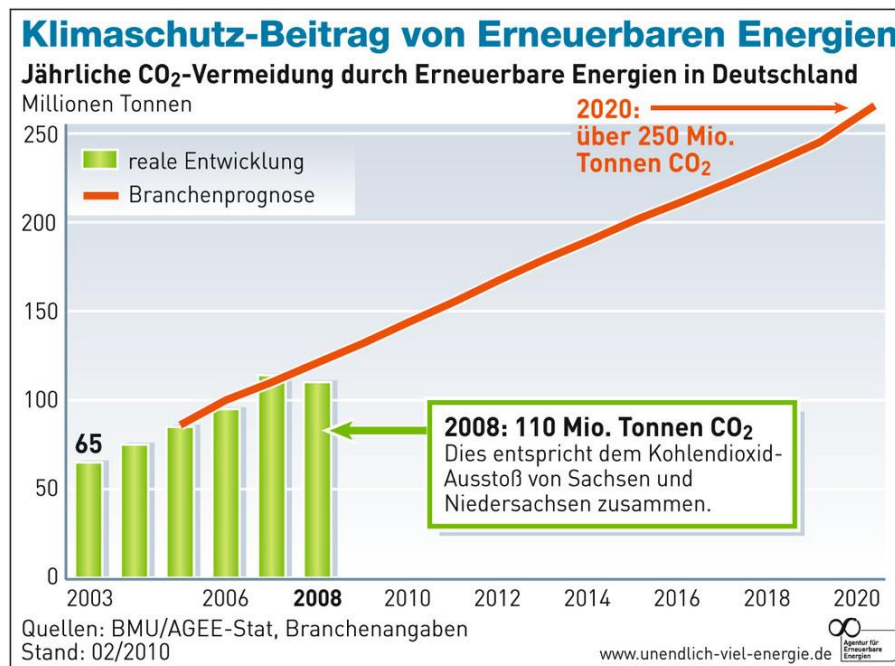
# 1 Einleitung

Derzeit ist es für einen nicht professionellen Verkäufer/Käufer nur schwierig möglich, Spot-Märkten, die mit verderblichen Gütern, Devisen, Wertpapieren oder mit nicht- bzw. schwer lagerfähigen Gütern handeln, beizutreten. Kurzfristig angebotene Artikel wie Lebensmittel, Blumen, Last-Minute Reisen, Flüge oder Strom werden zumeist an einer Warenbörse oder auf Auktionen verkauft. An einer Warenbörse und auch bei diesen spezialisierten Auktionen, ist es für einen durchschnittlichen Konsumenten kaum möglich, überhaupt teilnehmen und das Marktgeschehen einschätzen zu können und somit auch die für ihn beste Kaufentscheidung treffen zu können.

## 1.1 Motivation

Da der ökonomische Wert von Spotmärkten gerade in der Reduktion des Koordinationsaufwandes liegt und es durch die Schaffung einer hohen Markttransparenz zu entsprechend transparent ermittelten Marktpreisen kommt, wird eine kundenindividuelle Leistungserbringung ausgeschlossen. Die Anbieter haben keine Möglichkeit, zu ihren Kunden eine Beziehung aufzubauen, Marketing zu betreiben oder am Nutzungsprozess der Kunden mitzuwirken. [Leim12] Private Kunden verfolgen häufig neben einem kommerziellen Interesse auch persönliche Interessen, an einem Spot-Markt teilzunehmen.

Beispiel für einen Spotmarkt, an dem Kunden sowohl ein kommerzielles als auch ein persönliches Interesse haben, ist der Strommarkt. Im Zuge der Energiewende und den steigenden Energiepreisen, insbesondere Strompreise, ist das Interesse der Öffentlichkeit gestiegen, zum einen Kosten einzusparen und zum anderen alternative Energiequellen zu verwenden. Politisch ist vor allem auch eine Reduzierung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes gewünscht. Durch diese politische Unterstützung wachsen derzeit die Möglichkeiten einer Unterstützung bei der Erzeugung von erneuerbarer Energie und des Konsums erneuerbarer Energien. Eine Motivation ist ebenso das Potential an CO<sub>2</sub>-Einsparung. Diese wird im kommenden Jahrzehnt auf bis zu 250 Mio. Tonnen geschätzt. Beispielsweise konnte bereits 2008 durch den Einsatz von erneuerbaren Energiequellen ein Klimaschutzbeitrag geleistet werden, indem rund. 110 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart wurden. Daher ist es entscheidend, den Erzeuger und den Verbraucher von erneuerbarer Energie weiterhin zu unterstützen. (Abbildung 1)



**Abbildung 1 Klimaschutzbeitrag**

Die Erzeugung von erneuerbaren Energien, insbesondere Strom, ist gerade für Hausbesitzer eine Möglichkeit Kosten zu senken. Diese können einerseits selbst erzeugten Strom direkt selbst verbrauchen oder diesen andererseits auch gewinnbringend verkaufen. Auch bietet es sich an, diesen dezentral erzeugten Strom dezentral direkt vor Ort zu verbrauchen. Das bedeutet, dass der dezentral erzeugte Strom, um Spannungsverluste zu vermeiden, nicht über lange Wege zum Verbraucher durch das Stromnetz geleitet werden sollte.

Zu den typischen Herstellern und Konsumenten des dezentral erzeugten Stromes zählen allerdings Verbraucher, wie beispielsweise private Haushalte, kleine Firmen oder Handwerksbetriebe, die üblicherweise Laien in Bezug auf betriebswirtschaftliche und vertragsrechtliche Zusammenhänge sind. Daher muss den Herstellern und Konsumenten, nicht nur bei der Herstellung und beim Verbrauch von dezentral erzeugtem Strom eine Unterstützung angeboten werden, sondern auch in betriebswirtschaftlicher und vertragsrechtlicher Hinsicht.

## 1.2 Aktueller Handlungsbedarf

Nach diesen Aussagen der UN-Klimaforscher ist ein schnelles zielgerichtetes Handeln gefordert:

„Weltweit ist die Durchschnittstemperatur in den letzten 100 Jahren um etwa 0,74 Grad Celsius gestiegen, und die UN-Klimaforscher halten einen Temperaturanstieg weltweit um bis zu 6,4 Grad Celsius bis 2100 für möglich. Verheerende Folgen sind absehbar. Der Grund für die Erwärmung ist unsere moderne Lebensweise in der Industriegesellschaft. Die Verbrennung von Kohle, Gas und Öl, die Abholzung von Wäldern und die Massentierhaltung verursachen hohe Treibhausgasemissionen und belasten das Klima.“ [Gree13]

Aus diesem Grund ist es naheliegend, dass als Beispiel für einen Spotmarkt der Markt für dezentral erzeugten Strom gewählt wird. Um möglichst vielen privaten Haushalten/privaten Personen die Möglichkeit geben zu können, sich an solch einem Spotmarkt zu beteiligen, muss den aus betriebswirtschaftlicher und juristischer Sicht teilnehmenden Laien eine Lösung zur Unterstützung angeboten wird.

Der einzelne private Konsument soll technisch so unterstützt werden, dass er eine umfassende Unterstützung innerhalb eines Marktes zum Kauf und Verkauf erneuerbarer Energie, im speziellen von dezentral erzeugtem Strom, erhält. Somit können die privaten Konsumenten, jeder einzelne für sich, einen Beitrag leisten, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß herabsetzen zu können. Wünschenswert wäre, dass in der Summe gesehen, durch die Unterstützung kleiner privater Stromerzeuger ein messbarer Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung erreicht werden würde.

Langfristig kann so eine weitere Möglichkeit geschaffen werden, den Klimawandel zumindest zu verzögern, damit der weltweite Temperaturanstieg eventuell verringert werden kann. Vor allem kann auch die Bewusstseinsbildung der Konsumenten beeinflusst werden. Der Einzelne kann das Gefühl vermittelt bekommen, einen eigenen Beitrag zu leisten, indem er dezentral erzeugten Strom erzeugt, einkauft oder verkauft.“ [Acce13]

Um zielgerichtete Möglichkeiten im Bereich der privaten Haushalten und kleinen Betriebe aufzeigen zu können und um mögliche Unterstützungsmöglichkeiten gezielt anbieten zu können, werden im Folgenden nur die Herstellung/Verkauf und der Verbrauch/Kauf von *dezentral erzeugtem Strom* betrachtet.

Zunächst soll auf die Besonderheiten der Handelsware *Strom* eingegangen werden. Die Qualität der Ware Strom hängt nicht von der Herstellung ab. Daher ist Strom, der dezentral von einer Privatperson erzeugt wird, von der Qualität genauso wertig wie Strom, der im

klassischen Netz angeboten wird. Unterschiede bestehen nur im Spannungsniveau und in der Frequenz. Die Ware Strom ist ein fungibles Gut. Allerdings ist der Transport von Strom, wegen der Leitungsgebundenheit und der geringen Lagerfähigkeit, eine Herausforderung für den privaten Erzeuger. [GrVo02]

Die grundlegende Frage ist somit:

*„Wie können die privaten Marktteilnehmer (Laien in betriebswirtschaftlicher und rechtlicher Hinsicht) beim Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom unterstützt werden?“*

Um die grundlegende Frage „Wie können die privaten Marktteilnehmer (Laien) beim Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom unterstützt werden?“ in einem ersten Ansatz beantworten zu können, werden grundlegende Anforderungen an die Teilnahme in einem dynamischen Umfeldes eines Spot-Marktes aufgestellt.

Ein Spotmarkt ist sehr schnelllebig, daher ist eine *schnelle Reaktionszeit* der Marktteilnehmer gefordert. Diese schnelle Reaktionszeit kann unterstützt werden, indem die Vorgänge des Kaufs und des Verkaufs von Strom *automatisiert* vollzogen werden. Da ein Marktteilnehmer nicht jeder Zeit die Möglichkeit hat, sich am Marktgeschehen innerhalb eines Spotmarkt zu beteiligen, soll dieser von einem *Stellvertreter* vertreten werden können. Somit ergeben sich die folgenden Teilnahmeanforderungen für die Teilnahme privater Marktteilnehmer. Unterstützt werden müssen:

- *Schnelle Reaktionszeiten der Teilnehmer*
- *Automatisiertes Vorgehen beim Verkauf bzw. Kauf von Strom*
- *Benutzer wird im Spotmarkt durch einen Stellvertreter vertreten*

Bezogen auf diese Teilnahmeanforderungen ergeben sich die folgenden Zielsetzungen.

### **1.3 Zielsetzungen**

Diese Arbeit soll privaten Verkäufern und Käufern in einem Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom verschiedenartige *Unterstützungsmöglichkeiten* zur Verfügung stellen. Der private Verkäufer bzw. Käufer soll durch eine technische Unterstützung, auch ohne spezifisches Fachwissen, leicht und ohne großen Zeitaufwand am Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom teilnehmen können.



Statistisch ist die Bereitschaft, den Stromanbieter zu wechseln, gering. Daher sollte auch die Flexibilität, die verschiedenen Möglichkeiten des Strombezuges zu nutzen, durch eine technische Unterstützung der privaten Stromkonsumenten erhöht werden. Auch kann durch eine Vereinfachung der Absatzwege der Anteil an Privatpersonen bei der Herstellung bzw. beim Verbrauch von dezentral erzeugtem Strom gesteigert werden.

Langfristig gesehen kann dadurch ein Beitrag zur Nachhaltigkeit geleistet werden. Durch die erleichterte Teilnahme privater Käufer und Verkäufer und durch eine individuelle Gestaltung des Marktplatzes für den Kauf und Verkauf von dezentral erzeugtem Strom kann zusätzlich ein Beitrag geleistet werden, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern. Die Zielsetzung ist es, den Marktplatz durch technische Möglichkeiten der Modellierung benutzerspezifische Kriterien an den Kauf bzw. Verkauf von Strom, so individuell zu gestalten, dass für einen privaten Käufer und Verkäufer nicht nur der Preis entscheidend ist, sondern auch Kriterien, die dem Gedanken eines fairen Stromhandels vor Ort entsprechen.



## 2 Szenario

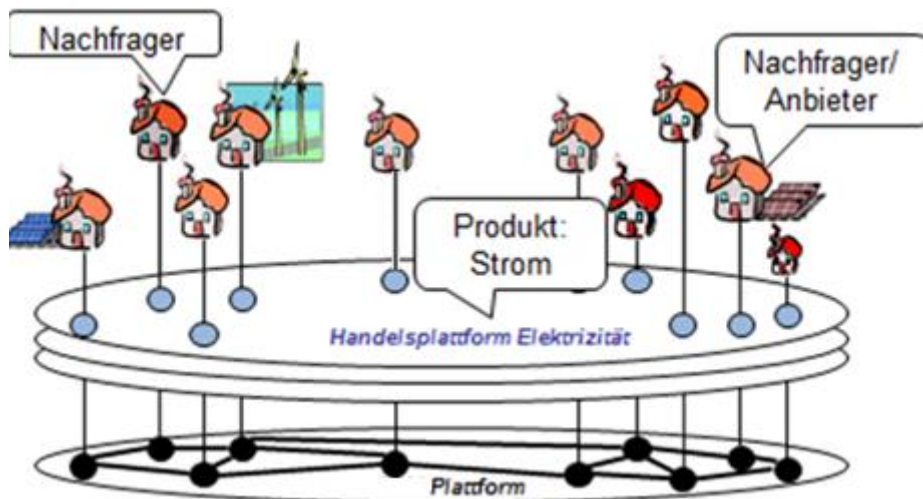
Nach einer Studie des VDE [VDE15] ist in den nächsten Jahren mit einem weiteren Wachstums des Stromerzeugungsanteils aus dezentralen Energiequellen zu rechnen. Hauptgründe dafür sind zum einen die Liberalisierung und Deregulierung der Energiemärkte, aber zum anderen auch der Wunsch nach Umwelt- und Ressourcenschonung. Auch stehen immer mehr neue und effizientere Technologien zur Verfügung um dezentral Strom erzeugen zu können. Der dezentral erzeugte Strom wird nach der Erzeugung nicht ins Hochspannungsnetz, sondern ins Niederspannungs- und Mittelspannungsnetz eingespeist. Dadurch können die Verluste beim Transport minimiert werden. Die dezentrale Stromversorgung ist somit eine lokale, verbrauchsnahe Versorgungsform. Als geeigneter Ansatz wird ein System mit den Komponenten Erzeugungssystem, Speichersystem, Netz und dem Verbraucher selbst gesehen. Gerade das Verhalten des Verbrauchers wirkt sich entscheidend auf den Erfolg solch eines Systems für die dezentrale Stromerzeugung und dessen Verbrauch aus. Beispielsweise kann der Verbraucher seine Elektrogeräte zeitvariabel einsetzen.

Damit sich aber so viele Haushalte wie nur möglich an der Erzeugung und dem Verbrauch von dezentral erzeugtem Strom beteiligen können, soll das grundlegende Szenario für die vorliegende Arbeit eine Spotmarkt-Handelsplattform für dezentral erzeugten Strom sein. In Abbildung 2 ist die Handelsplattform für einen Marktplatz für private Erzeuger und private Verbraucher von dezentral erzeugtem Strom dargestellt. Das Szenario ist an das Szenario des Forschungsprojektes SESAM<sup>1</sup> angelehnt, an dem die Verfasserin mitgearbeitet hat

Die Plattform ist als Peer to Peer (P2P) Plattform aufgebaut. Der P2P Ansatz ist bekannt von Musikausbörsen. Bei P2P Marktplätzen sind alle Teilnehmer gleichberechtigt. Diese Denkweise soll übernommen werden. Den teilnehmenden Haushalten/Privatpersonen soll eine Marktplattform zur Verfügung gestellt werden, ähnliche wie EBay, um ihnen die Möglichkeit zu geben, Strom herzustellen und zu verkaufen bzw. einzukaufen und zu verbrauchen.

---

<sup>1</sup> Selbstorganisation und Spontaneität in liberalisierten und harmonisierten Märkten; KIT Karlsruhe



**Abbildung 2 Handelsplattform Elektrizität**

Die Handelsplattform bietet eine Basis für einen Marktplatz für den Kauf und Verkauf von Strom. Dieser Plattform können private Nachfrager und private Anbieter, die dezentral erzeugten Strom verkaufen möchten, beitreten. Für kommerzielle Anbieter besteht die Möglichkeit der Teilnahme am EEX (European Energy Exchange) Spotmarkt, daher werden im vorliegenden Szenario nur die privaten Marktteilnehmer betrachtet, da diese einer technischen Unterstützung bedürfen.

Die Initiative, dezentral erzeugten Strom zu kaufen bzw. zu verkaufen, soll dabei vom potentiellen Käufer, aber auch vom potentiellen Verkäufer ausgehen können. Der Strom soll innerhalb der Handelsplattform so schnell wie an einem Spotmarkt gekauft oder verkauft werden können. Spotmärkte haben die Aufgabe, einen kurzfristigen Ausgleich von Versorgungslücken zu gewährleisten. Es sind meist regionale Märkte, da der notwendige Ausgleich kurzfristig erfolgen muss und somit eine schnelle Übertragung auf kurzen Wegen eine Grundvoraussetzung ist. Somit liegt der Ansatz eines Marktkonzeptes, die Handelsplattform als Spotmarkt zu konzipieren, nahe.

Zum einen sollen in der Plattform längerfristige Stromverträge abgeschlossen werden können, aber zum anderen sollen auch kurzfristige Stromverträge, um einen akut auftretenden aktuellen spontanen Bedarf decken zu können, abgeschlossen werden können. Auch sollen kurzfristige Stromverträge abgeschlossen werden können, um zu viel dezentral produzierten Strom spontan verkaufen zu können.

Derzeit besteht noch die Schwierigkeit, dass die Kosten für die Kommunikation und der Steuerung der Kooperation zwischen privaten Erzeugern und Verbrauchern sehr hoch sind, bzw. eine solche Kooperation gar nicht existiert. Daher soll in der vorliegenden Arbeit durch

eine automatische Unterstützung, unter Nutzung von informationstechnologischen Möglichkeiten, eine Verminderung dieser Hemmnisse eingeleitet werden. Im Speziellen soll in der Arbeit eine Marktplattform entwickelt werden, die Privatpersonen, die entweder dezentral Strom erzeugen oder dezentral erzeugten Strom einkaufen möchten, eine Möglichkeit des Verkaufs bzw. Kaufs anbietet. Dieser Handel sollte möglichst selbstorganisiert und spontan ablaufen können, um den Marktteilnehmer möglichst optimal unterstützen zu können. Denn eine Privatperson bzw. ein Privathaushalt, möchte zwar gerne die Möglichkeit zur Verfügung haben, dezentral erzeugten Strom zu verkaufen und zu kaufen, aber sie/er möchte sich nicht umfassend mit den technischen Umsetzungen beschäftigen.

Eine Anforderung an das System der Marktplattform ist auch, dass der Benutzer einfach und zeitnah, da Strom nicht gespeichert werden kann, einen Verkauf bzw. Einkauf vollziehen kann. Das Ziel ist es, durch die Umsetzung eines benutzerfreundlichen, automatisierbaren Geschäftsprozesses innerhalb der Marktplattform eine nachhaltige, ressourcenschonende Nutzung von Strom zu ermöglichen.

Dieses Szenario lässt sich auch durch die derzeitigen Forschungsaktivitäten motivieren. Ein aktuelles Ziel der Umweltpolitik ist die Förderung der dezentralen Energieversorgung. Im Rahmen verschiedener vom Bund oder der EU geförderten Projekte, wie SESAM, sollen Realisierungskonzepte entwickelt werden, um eine dezentrale Erzeugung von Strom, aber auch den dezentralen Verkauf von Strom zu fördern. Aus dieser Aufgabenstellung ergeben sich vielfältige Fragestellungen, beispielsweise im Bereich der Ökonomie, Informationstechnik und Recht. Einige dieser Fragestellungen werden in der vorliegenden Arbeit untersucht und beantwortet werden.



### 3 Anforderungen

Im Folgenden werden die Anforderungen an ein IT-Unterstützungssystem für einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom aufgestellt. Der ursprünglich aus dem Ölhandel stammende Begriff des Spotmarktes wird derzeit vor allem für Güter wie Wertpapiere, Devisen, Strom und Erdgas genutzt. Die augenscheinlich sich daraus ergebende Eigenschaft ist die gegenseitige kurze Erfüllungsfrist. Diese liegt üblicherweise bei einem Tag bzw. zwei Tagen am Wochenende. [Wies09]

Alle Marktteilnehmer, seien es Käufer oder Verkäufer, haben somit nur einen kurzen Zeitraum, um an einem solchen Spotmarkt teilzunehmen. Beim Gut Strom kommt noch hinzu, dass dieses nicht bzw. nur aufwendig gelagert werden kann. Daher kann für die Entwicklung der Anforderungen angenommen werden, dass eine Unterstützung des Marktteilnehmers notwendig ist. Der Fokus dieser Arbeit liegt darauf, den *privaten* Marktteilnehmer zu unterstützen, da dieser besonders unterstützenswürdig ist. Diese anzubietende Unterstützung legt den Einsatz von IT nahe. Der IT Einsatz scheint auch unumgänglich zu sein, wenn man die in Kapitel 1 aufgestellten Teilbereiche des aktuellen Handlungsbedarfes betrachtet. Die privaten Marktteilnehmer erzeugen den Strom, der dann automatisiert verkauft werden soll, entweder selbst dezentral oder die privaten Marktteilnehmer werden zu Verbrauchern des von Privatpersonen erzeugten Stroms. Wünschenswert ist somit ein Marktplatz, um den dezentral erzeugten Strom spontan zu handeln. Dafür dienen, als funktionierendes Beispiel, die bestehenden Spotmärkte für Strom im kommerziellen Bereich.

Um einen Spotmarkt für Strom auch privaten Marktteilnehmern zu öffnen, muss der Handel schnell und spontan ablaufen können. Dies legt eine Automatisierung in einer noch näher zu bestimmenden Art und Weise nahe. Vor allem ist eine sehr schnelle Reaktionszeit der einzelnen privaten Marktteilnehmer von Nöten, da der dezentral erzeugte Strom nicht oder nur schwierig gespeichert werden kann. Somit muss der dezentral erzeugte Strom direkt verkauft bzw. gekauft werden. Da als Grundlage für die Automatisierung ein schnelles und spontanes Handeln notwendig ist und dies für eine Privatperson im Alltag nicht rund um die Uhr 24 h möglich ist, sollte der Mensch durch einen Stellvertreter vertreten werden können. Außerdem soll der Marktplatz so gestaltet sein, dass ein verlässlicher Rahmen gegeben ist. Daher ist eine Art Rahmenvertrag wünschenswert.

Anforderungen, die sich aus der beschriebenen Situation ergeben sind:

- *Schnelle Reaktionszeiten der Teilnehmer*
- *Automatisiertes Vorgehen beim Kauf bzw. Verkauf von Strom*
- *Rahmenvertrag um an der Marktplattform teilnehmen zu können*
- *Benutzer wird im Spotmarkt durch einen Stellvertreter vertreten*

Auch ein privater Marktteilnehmer muss beim Kauf bzw. Verkauf von dezentral erzeugtem Strom einen Vertrag abschließen. Dieser Vertrag hat die gleiche rechtliche Wirkung wie ein Vertrag, der mit einem kommerziellen Energieerzeuger abgeschlossen wird. Daher ist die Unterstützung des privaten Marktteilnehmers beim *Vertragsschluss* eine weitere Anforderung an die technische Unterstützung. Da der private Marktteilnehmer gegebenenfalls seine individuellen Bedürfnisse bei der Auswahl eines Stromtarifs und auch beim Abschluss seines Stromliefervertrages mit einbringen möchte, ist eine weitere Anforderung, die Möglichkeit einer technischen Unterstützung für eine *Verhandlung über verschiedene benutzerspezifische Kriterien*. Darauf basierend muss die Frage beantwortet werden, welches *Verhandlungsprotokoll* dafür geeignet ist.

Daher werden die folgenden Anforderungen an eine technische Umsetzung der Unterstützung der privaten Marktteilnehmer gestellt.

- *Technische Unterstützung der Verhandlung benutzerspezifischer Kriterien. (Verhandlungsprotokoll)*

Da die privaten Marktteilnehmer üblicherweise Laien in betriebswirtschaftlicher und vor allem in rechtlicher Hinsicht sind, sollen diese beim Vertragsschluss in der Form unterstützt werden, dass vor dem Vertragsschluss an *juristisch relevanten Prozessschritten* eine *umfassende Rechtssicherheit* gewährt werden kann. Für private Marktteilnehmer ist es außerdem auch wichtig, nachvollziehen zu können, wie sich der *Preis* beim Kauf bzw. Verkauf von dezentral erzeugtem Strom zusammensetzt und wie die *Bezahlung* abgewickelt werden kann.

Daher sind als weitere Anforderungen, die technische Unterstützung des privaten Marktteilnehmers in den Bereichen gefragt, in denen Privatpersonen üblicherweise keine Experten sondern Laien sind. Somit muss ein

- *Rechtssicherer Vertragsschluss und ein*
- *Leichtgewichtiges Bezahlmodell*

zur Verfügung gestellt werden.



Um den Marktteilnehmer besser unterstützen zu können und um den individuellen Belangen gerecht zu werden, soll zusätzlich noch die Möglichkeit geschaffen werden, dass die technische Unterstützung auch eine *Verhandlung* umfasst. Diese Verhandlung soll die verschiedensten *benutzerspezifischen Kriterien* umfassen können. Somit ist eine weitere Anforderung an die technische Unterstützung des privaten Marktteilnehmers:

- *Umsetzung einer multikriteriellen Verhandlung.*

Beispiele für mögliche individuelle benutzerspezifische Kriterien können sein:

- Kündigungsfrist, Vertragslaufzeit
- Ökostromanteil

Zusammenfassend haben somit die potentiellen privaten Marktteilnehmer, in der Annahme, dass diese betriebswirtschaftliche und rechtliche Laien sind, die folgenden Anforderungen an eine Umsetzung:

*Prämisse:*

- *Automatisiertes Vorgehen beim Kauf bzw. Verkauf von Strom*

*Nichtfunktionale Anforderungen:*

- *A1: Schnelle Reaktionszeiten der Teilnehmer*
- *A2: Rahmenvertrag um an der Marktplattform teilnehmen zu können*

*Funktionale Anforderungen:*

- *A3: Benutzer wird im Spotmarkt durch einen Stellvertreter vertreten*
- *A4: Technische Unterstützung der Verhandlung benutzerspezifischer Kriterien. (Verhandlungsmodell)*
- *A5: Umsetzung einer multikriteriellen Verhandlung*
- *A6: Rechtssicherer Vertragsschluss*
- *A7: Leichtgewichtiges Bezahlmodell (Lastschriftverfahren)*

Zusammenfassend bedeutet dies für die privaten Marktteilnehmer, dass die Schwellen der Teilnahme an einem Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom möglichst niedrig sein sollen.



## 4 Stand des Wissens

In diesem Kapitel wird der Wissenstand in Bezug auf die aktuellen großen Stromanbieter beschrieben.

Die European Energy Exchange (EEX) mit Sitz in Leipzig entstand im Jahr 2002 durch die Fusion der deutschen Strombörsen Frankfurt und Leipzig. Seitdem hat sie sich von einer reinen Strombörse hin zu einem führenden Handelsplatz für Energie und energienahe Produkte mit internationalen Partnerschaften entwickelt. Vier Jahre später erfolgte die Gründung eines Clearinghauses. Um die Position der EEX zu stärken, wurden die Clearingaktivitäten 2006 in die Tochtergesellschaft European Commodity Clearing (ECC) überführt. Heute ist die ECC mit sechs Partnerbörsen das führende Clearinghaus für Energie und energienahe Produkte in Europa. Im Jahre 2008 erfolgte die Integration der Strommärkte. 2008 starteten EEX und Powernext eine enge Zusammenarbeit im Stromhandel. Im Rahmen dieser Kooperation legten beide Partner ihre Strom Spot- und Terminmärkte zusammen. Die EEX hält 50% an der gemeinsamen Gesellschaft EPEX SPOT, die den Spotmarkt für Deutschland, Frankreich, Österreich und die Schweiz betreibt. Der Strom-Terminmarkt für Deutschland und Frankreich wird von der EEX-Tochtergesellschaft EEX Power Derivatives betrieben.

Die Entwicklung der Gasmärkte erfolgte parallel. Im Jahr 2007 startete die EEX den börslichen Erdgashandel in Deutschland. Sie betreibt einen Spot- und Terminmarkt für die deutschen Marktgebiete GASPOOL und NetConnect Germany (NCG) sowie einen Spotmarkt für das niederländische Marktgebiet TTF. Mit der 2012 erfolgten Ausgliederung der Gasmärkte in die Tochtergesellschaft EGEX - European Gas Exchange ebnet die EEX den Weg auch für Kooperationen im Gashandel. Desweiteren verfügt die EEX über verschiedene Beteiligungen. Die EEX hält 20 Prozent an der EMCC GmbH (European Market Coupling Company), einer Gesellschaft, die das Engpassmanagement an der deutsch-dänischen Grenze durchführt. Weiterhin ist die EEX an der store-x GmbH (Storage Capacity Exchange), einer Onlineplattform für den Sekundärhandel mit Speicherkapazitäten für Erdgas sowie an der PRISMA European Capacity Platform GmbH, einer Onlineplattform für Erdgas-Transportkapazitäten beteiligt. (EEX, 2013)

An der European Energy Exchange (EEX) wird das Gut Strom wie an einer Börse gehandelt. Die EEX ist in einen Spotmarkt und in einen Terminmarkt unterteilt. Dem

Spotmarkt wiederum liegen ein Auktionshandel und ein Intraday-Handel zugrunde. Bis heute ist die Teilnahme für Privatpersonen an diesem Strommarkt mit tagesaktuellen, stundenaktuellen Preisen nicht möglich.

Des Weiteren stehen privaten Anbietern und Nachfragern bis heute keinerlei IT-unterstützte Spotmärkte im Bereich Strom zur Verfügung. Der derzeitige Entwicklungsstand sieht wie folgt aus.

## **4.1 Netzentwicklung**

Nach EnBW wird die Weiterentwicklung des Stromnetzes in den folgenden Stufen erfolgen:

- Netzentwicklung für ein zukunftsfähiges Netz:

Nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima in Japan im März 2011 wurde von der Regierung beschlossen, die teilweise bereits beschlossene Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraftwerke durch eine Novellierung des „Atomgesetzes“ wieder rückgängig zu machen. In der Novellierung ist festgelegt, dass alle Kernkraftwerke in Deutschland bis 2022 schrittweise abgeschaltet werden. Im Gegenzug soll der Anteil an erneuerbaren Energien deutlich gesteigert werden: bis 2020 soll 30% der Stromversorgung aus regenerativen Energiequellen kommen und 80% des gesamten Stromverbrauchs soll bis 2060 aus erneuerbaren Quellen kommen. Schwerpunkt liegt dabei auf den Offshore-Windenergieanlagen in der Nordsee. Allerdings benötigt man, um den Strom aus windintensiven Gebieten (Norddeutschland) in die Verbrauchszentren nach Mittel- und Süddeutschland zu transportieren ein leistungsfähiges, sicheres und stabiles Übertragungsnetz.

Diese Netzentwicklung wird, gemäß der Grundsätze für die Planung des deutschen Übertragungsnetzes, gemeinsam von allen vier deutschen Stromanbietern in kooperativer Zusammenarbeit vorgenommen werden. Vor allem der neue Netzentwicklungsplan (NEP) bildet einen wesentlichen Baustein davon. Ziel des NEP ist es, auch die Bevölkerung miteinzubinden und Transparenz zu schaffen. Auch sollte die Bevölkerung für den Netzausbau sensibilisiert werden um damit auch die Akzeptanz für die notwendigen Netzausbaumaßnahmen zu schaffen, so dass dieser zügig und rechtzeitig fertiggestellt werden kann.

- Netzentwicklungsplan (NEP)

Jährlich wird von den vier großen Energieerzeugern ein gemeinsamer NEP entwickelt. Der NEP enthält alle wirksamen Maßnahmen zur bedarfsgerechten Optimierung, Verstärkung und zum Ausbau des Netzes, die in den nächsten zehn Jahren für einen sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb erforderlich sind.

Parallel wird von der Bundesnetzagentur ein Umweltbericht verfasst. Der NEP und der Umweltbericht fließen in den Entwurf des Bundesbedarfsplans ein. Dieser hat nach der Verabschiedung durch den Gesetzgeber den Rang eines Bundesgesetzes. Zusätzlich wurde zur Beschleunigung des Netzausbaus das Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) verabschiedet.

- Netzentwicklung im Wandel

Bisher, vor der Liberalisierung, orientierte sich die Netzentwicklung hauptsächlich an der Lastentwicklung. Dafür wurden die notwendigen Kraftwerke verbrauchsorientiert in der Nähe von Lastzentren errichtet. So optimierte man den Energiemarkt in der jeweiligen Regelzone. Heute ist es umgekehrt, heute folgt das Netz dem Kraftwerk. Außerdem werden inzwischen primär Kraftwerke, die mit Erneuerbare Energien betrieben werden, eingesetzt. Damit können Treibhausgase vermieden werden. Besonders ergiebige Windenergieanlagen liegen derzeit an den Küstenbereichen der Nord- und Ostsee. Dadurch verlängern sich allerdings die Transportwege trotz gleicher Last. Sogar Europaweit wird der Kraftwerkseinsatz optimiert, um den Kunden möglichst günstig Energie bereitstellen zu können.

- Rückgrat der Energieversorgung

Alle großen europäischen Kraftwerke sind an das europäische Übertragungsnetz 380/220 kV angeschlossen. Dieses wird gemeinsam von 42 Netzbetreibern betrieben. Dieses Netz verzeichnet Energieflüsse von den Kraftwerken zu den Verbrauchern. Darüber hinaus ist es zentral in Europa gelegen und verfügt über 38 Verbundübergabestellen.

- Netz und Markt

Aus dem Zusammenspiel von Europäischem Markt, Kraftwerkseinsatz und Kundenlast ergeben sich die zu erwartenden Handelsflüsse. Netzmodelle bauen auf diesen Ergebnissen der Marktmodelle und Prognose der Handelsflüsse auf und weisen den zusätzlich notwendigen Netzausbaubedarf aus.

- Umsetzung der Energiepolitik

Auf deutscher und europäischer Ebene werden die energiepolitischen Klimaschutzziele der EU anhand des Konzeptes 20/20/20 in Einklang gebracht und auf die europäischen Übertragungsnetze angewandt. Die Zahlen stehen für 20 % Verminderung der Treibhausgase, 20 % Steigerung der Energieeffizienz und 20 % Anteil erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020. [IEKK14]

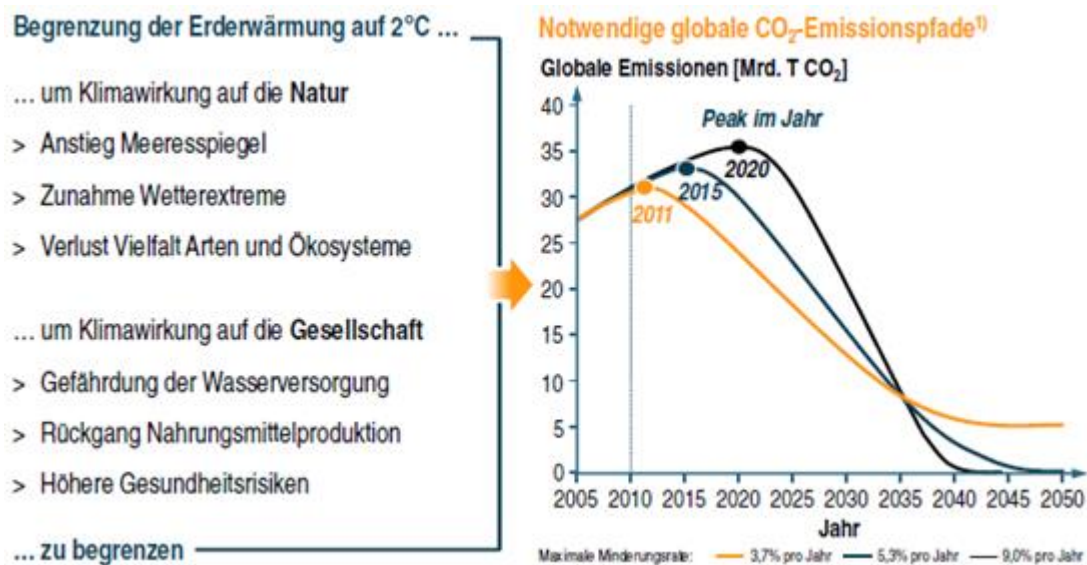
## 4.2 Der Umbau des Energiesystems und der dezentralen Energieerzeugung

Von der Unternehmensberatung Roland Berger wurde im Auftrag der Bundesregierung eine Studie über den Umbau des Energiesystems und zu dezentraler Energieerzeugung erstellt. Die Treiber, Ziele und Herausforderungen des Umbaus des Energie-Systems werden umfassend dargestellt. Treiber sind die als unumkehrbar geltenden Megatrends Klimawandel, Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum und Mobilitätsbedarf: Die Anwendung von Umwelttechnik kann helfen, die Auswirkungen abzumildern oder zu beseitigen. Exemplarische Handlungsfelder sind die Reduktion der CO<sub>2</sub> Emission, die Vermeidung und Verwertung von Abfällen und Reststoffen, die Reduktion des Rohstoffbedarfs und das Ausfindig machen von Substituten und die Entwicklung eines intelligenten Mobilitätskonzeptes. (Abbildung 3)



Abbildung 3 Megatrends, Auswirkungen, Handlungsfelder [Berg12]

Beispielsweise muss versucht werden, den Klimawandel aufzuhalten. Bis zum Jahre 2050 soll das Ende der fossilen Energieträger angestrebt werden, um somit eine maximale Erderwärmung um höchstens 2 Grad Celsius einzuhalten. (Abbildung 4)



**Abbildung 4 Begrenzung der Erderwärmung [Berg12]**

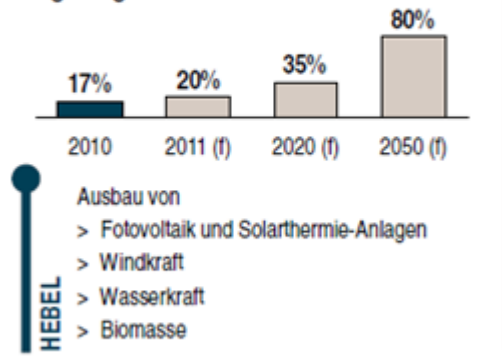
Aufgrund verschiedenster Initiativen und der Angebotsverknappung durch den frühzeitigen Atomausstieg könnten die Strompreise bis zum Jahre 2050 um bis zu knapp 70% steigen. Auch der notwendige Ausbau von Stromnetzen, die für die Entwicklung Erneuerbarer Energie benötigt werden, treibt den Strompreis zusätzlich in die Höhe. In Zukunft fallen ebenfalls deutlich höhere Kosten für Brennstoffe an. Diese werden die Energieversorger ihren Kunden in Rechnung stellen. Auch werden weitere Kostensteigerungen durch die EEG-Umlage erwartet.

Somit ist die Zielsetzung der Bundesregierung, dass ein Ausbau der Erneuerbaren Energien und ein Senkung des Stromverbrauchs durch Energieeffizienz umgesetzt werden soll. (Abbildung 5)

## Deutschland: Zielsetzung der Bundesregierung

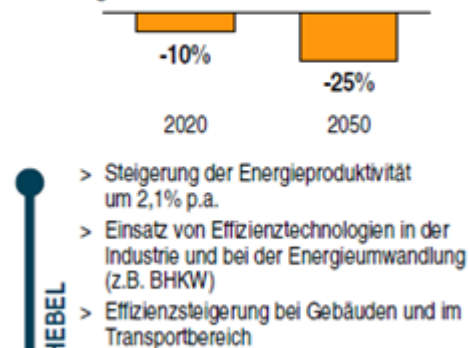
## Energieerzeugung

## Steigerung Anteil der EE am Stromverbrauch



## Energiebedarf

## Senkung Stromverbrauch

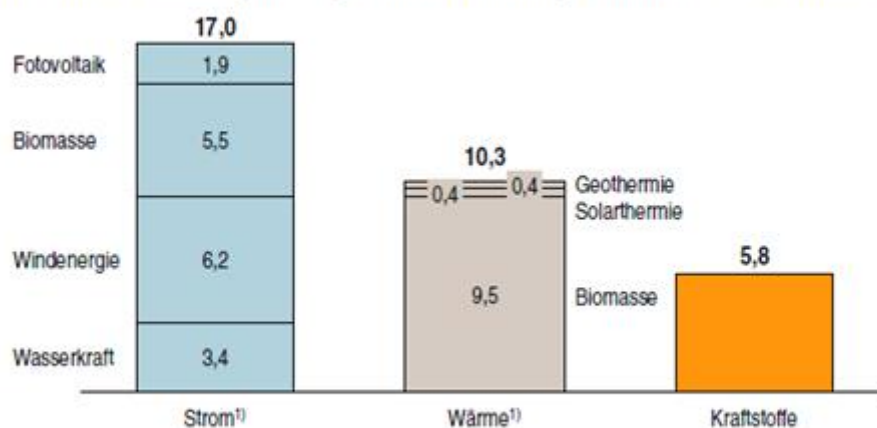


Senkung CO<sub>2</sub> um 80-95% in 2050 ggü. 1990

Abbildung 5 Zielsetzung der Bundesregierung [Berg12]

Nach der Studie, sind die Anteile der Arten der Erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch 2010 in Deutschland wie folgt verteilt gewesen. Wasserkraft 3,4 %, Windenergie 6,2 %, Biomasse 5,5 % und Fotovoltaik 1,9 %. Insgesamt ist der Anteil der Stromerzeugung durch erneuerbare Energie bei 17 %. (Abbildung 6)

## Anteil Erneuerbare Energien am gesamten Endenergieverbrauch 2010 in Deutschland [%]



1) Biomasse: Fest und flüssige Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, biogener Anteil des Abfalls; aufgrund geringer Strommengen ist die Tiefengeothermie nicht dargestellt; Abweichung in den Summen durch Rundungen

Abbildung 6 Anteil erneuerbarer Energie [Berg12]



Das konventionelle Netz, auch als „Grid“ bezeichnet, ist das derzeit vorhandene Übertragungsnetz für Strom. Das sogenannte „Smart Grid“ ist die Erweiterung des Grids durch informations- und regeltechnische Erweiterungen. Dadurch kann beispielsweise nach der Bundesnetzagentur eine bessere Ausnutzung der konventionellen Netzinfrastruktur erzielt werden, indem eine Kombination von dezentralen Erzeugerstrukturen und intelligenten Verbrauchern erfolgt. Es lassen sich zum Beispiel Kapazitäten und Flussrichtungen über einzelne Leitungsabschnitte ändern. Die sogenannten „Smart Markets“ sind der Bereich außerhalb des Netzes, in dem Energiemengen und dazugehörige Dienstleistungen gehandelt werden können. (Abbildung 7)

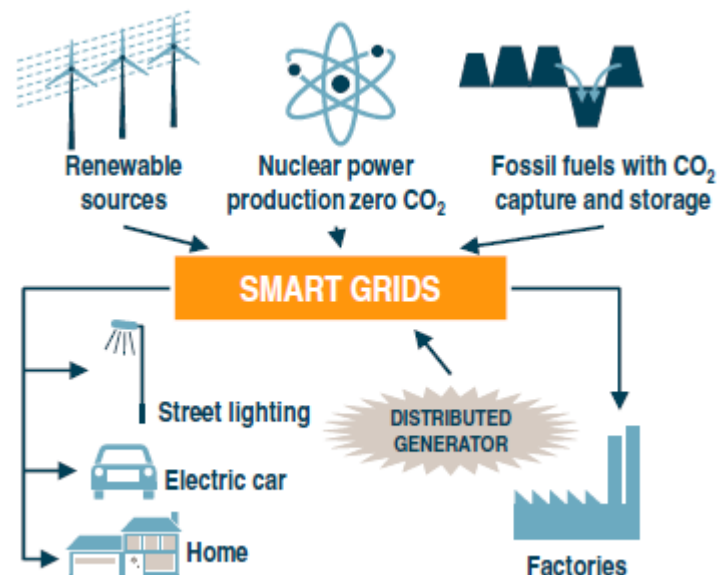


Abbildung 7 Smart Grids [Berg12]

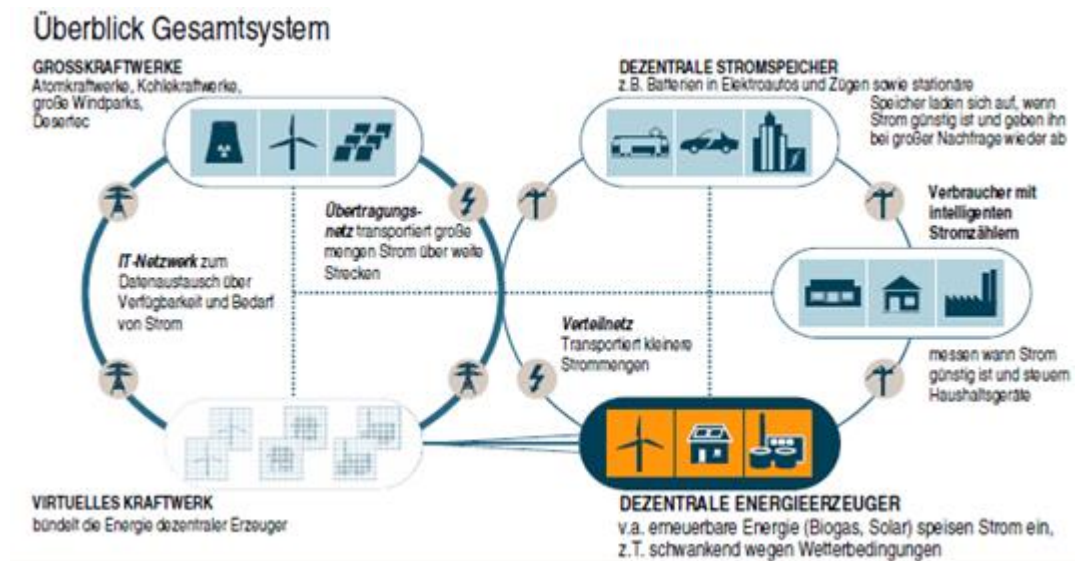
Derzeit werden verschiedene Arbeiten durchgeführt, um einen Smart Market zur Umsetzung eines Smart Grids umzusetzen. Dies ist eine konsequente Fortsetzung der Liberalisierung und Regulierung des Monopolbereiches „Netz“. Für diese Fortsetzung sind innovative Märkte, eben Smart Markets, gefordert. Einer der Leitgedanken dabei sind, die Ansätze aus den E-Energy-Modellregionen. Für die Modellregionen werden Marktplätze entworfen, die sowohl Energiemengen als auch Dienstleistungen handeln. Bei einer drohenden Netzüberlastung können dann beispielweise mögliche Verbrauchsreduktionen

zur Netzstabilisierung verhandelt werden. Die Entwicklungen haben den Fokus auf den Übergang von „Demand Side Management“ zu „Demand Response“.

Ein weiterer Leitgedanke ist der Einsatz von sogenannten „Smart Metern“. Diese sind Messpunkte im Netz, die zur Grundlage für die Belieferung und Abrechnung mit dienen. Der Einsatz von Smart Meter soll in Zukunft die Grundlage für variable Tarife und ein energieeffizientes und energieeinsparendes Verhalten legen.

Durch die evolutionäre Weiterentwicklung des Übertragungsnetzes ist der Umbau zu einem Smart Grid nicht von heute auf morgen zu vollziehen. Die ca. 850 Netzbetreiber in Deutschland bauen zunächst schwerpunktmäßig die sowieso zu modernisierenden Netze aus.

Derzeit ist es nicht möglich, die Erzeugung dezentralen Stromes dem Verbrauch anzupassen. Bisher geht die Produktionsmenge im „Rauschen“ unter. Zudem existieren erst perspektivische Ansätze, diese erneuerbaren Energien in den bestehenden Markt zu integrieren. Die Bundesnetzagentur stellt allerdings die These auf, dass die dezentrale Sicht sich in Zukunft als Antwort auf die sich ändernde Energieversorgung durchsetzen wird. Durch die Weiterentwicklungen des Smart Grids und des Smart Markets werden die Verbundsysteme weniger genutzt werden. Allerdings darf auf der anderen Seite die Möglichkeit des bundesweiten Lieferantenwechsels nicht eingeschränkt werden. Trotzdem wird die Dezentrale Energieerzeugung auch von der Bundesregierung als tragendes Element im Energiesystem der Zukunft gesehen. (Abbildung 8)



**Abbildung 8 Überblick Gesamtsystem [Berg12]**

Der Zellenansatz bringt den Vorteil, dass weniger Transportverluste auftreten, da Erzeuger und Verbraucher näher beieinander liegen. Dies wird auch als Beitrag zur Versorgungssicherheit gesehen. Die Bundesnetzagentur fördert die Entstehung von Energiemarktplätzen der Zukunft. Diesen liegt der erzeugungsorientierte Verbrauch zugrunde. Dabei sollen die entstehenden regionalen Marktplätze nicht die räumlichen Grenzen des Verteilernetzes bilden. Auch müssen nicht mehr zwingend die Netzbetreiber die Betreiber von zentralen Marktplattformen sein. Die Entwicklungen gehen dahin, dass auch Beteiligte aus der Branche der Telekommunikation und Informationstechnik Plattformen entwickeln werden. Dafür sollen, durch die Bundesnetzagentur unterstützt, faire und diskriminierungsfreie Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Nach Thesen der Bundesnetzagentur soll der Verbraucher eingebunden werden. Der Verbraucher soll flexibler in seinem Abnahmeverhalten werden, um einen flexibleren angebotsgerechten Verbrauch zu erreichen. Dafür müssen die Plattformen transparent gestaltet sein. Die Komplexität der Abläufe muss für den Endkunden verständlich gemacht werden können.

Grundvoraussetzung ist dafür allerdings, nach der Bundesnetzagentur, dass der Endverbraucher ein aktiver Marktteilnehmer ist, der aufgeschlossen ist und auch den Willen hat, technische und zeitliche Möglichkeiten zur Teilnahme auszuschöpfen. Dem Endverbraucher müssen dafür einfache Strukturen zur Verfügung gestellt werden. Aktuelle Projekte beschäftigen sich, in diesem Zusammenhang, vor allem mit dem Energiemanagement. Dies wird unter dem Schlagwort „Smart Home“ zusammengefasst.

Beispielsweise können automatisierte Haushaltsgeräte selbständig auf Preissignale reagieren. Diese Projekte sind als Dienstleistungsprojekte für den Endkunden einzustufen. Derzeit befindet sich der Markt für den Haushaltskunden am Anfang der Entwicklung. Vor allem auch da die Hausinstallationen oft einen jahrzehntealten Stand der Gerätetechnik haben.

Unter dem Schlagwort „Smart Metering“ wird der Prozess der Ermittlung, Übertragung und Auswertung von Messdaten zusammengefasst. Diese Messdaten sollen dann in einer sogenannten „Datendrehscheibe“, also eine Metaebene für die Daten, den Beteiligten zur Verfügung stehen. Grundzüge für diese Datendrehscheibe werden durch die Bundesnetzagentur vorgegeben. Teil der Datendrehscheibe soll ein „Energieinformationsnetz“ werden, damit zur Erstellung von Prognosemodellen realitätsnahe Daten der Einspeisung und der Last zur Verfügung stehen. [bund11]

Unter dem Begriff „Smart Micro Grids“ wird die Koordination dezentralisierter Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchstechnik im Gebäude zusammengefasst. Koordiniert werden regenerative, konventionelle dezentrale Erzeugungstechnik und Speichereinrichtungen mit Geräten des Smart Home (Weiße Ware bis Gebäudetechnik). Der Verbraucher kontrolliert über geeignete IKT-Struktur diese Smart Micro Grid. (Abbildung 9)

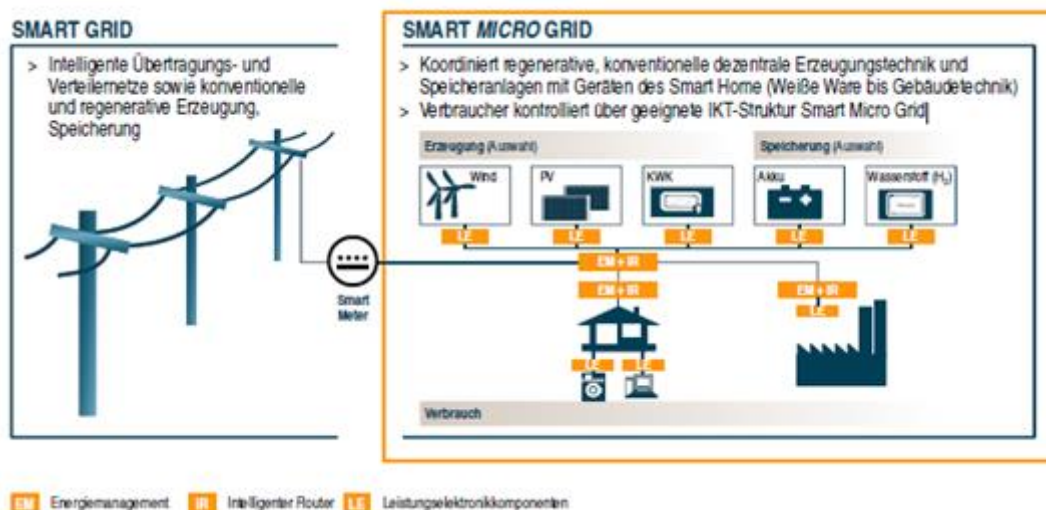


Abbildung 9 Smart Grid und Smart Micro Grid [Berg12]

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Fokus der Förderungen und somit der Forschungsprojekte im Bereich der Optimierung des Verbrauchsverhaltens liegt. Dafür

werden die digitalen Stromzähler (Smart Metering) weiterentwickelt und für eine intelligente Verbrauchssteuerung eingesetzt. Ein weiterer Schwerpunkt der aktuellen Forschungen liegt im Bereich der Minimierung von CO<sub>2</sub> Emissionen. [Eene12]

Allerdings gibt es keine Bestrebungen, den Bereich des Vertriebs von dezentral erzeugtem Strom zu unterstützen. Bisher kann der von Privatpersonen erzeugte Strom „nur“ gegen Bezahlung durch den Netzbetreiber ins Netz eingespeist werden.

Nun müssen die Möglichkeiten einer technischen Unterstützung betrachtet werden. Zur Umsetzung bietet sich für den Bereich dezentral erzeugter Strom der Einsatz der Agententechnologie an. In anderen Domänen sind mit dem Einsatz von Agenten sehr gute Ergebnisse erzielt worden. Beispielsweise im Bereich Gebäudemanagement oder auch in der Automobilindustrie. Am Beispiel des Forschungsprojektes OVID<sup>2</sup> können die möglichen Potentiale abgeschätzt werden. In diesem Projekt wurde betrachtet, welche neuen Geschäftsmodelle sich dadurch ergeben, wenn Durchfahrten gesteuert durch einen Agenten zur Auktion bereitgestellt werden. [BeMS05] Solche Ergebnisse sollen zukünftig möglichst auf weitere Domänen übertragen werden können.

Zur Unterstützung des privaten Konsumenten und privaten Erzeugers sollen auf Grund der guten Erfahrungen in anderen Anwendungsbereichen Softwareagenten eingesetzt werden. Denn es wird ein Mechanismus benötigt, der zum einen über die notwendige Intelligenz und Wissen verfügt, und zum anderen als Assistent des Benutzers agieren kann. Durch den Einsatz von Softwareagenten kann das Handeln der Marktteilnehmer ins Netz verlegt werden, so dass die Schnellebigkeit des Strommarktes adäquat in einen Internetmarktplatz abgebildet werden kann. Während der Terminmarkt innerhalb des Strommarktes zur langfristigen Absicherung von Erzeugung und Bedarf dient, wird ein Spotmarkt für Strom dazu genutzt, das Erzeugungs- oder Absatz-/Verbrauchsportfolio, in der Regel für den nächsten Tag, zu optimieren. Die Haupteigenschaft eines Spotmarktes für Strom ist die systematische Periodizität auf Tagesbasis. [EEX14]

Genau diese Herangehensweise innerhalb eines Spotmarktes für Strom soll die Grundlage für einen zu entwerfenden Marktplatz sein. Der Strom wird mit aktuellen Stundenpreisen, unter der Beachtung der Saisonalität, zum Verkauf angeboten. [Kern06] Somit bieten gerade Softwareagenten eine umfassende Unterstützung in einem schnelllebigen und volatilen Markt, wie es der Strommarkt ist, an.

---

<sup>2</sup> Das Verbundprojekt OVID befasst sich mit der "Stärkung der Selbstorganisationsfähigkeit im Verkehr durch I+K-gestützte Dienste" und basiert auf einer Agentenplattform.

Nach Eymann [Eyma02] sind Softwareagenten „digitale Geschäftsagenten“, die personalisiert und autonom im Auftrag ihres Benutzers wirtschaftliche Handlungen unterstützen oder diese selbständig durchführen. Solche digitalen Geschäftsagenten assistieren dem menschlichen Käufer und Verkäufer auf einem elektronischen Markt. Der Softwareagent kann somit auch als vollständiger „Stellvertreter“ für den Menschen agieren. Damit können ökonomische Transaktionen vereinfacht und die Transaktionskosten gesenkt werden. Auch ein schnelleres flexibles Reagieren auf veränderte Marktbedingungen, ist leichter möglich.

Durch die Verwendung von Softwareagenten, als Stellvertreter für den menschlichen Marktteilnehmer an einem Spotmarkt für Strom, soll erreicht werden, dass der Strommarkt ein attraktiverer Markt für Privatverbraucher als derzeit wird. Im Moment ist es leider noch so, dass die Wechselbereitschaft der Kunden, einen anderen Stromanbieter zu nehmen, sehr gering ist. Die Wechselrate liegt bei privaten Haushalten derzeit bei 4%. In anderen Domänen hingegen ist die Bereitschaft, den Anbieter zu wechseln, viel größer, z.B. bei Telefonanbietern oder bei Anbietern von DSL Anschlüssen. Dort ist es durchaus üblich, für ein Telefonat einen Anbieter bzw. eine günstige Vorwahl, gegebenenfalls im Internet, herauszusuchen.

Im Strommarkt ist das Sparpotential für Privatkunden allerdings bei weitem größer, vor allem auch im Hinblick auf die zusätzlichen neuen Möglichkeiten für Privatperson. Diese können selbst zum Anbieter für Strom zu werden und somit zusätzlich zu Ausgaben auch Erträge erzielen.

Somit wird die Hypothese aufgestellt, dass die Agententechnologie geeignet ist, um die Beantwortung der Fragestellung „*Wie können die privaten Marktteilnehmer (Laien) beim Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom unterstützt werden?*“ unterstützen zu können. Softwareagenten, im speziellen Multi-Agenten-Systeme (MAS), werden verwendet, um eine konzeptionelle Lösung für die privaten Marktteilnehmer möglichst individuell und benutzerfreundlich umsetzen zu können. Es wird vorausgesetzt, dass die MAS über die notwendige Intelligenz und das notwendige Wissen verfügen, um als Assistent bzw. Vertreter des Benutzers zu agieren.

Bisher existieren zum einen „Primitivagenten“, um den privaten Benutzer beispielsweise beim Bieten bei EBay zu unterstützen. Zum anderen wird die Agententechnologie beispielsweise auch für die virtuelle Beratung und Betreuung von Kunden eingesetzt. Diese „Online-Assistents“, web-Agenten“, Shoppingbots“ oder „Chatterbots“ können den Kunden

z.B. bei der Suche nach einem bestimmten Produkt helfen oder auch ein preisgünstiges Angebot heraussuchen. Die „Online-Assistenten“ können auch als Avatare agieren. Ein vollständiger Kauf bzw. Verkauf einer Ware kann allerdings bisher nicht abgewickelt werden. Daher besteht aktuell ein großer Handlungsbedarf, den Marktteilnehmer bei der Teilnahme an einem Marktplatz/Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom, mit Hilfe des Einsatzes der Agententechnologie, zu unterstützen.





## 5 Geschäftsmodell für einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom

In diesem Kapitel wird ein Geschäftsmodell für einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom entworfen. Innerhalb dieses Spotmarkts sollen private Marktteilnehmer als Stromverkäufer und auch als Stromeinkäufer agieren können.

### 5.1 Grundlagen: Geschäftsmodell

Produkte, wie beispielsweise Strom, die an einem Spotmarkt gehandelt werden, können bisher nur an einem Day-Ahead-Markt gehandelt werden. Beim Verkauf von Strom auf einem Spotmarkt ist derzeit die kleinste handelbare Stromeinheit die Leistung für eine Stunde. Allerdings muss der Strombedarf am bestehenden kommerziellen Spotmarkt EEX einen Tag vorher bis 14.30 Uhr, eingekauft werden. Zudem ist eine Teilnahme an der EEX für private Anbieter und Käufer von Strom bisher nicht möglich. Daher kommt das bestehende Modell eines Spotmarktes, wie der Spotmarkt der EEX, nicht in Frage, die beschriebenen Anforderungen zu lösen. Trotzdem besteht auch bei Privatpersonen der Wunsch, zum einen *Überproduktionen* von dezentral erzeugtem Strom zu verkaufen und den *eigenen Bedarf* an Strom durch den Einkauf von dezentral erzeugtem Strom *zeitnah* decken zu können. Derzeit sind gerade solche Bedarfe der Motor für die Entwicklung neuer Geschäftsprozesse, innerhalb derer Privatpersonen zu Erzeugern werden können und auch Privatpersonen direkt ohne einen kommerziellen Zwischenhändler Strom kaufen können.

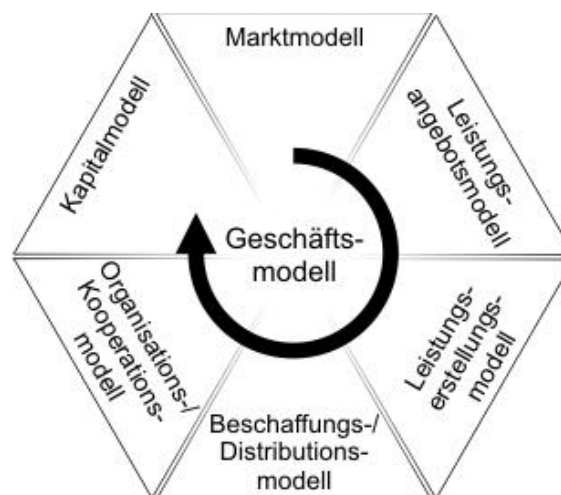
Daher wird zunächst in diesem Kapitel ein Geschäftsmodell für den Verkauf bzw. Kauf von dezentral erzeugtem Strom entworfen. Dieses Geschäftsmodell muss es ermöglichen, dass die stattfindenden Prozesse des Verkaufs und des Kaufs von dezentral erzeugtem Strom in einem Spotmarkt für Strom abgebildet werden können. Das Geschäftsmodell muss ebenso einen Vertragsschluss ermöglichen und sollte die Möglichkeit einer Verhandlung über Vertragsinhalte zur Verfügung stellen. Zum Abschluss des Prozesses sollten die Bezahlung und die Lieferung des Stromes stehen.

Nach [Gers08] bezeichnet der Begriff „Geschäftsmodell“ allgemein-typisierend die Darstellung des betrieblichen Produktions- und Leistungssystems einer Unternehmung oder einer Kooperations-/ Anbietergemeinschaft. Stark vereinfacht wird in einem Geschäftsmodell dargestellt, welche Inputgüter in die Unternehmung eingebracht werden

und wie diese dann durch innerbetriebliche Arbeitsschritte zu entsprechenden vermarktungsfähigen Leistungen, für die entsprechenden Märkte, transformiert werden.

In der nachstehenden Abbildung 10 werden die relevanten Teilaspekte eines Standard-Geschäftsmodells aufgezeigt. Das gewählte Standard-Geschäftsmodell ist in sechs Untermodelle unterteilt. Diese sechs Untermodelle werden in einer Geschäftsprozess-Analyse genau betrachtet:

1. Das *Marktmodell* ist der Beginn einer geplanten Geschäftsmodellanalyse. Anhand dieses Marktmodells wird der relevante Markt anhand einer klassischen Vorgehensweise untersucht. Das Marktmodell umfasst dabei die Strukturen und Akteure der angrenzenden Märkte und weitere Wettbewerber. Daher kann das Marktmodell auch in ein Nachfragemodell und ein Wettbewerbsmodell unterteilt werden. Kriterien, die bei der Analyse betrachtet werden können, sind beispielweise die Marktgröße, verschiedenste Konjunkturbedingungen sowie rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen. Beim Nachfragemodell sollte beurteilt werden, welche Leistungen in welcher Menge zu welchem Preis überhaupt von potentiellen Käufern nachgefragt werden könnten. Im Wettbewerbsmodell wird beispielsweise untersucht, auf welchem Absatzmarkt das Unternehmen agieren wird und welche weiteren Akteure mitspielen. [Wirt07] [GeGo07]



**Abbildung 10 Geschäftsmodell**

2. Das *Leistungsangebotsmodell* schließt sich direkt an das Marktmodell an. Es bestimmt, wie die Bedürfnisse der zuvor definierten Nachfrager befriedigt werden könnten. In diesem Modell wird eine konzeptuelle Übersicht über das

anzubietende Angebots- bzw. Leistungsspektrum erstellt. Die Zusammenstellung der verschiedenen Leistungen wird auch als Leistungsbündel oder Leistungssortiment bezeichnet. Leistungen in diesem Zusammenhang können Güter oder auch Dienstleistungen sein.

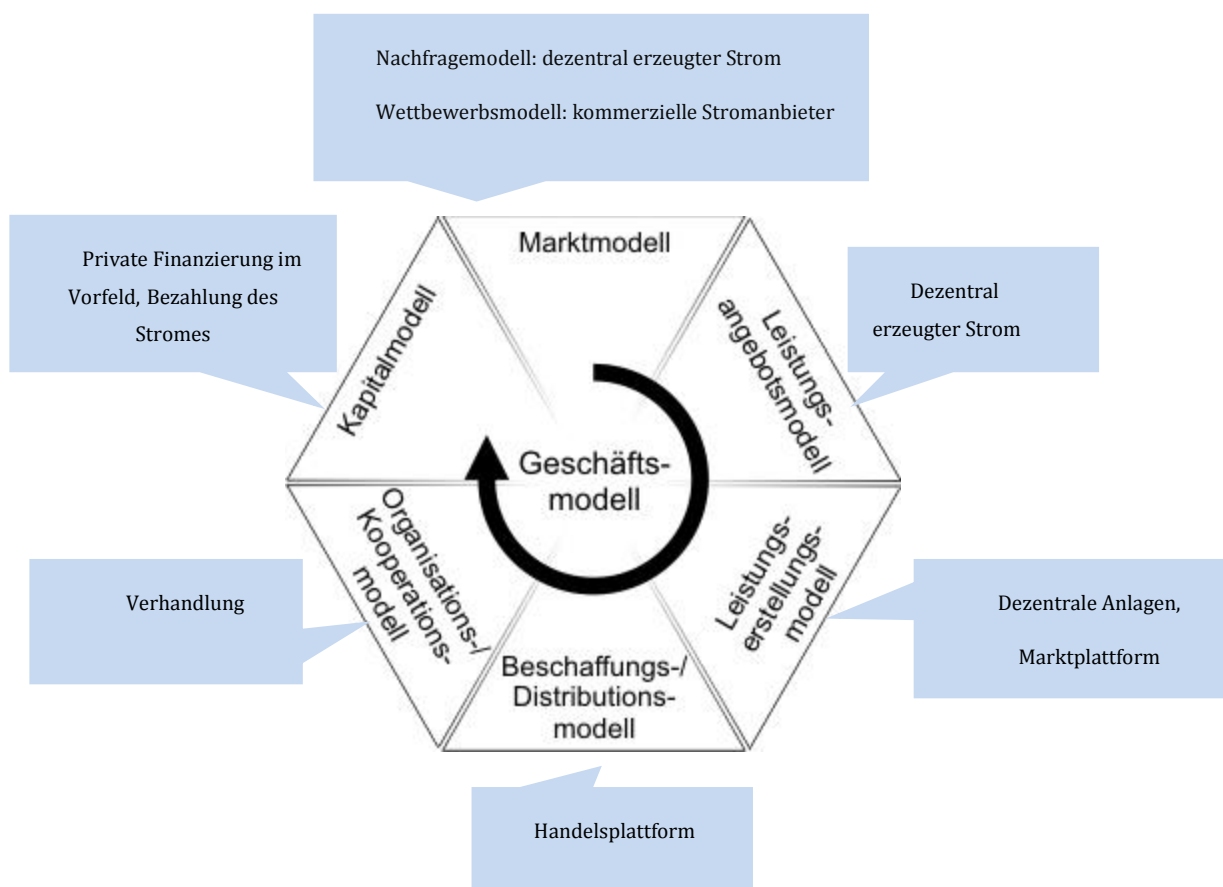
3. Im nächsten Schritt wird das *Leistungserstellungsmodell* aufgestellt. Dieses Modell hält fest, wie das zuvor definierte Leistungsangebot konkret realisiert werden könnte. Typischerweise umfasst dieses Modell die einzelnen Teilaktivitäten zur Leistungserstellung und Bereitstellung des Leistungsangebotes. Ebenfalls werden im Rahmen dieses Modells die notwendigen Ressourcen und Kompetenzen modelliert.
4. Im *Beschaffungsmodell* werden die verschiedenen notwendigen Produktionsfaktoren bestimmt. Außerdem wird an dieser Stelle die Auswahl der entsprechenden Lieferanten erstellt. Im *Distributionsmodell* werden die Vertriebswege der materiellen oder immateriellen Güter festgelegt. Möglich sind die Absatzwege des Online- oder Offlinebetriebes.
5. Im *Organisations- und Kooperationsmodell* werden der Aufbau und der Ablauf innerhalb der Unternehmensorganisation beschrieben. In dieser Phase wird ein Organigramm entworfen und es werden die notwendigen Geschäftsprozesse modelliert. Dabei wird auch auf die Einbeziehung innovativer Informations- und Kommunikationstechniken Bezug genommen.
6. Im *Kapitalmodell* wird in einem letzten Schritt das Geschäftsmodell auch in quantitativer Hinsicht bewertet. Das Kapitalmodell ist die Grundlage für den Erfolg des Geschäftsmodells. Zur besseren Übersicht wird das Kapitalmodell dafür noch in ein Finanzierungsmodell und in ein Erlösmodell unterteilt. Das Finanzierungsmodell zeigt auf, welche die Quellen des Unternehmenskapitals sind. Das Erlösmodell zeigt die verschiedenen Erlösformen, unterschieden in indirekte und direkte Erlöse, auf.

Übertragen auf den zu lösenden Anwendungsfall sieht das Geschäftsmodell wie folgt aus:

1. Das Marktmodell ist in ein Nachfragemodell für dezentral erzeugten Strom und ein Wettbewerbsmodell für den Wettbewerb zu kommerziellen Stromanbietern unterteilt.
2. Das Leistungsangebotsmodell umfasst den von privaten Haushalten dezentral erzeugten Strom.

3. Das Leistungserstellungsmodell umfasst die dezentralen Anlagen zur Stromerzeugung in den privaten Haushalten und die zu konzipierende Marktplattform, um den erzeugten Strom auch verkaufen zu können.
4. Das Beschaffungs- und Distributionsmodell umfasst die Handelsplattform.
5. Das Organisations- und Kooperationsmodell bezieht sich auf die die Verhandlung über Benutzerpräferenzen.
6. Das Kapitalmodell umfasst die private Finanzierung im Vorfeld der Erzeugung. Die Haushalte müssen zunächst beispielweise eine Solaranlage auf dem Dach oder eine Brennstoffzelle in ihrem Keller installieren. Nur dann kann dezentral Strom produziert werden. Dieser Anfangsinvestition und den laufenden Wartungskosten der Anlagen stehen die Einnahmen gegenüber. Die Kunden, die den dezentral erzeugten Strom einkaufen, müssen den Strom selbstverständlich entsprechend bezahlen.

Die beschriebenen Erweiterungen anhand des Szenarios sind in der Abbildung 11 dargestellt.



**Abbildung 11 Erweitertes Geschäftsmodell: Marktplatz für dezentral erzeugten Strom**

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Geschäftsmodelltypen erklärt und ihr Einfluss auf eine stattfindende Geschäftsmodellinnovation aufgezeigt.

## 5.2 Geschäftsmodellinnovation

Das beschriebene Geschäftsmodell muss an das geplante Einsatzgebiet, einem Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom, angepasst werden.

Geschäftsmodelle haben einen bestimmten Anwendungsschwerpunkt. Ein bestehendes Geschäftsmodell muss außerdem immer wieder weiterentwickelt und angepasst werden. Vor allem die Geschäftsmodelle im Internet und im Speziellen im Web 2.0 entwickeln sich stetig weiter. Dieser Entwicklungsprozess wird als *Geschäftsmodellinnovation* bezeichnet.

Geschäftsmodelle von Unternehmen können in verschiedene Kategorien unterteilt werden. Eine mögliche Differenzierung ist die Unterteilung Geschäftsmodelle für produzierende Unternehmen, für Dienstleistungsunternehmen und für informationsbasierte Unternehmen. Auf die verschiedenen Geschäftsmodelle soll im Folgenden genauer eingegangen werden.

Das Gabler Wirtschaftslexikon [Gabl12] definiert:

- *„Produktionsbasierte* Geschäftsmodelle: Unternehmen, deren Geschäftsmodell auf der Produktion basiert, generieren Erlöse durch den Verkauf von Gütern. Bei produktionsbasierten Geschäftsmodellen spielt das Verhältnis von fixen zu variablen Kosten sowie eventuelle Fixkostendegressionen bzw. Skaleneffekte eine wesentliche Rolle.
- *Dienstleistungsbasierte* Geschäftsmodelle: Charakteristisch für Dienstleistungen ist die Tatsache, dass sie eine Leistung darstellen, die nicht eingelagert werden kann. Produktion und Konsum finden zeitgleich statt. Ein Unternehmen kann also nicht auf Vorrat produzieren. Eine wesentliche Rolle für das Geschäftsmodell und damit die Erfolgsaussichten eines Gründungsunternehmens spielt die Auslastung der Produktionskapazitäten sowie die Preissensitivität der Kunden.
- *Informationsbasierte* Geschäftsmodelle: Bietet ein Unternehmen Informationen an, wie z.B. ein Zeitungsverlag, kann zwischen drei Geschäftsmodellen unterschieden werden. Zum einen kann das Unternehmen den Zugang zu den Informationen verkaufen. Dies kann für einen einzelnen Abruf oder für einen Zeitraum geschehen (Abonnement). Schließlich kann das Unternehmen Informationen kostenlos bereitstellen, um möglichst viele Betrachter anzuziehen. Dann werden durch den

Verkauf von Werbung Erlöse erzielt. Zuletzt kann ein Unternehmen als Mittler dienen. Hierbei aggregiert das Unternehmen Angebot und Nachfrage auf einer Plattform. Die Kunden bezahlen für diese Dienstleistung fixe und/ oder transaktionsabhängige Gebühren.“

Übertragen auf das vorliegende Szenario handelt es sich beim Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom um eine Produktion eines Gutes. Dieses muss allerdings wie bei einer Dienstleistung zeitnah verkauft werden. Die Plattform für den Verkauf dieses Stroms umfasst allerdings den Informationsbasierten Ansatz. Somit wird im vorliegenden Szenario eine *Kombination der drei klassischen Ausprägungen* an Geschäftsmodellen benötigt.

Daher ist nun zu klären, wie solch ein kombiniertes Geschäftsmodell aussehen sollte. Ein Geschäftsmodell kann prinzipiell als inhaltliche Weiterentwicklung der ursprünglichen Geschäftsidee verstanden werden. Während die Geschäftsidee die Leistung oder idealerweise den Kundennutzen betrachtet, stellt das Geschäftsmodell die zugrundeliegende Kosten- und Erlössystematik dar. Aus einer Geschäftsidee kann nur mit Hilfe von einem guten Geschäftsmodell ein Unternehmen werden. [deut14]

Die sich iterativ wiederholende Geschäftsmodellinnovation ist eine bewusste Veränderung eines bestehenden Geschäftsmodells. Es wird damit ein weiterentwickeltes Geschäftsmodell geschaffen, das Kundenbedürfnisse besser befriedigen soll, als es das bestehende Geschäftsmodell tut. Bekannte Beispiele für Geschäftsmodellinnovatoren sind IKEA oder Dell, die beide die Grundstrukturen und die Wettbewerbsregeln ihrer Branche verändert haben:

- IKEA, indem sie einen Teil der Wertschöpfung zum Kunden ausgelagert haben (Transport und Zusammenbau), und
- Dell, indem sie auf Zwischenhändler verzichtet und ein Build-to-Order-Verfahren in der Produktion eingeführt haben.

Weiterentwicklungen von bestehenden Geschäftsmodellen innerhalb einer Geschäftsmodellinnovation sind immer strategische Innovationen. Diese Innovation verändert die Struktur des Geschäftes so grundlegend, dass es eine bewusste Veränderung sein muss. Gerade um sich gegen Mitbewerber abzusetzen, müssen diese bewussten Änderungen in die Geschäftsstrategie mit aufgenommen werden.

Motivation für die Weiterentwicklung eines bestehenden Geschäftsmodells ist zumeist die Absicht, die wirtschaftliche Lage des Unternehmens zu verbessern. [Stäh01] Das Konzept einer Geschäftsmodellinnovationen ist ein Ansatz, der gerade im Bereich des sich

schnell veränderten Electronic Commerce seine Anwendung findet. Innovationen können in verschiedenen Unternehmensbereichen angesiedelt sein. Innovationen können Produktinnovationen oder auch Prozessinnovationen sein. Strategische Geschäftsmodellinnovationen können so innovativ sein, dass neue Branchen erschlossen werden können und somit ein Einfluss auf bestehende Wettbewerbsregeln genommen werden kann.

Im folgenden Abschnitt werden verschiedenen Geschäftsmodelle im E-Businessbereich vorgestellt, um Ansatzpunkte für das vorliegende Szenario zu finden.

### **5.3 Geschäftsmodelle im E-Business und im Web 2.0**

Seit den letzten zwei Jahrzehnten sind auch im Raum deutschsprachiger Unternehmen *Geschäftsmodelle* zu einem Konzept zur umfassenden Marktstrukturdarstellung geworden. Grundlage eines Geschäftsmodelles ist zunächst die Geschäftsprozessmodellierung. Diese Modellierung ist die Grundlage für eine technische Überführung in einen technisch umgesetzten Geschäftsprozess, einen sogenannten Workflow. Die Orientierung auf Geschäftsprozesse wurde vor allem auch durch die Anforderungen an Geschäftsprozesse, die in Informationssystemen umgesetzt werden sollen, angetrieben. Denn heutzutage sollten Prozesse in einem Unternehmen durch Informations- und Kommunikationssysteme unterstützt werden. Dafür ist es zwingend notwendig, dass diese Prozesse zuvor geplant und modelliert worden sind. Durch diese geschäftsprozessorientierte Herangehensweise wird die Entwicklung bzw. die Weiterentwicklung der Umsetzung der Prozesse in ein Geschäftsmodell vorangetrieben. Eine mögliche Definition eines Geschäftsmodells nach [Wirt07] ist: „Aggregation wesentlicher, relevanter Aspekte aus den betriebswirtschaftlichen Teildisziplinen, um hierdurch zu einem einfachen komprimierten Überblick der Geschäftsaktivitäten in Modellform zu gelangen.“

Der Begriff *E-Business* umfasst alle Geschäftsaktivitäten, die über vernetzte Computersysteme und über das Internet abgewickelt werden. Somit umfasst ein Geschäftsmodell für ein Unternehmen, das im E-Business / Web 2.0 Bereich agiert, Prozesse im Bereich Beschaffung, Erzeugung und Absatz. Diese Prozesse haben das Internet als Grundlage.

Eine umfassende Definition des E-Business wird im Folgenden beschrieben: „Electronic Business bedeutet Anbahnung, Vereinbarung und Abwicklung elektronischer Geschäftsprozesse, d.h. Leistungsaustausch zwischen Marktteilnehmern mit Hilfe

öffentlicher oder privater Kommunikationsnetze (respektive Internet) zur Erzeugung einer Wertschöpfung. Als Leistungsanbieter und Leistungsnachfrager können sowohl Unternehmen (Business), öffentliche Institutionen (Administration) wie private Konsumenten (Consumer oder Citizen) auftreten. Wichtig ist, dass die elektronische Geschäftsbeziehung einen Mehrwert schafft, sei dies in der Form eines monetären oder eines immateriellen Anreizes.“ [MeSt00]

Diesen damit einhergehenden Wandel zur Informationsgesellschaft kann man mit der industriellen Revolution vergleichen. Gerade auch im Zuge der Globalisierung liegen die Vorteile auf der Hand. Durch den verstärkten Einsatz des Internets werden die Grenzüberschreitung und die Handlungsvielfalt der Beteiligten unterstützt. Der Produktionsfaktor Information gewinnt zunehmend an Bedeutung und ist gerade in Deutschland ein wichtiges Gut und mit Bodenschätzen vergleichbar. Dabei werden über das Internet bzw. Extranet die Prozesse zwischen Business und Customer bzw. zwischen Business und Business unterstützt. Vergessen werden sollte auch nicht die Kommunikation zwischen Business und Administration. Mittlerweile gehen die Entwicklungen noch schneller und weitgreifender voran. Die Informationsgesellschaft entwickelt sich derzeit weiter zur Wissensgesellschaft.

Insgesamt können neun verschiedene Kombinationen an Beziehungen zwischen den Leistungsnachfragern Consumer, Business und Administration aufgestellt werden. In der folgenden Abbildung (Abbildung 12) wird eine Übersicht gegeben. Relevant ist für die vorliegende Konzeption allerdings nur die Kombination Consumer-to-Consumer (C2C), da nur Privatpersonen als Marktteilnehmer betrachtet werden sollen. Die Beziehungen, die auch Business und Administration mit einbeziehen, werden in den folgenden Betrachtungen nicht weiter verfolgt.

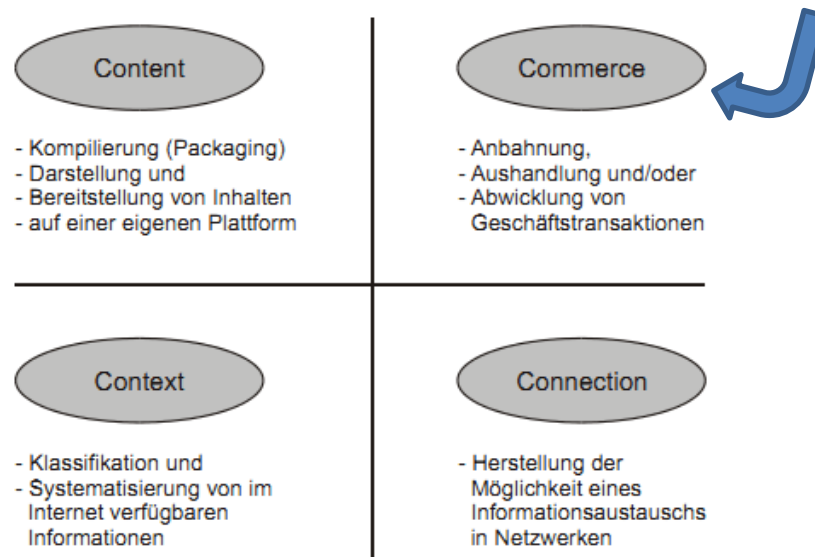


|                   |                | Leistungsnachfrager  |   |   |
|-------------------|----------------|--|---|---|
|                   |                | Consumer   | Business  | Administration  |
| Leistungsanbieter | Consumer       | <b>Consumer-to-Consumer (C2C)</b><br>z.B. Kleinanzeige auf einer persönlichen Homepage             | <b>Consumer-to-Business (C2B)</b><br>z.B. Webseite mit persönlichem Fähigkeitsprofil          | <b>Consumer resp. Citizen-to-Administration (C2A)</b><br>z.B. Bürger bewertet öffentliches Umweltprojekt    |
|                   | Business       | <b>Business-to-Consumer (B2C)</b><br>z.B. Produkte und Dienstleistungen in einem eShop             | <b>Business-to-Business (B2B)</b><br>z.B. Bestellung bei Lieferanten (Supply Chain)           | <b>Business-to-Administration (B2A)</b><br>z.B. elektronische Dienstleistungen für öffentliche Verwaltungen |
|                   | Administration | <b>Administration-to-Consumer resp. Citizen (A2C)</b><br>z.B. Möglichkeit für elektronische Wahlen | <b>Administration-to-Business (A2B)</b><br>z.B. öffentliche Ausschreibung von Projektvorhaben | <b>Administration-to-Administration (A2A)</b><br>z.B. Zusammenarbeitsformen virtueller Gemeinden            |

Abbildung 12 Vielfalt an Geschäftsbeziehungen [Wirt01]

Bei der Unterscheidung der verschiedenen E-Business-Geschäftsmodelle spielt vor allem die Art des Absatzweges eine bedeutende Rolle. Die Geschäftsaktivität an sich ist zweitrangig.

Nach [Wirt01] (Abbildung 13) können vier Grundtypen eines Basisgeschäftsmodelles im E-Business unterschieden werden. In diesem 4C-Net-Business-Model werden die „4 C“s Content, Commerce, Context und Connection in Beziehung gesetzt. Diese stellen eine formale Klassifikation anhand des Leistungsangebotes dar. Der Bereich *Content* umfasst die Darstellung und Bereitstellung von Inhalten auf einer eigenen Plattform. Der Bereich *Context* beschäftigt sich mit der Klassifikation und Systematisierung von im Internet verfügbaren Informationen. Der Bereich *Connection* umfasst die Möglichkeiten der Herstellung eines Informationsaustausches in Netzwerken und der Bereich *Commerce*, der im Rahmen der vorliegenden Arbeit den Schwerpunkt bildet, beschäftigt sich mit Anbahnung, Aushandlung und Abwicklung von Geschäftstransaktionen. Diese drei Phasen treten deckungsgleich auch beim Stromkauf bzw. Verkauf auf.



**Abbildung 13 Basisgeschäftsmodelle des 4C-Net-Business-Modells [Wirt01]**

Um aber ebenso den wirtschaftlichen Erfolg eines Geschäftsmodelles besser einschätzen und planen zu können, muss auch ein Erlösmodell aufgestellt werden. In der folgenden Abbildung 14 sind verschiedene Mechanismen der Preisbildung dargestellt. Der Anbieter und der Nachfrager oder auch beide können die Preisbildung beeinflussen. Die Preisbildungsdynamik kann statisch oder auch dynamisch sein. In der vorliegenden Arbeit konzentrieren wir uns vor allem auf den Bereich dynamische Preisbildung. Denn der Kauf bzw. Verkauf des Gutes „dezentral erzeugter Strom“ auf einem Marktplatz zwischen Consumer und Consumer wird als nicht speicherbares Gut einen dynamischen Preisbildungsmechanismus auslösen. Denkbar sind alle drei Preisbildungsmechanismen. Da aber im Bereich der Preisbildung Auktionen nicht kurzfristig und flexibel genug sind [Cant09], konzentrieren wir uns im speziellen auf Direktverhandlungen und Spot-Pricing, denn Anbieter und Nachfrager sollen den Preis beeinflussen und direkt verhandeln können.

|                    |                         | Preisbildungsdynamik   |                                     |
|--------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|
|                    |                         | Statische Preisbildung | Dynamische Preisbildung             |
| Preisbeeinflussung | Anbieter                | Festpreis-Kataloge     | Spot-Pricing                        |
|                    | Nachfrager              | Preislimits            | Auktionen                           |
|                    | Anbieter und Nachfrager | Preis-<br>absprachen   | Börsen,<br>Direkt-<br>verhandlungen |

**Abbildung 14 Preisbildungsmechanismen**

Auch wenn üblicherweise im Energiemarkt die Anbieter Spot-Pricing Mechanismen anwenden, konzentrieren wir uns auch auf die Direktverhandlungen, um Anbieter und Nachfrager eine gleichrangige Position bei den Mechanismen der Preisbildung einzuräumen. [BMWi14]

Nun soll ein Geschäftsmodell für den Handel von dezentral erzeugtem Strom zwischen Consumer und Consumer (also zwei Privatpersonen) entworfen werden. Dieses Geschäftsmodell muss für den Consumer so attraktiv sein, dass er auch Interesse hat, dem Marktplatz für den Kauf und Verkauf von dezentral erzeugtem Strom beizutreten. Denn solch ein Marktplatz benötigt eine kritische Masse an Kunden, um attraktiv zu sein. [BrWe03] Somit sind die Betreiber der Marktplattform wie beispielsweise auch bei eBay oder bei Scout24 gefordert, Akquise zu betreiben und somit die Consumer zu motivieren, den dezentral erzeugten Strom innerhalb dieses Marktplatzes zu kaufen oder zu verkaufen. Die Plattform des Marktplatzes muss unterstützende Querschnittsprozesse zu Verfügung stellen, damit die Plattform den aktuellen Sicherheitsanforderungen genügt und stabil und robust betrieben werden kann. Der Geschäftsprozess des Kaufs bzw. Verkaufes von dezentral erzeugtem Strom an sich sollte sich an einem, dem Consumer aus der realen Welt bekannten Ablauf orientieren. Beispielsweise sollte dem Consumer ein gewisses Angebot zur Verfügung stehen, so dass die Kundenbedürfnisse befriedigt werden können. Diese Angebote sollten dem Consumer leicht zugänglich sein. Der Consumer sollte diese einfach bewerten und auswählen können, dann beziehen, konsumieren und natürlich auch bezahlen können.

Genau für alle diese typischen Handlungen des privaten Kunden, des Consumers, gibt es ein Modell einer Wertschöpfungskette im e-Business.

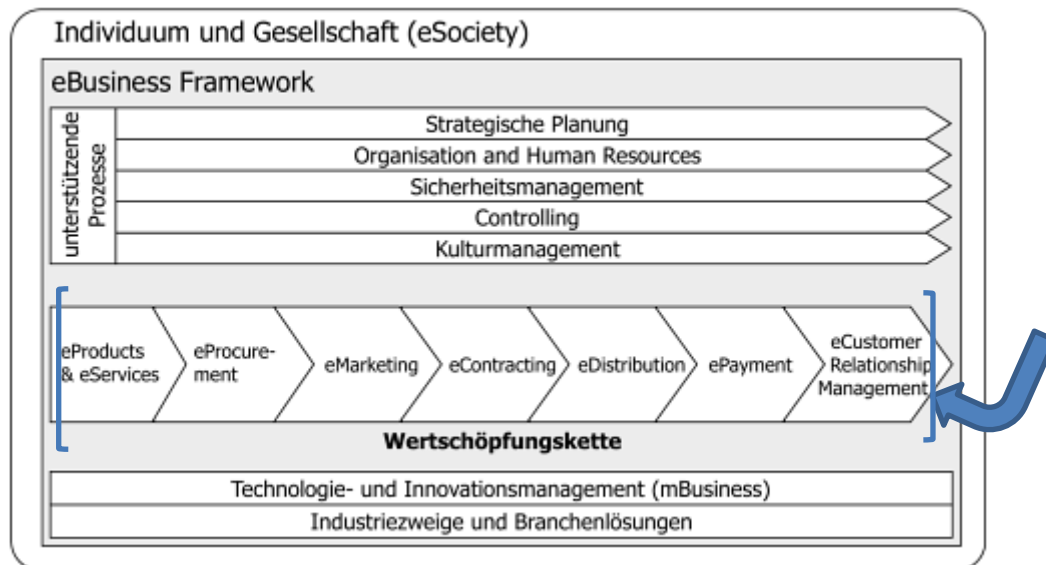


Abbildung 15 E-Business Framework [MeSt05]

In der obigen Abbildung (Abbildung 15) wird die Wertschöpfungskette für die E-Society, also der Individuen und der gesamten Gesellschaft im Informationszeitalter, beschrieben. Die Wertschöpfungskette ist der Hauptbestandteil eines umfassenden E-Business Rahmenwerkes.

Unterstützende Querschnittsprozesse sind je nach Einsatzgebiet verschieden. Zunächst erfolgt eine strategische Planung der Geschäftsziele. Auch die genaue Form der Organisation und der Personaleinsatz müssen geplant werden. Je nach Anforderungen werden die Querschnittsfunktionen Sicherheitsmanagement, Controlling und Kulturmanagement implementiert.

*E-Products und E-Services:* Für den jeweiligen Geschäftszweck muss eine geeignete Kooperationsform gefunden werden. Die Spanne der verschiedenen möglichen Kooperationsformen geht von freien Marktplätzen über straff organisierte Netzwerke bis zu sich selbstorganisierenden Gemeinschaften. Die Preisbildung kann linear, nicht linear oder dynamisch erfolgen. *E-Procurement:* Der zweite Bereich der Wertschöpfungskette, beschäftigt sich mit dem Prozess der strategischen und operativen Beschaffung mit elektronischen Mitteln. Im Rahmen des E-Procurements werden Produktkataloge oder Dienstleistungen für die Produktauswahl bereitgestellt. *E-Marketing:* Innerhalb des E-Marketings werden mit Hilfe der Nutzung elektronischer Informations- und

Kommunikationsmittel neue Marktpotentiale erschlossen und bestehende Geschäftsbeziehungen ausgebaut. *E-Contracting*: Elektronische Verträge sollen rechtsgültig abgeschlossen werden können. *E-Distribution*: die Distribution kann innerhalb eines E-Business Marktmodells online oder auch offline erfolgen. *E-Payment*: Innerhalb des E-Business stehen bis heute verschiedene Arten des E-Payments zur Verfügung. Die Verfahren werden nach der Höhe der Beträge in Picopayment, Micropayment und Macropayment unterschieden. Außerdem existieren verschiedene Verfahren mit kontobasierten und inhaberbasierten Vorgehensweisen. Bei den Bezahlvorgängen muss vor allem auch ein Schwerpunkt auf die Entwicklung von sicheren Mechanismen gelegt werden. *E-Customer Relationship Management*: beim E-Customer Relationship Management steht vor allem der Kunde und nicht so sehr das Produkt im Betrachtungsfokus. *mBusiness (Mobile Business)*: Anwendungen des Mobile Business müssen auf die mobilen Endgeräte ausgerichtet sein. Eingabe- und Ausgabemöglichkeiten sind oft beschränkt.

An diesem Modell orientiert, soll der Geschäftsprozess für den vorliegenden Anwendungsfall aufgebaut werden. Im Bereich der *E-Products* und der *E-Services* wird ein Marktplatz, für eine sich selbst organisierende Gemeinschaft von privaten Käufern und Verkäufern, zur Verfügung gestellt. Der Prozessschritt des *E-Procurements* wird durch die Bereitstellung von Tarifen auf dem Marktplatz umgesetzt. Im nachfolgenden Prozessschritt des *E-Marketings*, wird im Rahmen der zu erstellenden Marktplattform, die Möglichkeit gegeben, Geschäftsbeziehungen von Privat zu Privat aufzubauen und beizubehalten. Auf jeden Fall soll der Prozess den Schritt *E-Contracting* umfassen, denn elektronische Verträge, sollen rechtsgültig abgeschlossen werden können. Die Distribution des Guts Strom wird im Schritt *E-Distribution* offline erfolgen. Die sich daran anschließende Bezahlung wird im Prozessschritt *E-Payment* umgesetzt. Dafür muss ein Verfahren eingesetzt werden, das vor allem auch sicher ist, da der Handel von Strom zwischen zwei Privatpersonen stattfindet. Der Schritt *E-Customer Relationship Management* spielt für den Bereich der Geschäftsbeziehung zwischen Privatpersonen zunächst eine untergeordnete Rolle. Auch der Prozessschritt Mobile Business spielt für das vorliegende Szenario eine untergeordnete Rolle. Üblicherweise wird der Strom, der gekauft bzw. verkauft wird, auch zuhause verbraucht oder gebraucht, so dass ein mobiles Endgerät nicht unbedingt notwendig ist.

Die Wertschöpfungskette des E-Business Frameworks lässt sich als eine Ergänzung des grundlegenden Geschäftsmodells aus Abbildung 10 um elektronische Mechanismen interpretieren. Das Leistungsangebotsmodell umfasst die Bereiche eProduct und eService und auch e-Procurement. Das Leistungserstellungsmodell bezieht das eMarketing mit ein.

Auch wenn Privatpersonen dezentralen Strom erzeugen, müssen diese motiviert werden, diesen Strom innerhalb eben diesem Marktplatz zu verkaufen. Bzw. müssen potentiellen Käufern Anreize gestellt werden, auf diesem Marktplatz Strom einzukaufen. Die Teilprozesse eContracting und eDistribution finden ihre Entsprechung im Geschäftsmodell im Bereich Beschaffungs- Distributionsmodell. Die Querschnittsprozesse, die den gesamten E-Business Wertschöpfungsprozess begleiten sowie das eCustomer Relationship Management finden ihr Pendant in dem Bereich Organisations- und Kooperationsmodell des Geschäftsmodells. Das ePayment wird im Kapitalmodell des Geschäftsmodells mit abgewickelt. Bedeutsam für die vorliegende Arbeit ist, dass das Geschäftsmodell selbst auch für das E-Business seine Gültigkeit behält.

Im folgenden Kapitel wird das Prozessmodell aufgestellt. Das Prozessmodell bezieht sich konkret auf die Umsetzung des Geschäftsprozesses Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom auf einem Spotmarkt.

## 6 Prozessmodell

Private Marktteilnehmer, die dezentral Strom erzeugen oder konsumieren möchten, soll ein Marktplatz zur Verfügung gestellt werden, innerhalb dessen der Handel mit dezentral erzeugtem Strom genauso einfach abzuwickeln ist, wie ein Einkauf im Internet beispielsweise bei Ebay oder Amazon.

Das Geschäftsmodell beeinflusst die im Markt ablaufenden Geschäftsprozesse. Eine Marktplattform muss diese Prozesse so unterstützen, dass sie das Geschäftsmodell berücksichtigen. Als nächster Schritt muss also ein Modell für die Geschäftsprozesse entwickelt und mit dem Geschäftsmodell in Beziehung gesetzt werden.

### 6.1 Prozessmodell der Auftragsabwicklung

Zur Entwicklung des Prozessmodells wird auf einen bewährten Prozess zurückgegriffen, der den teilnehmenden Privatkunden auch bekannt sein sollte. Dies ist das *Konzept der Auftragsabwicklung*. Aus dem Bereich der traditionellen Auftragsabwicklung (Abbildung 16) wird daher das Konzept eines *Auftragsabwicklungsprozesses* übernommen.

Zunächst wird der traditionelle Auftragsabwicklungsprozess vorgestellt. Darauf bezogen wird ein Prozessmodell der Auftragsabwicklung für den Verkauf bzw. Kauf von dezentral erzeugtem Strom aufgestellt.

#### **Traditionelle Auftragsabwicklung**

Ein Auftragsabwicklungsprozess umfasst die Planung und Steuerung sämtlicher Prozesse, von der Angebotserstellung über die Herstellung, bis zum Vertrieb und Fakturierung eines Produktes. [Ott11] Traditionell wird die Auftragsabwicklung zwischen Händler und Kunden in die Schritte Bedarfsmeldung, Auftragsanstoß, Auftragsvergabe, Auftragserfassung, Fertigungsauftrag, Lieferung, Rechnung und Zahlungsanweisung unterteilt. (Abbildung 16) Diese Schritte müssen ebenso in einer digitalen Umsetzung eines Auftragsabwicklungsprozesses durchgeführt werden, denn dies ist die grundlegende Voraussetzung für einen automatischen Ablauf der Auftragsabwicklung.



**Abbildung 16 Traditionelle Auftragsabwicklung**

### **Prozessmodell der Auftragsabwicklung für Teilnehmer im Energiemarkt**

In der vorliegenden Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Kombination Consumer-to-Consumer (C2C). Privatpersonen (Consumer) erzeugen dezentral Strom und eine weitere Privatperson (Consumer) konsumiert diesen wiederum. Der Consumer, der private Konsument, tritt einmal in der Rolle des Leistungsnachfragers im Markt auf, aber auch als Leistungsanbieter. Die Beziehung C2C beschreibt eine elektronische Geschäftsbeziehung zwischen zwei einzelnen Privatpersonen (Abbildung 12).

Anforderungen an einen Auftragsabwicklungsprozess, die auf Grund des Szenarios hinzukommen, sind, dass die Verkäufer und Käufer wenig Zeit zur Verfügung haben und dass kurzfristige Verträge oder auch längerfristige Verträge geschlossen werden können. Daraus ergeben sich zwei Arten von Vertragsschlüssen. In den folgenden Ausführungen erfolgt zunächst eine Beschränkung in Bezug auf die kurzfristigen Verträge. Bei langfristigen Verträgen ist die technische Unterstützung nicht zwingend erforderlich, da der Faktor „Zeit“ nicht als kritisch einzuordnen ist. Für längerfristige Verträge gibt es bereits Protokolle, die wiederverwendet werden können.

In Abbildung 17 wird in grober Anlehnung an Abbildung 16 der Prozess des privaten Anbieters von dezentral erzeugtem Strom dargestellt. Zunächst entschließt sich der private Anbieter, seinen erzeugten Strom zu verkaufen. Dazu betritt er die Marktplattform und muss den entsprechenden Teilnahmebedingungen der Plattform zustimmen. Nach Beitritt kann dann der Anbieter dem Nachfrager Angebote zur Verfügung stellen. Genauer gesagt werden bestimmte Tarife zur Verfügung gestellt. Dabei möchte der Anbieter einen möglichst hohen Preis erzielen und der Nachfrager möchte im Gegensatz dazu einen möglichst niedrigen Preis zahlen. Wenn der Nachfrager ein passendes Angebot gefunden hat, schließen sich weitere Prozessschritte an. Denn bevor der Anbieter mit einem



Nachfrager einen rechtswirksamen Vertrag abschließt, sollte dieser nach rechtlichen Gesichtspunkten überprüft werden. Außerdem sollte eine Aushandlung von vertraglichen Details erfolgen können. Entweder ist dies relevant, um den juristischen Anforderungen zu genügen, oder es werden damit andere individuelle Bedürfnisse befriedigt. Wenn eine Einigung erzielt wurde, dann kann der Abschluss des Vertrages erfolgen. Der Anbieter erwartet zum Abschluss die Zahlung und er wird die Lieferung des Stromes veranlassen, indem er diesen ins Netz einspeist.



**Abbildung 17 Auftragsabwicklungsprozess des Anbieters**

Beim Nachfrager erfolgt ebenfalls ein bestimmter Prozessablauf. Der potentielle Nachfrager hat einen aktuellen Strombedarf und betritt den Marktplatz für dezentral erzeugten Strom. Der Nachfrager muss zunächst ebenfalls den Bedingungen der Marktplatzplattform zustimmen. Der Nachfrager wählt den passenden Tarif aus und macht dem Anbieter ein Angebot, den Strom zu kaufen. Falls der Anbieter diesem Angebot zustimmt, sollte der zu schließende Vertrag noch juristisch überprüft werden. Nach Bedarf können dann noch vertragliche Details verhandelt werden. Wenn der Nachfrager seine Kriterien als erfüllt ansieht, dann kann der Vertrag geschlossen werden. Die Bezahlung wird vom Nachfrager angewiesen und nach der Lieferung des Stromes kann der Verbrauch erfolgen. (Abbildung 18)



**Abbildung 18 Auftragsabwicklungsprozess des Nachfragers**

Der Auftragsabwicklungsprozess des Anbieters und der Auftragsabwicklungsprozess des Nachfragers laufen naturgemäß nebenläufig ab. Daher müssen im Folgenden jeweils die Prozessschritte in den beiden Auftragsabwicklungsprozessen bestimmt werden, zwischen

denen Kommunikationsbeziehungen aufgebaut werden. Diese gemeinsamen Synchronisationspunkte werden im Folgenden bestimmt werden.

Voraussetzung für den potentiellen *privaten Stromanbieter* ist, dass zunächst überhaupt Strom erzeugt und angeboten wird. Der Anbieter kann sich dann entschließen diesen dezentral erzeugten Strom innerhalb eines bestehenden Marktplatzes anzubieten. Dazu muss er zunächst dem Marktplatz beitreten, um einen adäquaten Nachfrager finden zu können. Der Anbieter muss dafür zunächst den entsprechenden Bedingungen des Marktplatzes zustimmen bzw. sich beim ersten Beitritt am System anmelden. Der Anbieter stellt innerhalb des Marktplatzes seinen dezentral erzeugten Strom zur Verfügung. Nun ist es seine Aufgabe, einen geeigneten Nachfrager für seinen angebotenen Tarif zu finden. Es kann aber auch nach einer entsprechenden Suchanfrage von einem Nachfrager nach solch einem Tarif suchen. Der Anbieter kann dann entweder auf eine Suchanfrage des Nachfragers hin ein Angebot an den Nachfrager übermitteln oder er übermittelt das Angebot, sobald ein möglicher Nachfrager dieses Stromangebot ausgewählt hat.

Die Auswahl des passenden Tarifes kann für den Nachfrager, je nach Angebotsvielfalt, sehr aufwändig sein. Daher sollte der Anbieter dabei unterstützt werden, dass er Tarife im Marktplatz zur Verfügung stellt, die auch interessant für potentielle Nachfrager sind. Denn zunächst wird die Auswahl des passenden Angebotes anhand des Preises erfolgen. Dass die Auswahl zunächst nach dem Preis erfolgt, hat verschiedene Vorteile: Der Preis ist leicht bestimmbar und mit den Preisen anderer Tarife vergleichbar. Auch haben die privaten Marktteilnehmer die Möglichkeit des Vergleichs mit kommerziellen Produkten und den entsprechenden Preisen und können auf verschiedene Erfahrungen zurückgreifen.

Allerdings sollten neben dem Preis noch weitere Kriterien berücksichtigt werden können. Daher sollen die Anbieter unterstützt werden, falls das ausgewählte Angebot vom potentiellen Nachfrager auch noch nach *inhaltlichen* und nach *juristischen Kriterien untersucht* werden soll.

Der *private Nachfrager* nach dezentral erzeugtem Strom muss ebenso wie der Verkäufer, dem Marktplatz beitreten und den Teilnahmebedingungen zustimmen. Im Folgenden sucht er innerhalb des Systems das für ihn günstigste Stromangebot aus. Wie der Verkäufer, wird aller Wahrscheinlichkeit nach auch der Käufer ein juristischer Laie sein, so dass auch er eine Unterstützung im Teilprozessschritt, „Überprüfung des Angebotes des Verkäufers“ brauchen wird. Selbst wenn Käufer und Verkäufer sich über den Kaufpreis einig geworden sind und nun der zu schließende Kaufvertrag über den dezentral erzeugten Strom

geschlossen werden könnte, ergibt sich als weitere Fragestellung, welche *vertraglichen Kriterien* außerdem angepasst werden könnten. Daher muss das System eine Möglichkeit anbieten, den beteiligten Parteien eine *Verhandlung über vertraglich relevante Kriterien* anzubieten. Nachdem auch dieser Schritt abgeschlossen ist, sollte dann der Kaufvertrag geschlossen werden. Danach könnte bereits direkt die *Bezahlung* erfolgen, da der Strom direkt zeitnah geliefert werden sollte, weil er nur schwierig gespeichert werden kann. Nach Vereinbarung der Zahlung erfolgt dann die eigentliche Lieferung des Stroms.

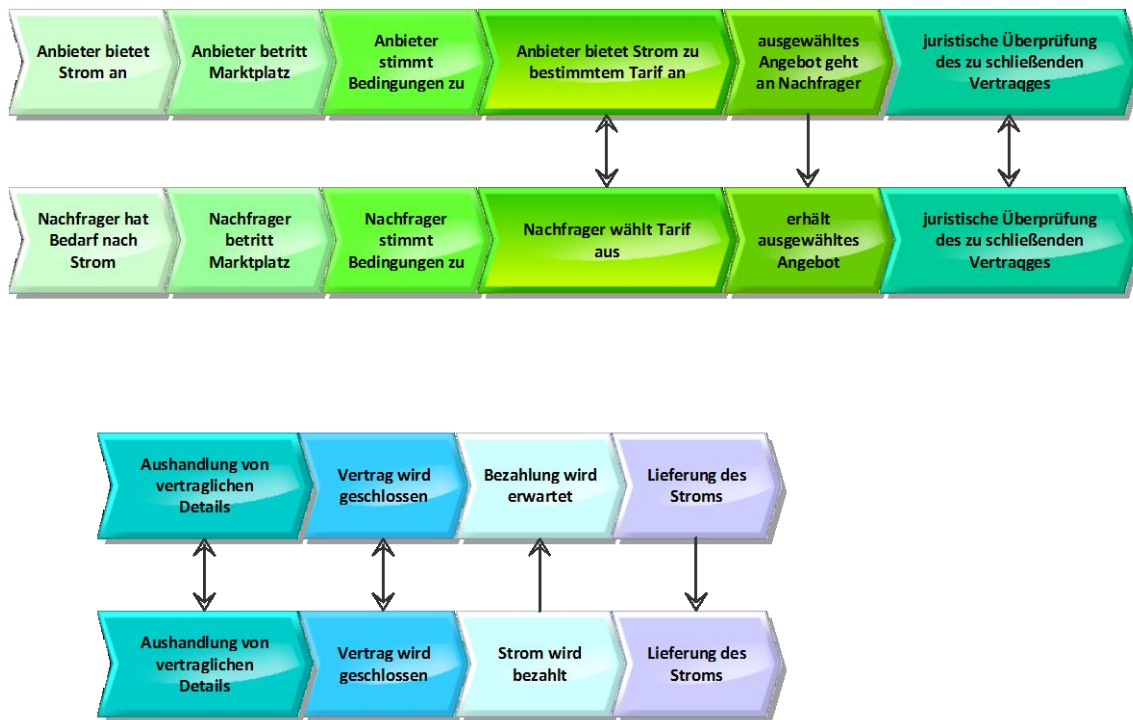
## **6.2 Synchronisationspunkte**

Zu Beginn der Teilnahme an der Marktplattform für den Kauf und Verkauf von dezentral erzeugtem Strom müssen die Nachfrager und Anbieter der Marktplattform beitreten. Erst nach Beitritt und Zustimmung der AGBs kann ein Angebot auf der Marktplattform angeboten werden oder es kann nach einem Angebot gesucht werden.

Hat sich etwa der Nachfrager innerhalb der Marktplattform authentifiziert, stellt er eine Suchanfrage an das System. Diese Suchanfrage umfasst den Tarif des Produkts Strom, also den Preis, der für den Strom höchstens gezahlt werden sollte und die Lieferbedingungen. Des Weiteren können noch zusätzliche Bedingungen, wie z.B. dass nur Ökostrom gekauft werden sollte, angegeben werden.

Die am Marktplatz beteiligten privaten Stromanbieter haben ihrerseits die entsprechenden Produktbeschreibungen für ihren angebotenen Strom als Tarif ins Netz gestellt. Nun ist es Aufgabe des elektronischen Marktplatzsystems, den passenden Tarif für die Suchanfrage zu finden. Die Auswahl erfolgt zunächst nach dem „Deal“, der den Anforderungen in Bezug auf Preis und Lieferbedingungen am nächsten kommt. Die Produktbeschreibung des gewählten Deals wird im Anschluss daran an den Vertragsagenten übergeben. [Fran08] Der Rechtsagent überprüft im nächsten Teilprozessschritt das Angebot auf juristische, den Vertragsschluss betreffende Kriterien. Bei Bedarf kann in einem nächsten Teilprozessschritt über weitere nicht monetäre Kriterien verhandelt werden. Nach abschließender juristischer Prüfung im Rechtsagenten kann der Vertrag nun geschlossen werden und die Rechnungstellung bzw. Bezahlung erfolgen. Zum Abschluss erfolgen die Lieferung und die Bezahlung des Stroms. Abbildung 19 zeigt die nebenläufigen Prozesse und die Stellen, an denen die beiden Prozesse miteinander kommunizieren müssen.

Diese Schritte werden in den folgenden Kapiteln noch detailliert beschrieben.



**Abbildung 19 Kommunikationsbeziehungen im Gesamt-Auftragsabwicklungsprozess**

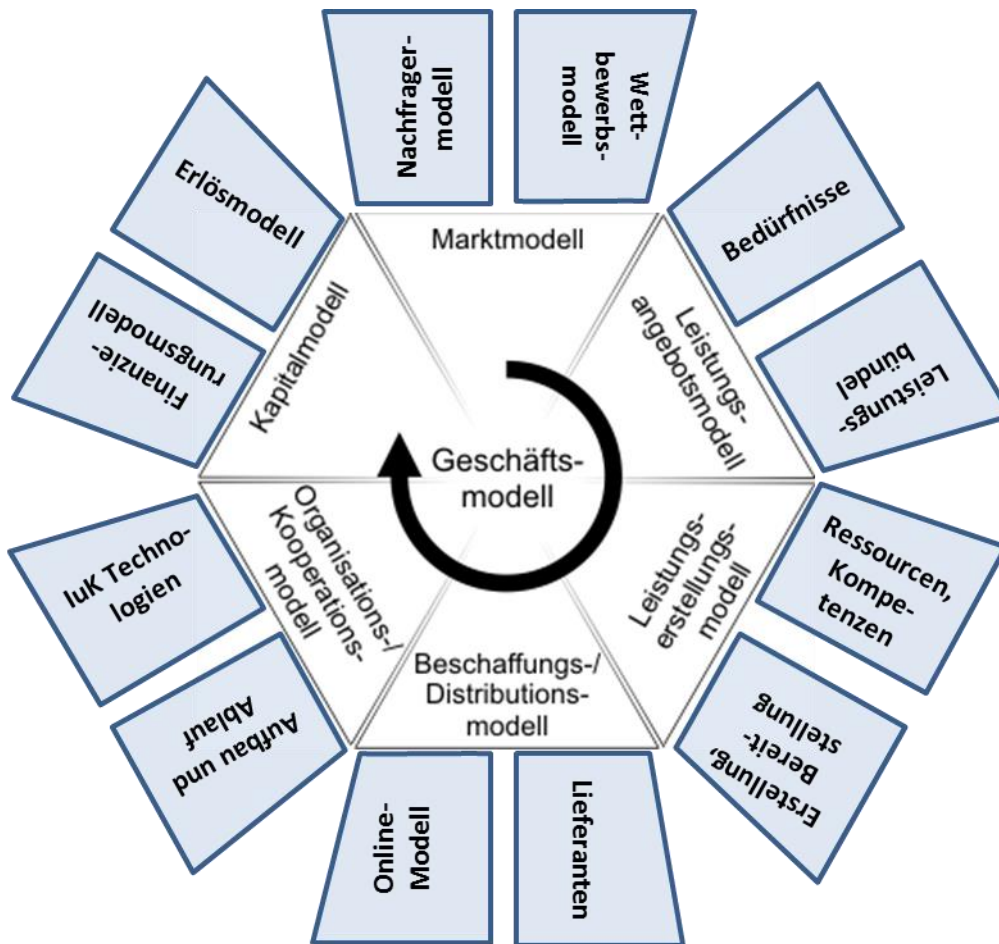
Während des Auftragsabwicklungsprozesses ist es wichtig, dass sich die Anbieter und die Nachfrager bei Bedarf bei ihren Agenten über den Stand des Kaufs bzw. Verkaufs informieren können. Für den Nachfrager sind möglichst frühzeitige präzise Angaben zur Verfügbarkeit und zu Lieferfristen relevant. Es ist selbstverständlich, dass die Bestell- und Zahlungsprozesse transparent gestaltet sein sollten. [ECCH09] (Abbildung 19)

### **6.3 Steuerung durch Geschäftsmodell**

In Kapitel 5.1. wurde das Geschäftsmodell nicht nur eingeführt, es wurde auch diskutiert, was sich hinter den sechs Bestandteilen verbirgt. Dies wollen wir an diese Stelle jetzt auch explizit darstellen.

Das Marktmodell wird demgemäß zu *einem Nachfragermodell und einem Wettbewerbsmodell* detailliert. Zunächst muss festgestellt werden, wer sind überhaupt die Nachfrager und welche weiteren Wettbewerber gibt es. Das Leistungsangebotsmodell wird um die *Bedürfnisse der Kunden und um die Leistungsbündel*, die am Marktplatz angeboten werden, ergänzt. Das Leistungserstellungsmodell wird um die zur Verfügung stehenden *Ressourcen und Kompetenzen* erweitert und auch um die Erstellung und Bereitstellung dieser. Das Beschaffungs- und Distributionsmodell wird um die *Lieferanten und das zugehörige Online Modell* vervollkommnet. Das Organisations- und Kooperationsmodell wird um den *Aufbau und Ablauf und die IuK Technologien* ergänzt. Das Kapitalmodell wird um das *Finanzierungsmodell* und das *Erlösmodell* ergänzt. (Abbildung 20)

Dieses verfeinerte Geschäftsmodell kann nun als Grundlage für die Steuerung des Geschäftsprozesses für den Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom dienen. Dafür werden die Teilprozessschritte des Auftragsabwicklungsprozesses für den Kauf bzw. Verkauf von dezentral erzeugtem Strom um die entsprechenden Segmente des Geschäftsmodells zur Steuerung ergänzt.



**Abbildung 20 Verfeinertes Geschäftsmodell**

Dem Marktmodell, das Nachfragermodell und Wettbewerbermodell umfasst, werden die privaten Konsumenten bzw. die derzeitigen Stromanbieter zugeordnet. Bei den privaten Konsumenten handelt es sich um juristische Laien und um im Stromhandel ungeübte Menschen. Die derzeitigen Stromanbieter sind zum einen die verschiedenen Stadtwerke vor Ort sowie zum anderen die vier großen Anbieter, EON, EnBW, RWE und Vattenfall. Das Leistungsangebotsmodell beschreibt die Bedürfnisse und die Leistungs-bündel, die angeboten werden. Den Bedürfnissen kann der Teilprozess „Nachfrager hat Bedarf nach Strom“ zugeordnet werden. Das Leistungs-bündel umfasst den Teilprozess „Anbieter bietet Strom an“. Das Leistungserstellungsmodell wird in Ressourcen und Kompetenzen sowie in Erstellung und Bereitstellung unterteilt. Den Ressourcen und Kompetenzen werden die Teilprozesse „Nachfrager betritt Marktplatz“ und „Anbieter betritt Marktplatz“ zugeordnet. Grundvoraussetzung für einen Geschäftsabschluss über den Verkauf bzw. Kauf von dezentral erzeugtem Strom ist, dass der Verkäufer und der Käufer sich in demselben Marktplatz bewegen. Der Erstellung und Bereitstellung wird die Aktion „Strom wird

dezentral erzeugt und von Anbieter angeboten“ zugeordnet. Dieser Vorgang liegt vor dem eigentlichen Auftragsabwicklungsprozess und ist daher nicht als Teilprozess modelliert. Diesem Bereich sind auch noch die Teilprozesse „Anbieter bietet Strom zu bestimmten Tarif an“ und „Nachfrager wählt Tarif aus“ zugeordnet. Das Beschaffungs- und Distributionsmodell enthält die Lieferanten und das Online-Modell. Den Lieferanten werden die Teilprozesse „ausgewähltes Angebot geht an Nachfrager“ und „Nachfrager erhält ausgewähltes Angebot“ zugeordnet. Das Online-Modell umfasst die Teilprozesse „Nachfrager stimmt Bedingungen zu“ und „Anbieter stimmt Bedingungen zu“ des Auftragsabwicklungsprozesses. Das Organisations- und Kooperationsmodell wird in die Bereiche „Aufbau und Ablauf“ und „IuK Technologien“ unterteilt. Dem Bereich „Aufbau und Ablauf“ wird der gesamte Aufbau und Ablauf des Auftragsabwicklungsprozesses zugeordnet. Dem Bereich „IuK Technologien“ werden die Teilprozessschritte „juristische Überprüfung des zu schließenden Vertrags“, „Aushandlung vertraglicher Details“ und „Vertrag wird geschlossen“ zugeordnet. Im Bereich Kapitalmodell des Geschäftsmodells werden die möglichen Betreiber des Marktplatzes zugeordnet. Das Finanzierungsmodell wird von einem professionellen Anbieter erstellt werden, dies kann beispielweise der Netzbetreiber sein, denn auch der privat dezentral erzeugte Strom muss durch das bestehende Netz geleitet werden, so dass auch die privaten Beteiligten ein Entgelt für die Durchleitung zahlen müssen. Daher muss dies auch im Erlösmodell berücksichtigt werden. Dem Erlösmodell sind die Teilprozessschritte „Bezahlung wird erwartet“ und „Strom wird bezahlt“ zugeordnet. In nachstehender Abbildung (Abbildung 21) ist die Steuerung des Auftragsabwicklungsprozess durch das Geschäftsmodell dargestellt. Dafür wird ein klassisches E-Commerce Modell an einen Spotmarkt für Energie, im besonderen Strom, angepasst.

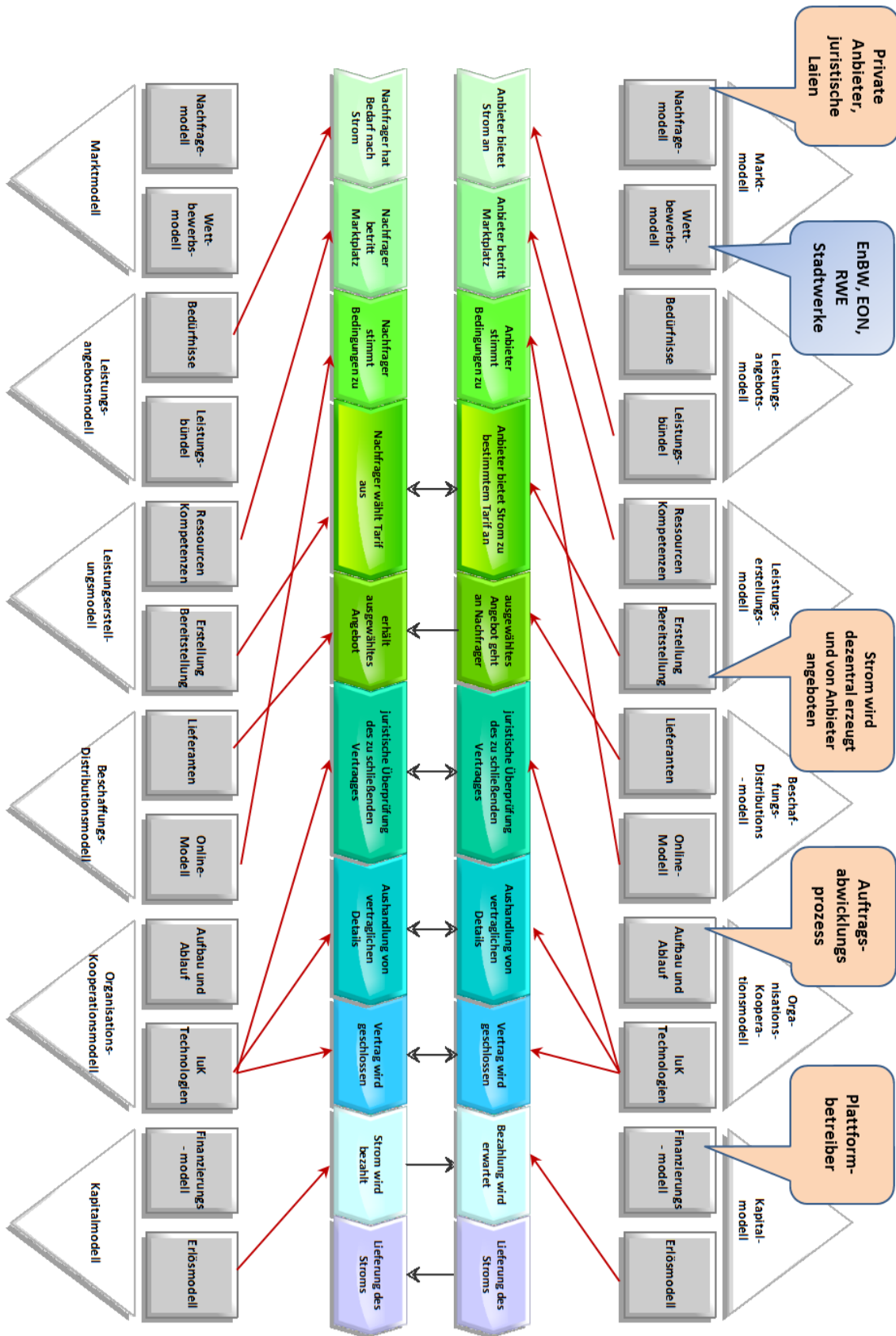
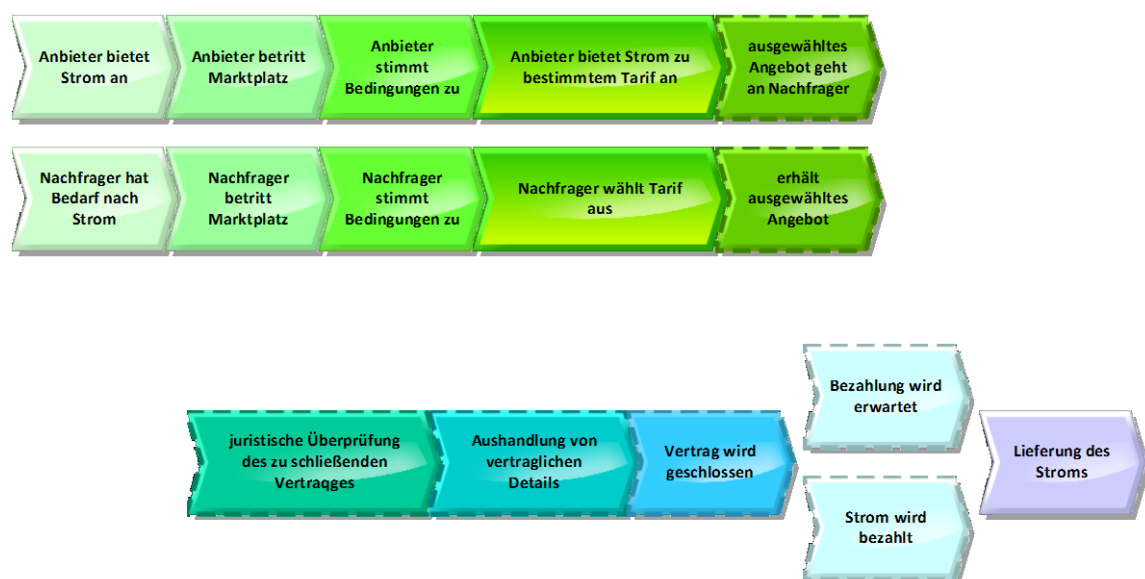


Abbildung 21 Kombination Geschäftsmodell, Auftragsabwicklungsprozess



In Abbildung 21 wurde das Geschäftsmodell „aufgeklappt“, um die Steuerung der jeweiligen Prozessschritte des Auftragsabwicklungsprozess darzustellen. Durch diese zusammenfassende strukturierte Darstellung wird deutlich, wie der Auftragsabwicklungsprozess gesteuert durch das erweiterte Geschäftsmodell abläuft.

Wenn man nun die Prozesse des Anbieters und des Nachfragers nebeneinander betrachtet, und vor allem die Kommunikationsbeziehungen zwischen den Teilprozessschritten untersucht, können nebenläufige Teilprozessschritte identifiziert werden. Dies ist in der folgenden Abbildung 22 dargestellt.



**Abbildung 22 vollständiger nebenläufiger Prozess**

Hiermit soll die grundlegende Frage „*Wie können die privaten Marktteilnehmer beim Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom unterstützt werden?*“ beantwortet werden.

Mit diesem Auftragsabwicklungsprozess bzw. dessen Umsetzung sollen die folgenden nichtfunktionalen und funktionalen Anforderungen erfüllt werden.

*Prämisse:*

- *Automatisiertes Vorgehen beim Kauf bzw. Verkauf von Strom*

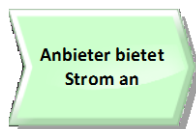
*Nichtfunktionale Anforderungen:*

- *A1: Schnelle Reaktionszeiten der Teilnehmer*
- *A2: Rahmenvertrag um an der Marktplattform teilnehmen zu können*

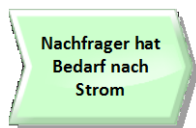
*Funktionale Anforderungen:*

- *A3: Benutzer wird im Spotmarkt durch einen Stellvertreter vertreten*
- *A4: Technische Unterstützung der Verhandlung benutzerspezifischer Kriterien. (Verhandlungsmodell)*
- *A5: Umsetzung einer multikriteriellen Verhandlung*
- *A6: Rechtssicherer Vertragsschluss*
- *A7: Leichtgewichtiges Bezahlmodell (Lastschriftverfahren) alle Schwellen müssen niedrig gehalten werden*

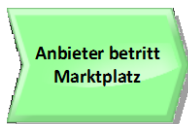
Diese Anforderungen spiegeln sich in den Teilprozessschritten des Auftragsabwicklungsprozesses wider.



Der private Stromerzeuger bietet spontan im elektronischen Marktplatz dezentral erzeugten Strom an. Entweder verkauft er seinen erzeugten Überhang, den er spontan verkaufen möchte, da er den Strom selbst derzeit nicht benötigt, aber auch nicht speichern kann, oder er produziert den dezentral erzeugten Strom direkt zum Weiterverkauf und nicht zum Eigenverbrauch.



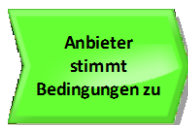
Der Nachfrager benötigt entweder spontan Strom oder er möchte längerfristig Strom beziehen. Ein spontaner Stromkauf kann umgesetzt werden, wenn der Nachfrager über einen modernen digitalen Stromzähler verfügt. Denn dann kann der Nachfrager zur Ergänzung noch dezentral erzeugten Strom hinzukaufen. Beispielsweise, wenn der angebotene dezentral erzeugte Strom besonders günstig ist oder anderen benutzerspezifischen Kriterien besser als konventionelle Angebote entspricht. Längerfristige Nachfrage nach dezentral erzeugtem Strom kann zum einen eine Ergänzung zu konventionellen Angeboten sein, oder der Nachfrager befriedigt vollständig seine Nachfrage mit dezentral erzeugtem Strom.



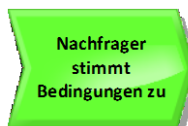
Der Anbieter betritt den elektronischen Marktplatz. Der Anbieter hat sich entschlossen, seinen dezentral erzeugten Strom auf der Marktplattform zum Verkauf anzubieten und informiert sich zunächst über die Teilnahmebedingungen.



Der Nachfrager betritt den elektronischen Marktplatz. Der Nachfrager hat sich entschlossen, seinen Bedarf nach Strom durch dezentral erzeugten Strom auf der Marktplattform zu decken und informiert sich zunächst über die Teilnahmebedingungen.



Der Anbieter stimmt den Geschäftsbedingungen der Plattform zu. Dazu können die AGBs gehören oder auch geltende Datenschutzbestimmungen.



Der Nachfrager stimmt den Geschäftsbedingungen der Plattform zu. Dazu können die AGBs gehören oder auch geltende Datenschutzbestimmungen.

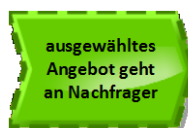
Dadurch dass Anbieter und Nachfrager den Bedingungen des Marktplatzes zustimmen, kann der Verkauf bzw. Kauf von Strom schnell und spontan erfolgen. Der Anbieter, aber auch der Nachfrager, können durch einen Stellvertreter vertreten werden. (A1, A2 und A3)



Der Anbieter bietet den Strom zu einem bestimmten Tarif an. Erstes Unterscheidungskriterium ist dabei der Zeithorizont. Entweder handelt es sich um ein spontanes, zeitlich begrenztes Angebot oder um ein längerfristiges Angebot. Außerdem enthält der Tarif die angebotene Menge und den Preis. Dies ist im rechtlichen Sinne eine invitatio ad offerendum (Aufforderung zur Abgabe eines Angebots).



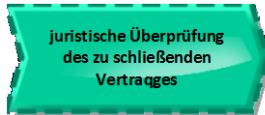
Der Nachfrager wählt einen bestimmten Tarif aus. Dabei muss er zunächst auf den Zeithorizont, auf die gewünschte Abnahmemenge und den Preis achten. Dies wird an den Anbieter übermittelt. Somit ist dies im rechtlichen Sinne ein Angebot an den Anbieter den Strom kaufen zu wollen. Es ist die erste Willenserklärung.



Der ausgewählte Tarif wird vom Anbieter an den Nachfrager übermittelt. Dieser wiederum überprüft, ob dieser Tarif seinen Anforderungen entspricht.



Der Anbieter übermittelt an den Nachfrager das ausgewählte Stromangebot zu einem bestimmten Tarif. Dies ist die zweite Willenserklärung.



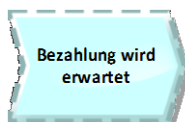
Das Angebot, der Deal, der nach Preis und Lieferbedingungen am passendsten ist, soll nun auf verschiedene wichtige juristische Fragestellungen hin untersucht werden, die für einen Vertragsschluss wichtig sind. Anhand der beiden vorliegenden Willenserklärungen muss eine Überprüfung erfolgen, ob diese beiden Willenserklärungen übereinstimmend sind. Nur bei zwei übereinstimmenden Willenserklärungen kommt ein Vertragsschluss zustande. (A6)



Im Falle, dass nicht eine sofortige Übereinstimmung vorliegt, kann über bestimmte Vertragsbestandteile verhandelt werden. Diese Verhandlung kann entweder vom Anbieter aber auch vom Nachfrager angestoßen werden und kann verschiedene benutzerspezifische Kriterien enthalten. (A4 und A5)



Im Falle, dass entweder sofort zwei übereinstimmende Willenserklärungen vorliegen oder auch diese erst nach einer möglichen Verhandlung vorliegen, kann der Vertragsschluss abgewickelt werden. Beide Vertragspartner schließen den Kaufvertrag über den dezentral erzeugten Strom ab.



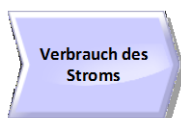
Der Anbieter verschickt eine Rechnung an den Nachfrager und erwartet die Bezahlung des von ihm verkauften dezentral erzeugten Stroms.



Der Nachfrager bezahlt den gekauften dezentral erzeugten Strom, den er vom Anbieter bezieht. Die Bezahlung erfolgt mit Unterstützung von einem leichtgewichtigen Bezahlmodell. Denkbar ist ein beispielsweise ein Lastschriftverfahren. (A7)



Lieferung des dezentral erzeugten Stromes an den Käufer. Diese erfolgt indem der Verkäufer den Strom in das Leitungsnetz der Netzbetreiber einspeist.



Verbrauch des Stromes durch den Käufer. Der Käufer bezieht den eingespeisten Strom über das herkömmliche Leitungsnetz.

Daraus ergeben sich die in der nächsten Abbildung (Abb. 23) dargestellten Teilprozessschritte als Schwerpunkt der vorliegenden Umsetzung.

## 6.4 Auftragsabwicklungsprozess für den Energiemarkt

In Abbildung 23 werden die Schritte des Auftragsabwicklungsprozesses aufgezeigt, die in der vorliegenden Arbeit konzipiert werden. Dazu zählen die Teilprozessschritte „ausgewähltes Angebot geht an Nachfrager“, „Nachfrager erhält ausgewähltes Angebot“, „juristische Überprüfung des zu schließenden Vertrages“, „Aushandlung von vertraglichen Details“, „Vertrag wird geschlossen“, „Bezahlung wird erwartet“, „Strom wird bezahlt“, „Strom wird geliefert“ und „Strom wird verbraucht“.



Abbildung 23 zu betrachtende Schritte der Auftragsabwicklung

Diese Teilprozesse finden für spontan eintretenden Bedarf und längerfristigen Bedarf genauso statt. Allerdings unterscheiden sich die Teilprozessschritte in den internen Umsetzungen.

## 6.5 Umsetzung des Auftragsabwicklungsprozesses

Die technische Umsetzung des Auftragsabwicklungsprozesses muss den aufgestellten Anforderungen, die sich aus dem Prozessmodell für einen Spotmarkt für den Verkauf und Kauf und Verkauf von dezentral erzeugtem Strom ergeben, genügen. Um diese Anforderungen A1 bis A7 zu erfüllen, müssen die Teilprozessschritte des Auftragsabwicklungsprozesses, der die Grundlage des Kaufs und Verkaufs auf dem Spotmarkt für Strom ist, nach und nach in den folgenden Kapiteln umgesetzt werden.

Für ein Marktgeschehen, in dem in einem offenen verteilten System beliebige Partner spontan und über einen begrenzten Zeitraum zueinander finden, bietet sich als Organisationsprinzip eine Peer-to-Peer (P2P)-Plattform an. Diese ist aus gleichberechtigten Knoten (Peers) aufgebaut, denen eine zentrale Steuerung fehlt. Allerdings beschäftigt sich die P2P-Technik nicht mit der inhaltlichen Ausgestaltung der Dienste, die die Peers

anbieten. Dazu muss man sich auf eine höhere, semantisch reichhaltigere Ebene begeben.  
[DiLi07]

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Konzepte und Umsetzungen innerhalb der drei Ebenen Diensteschicht, Marktmechanismen und Applikation erarbeitet. Unter der Grundannahme, Agententechnologie einzusetzen, wurden Konzepte entwickelt, um vor allem den Menschen (den privaten Marktteilnehmer) zu unterstützen und zu entlasten.

## 7 Umsetzung mit Agenten

Für eine Peer-to-Peer-Plattform, in der spontanes Verhalten nachgebildet werden soll, bietet es sich an, die Peers durch Agenten umzusetzen. Dazu führen wir in die Grundzüge der Agententechnik ein. Dabei setzen wir zwei Schwerpunkte: Die Aktivitäten der Phasen nach Abb. 22 und die Synchronisation innerhalb der Phasen durch Kommunikation zwischen den Agenten.

### 7.1 Grundlagen: Ansätze aus der Agententheorie

Agenten sind Programme für Computer, die zu autonomen Handlungen fähig sind. „Agenten“ stehen als Metapher für Eigenschaften menschlicher Agenten. Diese Agenten, die Aufgaben von Menschen übernehmen, werden Softwareagenten genannt. Allerdings gibt es nach Wooldridge keine allgemeingültige Definition für Softwareagenten. Eine anerkannte Definition für Agenten nach Wooldridge ist allerdings: „Ein Agent ist ein Computersystem, das sich in einer bestimmten Umgebung befindet und welches fähig ist, eigenständige Aktionen in dieser Umgebung durchzuführen, um seine vorgegebenen Ziele zu erreichen.“

Aus dem Forschungsumfeld der Agententheorie und der Künstlichen Intelligenz sind die sogenannten autonomen Softwareagenten ein bekannter Ansatz. Die Programme der Agenten werden als Softwareagenten bezeichnet, wenn sie über bestimmte Eigenschaften verfügen. Durch diese Eigenschaften wird der Grad an Autonomie beschrieben. Je nach Ausprägung der folgenden möglichen Eigenschaften wird der Softwareagent als autonomer Softwareagent bezeichnet. [Wool02a]

Wir betrachten daher kurz die Eigenschaften, die mit Agenten verbunden werden.

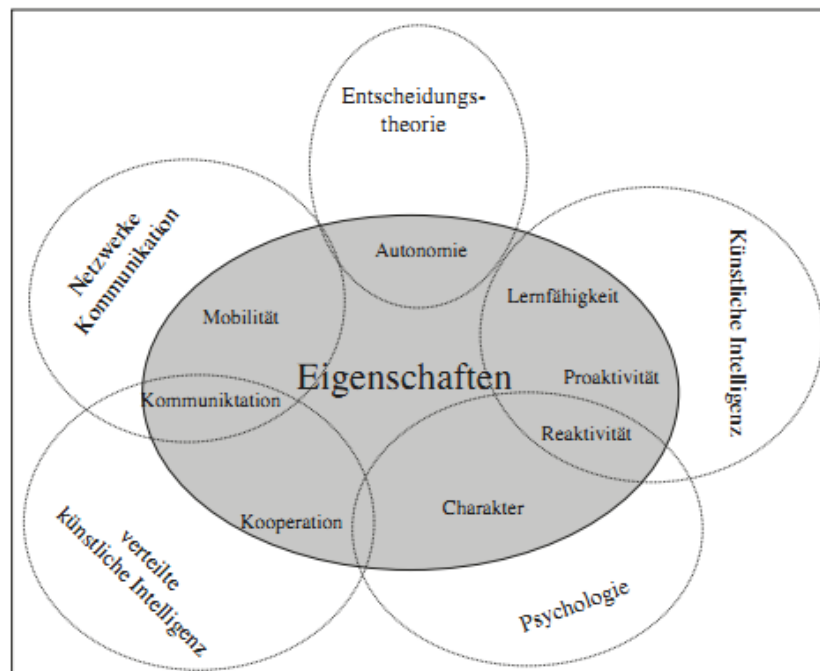
- **Reaktivität:** Ein Softwareagent ist ein in eine Umgebung eingebettetes Rechnersystem. Agenten nehmen die Umgebung wahr und reagieren dementsprechend. D. h. Agenten interagieren kontinuierlich mit der Umgebung über einen Beobachtungs- bzw. Aktionszyklus. Ein Agent terminiert also nicht ohne ausdrücklichen Eingriff.
- **„Soziale“ Fähigkeiten:** Ein Agent erbringt einen nützlichen Dienst. Auf welche Weise er dies tut, bleibt dem Agenten überlassen. Agenten können dabei mit anderen Agenten oder auch Menschen interagieren. Für die Interaktion muss eine Agenten-Kommunikationssprache verwendet werden.

- **Autonomie:** Ein Softwareagent erbringt seinen Dienst auf autonome Weise. Ein Agent handelt ohne direkten Eingriff durch eine Benutzersteuerung. Sondern der Agent kann eigenständig entscheiden, ob, wann und – im Rahmen des Dienstes – wie er aktiv ist.
- **„Pro-Aktivität“:** im Gegensatz zur Reaktivität handeln Agenten nicht nur in Reaktion auf ihr Umfeld, sondern die Autonomie eines Softwareagenten ist zielorientiert: Das Verhalten bestimmt sich aus dem Abwägen der Ziele, die der Agent verfolgt, und innerhalb des aktuell verfolgten Zieles aus einer Aktionsauswahl („practical reasoning“). Ein Agent kann sogar die Initiative für einen Handlung übernehmen.

Diese vier Eigenschaften gelten ganz allgemein für Softwareagenten. Sie verleihen ihnen ein, für einen außen stehenden Beobachter, unvorhersehbares, also nicht-deterministisches Verhalten, selbst wenn die Implementierung streng algorithmisch erfolgt. [ClRu00] Ihre Stärke spielen sie aber erst dann aus, wenn auch die Umgebung nicht-deterministisch erscheint. Dazu müssen sie als sog. Intelligente Softwareagenten über weitere Fähigkeiten verfügen:

- **Intelligenz:** Agenten operieren im Rahmen ihrer Informationen, Wahrnehmungen und Fähigkeiten flexibel und rational. Agenten sind aber nicht allwissend oder allmächtig, sondern sie müssen in der Lage sein bestimmte Prozesse wie Suche, Planung, Problemlösung, Entscheidungsfindung oder Lernen durchzuführen. Ein intelligenter Agent führt die Aktion mit den besten Leistungsmerkmalen aus.





**Abbildung 24 Einflussgebiete eines Softwareagenten [Wool02b]**

Softwareagenten unterliegen den Einflussgebieten (Abbildung 24) der Entscheidungstheorie, der künstlichen Intelligenz, der Psychologie, der verteilten künstlichen Intelligenz, der Netzwerke und der Kommunikation. Somit wirken sich diese Einflussgebiete auf die Eigenschaften aus. Für das vorliegende Szenario sind vor allem die Eigenschaften Autonomie, Proaktivität, Reaktivität, Kooperation und Kommunikation wichtig. In den Hintergrund treten die Eigenschaften Mobilität, Lernfähigkeit und Charakter.

Das Verhalten eines Agenten lässt sich explizit aus seinen verschiedenen Eigenschaften und Fähigkeiten, seinem Wissen und seinen Zielvorgaben ableiten. In der Architektur des Agenten werden die Datenstruktur, die möglichen Operationen und der Kontrollfluss festgelegt. Ein Standard Agent nach Wooldridge handelt selbständig innerhalb einer bestimmten Umgebung, indem er mit seiner Umgebung interagiert (Abbildung 25).

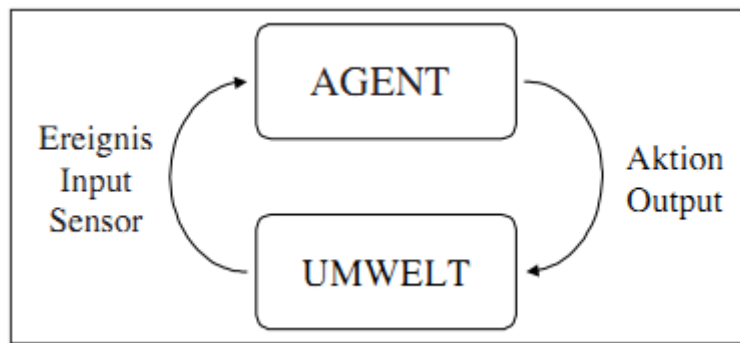


Abbildung 25 Standardagent nach [Wool02b]

Allerdings sollen diese Handlungen nach Russell und Norvig [RuNo09] auf ein bestimmtes Ziel hingerrichtet sein. Nach Russell und Norvig können fünf verschiedene Softwareagentengrundtypen unterschieden werden.

*Einfache Reflexagenten*, die nach festen Regeln handeln. Die Wahrnehmungen dieser Agenten werden mit den in den Regel, festgeschriebenen Zuständen verglichen. Bei Übereinstimmung werden dann die entsprechenden Handlungen ausgeführt.

Die *Umwelt beobachtende Agenten* sind Agenten, die ihre Umwelt aktiv beobachten. Der Agent kann trotz gleicher Sensorreize unterschiedliche Umweltzustände in Bezug auf ihre Auswirkungen unterscheiden.

*Zielgerichtete Agenten* sind Agenten, die, bevor sie handeln, die Auswirkungen auf die Umwelt untersuchen. Dieser potentiell veränderte Umweltzustand kann dann mit den verschiedenen Zielen des Agenten verglichen werden, so dass die entsprechenden Handlungen dann zielgerichtet auf die gestellte Aufgabe ausgeführt werden können.

*Nutzerorientierte Agenten* sind Agenten, die eine Nutzenfunktion zu maximieren versuchen. Diese Agenten bilden dabei die Präferenzen des Benutzers auf die Nutzenfunktion ab. Meist stehen mehrere Möglichkeiten zur Auswahl, so dass dann der Agent den Nutzen des erreichten Zustandes als Entscheidungsgrundlage heranziehen kann.

*Intelligente Agenten* sind lernfähig und können durch Schlussfolgerungen ihr Verhalten ändern. Die Einsatzmöglichkeiten von Agenten sind vielfältig. Sie werden in den Bereichen der Simulation, der Informationsrecherche und des E-Commerce eingesetzt.

Zusätzlich zu den genannten Eigenschaften kann noch die Eigenschaft der Mobilität bei autonomen Softwareagenten hinzukommen. Diese *mobilen Agenten* verrichten den Auftrag eines Nutzers, indem sie selbstständig in einem gegebenen Rechnernetz umherwandern.

Der Agenteneinsatz im E-Commerce ist in fast allen Phasen des Prozesses nach Abb. 23 sinnvoll. Zum einen können Softwareagenten Überwachungsfunktionen einnehmen, so dass ein eventuell notwendiger Einkauf von dem entsprechenden Gut angestoßen werden kann. Softwareagenten können Informationen über bestimmte Güter und deren Preise und Verkaufskonditionen sammeln und sogar selbständig Verhandlungen mit den entsprechenden Anbietern durchführen. Auch können die Softwareagenten den Menschen beim Vertragsschluss unterstützen. [Lang08]

## **7.2 Unterscheidung Vertragsagent und Rechtsagent**

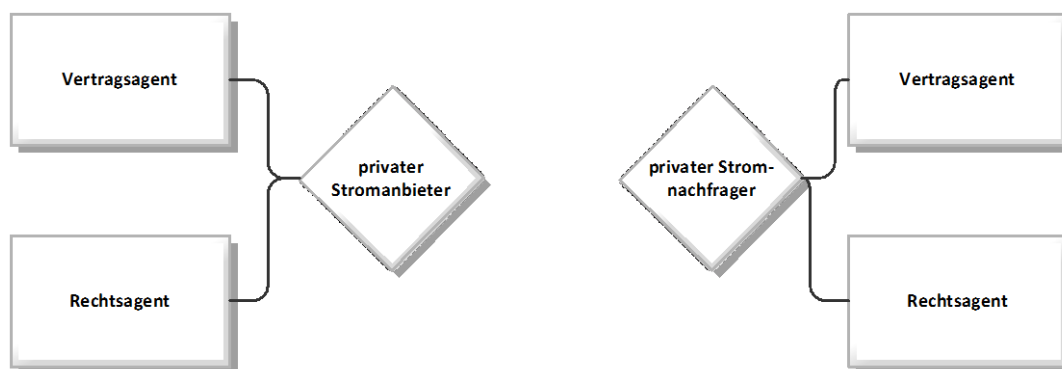
Zuerst erfolgt der Beitritt zur Plattform: Dies geschieht zunächst durch die Annahme eines Rahmenvertrages, der die groben rechtlichen Rahmenbedingungen bestimmt. Dies dient auch zur Einhaltung datenschutzrechtlicher Vorschriften. Zu den Rahmenbedingungen sollten nach den gesetzlichen Mindestanforderungen auch noch Informationen zum Betreiber des Marktplatzes gegeben werden. Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen sollten verständlich formuliert und jederzeit leicht zu finden sein.

Um die verschiedenen Prozessschritte des Austragabwicklungsprozesses adäquat umsetzen zu können, benötigt der unterstützende Agent bestimmte Eigenschaften. Der Agent sollte den abzuschließenden Vertrag bewerten und verhandeln können. Außerdem sollte es kurzfristig zur Verfügung stehen und auch als Stellvertreter für seinen Besitzer handeln. Da zum einen der Agent Aufgaben aus dem „Vertragsrechtlichen Bereich“ und zum anderen aus dem Bereich „Aushandlung vertraglicher Details“ abarbeiten muss, sollen diese Aufgaben in ihrer Abarbeitung getrennt werden. Mit Grund dafür ist auch, dass diese Aufgaben aus verschiedenen komplexen Bereichen herrühren und die Aufgabe möglichst schnell erledigt werden soll. Daher sollen zwei unterschiedliche Agenten, die verschiedene Aufgabenschwerpunkte haben, entwickelt werden. Zur Unterstützung des „Vertragsrechtlichen Bereichs“, soll ein Rechtsagent, als Experte für Vertragsrecht, konzipiert und für den Bereich „Aushandlung vertraglicher Details“ ein Vertragsagent konzipiert werden.

Der „Vertragsagent“ übernimmt als Aufgabe, die persönlichen Interessen des Teilnehmers zu vertreten und dazu unmittelbar mit dem Vertragsagenten des Vertragspartners zu verhandeln. Der „Rechtsagent“ agiert als eine Art persönlicher Anwalt des Nachfragers und arbeitet eng mit dem Vertragsagenten zusammen, von dem er Aufträge

zur rechtlichen Überprüfung von Angeboten erhält und an den er gegebenenfalls Empfehlungen für das weitere Vorgehen ausspricht.

Während es sinnvoll erscheint, dass ein Vertragsagent genau einen Marktteilnehmer vertritt, kann man sich auch vorstellen, dass Rechtsagenten auf bestimmte Rechtsgebiete spezialisiert sind und daher mehrere Teilnehmer bzw. deren Vertragsagenten beraten können. Vertragsagent und Rechtsagent sind innerhalb der P2P-Plattform in einem Multiagentensystem (MAS) organisiert aktiv, denn der Benutzer möchte, vertreten durch seinen persönlichen Vertragsagenten, gerne Strom verkaufen bzw. einkaufen. (Abbildung 26)



**Abbildung 26 Vertragsagent und Rechtsagent**

Durch die Verwendung von Agenten kann die Prämisse „Automatisiertes Vorgehen beim Kauf bzw. Verkauf von Strom“ umgesetzt werden. Aber auch die nichtfunktionale Anforderung A1: Schnelle Reaktionszeiten der Teilnehme und die funktionale Anforderungen A3: Benutzer wird im Spotmarkt durch einen Stellvertreter vertreten, kann durch den Agenteneinsatz unterstützt werden. Daher wird im Folgenden auf die Grundlagen in Agententechnologie Bezug genommen und ein Konzept für die notwendigen Agenten entworfen.

### 7.3 Agentenarchitekturen

Von Wooldridge werden vier Agentenarchitekturen vorgeschlagen, um Agenten mit inneren Zuständen und der Fällung von Entscheidungen auf Grund der Wahrnehmungen umzusetzen [Wool02a].

- *Logikbasierte Agenten*, deliberative Softwareagenten, entscheiden durch logische Deduktion, indem die Agenten logische Schlüsse aus der symbolhaften repräsentierten Umwelt ziehen.

- *Reaktive Softwareagenten* entscheiden auf Grund von Regeln, die Zustände und Aktionen einander zuordnen. Das rationale Handeln des Agenten ist an die Umgebung gebunden und das Ergebnis eines Reiz-Antwort-Schemas. Der Softwareagent kann Verhaltensmodule besitzen, in denen Verhaltensregeln festgelegt sind. Eine Verhaltenshierarchie verhindert eine Interessenkollision.
- *Hybride Softwareagenten* vereinigen deliberative und proaktive Ansätze. Hybride Agenten verwenden eine Hierarchie von interagierenden Schichten auf horizontaler und vertikaler Ebene.
- *BDI-Agenten* entscheiden auf Grund von sogenanntem „praktischen Denken“. Welche Ziele hat der Agent und mit welchen Mitteln kann ich diese Ziele erreichen? BDI steht für **B**elief, **D**esire und **I**ntention (Überzeugung, Wunsch, Absicht). Intentions (Absichten) werden durch Beliefs (Überzeugungen) beeinflusst und schränken zukünftige Desires (Wünsche) nicht ein. Auf der anderen Seite hängen Desires von Beliefs ab und die Desires beeinflussen die Intentions (Absichten). Diese Agenten werden mit Annahmen über ihre Umwelt, Wissen über den Zielzustand und Absichten wie dieser Zustand zu erreichen ist ausgestattet. BDI-Agenten erstellen Berechnungen auf Mengen der Beliefs, Desires und Intentions. In Schichtenarchitekturen treffen Agenten Entscheidungen durch bestimmte Mechanismen der Schlussfolgerungen.

Von diesen vier Architekturen erscheinen BDI-Agenten als am besten zugeschnitten auf die Erfordernisse des Auftragsabwicklungsprozesses. Auf diese Architektur soll im Folgenden etwas ausführlicher eingegangen werden.

## **7.4 BDI-Agenten**

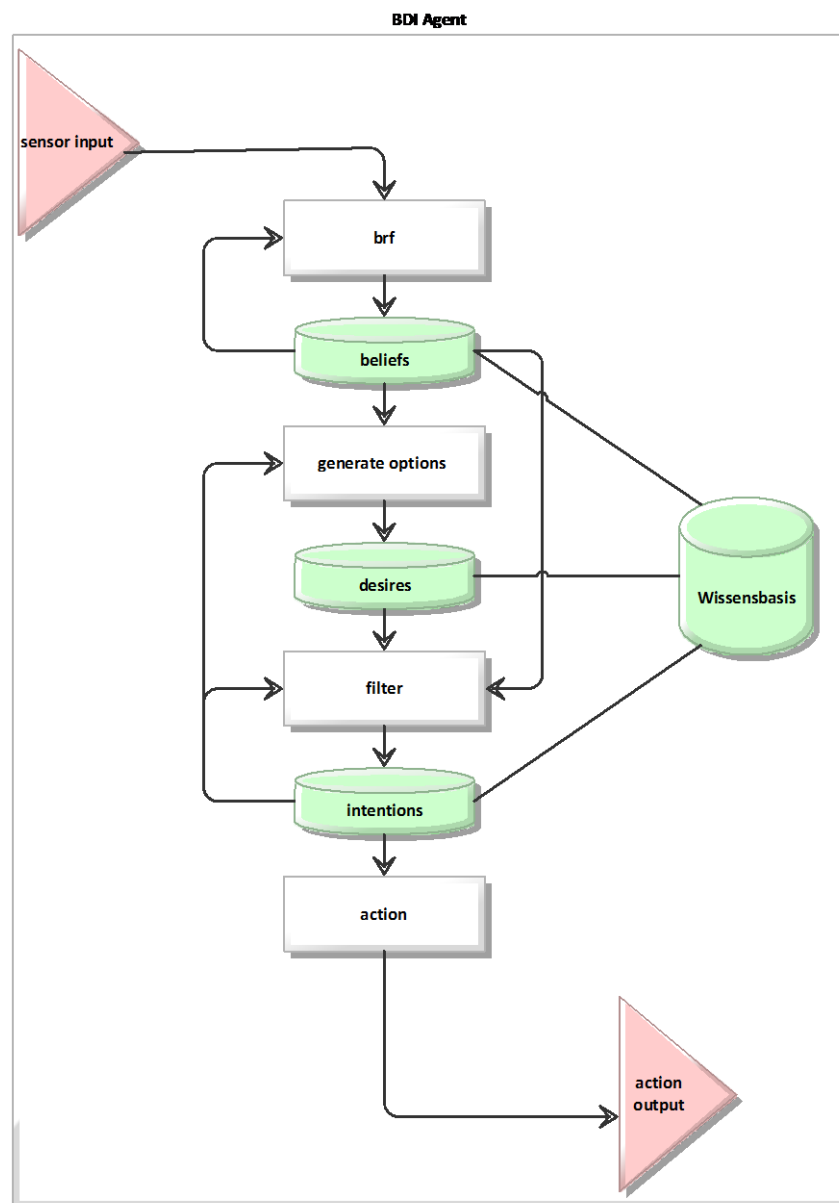
In einer BDI-Architektur werden spezielle Modelle des menschlichen Handelns nachgebildet. Auch dieser Entscheidungsprozess ist zweigeteilt:

1. **Deliberation:** Es wird eine Auswahl an Desires (Wünschen) aus den Möglichkeiten, die auf Grund der Beliefs (Überzeugungen, Annahmen) über die Umwelt zur Verfügung stehen, getroffen.
2. **Means-end-reasoning:** Nun werden die Intentions (Absichten) ausgewählt, die verfolgt werden sollen.

Genauer gesagt werden zunächst die verschiedenen bestehenden Möglichkeiten, die offen stehen, vom BDI-Agenten bestimmt. Dann werden ein oder mehrere Intentions (Absichten)

ausgewählt. Diese Intentions führen zu Aktionen, denn um ein Ziel zu verfolgen, muss ein angemessener Aufwand betrieben werden. Außerdem soll ein neuer Versuch gestartet werden, wenn eine Folge von Aktivitäten nicht zielführend war. Eine Intention bestimmt eine spätere Entscheidung, denn beim Verfolgen einer Absicht wird man nicht die Möglichkeit in Betracht ziehen, bei der man mit der Intention in Konflikt gerät. Auch hängen Absichten stark mit Zukunftsannahmen zusammen.

Die BDI-Architektur wurde ursprünglich von Bratman, der sich mit der Entscheidungsfindung beim Menschen beschäftigte, 1987 publiziert. [Brat87] Im Jahre 1995 wurde dieses Modell von Rao und Georgeff [RaGe95] für die Praxis adaptiert. Rao und Georgeff statteten die künstlichen Agenten dazu mit mentalen Fähigkeiten aus: sie erhielten Wissen über ihre Umwelt (*beliefs*), erstrebenswerte Zustände (*desires*) und aktuell verfolgte Absichten (*intentions*). (Abbildung 27)



**Abbildung 27 BDI-Architektur (angelehnt an [Wool02b])**

Die *belief revision function* (*brf*) bestimmt anhand der Sensordaten (den Wahrnehmungen) und den vorhandenen Überzeugungen neue Überzeugungen (*beliefs*). Die *beliefs* sind die Menge der Überzeugungen. Überzeugungen sind Informationen des Agenten über seine Umgebung. *Generate options* ist eine Funktion, die die Wünsche des Agenten anhand der Einschätzungen seiner Umgebung bestimmt. *Desires* sind die Menge aller Optionen des Agenten, die diesem zur Verfügung stehen. *Filter* ist eine Filterfunktion, die den Prozess der Agentenentscheidung darstellt. *Intentions* sind die Menge aller Absichten,

die die Wirksamkeit des Agenten beschreiben, und *action* ist die Funktion zur Auswahl der entsprechenden Funktionen. BDI Agenten bieten somit eine Möglichkeit, intuitive Modelle für eine Agentenumgebung aufzuzeigen. Beispielsweise sind in dynamischen Umgebungen die Agenten, die ihr Verhalten an die Umgebung anpassen können, geeignet. In statischen Umgebungen hingegen sind Agenten besser geeignet, die ihre eigenen Ziele verfolgen und dies proaktiv und zielgerichtet tun.

Genauer gesagt stehen die *Intentions* für die verschiedenen Zustände, die der Agent zur Erfüllung seiner *Desires* durchlaufen kann. Dahinter stecken bestimmte Handlungspläne, z.B. Vertragsschlüsse, die bestimmte Weltzustände (vor dem Vertragsschluss) in neue Weltzustände (abgeschlossener Vertrag) überführen. Diese *Pläne* sind die Grundlage der Schlussfolgerungen zur Abarbeitung des gewünschten Geschäftsprozesses. Es wird zunächst ein Plan ausgewählt und verschiedene Teilziele werden abgearbeitet, so dass von einem bestimmten Startzustand aus der gewünschte Endzustand erreicht werden kann. Das „Planen“ ist somit die zentrale Kompetenz eines BDI-Agenten. Durch das Planen, dem Entwerfen einer bestimmten Aktionsfolge, kann eine Startsituation in eine bestimmte gewünschte Zielsituation überführt werden. Das „Planen“ kann auch ein „Suchen“ sein. Dann muss der BDI-Agent ein bestimmtes Suchproblem anhand einer Suchstrategie lösen.

Technisch gesprochen stellen die *Beliefs*, *Desires* und *Intentions* die Wissensbasis des Agenten dar und werden durch Datenstrukturen modelliert. Die Daten werden durch eine Reasoning Engine zur Entscheidungsunterstützung interpretiert. Damit wird das Verhalten der Agenten durch den Reasoning-Prozess entscheidend mit beeinflusst. Innerhalb der Inferenzmaschine werden die entsprechenden Regeln, die für den Geschäftsprozess des Vertragsschluss entscheidend sind, abgearbeitet. Die verwendeten *Intentions* können, auf Grund der aus ihnen gezogenen Schlussfolgerungen, die *Beliefs* der Zukunft beeinflussen und müssen dazu regelmäßig überprüft und an Veränderungen im Weltmodell angepasst werden.

Ebenso wie klassische Agenten ist ein BDI-Agent auch mit Sensoren ausgestattet. Diese Sensoren haben die Aufgabe, „wahrzunehmen“ und den Agenten über seine Umwelt aufzuklären. Der Input der Wahrnehmung erfolgt durch die Wahrnehmung der Sensoren. Der Output umfasst Aktionen, die zur Beeinflussung der Umwelt gedacht sind, der Agent „agiert“. Dazwischen hat ein Interpreter die Aufgabe, die Sensoreingaben zu verarbeiten und Aktionen auszuwählen. Außerdem kann der Agent mit seiner Umgebung „kommunizieren“.  
(Abbildung 28)



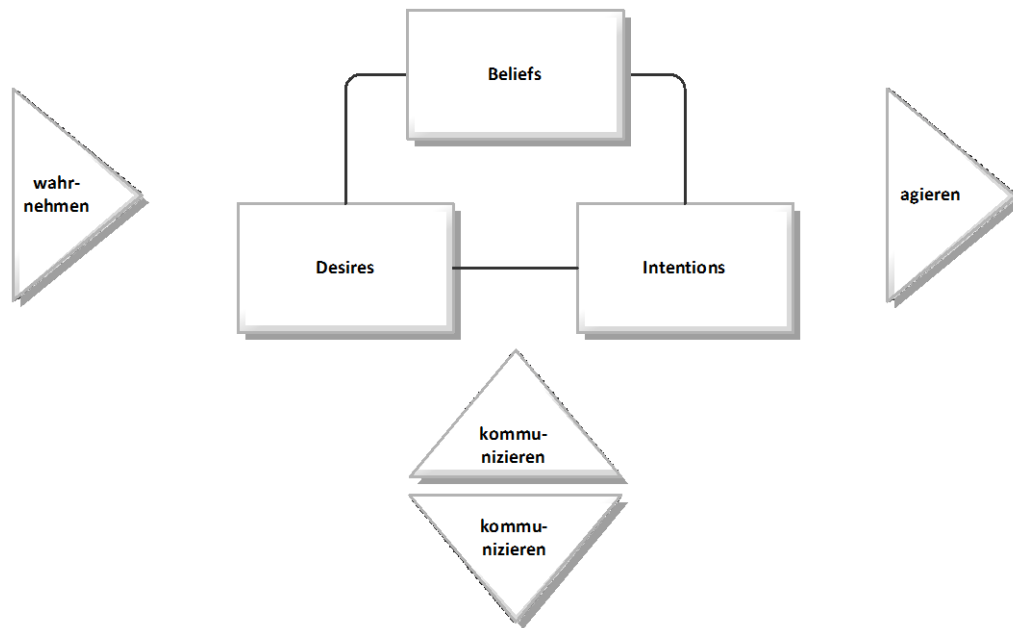


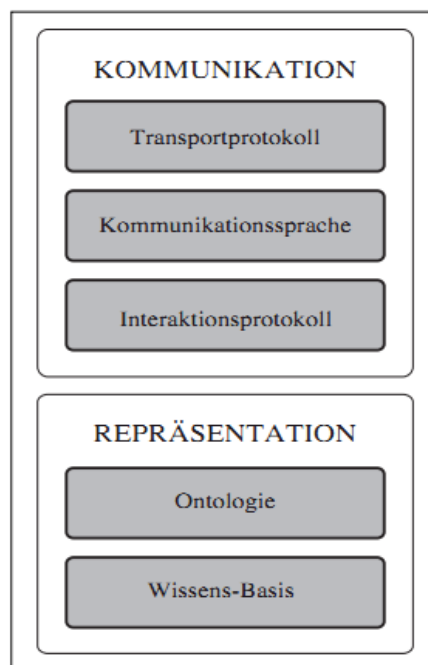
Abbildung 28 Außensicht des BDI-Agenten (überlegender, abwägender Agent)

## 7.5 Kommunikation zwischen Agenten

Kommunikation ist, wie beim Menschen, auch bei Agenten die Art sich zu verständigen. Die Kommunikation läuft über Kommunikationsprotokolle ab. Agenten können auf verschiedene Arten kommunizieren.

- Die einfachste Art der Kommunikation ist über Prozeduraufrufe, allerdings ist diese Art nicht für komplexe Prozesse geeignet.
- Auf einer höheren Ebene der Abstraktion angesiedelt ist die Kommunikation über ein Blackboard System. Über ein Blackboard werden in einem MAS Informationen, Daten und Wissen ausgetauscht. Vorteil dieser Art der Kommunikation ist, dass logisch unabhängige Agenten mit unterschiedlichen Problemlösetechniken das Blackboard beobachten und gegebenenfalls zur Lösung eines Problems beitragen. Das Lesen bzw. Schreiben ist die einzige Art der Kommunikation. Nachteil dieser Kommunikationsart ist allerdings, dass keine direkte Kommunikation zwischen zwei Agenten stattfinden kann.
- Die Verteilte Kommunikation übernimmt durch die Nachrichtenübermittlung die direkte Kommunikation zwischen zwei Agenten. Die Grundlage für den Nachrichtenaustausch ist dabei ein Transportprotokoll, das die Kommunikationssprache, den Kommunikationsablauf und das Format der Nachricht festlegt. Für die Semantik der Kommunikation existiert eine

Sprechakttheorie, die sich im Ablauf an der menschlichen Sprache orientiert [Aust55]. Elemente aus der Sprache werden als Aktionen interpretiert. Diese Theorie ist Grundlage dafür, dass der Austausch von Nachrichten mit einer Agentenkommunikationssprache zwischen den Agenten vollzogen wird. Auch wenn die Agenten verschieden programmiert sind, kann durch ein spezifisches Transportprotokoll eine gemeinsame Kommunikation stattfinden. Die Wissensrepräsentation des Agenten, die für die Kommunikation verwendet werden kann, besteht aus Ontologien und/oder einer Wissensbasis. (Abbildung 29) Im vorliegenden Szenario benötigt der Agent fachspezifisches Wissen, daher werden diese fachspezifischen Begriffe in einer Ontologie modelliert.



**Abbildung 29 Abstraktes Kommunikationsmodell nach Finin [FFMM94]**

Bezogen auf das vorliegende Szenario ist es wünschenswert, eine Mensch-Agenten Kommunikation zu erreichen, bei der der Mensch sich nicht an den Rechner anpasst, sondern sich der Agent an den Menschen anpasst und die Kommunikation menschenähnlich verläuft. Der Agent sollte am besten ein an die natürliche Sprache angelehntes Begriffssystem verarbeiten.

In Abbildung 30 ist die Sprachverarbeitung durch einen Agenten dargestellt. Zunächst erfolgt eine Eingabe. Diese Eingabe wird syntaktisch analysiert. Die syntaktische Struktur wird semantisch interpretiert und in die zugehörige semantische Repräsentation umgesetzt. In einer Sprechakterkennung wird das Ziel der Benutzeräußerung in den Beliefs / im

Dialoggedächtnis gespeichert und auch an die Desires weitergeben. Das Ziel wird in sogenannten Dialogplänen innerhalb der Intentions übernommen und ausgegeben. Das Ziel der Agentenäußerung wird als Sprechakt generiert und semantisch repräsentiert. Diese semantische Repräsentation wird verbalisiert und in einem letzten Schritt als verbalisierte Struktur über eine Oberflächentransformation an die Ausgaben weiter übermittelt. Die Relevanz der drei Eigenschaften der Agenten, Beliefs, Desires und Intentions wird deutlich.

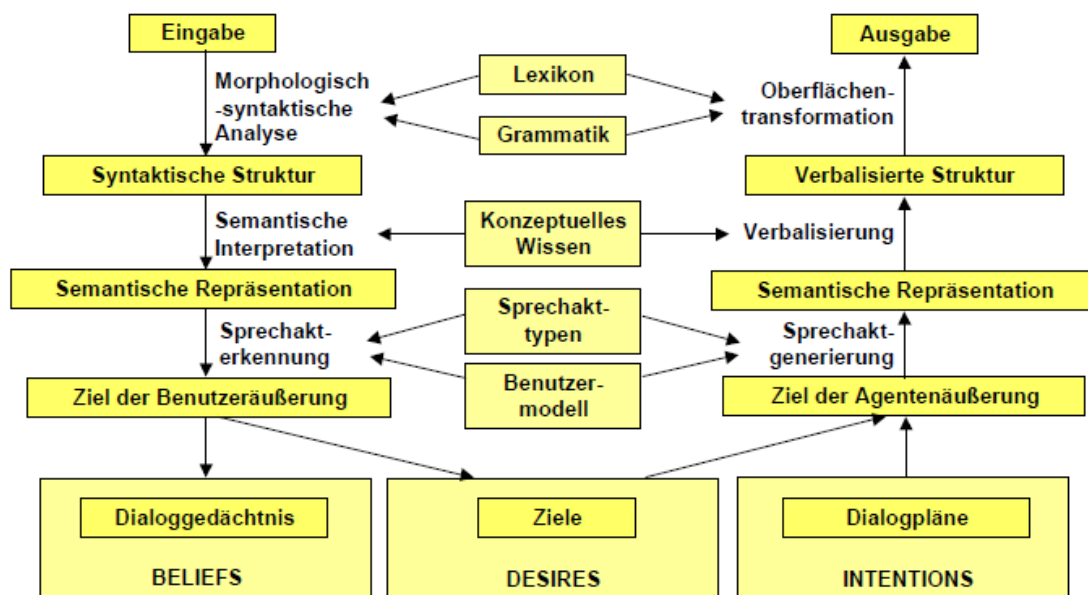


Abbildung 30 BDI-Agent, Sprachverarbeitung durch einen Agenten [Neum00]

Aus der Kommunikationstheorie (Sprechakttheorie) wird für die Sprachverarbeitung von Agenten eine nützliche Abstraktion verwendet. (Abbildung 31)

- Nachrichtenaustausch = zielgerichtete Aktion
- Sprechakt = Akt des Nachrichtenaustausches
- Sprechakttyp = Unterscheidung von Sprechakten nach Art des Ziels (beispielsweise: Mitteilung, Zustimmung, Ablehnung, Dank, Entschuldigung, Versprechen, Ratschlag, Angebot, Drohung, Wunsch, Resignation [Enge96])

Ein entsprechendes Kommunikationsprotokoll legt Regeln fest, wie verschiedene Sprechakte in einem Dialog aufeinander folgen dürfen.

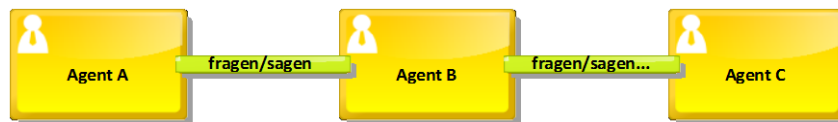


Abbildung 31 Sprechakt

## 7.6 Agentenbasierter Marktplatz

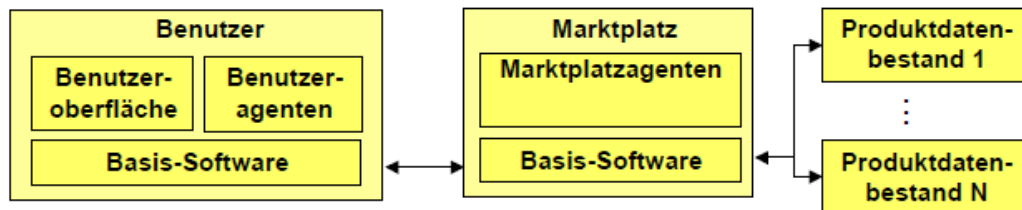
Beim E-Commerce können die Agenten die Rolle von Anbietern und Nachfragern einnehmen. Dabei kann es verschiedene Entwicklungsstufen an Agenten geben:

- Einfache Kaufagenten verschaffen Produktinformationen
  - Suche
  - Preisvergleich
- Komplexe Kaufagenten unterstützen den gesamten Kaufvorgang
  - Suche
  - Preisvergleich
  - Zahlung
  - Lieferung
- Agentenbasierte Marktplätze umfassen Kauf- und Verkaufsagenten, Kreditagenten, Zahlungsagenten, Werbeagenten etc.
  - Suche
  - Werbung
  - Preisvergleich
  - Verhandlung
  - Kreditvergabe
  - Zahlung
  - Lieferung

Im Folgenden wird auf die Agentenbasierten Marktplätze näher eingegangen werden, da der Auftragsabwicklungsprozess die dazugehörigen Phasen bis auf die Phase Kreditvergabe umfasst.

In Abbildung 32 ist ein grobes Konzept eines Agentenbasierten Marktplatzes dargestellt. Die Benutzeroberfläche eines Agentenbasierten Marktplatzes dient der Verständigung zwischen einem Benutzer und seinem Agenten. Über die Benutzeroberfläche werden die notwendigen Parameter eingegeben. Der Benutzeragent unterstützt seinen Benutzer beim Verkauf oder Kauf von Produkten. Der Kontakt entsteht über eine Basissoftware. Der Marktplatzagent hat auf alle Produktdaten Zugriff und unterstützt die Anbieter beim

Verkauf Ihrer Produkte. Die Kommunikation läuft über die Basis-Software ab. In der Regel besitzt ein Anbieter einen Marktagenten. Der Marktagent vertritt den Anbieter am Marktplatz.



**Abbildung 32 Agentenbasierter Marktplatz [Neum00]**

Dies bedeutet für das vorliegende Szenario, dass dem Benutzer Eingabemasken zur Verfügung gestellt werden müssen, so dass der Benutzer seine benutzerspezifischen Kriterien eingeben kann. Der Benutzeragent entspricht im Szenario dem Vertragsagenten des Nachfragers. Der Marktplatzagent entspricht dem Vertragsagenten des Anbieters.

Dies kann als grober Ansatz für die Umsetzung des vorliegenden Szenarios übernommen werden.

Die Agenten können entweder auf dem PC der Benutzer oder auch auf dem Smartphone genutzt werden. Die Umsetzungen sollen so gestaltet werden, dass die Marktplattform auf den üblichen internetfähigen Endgeräten (PC, Smartphone, Tablet) laufen kann.

Durch den Einsatz von Agenten sollen somit die Prämisse und die Anforderungen A1 und A3 erfüllt werden. (*Prämisse: Automatisiertes Vorgehen beim Kauf bzw. Verkauf von Strom, A1: Schnelle Reaktionszeiten der Teilnehmer und A3: Benutzer wird im Spotmarkt durch einen Stellvertreter vertreten*)



## 8 Ontologien als Wissensbasis für die Agenten

Kapitel 7 schlägt Ontologien als Teil der Wissensbasis für die Agenten vor. Somit wird von ontologiebasierten Agenten gesprochen. Die Ontologien sollten sich dazu auf die Inhalte beschränken, die innerhalb des Auftragsabwicklungsprozesses von Bedeutung sind.

Da von zwei verschiedenen Agenten, Vertragsagent und Rechtsagent, ausgegangen wird, sind auch zwei verschiedenen Ontologien sinnvoll. So sind gerade juristische Fachbegriffe im Vergleich zu umgangssprachlichen Begriffen für einen juristischen Laien schwer verständlich. Daher ist es vor allem für den Rechtsagenten wichtig, dass in seine Wissensbasis eine Ontologie integriert ist, die juristische Begriffe und umgangssprachliche Begriffe in Zusammenhang bringt. Der Vertragsagent benötigt Wissen, das über die Kenntnisse des Geschäftsmodells hinausgehen. Das in den Ontologien modellierte Wissen muss innerhalb der BDI-Agenten (Abbildung 28) zur Verfügung gestellt werden.

### 8.1 Grundlagen: Ontologien

In der *Philosophie* wird der Begriff Ontologie als die *Lehre vom Sein* verstanden. „In der Philosophie ist der Begriff Ontologie eine Lehre, die sich (primär) mit dem Sein, dem Seienden als solchen und mit den fundamentalen Typen von Entitäten beschäftigt. Die Philosophie gehört zur Metaphysik und als Teil der Metaphysik beschreibt eine Ontologie eine sinnliche nicht mehr erfahrbare Welt.“ [Kosc07] Nach Sokrates und Platon wird zwischen Konzepten und Instanzen unterschieden. Konzepte sind Ideen und Instanzen sind als ein Objekt aus der realen Welt nur noch ein „Schatten“ der Ideen. Die Ontologie bildet die Hierarchie der Iden ab.

In der *Informatik* wird der philosophische Begriff Ontologie seit den 90er Jahren zur *Wissensrepräsentation* verwendet.

Nach Thomas Davenport (1997) können Menschen Wissen nicht teilen, wenn sie nicht eine gemeinsame Sprache sprechen: „*People can't share knowledge if they don't speak a common language*“ [Dave97]. Somit bestehen verschiedene Probleme beim Informationsaustausch zwischen heterogenen Systemen. System A verwendet Schema A und System B verwendet Schema B. Gleiche Begriffe können nun aber mit verschiedenen Bedeutungen assoziiert werden und unterschiedliche Begriffe können die gleiche Bedeutung haben. Daher müssen die Begriffe des Systems A mit Schema A in die Begriffe des

Schemas B übersetzt werden. Durch die Nutzung einer gemeinsamen Sprache mit einer gemeinsamen Syntax, Semantik und Taxonomie und unter der Verwendung von Thesauri und Ontologien kommt es zu bedeutend weniger Missverständnissen. In der Ontologie werden Regeln und Wissen darüber gespeichert, welche Vernetzungen sinnvoll und zulässig sind. Wissen bedeutet in diesem Zusammenhang: „Wissen ist eine Teilmenge aller wahren Annahmen“. [Sack11]

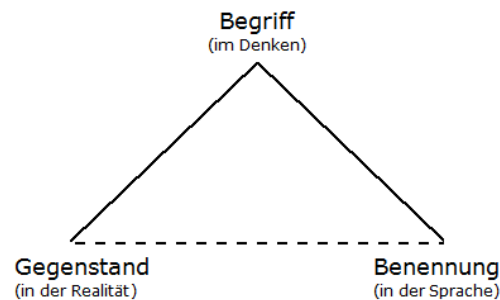
Innerhalb der *Informatik* wurde der Begriff einer Ontologie durch T.R. Gruber 1993 zuerst verwendet. [Grub93] Nach Gruber ist eine Ontologie „*an explicit specification of a shared conceptualization*“. Konzeptualisierung wird dabei als „*an abstract, simplified view of the World that we wish to represent or some purpose*“ definiert. Somit ist eine Ontologie eine explizite Beschreibung einer abstrakten, vereinfachten Sicht der Welt („*a specification of an representational vocabulary for a shared domain of discourses-definition of classes, relations, functions and other objects*“). [Grub93] Dies bedeutet, dass eine Ontologie ein abstraktes Modell ist, das für eine bestimmte Domäne die relevanten Begriffe und deren Beziehungen untereinander definiert. Die Bedeutung aller Begriffe ist „*explizit*“ definiert. Die Ontologie ist „*formal*“, also maschinenlesbar, und es besteht ein gemeinsamer Konsens bezüglich der Ontologie. Nach Gruber werden Ontologien somit für eine explizite konzeptuelle Modellierung eines gemeinsamen Wortschatzes für Beteiligte einer Kommunikation verwendet. Eine Ontologie ist nicht das Abbild der realen Objekte der realen Welt, sondern eine Spezifikation der Vorstellungen und Begriffe, die wir in unseren Köpfen über sie haben. [Borc03]

Diese Definition bedeutet übertragen auf die Wissensrepräsentation, dass eine Ontologie ein formal definiertes System von Begriffen und Beziehungen darstellt. Ontologien bilden Konzepte, so dass dann das in die Ontologie integrierte Wissen für den Computer in einer formalen verarbeitbaren Art vorliegt. Die Ontologien werden vor allem für internetbasierte Anwendungen und als Wissensbasis für Agenten verwendet.

Ontologien werden aber auch in der *Linguistik* verwendet. Es existieren immer wieder Probleme in der Kommunikation zwischen verschiedenen Parteien, sei es zwischen Menschen, zwischen Menschen und Informationstechnischen Systemen oder zwischen verschiedenen Informationstechnischen Systemen. In der Linguistik, der Lehre der Sprachwissenschaften, beschäftigt sich die Semiotik mit der Theorie der Zeichensysteme und mit den Teilgebieten Syntax, Semantik und Pragmatik. Dieser Zusammenhang kann in einem semiotischen Dreieck dargestellt werden. Somit können komplexe Zusammenhänge



der Kommunikation im Zusammenhang gebracht werden. Bei diesen Zusammenhängen werden die entsprechenden Wörter, Symbole und deren Bedeutung betrachtet. Die Bedeutung wird bei dieser Vorgehensweise durch den Menschen aus dem Zusammenhang heraus interpretiert. Dabei können verschiedenste Ergebnisse der Interpretation auftreten, denn jeder Mensch verknüpft Wörter und Bedeutung je nach Zusammenhang und Vorerfahrung wieder anders. (Abbildung 33)



**Abbildung 33 Semiotisches Dreieck**

Die Semiotik stellt fest, dass ein Symbol, also ein Wort, keinen direkten Zusammenhang zu einem Ding, also einem Gegenstand, hat. Die Beziehung wurde vom Menschen und/oder für ein Informationssystem willkürlich festgelegt. Dies wird als Konzept bezeichnet. Der Mensch und/oder das Informationssystem haben ein gemeinsames Sprachvokabular, über das sie kommunizieren können. Diese Wörter bzw. Symbole werden automatisch mit bestimmten Dingen verbunden. Die Symbole assoziieren mit den Dingen aus der realen Welt. Allerdings kann es sehr schnell zu Missverständnissen bei der Kommunikation und somit zu Problemen bei der Kommunikation kommen, wenn ein Wort, also ein Symbol, zwei voneinander verschiedene Bedeutungen hat.

Was bedeutet das Wort „Jaguar“, das Tier oder das Auto? Dieses kleine Beispiel zeigt, dass ein Symbol je nach Vorstellungen und Sinnzusammenhang verschiedene Dinge bzw. Gegenstände bezeichnen können. Nach [OdRi23] besteht eine implizite Beziehung zwischen Symbolen und Dingen. Erst durch die gedankliche Vorstellung entstehen konkrete Dinge bzw. Gegenstände oder Objekte. Innerhalb der menschlichen Kommunikation bestehen laut Semiotik sehr vielfältige Beziehungen zwischen Symbolen und Dingen.

Daher wird eine Ontologie innerhalb der *Informationswissenschaft* auch als eine *Kategorisierung* gesehen. Diese Kategorisierung hat zum Ziel, dass das Wissen über einen ganz bestimmten Ausschnitt der Welt somit der Verarbeitung mit dem Computer zugänglich

gemacht wird. Diese Kategorisierung beschreibt und klassifiziert die dafür relevanten Objekte.

Eine erweiterte und präzisierete Definition in der *Informatik* nach Studer ist: „*An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization. Conceptualization refers to an abstract model of some phenomenon in the world by having identified the relevant concepts of that phenomenon. Explicit means that the type of concepts used, and the constraints on their use are explicitly defined. Formal refers to the fact that the ontology should be machine-readable. Shared reflects to the notion that an ontology captures consensual knowledge, that is, it is not private of some individual, but accepted by a group.*“ [Stud98] Im Folgenden wird der Begriff *Ontologie* im Sinne dieser Definition verwendet.

Eine *Ontologie* ist eine Zusammenstellung von Konzepten und Relationen. Eine *Ontologie* muss formal definiert sein, damit sie im Rahmen eines wissensbasierten Systems verarbeitet werden kann. Der Gegenstandsbereich einer *Ontologie* wird *Domäne* genannt, somit werden üblicherweise die Beschreibungen der Konzepte auf die jeweilige *Domäne* eingeschränkt. Die *Ontologie* beschreibt für eine *Domäne*, für die vorliegende Arbeit beispielsweise *Stromkauf*, *Stromverkauf* und *Vertragsschlüsse*, die Objekte, die Objekteigenschaften und die Zusammenhänge zwischen den Objekten in einer Hierarchie. [onto13]

## **8.2 Anwendungsbereiche von Ontologien**

*Ontologien* sollen nicht nur für menschlichen Nutzer, sondern vor allem auch für den Computer auswertbar sein. Dem Computer soll es ermöglicht werden, gezielt Informationen zu finden und aufbereiten zu können. Durch das in den *Ontologien* formalisierte Vokabular können beispielsweise Inhalte verschiedener Webseiten zueinander in Verbindung gesetzt werden. Dies ist die Grundlage für das von Tim Berners-Lee initiierte *Semantic Web*. Die vernetzte Struktur der *Ontologien* ermöglicht es dann sogar, dass Schlüsse auf Informationen zugelassen werden, obwohl diese in keiner der Webseiten explizit enthalten sind. [BMI12] Weitere Anwendungsgebiete von *Ontologien* liegen im Bereich von Übersetzungssystemen, Dialog- und Auskunftssystemen. Dabei greifen die *Ontologien* auf Wissensbasen zurück. Der Einsatz von *Ontologien* in diesen Bereichen hat Vorteile gegenüber der Verwendung von Datenbanken, da *Ontologien* Klassen und deren Eigenschaften und Axiome festlegen.

### 8.3 Grundelemente einer Ontologie

Ontologien sind in Taxonomien organisiert. Dies sind Baumstrukturen, die Mehrfachvererbungen und disjunkten Unterkategorien enthalten. Des Weiteren werden die folgenden Elemente verwendet:

- **Konzepte/Begriffe (concepts):** Konzepte sind Begriffe aus der realen Welt. Ein Konzept ist die Beschreibung gemeinsamer Eigenschaften. Klassen sind die Klassifizierung einer Gruppe von Objekten. Diese sind vergleichbar mit Klassen in der Objektorientierung. Die Klassen wiederum werden in eine Hierarchie eingebunden. Die oberste Hierarchieebene besteht aus abstrakten, allgemeinen Begriffen. Jede weitere Hierarchiestufe abwärts gesehen bedeutet einen Zuwachs an Spezifikation und Konkretisierung. Jede dieser Klassen hat eine Superklasse, von der sie alle Eigenschaften erbt. Zusätzlich kann jede Klasse weitere Eigenschaften zugewiesen bekommen und beliebig viele Subklassen haben, denen sie dann wiederum ihre Eigenschaften vererbt. Klassen, die konkret deklariert sind, können Instanzen haben.
- **Attribute/Typen (types):** Die Attribute beschreiben die Konzepte.
- **Instanzen (individuals):** Die Instanzen sind Objekte, durch die eine Klasse beschrieben wird. Instanzen repräsentieren eine Instanz eines Begriffes und können mit Objekten in der Objektorientierung verglichen werden.
- **Relationen (relations):** Relationen sind Eigenschaften, die Beziehungen zu anderen Objekten (Instanzen) herstellen. Relationen können auch wechselseitig sein (istMutterVon ↔ istKindVon). Relationen können multipel sein (istMutterVon kann eine Relation einer Frau zu mehreren Kindern sein).
- **Vererbung:** Durch die Vererbung ist es möglich, die Relationen und Eigenschaften von Begriffen weiterzugeben. Es kann auch eine Mehrfachvererbung vorkommen.
- **Axiome:** Die Axiome sind die Aussagen in der Ontologie, die immer richtig sind. Dies sind allgemeingültige Sätze, also Wissen, das sonst nicht aus anderen Begriffen abgeleitet werden kann.
- **Inferenz:** Inferenzsysteme für Beschreibungslogiken (Reasoner) bieten unterschiedliche Dienste (Inference Services) an. Diese überprüfen die Bestandteile der Ontologie. Es erfolgt eine Konsistenzprüfung für einzelne

Konzepte, die Subsumtion, eine Instanzprüfung (Instance Checking) und eine Abfrage (Retrieval).

## 8.4 Modellierungssprachen von Ontologien

Die Ontologien können prinzipiell auf verschiedene Art und Weise in Modellierungssprachen formuliert werden.

- *Informal*: natürlich-sprachliche Beschreibung
- *Semi-informal*: Beschreibung in einer beschränkten und strukturierten Form einer natürlichen Sprache
- *Semi-formal*: Beschreibung in einer künstlichen formal definierten Sprache oder
- *Formal*: Beschreibung mittels einer Sprache mit genau definierten Begriffen mit formaler Semantik. Das kann in verschiedenen Sprachen geschehen: F-Logik, XML, RDF und OWL.

Bei der Modellierung kann auf Elemente einer generischen Top-Level-Ontologie Bezug genommen werden. Diese beschreibt Begriffe, die sehr allgemein sind, wie Raum und Zeit. In einer Domänen-Ontologie wird ein Anwendungsgebiet, wie beispielsweise das Recht, die Medizin oder die Industrie beschrieben. In einer Aufgaben-Ontologie (Task-Ontology) werden typische Aufgaben und Aktionen des bestimmten Anwendungsgebietes zusammengefasst. In der Anwendungs-Ontologie (Application Ontology) werden Konzepte, die für einen eng umgrenzten Anwendungsbereich relevant sind, dargestellt. (Abbildung 34)

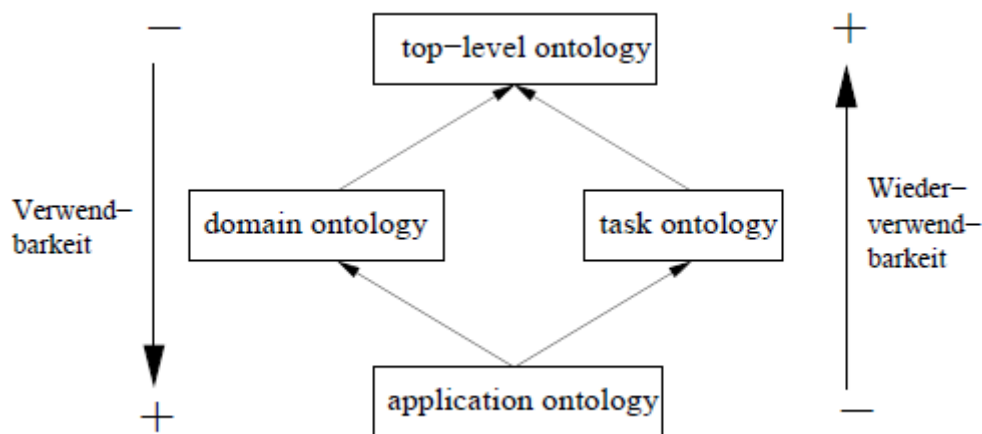


Abbildung 34 Arten von Ontologien (Guar98)

## **8.5 Ansätze bei der Entwicklung einer Ontologie**

Das automatisierte „Lernen“ einer Ontologie aus einer bestimmten Datenmenge wird als „*Ontology Learning*“ bezeichnet. Beim sogenannten „*Ontology Enrichment*“ werden bestehende Ontologien um weitere Klassen und Relationen ergänzt. Diese Methode ist gerade für sich weiterentwickelnde Domänen typisch. Eine Ergänzung einer bestehenden Ontologie mit Instanzen wird als „*Ontology Population*“ bezeichnet. Die Einbindung von ein oder mehreren bestehenden Ontologien in eine neue Ontologie wird als „*Ontology Alignment*“ bezeichnet. Wenn eine Ontologie direkt in eine neue Ontologie mit integriert wird, bezeichnet man dies als „*Ontology Merging*“. Die Verknüpfung von verschiedenen Konzepten zwischen verschiedenen Ontologien wird als „*Ontology Linking*“ oder „*Ontology Integration*“ benannt. Die Begriffe werden in der Literatur allerdings nicht immer einheitlich verwendet.

In der vorliegenden Arbeit wird „Ontology Learning“ in der Art verwendet, dass sich die Erstellung der Ontologien für den Vertragsagenten auf der einen Seite und den Rechtsagenten auf der anderen Seite nur auf die Datenmengen bezieht, die innerhalb des Auftragsabwicklungsprozesses relevant sind. Externe bestehende Ontologien werden nicht verwendet. Der Dateninput kann nach [GoMa03] in fünf verschiedenen Ansätze unterschieden werden:

1. Ontology Learning from text
2. Ontology Learning from dictionary
3. Ontology Learning from knowledge base
4. Ontology Learning from semi-.structured schemata
5. Ontology Learning from relational schemata.

Nach einem Modell nach Cimiano [Cimi06] bauen im Ontology Learning die automatisierbaren Entwicklungsschritte gemäß Abbildung 35 aufeinander auf:

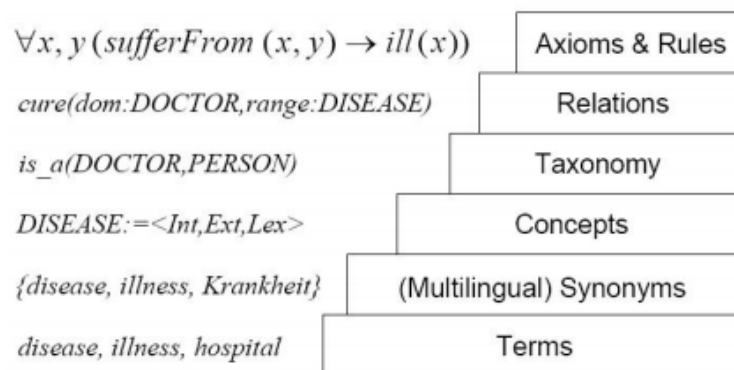


Abbildung 35 Ontology Learning Layer Cake [Cimi06]

Die sechs Stufen bedürfen einer eigenen Herangehensweise der Entwicklung. So existieren wiederum für jede der sechs Stufen verschiedene Verfahren und verschiedene dazugehörigen Werkzeuge, um diese aufstellen zu können. Um aber nun eine vollständige Ontologie erstellen zu können, sollte ein Verfahren ausgewählt werden, dass möglichst alle sechs Stufen umfasst. In der folgenden Abbildung (Abbildung 36) ist eine Übersicht über einige aktuelle Systeme und deren Entwicklungsschritte gegeben.

| Organi-<br>zation               | System                   | Ontology Learning Subtasks |               |          |                      |           |                 |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|----------|----------------------|-----------|-----------------|
|                                 |                          | Terms                      | Synonyms      | Concepts | Concept<br>Hierarchy | Relations | Other<br>Axioms |
| AIFB, Univ.<br>Karlsruhe        | TextToOnto/<br>Text2Onto | X                          | clusters      | X        | X                    | X         | X               |
| Amir Kabir<br>Univ.,<br>Teheran | HASTI                    | X                          |               |          | X                    | X         | X               |
| CNTS,<br>Univ. Ant-<br>werpen   | OntoBasis                |                            | clusters      | clusters |                      | ?         |                 |
| DFKI                            | OntoLT /<br>RelExt       | X                          |               |          | X                    | X         |                 |
| Economic<br>Univ.<br>Prague     | TextToOnto<br>Extensions |                            |               |          |                      | labels    |                 |
| ISI, USC                        | CBC / DIRT               |                            | clusters      | clusters |                      |           |                 |
| Keio Univ.                      | DOODLE                   |                            | similar pairs |          |                      | X         |                 |
| Univ.<br>Paris-Sud              | ASIUM/<br>Mo'K           |                            | clusters      | clusters | X                    | X         |                 |
| Univ.<br>Rome                   | OntoLearn                | X                          | X             | X        | X                    | X         |                 |
| Univ.<br>Salford                | ATRACT                   | X                          | clusters      | clusters |                      |           |                 |

Abbildung 36 Funktionsumfang einiger aktueller Systeme [Cimi06]

Einige der Systeme, TextToOnto, OntoLearn, OntoLT, HASTI und Asium würden die Umsetzung der sechs Stufen ermöglichen können. Mit Hilfe eine Ontologie Editors, wie Protégé oder KAON, kann die Erstellung einer Ontologie allerdings stark vereinfacht werden. Eine graphische Benutzeroberfläche stellt die Möglichkeit der Eingabe zur Verfügung, so dass die Benutzer leichter eine neue Ontologie erstellen können oder eine bestehende ins System übernehmen können und dann leichter mit dem graphischen Werkzeug erweitern können. Vorteil ist, dass der Wissensingenieur nicht über fundierte IT-Kenntnisse verfügen muss. [Ahre09]

## 8.6 Ontologien für die Auftragsabwicklung

Als Wissensbasis für die beiden Agenten, den Vertragsagenten und den Rechtsagenten, werden Ontologien benötigt. Da die beiden Agenten unterschiedliche Aufgaben haben, die auch voneinander unabhängig abgearbeitet werden können, sollen die beiden verschiedenen Agententypen auch verschiedene Wissensbasen zur Verfügung gestellt bekommen. Zum einen eine Ontologie, in der die Benutzerpräferenzen aufgenommen sind und zum anderen eine Ontologie, in der die rechtlichen relevanten Begriffe mit aufgenommen sind. Diese beiden Ontologien werden bei einer Vertragsverhandlung als Wissensbasis des entsprechenden Agenten verwendet. Zur Umsetzung wird KAON verwendet. Das Ontologie-Modellierungswerkzeug KAON<sup>3</sup> stellt eine Infrastruktur zur Verfügung, um Ontologien zum einen zu entwerfen und zum anderen die Ontologien dann auch weiter zu verarbeiten. Die erste Version wurde 2002 veröffentlicht und unterstützt eine erweiterte Version von RDF-spezifizierten Ontologien. 2005 wurde die erste Version von KAON2 veröffentlicht, worin das effiziente Schlussfolgern nun mit in OWL-codierten Ontologien möglich ist. Die Modellierung wird in den folgenden Schritten vorgenommen [NM01]:

1. Festlegen des Szenarios
2. Prüfen, ob vorhandene Ontologien wiederverwendet werden können
3. Sammeln von Begriffen, die in der Domäne verwendet werden
4. Modellierung:
  - 4.1 Konzepte definieren
  - 4.2 Beziehungen zwischen den Konzepten definieren
  - 4.3 Beziehungen genauer spezifizieren
5. Anlegen von Instanzen
6. Evaluierung

---

<sup>3</sup> KAON (Karlsruhe Ontology Framework), von der [Universität Karlsruhe](#) und dem [Forschungszentrum Informatik](#) in [Karlsruhe](#) entwickelt





## 9 Verhandlungsmodell einer multikriteriellen Verhandlung

Auf dem Marktplatz für dezentral erzeugten Strom sind mehrere Nachfrager und mehrere Anbieter vertreten. (Abbildung 37) Ein Kaufvertrag kann aber, aus rechtlicher Sicht, nur zwischen zwei Parteien abgeschlossen werden. Damit ein Kauf zustande kommt, müssen sich daher ein Nachfrager und ein Anbieter finden. Dies ist der erste Prozessschritt im Auftragsabwicklungsprozess. Der Nachfrager und der Anbieter müssen jeweils eine übereinstimmende Willenserklärung abgeben, dass sie dezentral erzeugten Strom verkaufen bzw. kaufen wollen. Dies entspricht dem Prozessschritt „Vertrag wird geschlossen“ im Auftragsabwicklungsprozess.

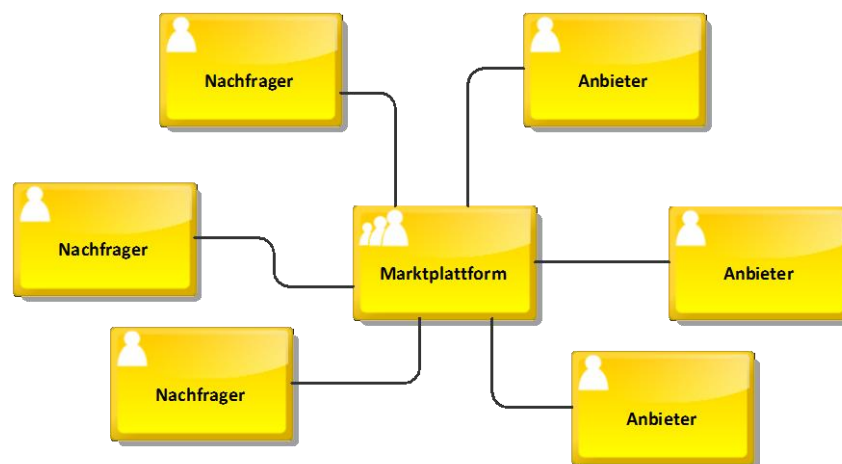


Abbildung 37 Beteiligte der Marktplattform

In diesem Kapitel wird der Prozessschritt „Aushandlung von vertraglichen Details“ detailliert beschrieben. Bei allen bekannten Ansätzen einer Verhandlung in Agentensystemen ist der Preis das entscheidende Kriterium. Als Weiterentwicklung dessen wird in diesem Kapitel der Entwurf einer multikriteriellen Verhandlung vorgestellt, das heißt, neben dem Preis können noch andere Kriterien hinzukommen und verhandelt werden.

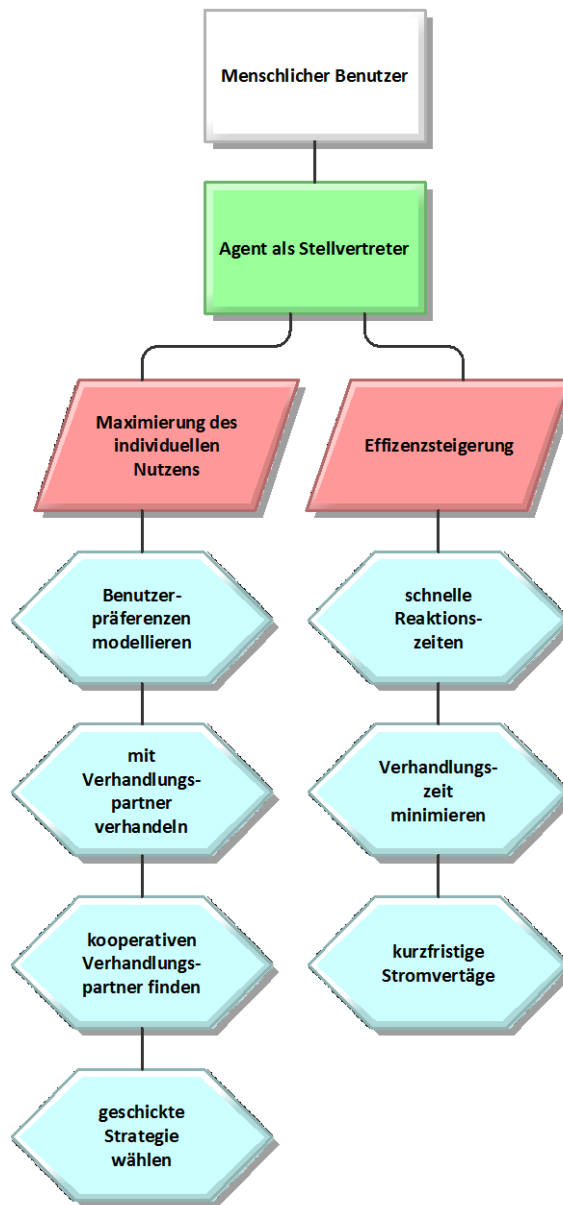
### 9.1 Systemziele der Verhandlung

Jeder Benutzer, der einen Vertrag im Marktplatz abschließen möchte, verfolgt sogenannte Systemziele. Die Systemziele sind grundlegende Ziele, die durch die

Formulierung von Benutzerpräferenzen individualisiert werden. Die beiden wichtigsten Systemziele, die für jeden Marktteilnehmer von Bedeutung sind, sind in Abbildung 38 dargestellt. Systemziele der Verhandlung sind zum einen die Effizienzsteigerung des Ablaufes des Vertragsschlusses, d.h. dass der Vertragsschluss möglichst zeitnah erfolgt, und zum anderen die Maximierung des individuellen Nutzens. Diese beiden Systemziele werden während der agentenbasierten Vertragsverhandlung parallel verfolgt.

Die Handlungen des Vertragsagenten basieren auf initialen Eingaben des Benutzers zu Beginn einer Verhandlung. Dazu sollte der menschliche Benutzer zu Beginn über die Eingabe in einer GUI dem Vertragsagenten mitteilen, welche Benutzerpräferenzen er hat und welche Verhandlungsstrategie er vom Grundsatz her verfolgen möchte.

Für das Erreichen des Systemziels einer Effizienzsteigerung ist es ausschlaggebend, die Verhandlungszeit zu minimieren. Zur Erreichung des Systemziels der Maximierung des individuellen Nutzens wird der menschliche Benutzer, vertreten durch seinen Agenten, versuchen, die folgenden Handlungen durchzuführen. Er wird versuchen, seine Präferenzen möglichst weitgehend durchzusetzen, indem über bestimmte Vertragsbestandteile verhandelt wird. Dabei sollte eine angemessene Strategie gewählt werden, die nach Beobachtung der Reaktion des Verhandlungspartners eine Anpassung erlaubt. Um die Verhandlung optimal durchführen zu können, sollte der Agent die Handlungen „einen kooperativen Verhandlungspartner finden“ und „eine geschickte Strategie anwenden“ in jeder Verhandlung ausführen. (Abbildung 38)



**Abbildung 38 Systemziele der Verhandlung**

**Maximierung des individuellen Nutzens:** Dieses Ziel kann durch die angemessene Modellierung der Benutzerkriterien konkretisiert werden. Dieses Ziel kann erreicht werden, indem mit dem Vertragspartner über die Benutzerkriterien verhandelt werden kann. Nach Ansätzen der Spieltheorie wird mit einem kooperativen Verhandlungspartner das Ziel am besten erreicht. Dazu sollte auch der Benutzer eine entsprechende kooperative Strategie wählen.

**Effizienzsteigerung:** Dieses Ziel umfasst eine möglichst kurze Reaktionszeit, denn in einem Spotmarkt ist die Reaktionszeit ausschlaggebend für die Minimierung der Verhandlungszeit um kurzfristige Stromverträge spontan abschließen zu können.

Der Vertragsagent, als Vertreter des menschlichen Benutzers, kann zum einen die Rolle des „Käufer“ als auch des „Verkäufer“ einnehmen. Daher sieht die Umsetzung des Vertragsagenten stets die zwei Agentenrollen Nachfrageragent „Käufer“ und Anbieteragent „Verkäufer“ vor. Für beide Rollen gilt, dass die Fähigkeiten des Agenten die Einbeziehung der modellierten Benutzerpräferenzen, die Anwendung einer bestimmten Verhandlungsstrategie sowie die Steuerung des eigentlichen Verhandlungsprozesses umfassen, dass also die beiden Systemziele und die dazugehörigen Handlungen umgesetzt werden. Laut [Wool02] ist die Strategie ein Plan, der das langfristige Verhalten des Agenten bestimmt und beschreibt. Die Strategie beschreibt, wie und in welcher Art und Weise auf das Verhalten des Gegenübers zu reagieren ist. Ziel ist es üblicherweise, dass durch die geeignete Strategie ein möglichst hoher Nutzen erzielt werden soll. [Berz07] [OsKA00]

## 9.2 Verhandlungstheorie

Die *Verhandlungstheorie* (auch *Bargaining*) ist ein Untergebiet der Spieltheorie. Verhandlungen aus dem Bereich der Spieltheorie modellieren Entscheidungssituationen, in denen sich verschiedene Beteiligte beeinflussen. Unter Spieltheorie wird verstanden: „Die *Spieltheorie ist eine mathematische Methode, die das rationale Entscheidungsverhalten in sozialen Konfliktsituationen ableitet, in denen der Erfolg des Einzelnen nicht nur vom eigenen Handeln, sondern auch von den Aktionen anderer abhängt.*“ [Gab13]

Verhandlungen zwischen zwei Parteien sind ein Verfahren, um Einigung über ein Problem zu erreichen. Bei Verhandlungen geht es immer um den Ausgleich von Interessensgegensätzen. Im ökonomischen Kontext handelt es sich meistens um Verteilungsprobleme oder auch Allokationsprobleme. Bei solch einer Verhandlung kann über verschiedene Bestandteile verhandelt werden, beispielsweise über betriebswirtschaftliche und juristische Kriterien und deren Ausprägung. Einer Verhandlung kann auch ein Konflikt vorhergehen, der dann im Zuge der Verhandlung anhand verschiedener Kriterien ausgehandelt wird und beigelegt werden kann. Verhandlungen können regelmäßig nach festen Regeln ablaufen, wie es beispielsweise bei Tarifverhandlungen der Fall ist. Verhandlungen können aber auch spontan ablaufen, dann existieren keine zuvor festgelegten Regeln. Beispiele dafür sind: Einstellungsgespräche, Verkaufsgespräche. [Eich13]

Innerhalb der Verhandlungstheorie lassen sich zwei Bereiche unterscheiden, die kooperative Verhandlungstheorie und die nicht-kooperative Verhandlungstheorie. Nach Beam und Segev [BeSe96] können daher Verhandlungen in zwei Grundtypen unterteilt werden. Dies sind die kooperative und die nicht-kooperative Verhandlung.

*Kooperative Verhandlungstheorie:* Verhandlungen werden als Positivsummenspiel konzipiert. Die Teilnehmer der Verhandlung haben die Möglichkeit, ihre aktuelle Situation durch die Verhandlung zu verbessern. Rationale Verhandlungsteilnehmer werden daher das Ergebnis einer Verhandlung nur dann akzeptieren, wenn sie dadurch nicht schlechter gestellt sind als gegenüber der Ausgangssituation. Das Ziel ist es, eine optimale Lösung zu finden. Diese optimale Lösung ist dann Pareto-optimal, wenn kein Teilnehmer der Verhandlung mehr besser gestellt werden kann, ohne dass der andere schlechter gestellt wird. Allerdings kann der Nutzengewinn ungleich ausfallen. Pareto-Optimalität bedeutet also Ausschöpfen von Verbesserungsmöglichkeiten und nicht Gerechtigkeit. Das

Verhandlungsziel der Verhandlungspartner ist gleich und auch die Preisgabe bestimmter Informationen liegt im gemeinsamen Interesse. [Arnd13]

*Nicht-kooperative Verhandlung:* Die nicht-kooperative Verhandlungstheorie beschreibt den Verhandlungsprozess an sich als eine bestimmte zeitliche Abfolge von Geboten und Gegengeboten. Verhandlungen über einen Kaufpreis zählen zu den nicht-kooperativen Verhandlungen. Die Ziele von Verkäufer und Käufer sind nicht die gleichen. Der Käufer möchte beispielsweise möglichst wenig bezahlen, der Verkäufer möchte allerdings möglichst viel verdienen. Somit darf die Information, welchen maximalen Preis der Käufer zu zahlen bereit, wäre nicht an den Verkäufer gelangen, denn dann würde dieser auf dem maximalen Preis beharren. [BeEG13]

Hauptinflussfaktor einer Verhandlung nach spieltheoretischen Ansätzen ist die Verhandlungsstrategie. Auch die Risikobereitschaft und die Geduld der beteiligten Parteien, wirken auf das Ergebnis ein. Während einer solchen Verhandlung wirken sich die abgegebenen Angebote immer auch auf das Gegenangebot aus.

### **9.3 Merkmale elektronischer Verhandlungen**

Eine Verhandlung erfolgt zwischen den beteiligten Agenten mit der Voraussetzung, dass die Agenten ihr eigenes Interesse vertreten, und gleichzeitig auch bereit sind, mit anderen zu kooperieren. Auf diese Weise bietet eine Verhandlung die Möglichkeiten, auf eine Konfliktsituation zwischen den Teilnehmern zu reagieren.

| Merkmale             | Ausprägungen  |
|----------------------|---|
| Protokollkategorie   | Bilateral / einseitig multilateral / beidseitig multilateral        |
| Automatisierungsgrad | elektronisch unterstützt / hybrid-teilautomatisiert / automatisiert |
| Anzahl Attribute     | einattributiv / multiattributiv                                     |
| Anzahl Positionen    | Einzelposition / Mehrfachposition                                   |
| Anzahl Verhandlungen | Einzelverhandlung / Multiple Verhandlungen                          |
| Mediationstyp        | direkte Verhandlung / Broker  |

Abbildung 39 Merkmale elektronischer Verhandlungen [Stig10][Pipp04]

Nach Abbildung 39 werden Verhandlungen an Hand verschiedener Merkmale unterschieden. Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine *bilaterale Verhandlung*, denn ein Stromkaufvertrag kann nur von *einem* Verkäufer und *einem* Käufer abgeschlossen werden. Da der Käufer und der Verkäufer von einem Agenten auch in der Verhandlung vertreten werden sollen, soll die Verhandlung *automatisiert* ablaufen. Nicht nur über den Preis, sondern auch über weitere Kriterien soll verhandelt werden können, daher soll die Verhandlung multiattributiv bzw. *multikriteriell* sein. Es soll eine *direkte Einzelverhandlung* sein, die zum Vertragsschluss führt. Der zu konzipierende Agent soll also eine bilaterale, automatisierte, multikriterielle, direkte Einzelverhandlung umsetzen können.

## 9.4 Bilaterale, alternierende Verhandlung

### Bilaterale Verhandlungen

Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine bilaterale, kooperative Verhandlung. Um eine solche Verhandlung für eine bilaterale Transaktion für differenzierte Güter für Marktteilnehmer mit differenzierten und markt-exogenen Transaktionsbedürfnissen durchführen zu können, sollte das Verhandlungssystem bestimmte Eigenschaften umfassen.

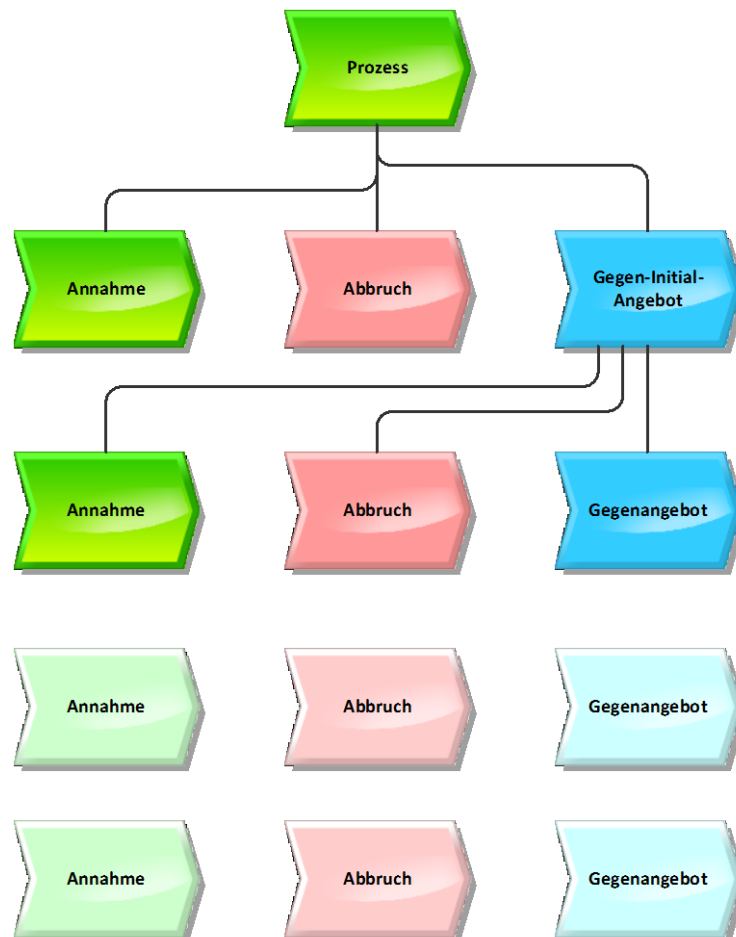
Folgende Eigenschaften umfasst das Verhandlungssystem:

- Die Verhandlung betrifft nur *einen Nachfrager und einen Anbieter*, denn ein Kaufvertrag kann nur zwischen einem Verkäufer und einem Käufer abgeschlossen werden. Beide Agenten sollen in der Lage sein, den Verhandlungsprozess zu initiieren.
- Jeder möchte seine *eigenen Interessen möglichst gut erfüllen*, das bedeutet, dass der Vertragsagent, der schwerpunktmäßig nutzenorientiert ausgerichtet ist, versucht auch bei der Verhandlung die eigenen Präferenzen bestmöglich beizubehalten. D.h. jeder möchte einen Vertrag in der Form abschließen, dass seine eigenen Benutzerpräferenzen möglichst optimal erfüllt werden. Allerdings ist die Verhandlung insgesamt kooperativ, da der Anbieter und der Nachfrager Interesse haben, dass der Vertrag überhaupt zustande kommt.
- Die *Belegung der Benutzerpräferenzen* des Gegenübers ist für den Verhandlungspartner *unbekannt*.
- *Alle Angebote sind verbindlich*. Die Annahme eines Angebots oder eine endgültige Ablehnung eines Angebots führt direkt zum Strombezug und zur Bezahlung bzw. zum Verhandlungsende.

Der Ansatz der *bilateralen Verhandlung* bietet die gleichwertige, symmetrische Koordination zwischen Verhandlungspartnern an. Beide Beteiligten können Angebote und Gegenangebote machen.



## Alternierende Verhandlungen



**Abbildung 40 Modell alternierender Verhandlungen [Rubi82][Sack03][BeEG13]**

Nach dem Modell der alternierenden Verhandlungen (Abbildung 40) wird zu Beginn einer Verhandlung ein Initialangebot entweder vom Käufer oder vom Verkäufer gemacht. Dieses Initialangebot wird überprüft. Wenn die Kriterien des potentiellen Verkäufers bzw. Käufer erfüllt werden, dann kann dieses Angebot auch direkt angenommen werden und der Vertrag über den Bezug von Strom kann abgeschlossen werden. Sonst findet eine Verhandlung über die Kriterien statt, die nicht erfüllt werden. Falls es auch nach mehreren Verhandlungen zu keiner Übereinstimmung kommt, dann wird die Verhandlung abgebrochen. Ansonsten wird eine neue Belegung der Kriterien als-Initialangebot geschickt. Die Antwort auf das Gegen-Initialangebot kann entweder der endgültige Abbruch der Verhandlung sein oder die Annahme des Angebotes, die in einen Vertragsabschluss

mündet. Falls Kriterien noch verändert werden sollen, dann kann wiederum ein entsprechendes Gegenangebot mit einer neuen Belegung an Kriterien an den Verhandlungspartner gemacht werden.

Das eigentliche Verhandlungsobjekt, ist der dezentral erzeugte Strom. Dieser wird durch bestimmte Kriterien definiert, über deren Ausprägung im Rahmen der zuvor beschriebenen Verhandlung verhandelt werden kann.

In Abbildung 41 ist ein Beispielablauf einer bilateralen Verhandlung angegeben. Die Kreise stellen Knoten dar, Beginn ist beim Startknoten. Entweder macht A das 1. Angebot oder B macht das 1. Angebot. Entsprechend macht dann B ein Gegenangebot oder A macht ein Gegenangebot. Entweder akzeptiert A im Anschluss das Gegenangebot bzw. B akzeptiert das Gegenangebot oder A beendet die Verhandlung bzw. B beendet die Verhandlung ohne ein Ergebnis.

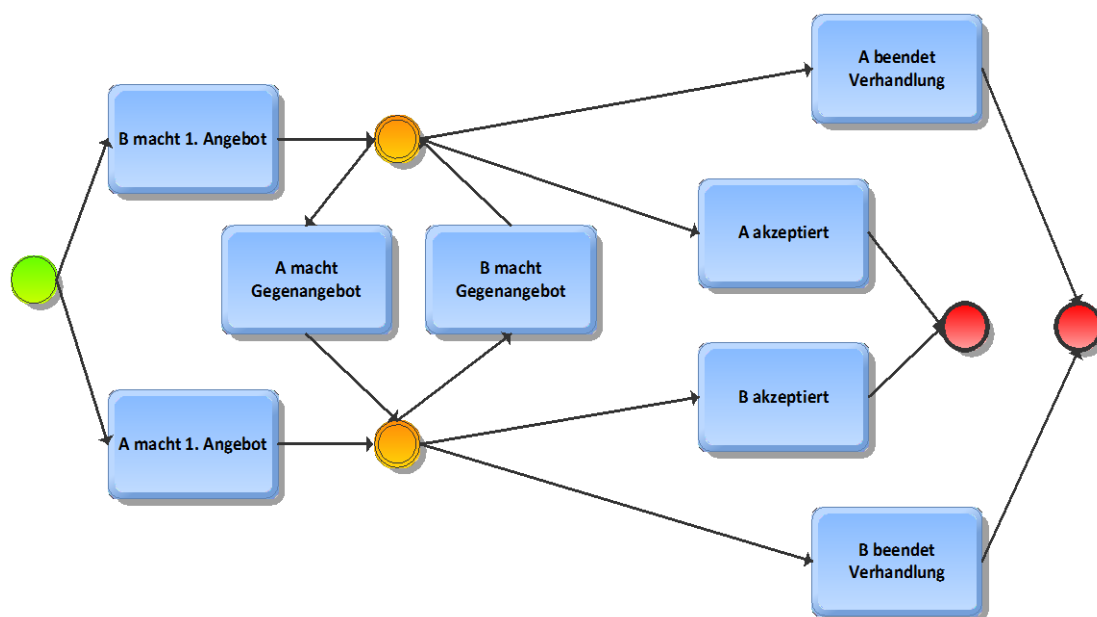


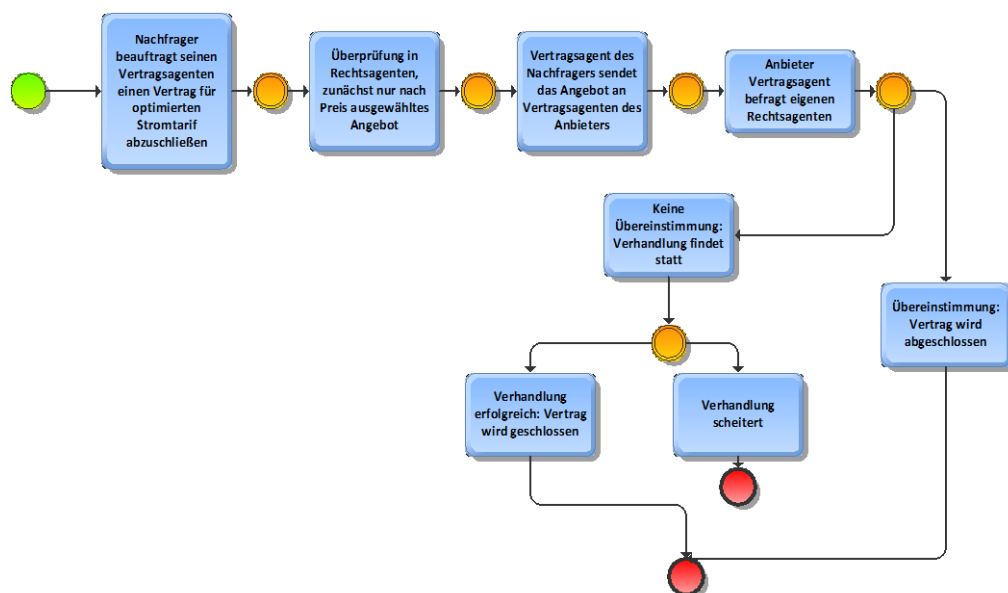
Abbildung 41 Bilaterale Verhandlung [RoWi12]

### Bilaterale Verhandlungen bei der Auftragsabwicklung

Der Ansatz der bilateralen Verhandlung wird nun auf den Ablauf des Auftragsabwicklungsprozesses übertragen. Denn die Interaktion zwischen den Agenten auf Anbieter- und Abnehmerseite folgt dem beschriebenen Auftragsabwicklungsprozess. Dieser Prozess wird aus technischer Sicht als Workflow umgesetzt. Für den Vertragsschluss wird daher ein Standard-Workflow vorgegeben. Dieser Standard-Workflow berücksichtigt die

rechtlich relevanten Stellen, an denen eine juristische Prüfung stattfinden sollte, und verfeinert dazu Abbildung 41.

Für den einfachsten Fall des Vertragsschlusses sieht die Verfeinerung wie folgt aus. Ist beispielsweise A der Nachfrager, so beauftragt im Rahmen von „A macht 1. Angebot“ der Nachfrager seinen Vertragsagenten, einen Vertrag für ein optimiertes Stromangebot abzuschließen. Im Rechtsagenten des Nachfragers erfolgt eine rechtliche Überprüfung des zunächst nach dem Angebotspreis optimierten Angebotes. Der Vertragsagent des Nachfragers sendet dann das Angebot an den Vertragsagenten des Anbieters (B), der seinerseits seinen Rechtsagenten zu Rate ziehen kann. Im Ausnahmefall kann es eine direkte Übereinstimmung aller individuellen Präferenzen geben, so dass keine Verhandlung stattfinden muss. Im Regelfall wird allerdings keine direkte Übereinstimmung bei den individuellen Benutzerpräferenzen vorliegt, so dass eine bilaterale Verhandlung stattfinden wird („B macht Gegenangebot“). Diese Verhandlung kann entweder scheitern oder erfolgreich sein. Falls die Verhandlung scheitert, kommt kein Vertrag zustande („A beendet Verhandlung“). Falls die Verhandlung erfolgreich abläuft bzw. wenn es sowieso eine direkte Übereinstimmung der individuellen Präferenzen gibt, dann wird ein Stromvertrag geschlossen („A akzeptiert“). Abbildung 42 zeigt die Verfeinerung.



**Abbildung 42 Bilaterale Verhandlung bei der Auftragsabwicklung**

## 9.5 Komponenten elektronischer Verhandlungen

Nach Wooldridge [Wool02a] sind die die folgenden vier Komponenten bei jeder Verhandlung notwendig:

- Verhandlungsobjekte: Die Menge aller möglichen Deals
- Verhandlungsprotokoll, welches eingesetzt wird, um einen Deal zu erreichen
- Verhandlungsstrategien: Menge an Strategien, eine Strategie bestimmt dabei welchen Deal der Agent als nächstes vorschlägt
- Regel, die bestimmt, welcher Deal der abschließende Deal sein soll

### Verhandlungsobjekt

Verhandlungsobjekte sind die Objekte, deren Attribute verhandelt werden. In einem Extremfall enthält das Verhandlungsobjekt nur ein einziges Attribut, wie z.B. den Preis. Es kann allerdings in anderen Fällen mehrere Attribute haben, beispielsweise Qualität, Zeit, Vorbedingungen usw. In dem einfachsten Fall können die Agenten das Verhandlungsobjekt gar nicht ändern, sondern können es entweder annehmen oder es ablehnen. Weiterhin kann das Verhandlungsobjekt entsprechend modifiziert werden, d.h. der Wert eines einzelnen Attributs des Objekts lässt sich flexibel ändern. Zum letzten ist es auch möglich, die Struktur des Verhandlungsobjektes dynamisch zu verändern, z.B. die Menge der Attribute zu ändern. [JFL+]

Der ausgewählte Deal, mit dem Angebot über einen bestimmten Stromtarif zu bestimmten Lieferbedingungen und den entsprechenden Benutzerpräferenzen, stellt das Verhandlungsobjekt dar. Einer der beiden Agenten schickt als Initiator einen Deal zu seinem Verhandlungspartner. Der Empfänger prüft seine Benutzerpräferenzen nach und entscheidet, welche direkt angenommen oder abgelehnt werden. Er entscheidet auch, welche akzeptiert werden können, wenn ein oder mehrere andere Benutzerpräferenzen modifiziert werden. Danach schickt der Empfänger das modifizierte Gegenangebot zurück. Der Ablauf einer möglicherweise stattfindenden Verhandlung ist im folgenden Entwurf eines Verhandlungsprotokolls dargestellt.

### Entwurf eines Verhandlungsprotokolls

Verhandlungsprotokolle sind eine Reihe von Interaktionen steuernden Regeln. Ein Verhandlungsprotokoll beschreibt den Kommunikationsablauf zwischen den beteiligten Agenten und steuert den Verhandlungsprozess, in dem es den Verhandelnden je nach Situation vorschreibt, wie die Verhandlung fortzusetzen ist. Ein solches Protokoll definiert

die Typen des Teilnehmers, die möglichen Verhandlungszustände (wie z.B. Annahme empfangen, Verhandlungsschluss), die Ereignisse, die den Wechsel zwischen den Verhandlungszuständen verursachen (z.B. keine Angebote mehr, oder die Annahme akzeptiert) und die gültigen Aktionen des Teilnehmers in speziellen Zuständen (z.B. welche Nachrichten von wem geschickt werden können, zu wem, in welcher Phase). [JFL+] Bei Verhandlungen definiert ein Protokoll laut [Woo02a] alle legalen Vorschläge, die ein Agent in Abhängigkeit vom bisherigen Verhandlungsverlauf, machen darf. Das Verhandlungsprotokoll wird eingesetzt um einen Deal zu erreichen.

In Agentensystemen sind drei verschiedenen Klassen an Problemdomänen bekannt: Aufgabenorientierte, zustandsorientierte und wertorientierte [Brau08]. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf den Aufgabenorientierten Ansatz, da der Kauf bzw. Verkauf von Strom eine *Aufgabe* ist, von der beide Agenten profitieren können aber keinen Schaden erlangen.

Im folgenden UML Sequenzdiagramm ist der prinzipielle Ablauf als ein allgemeines Interaktionsprotokoll zwischen dem Vertragsagenten des Nachfragers und dem Vertragsagenten des Anbieters dargestellt. Damit wird der Prozessschritt aus Abbildung 43 „Keine Übereinstimmung, Verhandlung findet statt“ genauer untersucht.

Der „Initiator“ ist der Vertragsagent des Nachfragers. Dieser stellt einen performativen Initialruf mit *propose*. Der „Responder“ gibt eine *accept-proposal* Nachricht als positive Antwort oder eine *refuse* Nachricht als Ablehnung zurück. Da die vorliegende Verhandlung eine bilaterale Verhandlung ist, kann der „Responder“ außerdem noch ein Gegenangebot in einer neuen *propose* Nachricht übermitteln. Genauso wie beim Responder kann der Initiator auch auf das kommende Gegenangebot aktiv reagieren. Der Initiator kann ebenso entweder das empfangene Gegenangebot endgültig ablehnen, annehmen oder ein weiteres Gegenangebot abgeben, das dann wiederum an den Responder zurückgeschickt wird. Der Prozess kann sich beliebig häufig wiederholen. Der Prozess terminiert, nachdem einer der beiden Agenten eine *accept-proposal* Nachricht geschickt hat, oder aber der Prozess wird abgebrochen, wenn eine *refuse* Nachricht an einen der beiden Agenten abgeschickt wird. Um mit der Vertragsverhandlung nicht in einen endlosen Verhandlungsablauf zu gelangen, soll nach einer bestimmten Anzahl an Iterationen auch die Verhandlung über den abzuschließenden Vertrag abgebrochen werden können. (Abbildung 43)

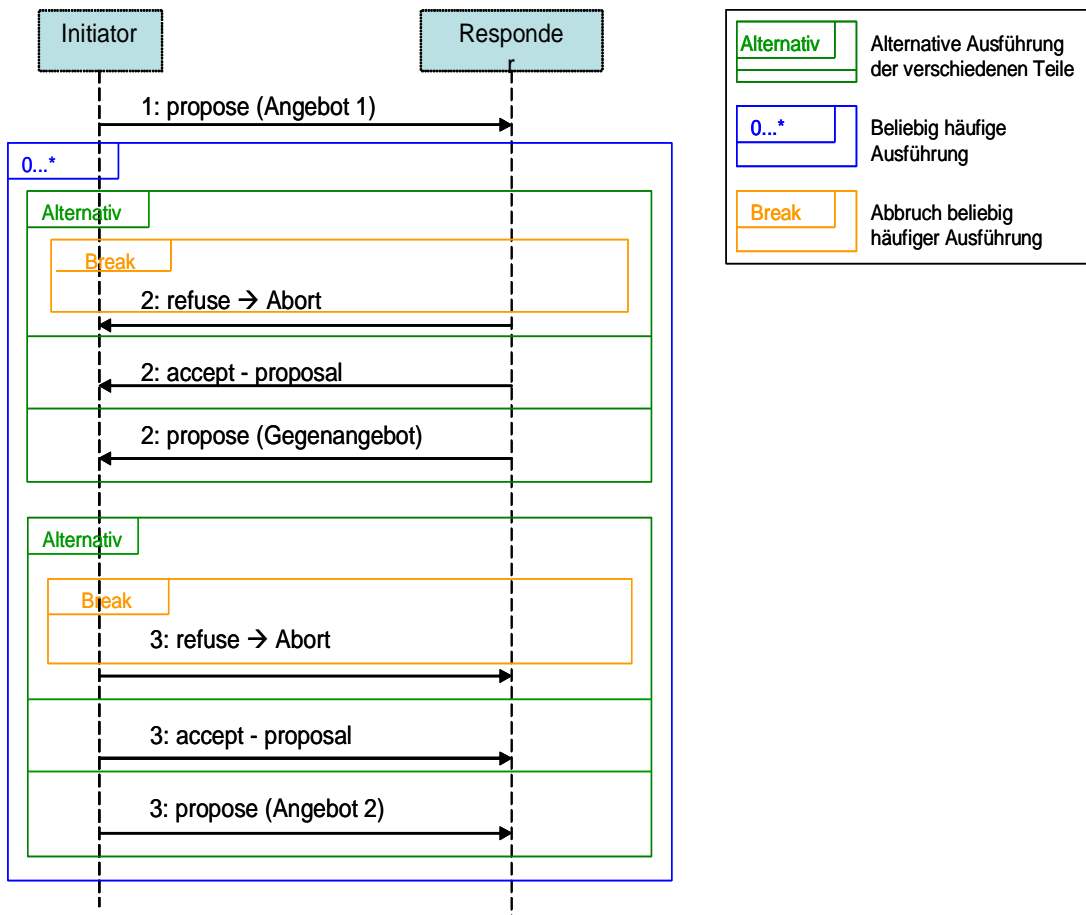


Abbildung 43: Allgemeines Interaktionsprotokoll zwischen den Agenten [Sesa06]

In der Literatur sind fast keine adäquaten Ansätze für solche Verhandlung zu finden. Beispiele gibt es im medizinischen Bereich zur Terminverhandlung und in der Raumbelegungsplanung. Es sind aber keine Ansätze für eine Verhandlung über einen abzuschließenden Vertrag zu finden, denn dies ist ein sehr spezifischer Anwendungsbereich.

### Verhandlungsstrategie

Durch die Wahl der Benutzerpräferenzen kann dem Vertragsagenten indirekt eine Strategie mit auf den Weg gegeben werden. Zum Beispiel indem ein *nicht-kooperativer* Teilnehmer alle Benutzerpräferenzen als wichtig einstuft. Ein *ungeduldiger* Teilnehmer kann beispielsweise entweder niedrige Werte für die Benutzerpräferenzen angeben, so dass es wahrscheinlicher wird, dass die Verhandlung über einen Stromvertrag schnell abgeschlossen werden kann, oder er kann auch die Anzahl der Iterationen der Verhandlung herabsetzen. Ein *kooperativer* Teilnehmer hingegen gibt bei Kriterien, die ihm nicht so

wichtig sind, auch eine geringe Relevanz an. Somit kann angenommen werden, dass eine Verhandlung schneller zum Ziel führen kann.

Die kooperative Strategie ist nach Ansätzen der Spieltheorie bei mehreren Iterationen die erfolgversprechendste Strategie. [LeAm15] Für die zu planende Verhandlung wird die *Tit for Tat*-Strategie verwendet. Dies ist eine kooperative freundliche Strategie. Die *Tit for Tat* Strategie zeichnet sich dadurch aus, dass grundsätzlich solange kooperiert wird, solange sich auch die Gegenseite kooperativ verhält. Für das vorliegende Szenario wird angenommen, dass sich die Verhandlungspartner kooperativ verhalten, da Strom nicht speicherbar ist und der Kunde zumeist einen zeitnahen Bedarf hat. Daher steht das Interesse, zu kooperieren, im Vordergrund. Die *Tit for Tat*-Strategie umfasst, dass beide Verhandlungspartner sich in der ersten Verhandlungsrunde kooperativ verhalten. In den nächsten Runden verhält sich der Agent wie sein Gegenüber, also auch kooperativ. Die *Tit for Tat*-Strategie ist einfach und klar. Die Strategie ist „nett“, wenn das Gegenüber kooperativ ist. Die Strategie ist provozierbar, wenn das Gegenüber unfreundlich handelt. Somit bestraft die Strategie direkt das Verhalten des Gegenübers. Allerdings reagiert die Strategie nicht nachtragend, so dass die Kooperation wieder aufgenommen werden kann, wenn das Gegenüber einlenkt.

## 9.6 Agentenverhandlung

Das allgemeine Interaktionsprotokoll (Abbildung 43) wird nun konkretisiert. In der folgenden Abbildung (Abbildung 44) wird der Ablauf (Workflow) der Agentenverhandlung dargestellt.

### Voraussetzungen

- Ein Stromvertrag kann zwischen genau einem Nachfrager und genau einem Anbieter geschlossen werden
- Die Verhandlung betrifft immer nur einen Nachfrager und einen Anbieter
- Jeder der Verhandlungspartner möchte seine eigenen Interessen durchsetzen, allerdings möchten sich beide kooperativ verhalten, damit möglichst ein Vertrag abgeschlossen werden kann
- Einstellungen der Benutzerpräferenzen des Verhandlungspartners sind unbekannt
- Wahl der Verhandlungsstrategie des Verhandlungspartners ist nicht voraussehbar

## Ablauf

- Initiierung der Verhandlung (durch Nachfrageragenten)
- Gegeben: Verhandlungsobjekt
  - Input: Nach dem Preis optimiertes Angebot
  - Individuelle Benutzerpräferenzen
- Gegeben: Entscheidungsmodell
  - Abbildung der Verhandlungsstrategie als Grundlage für Entscheidungsmodell
- Kommunikationsablaufsteuerung: nach Verhandlungsprotokoll
- Bilaterale Verhandlung (beide Agenten können Angebote und Gegenangebote erstellen)

Der Nachfrager stellt, über seinen Agenten, eine Anfrage an den Marktplatz. Der Marktplatz für dezentral erzeugten Strom stellt zunächst ein nach dem Preis optimiertes Angebot zur Verfügung. Der Nachfrager lässt dieses vorläufige Angebot bei seinem Rechtsagenten rechtlich überprüfen. Daraufhin können Änderungen im Angebot notwendig sein. Der Nachfrager-Vertragsagent schickt dann das abgeänderte Angebot an den Anbieter-Vertragsagenten, der seinerseits die Möglichkeit hat, das Angebot bei einem Rechtsagenten seiner Wahl überprüfen zu lassen. Der Anbieter hat dann ebenso die Möglichkeit, Änderungen am Angebot vorzunehmen. Das Angebot wird ein zweites Mal vom Anbieteragenten an den Nachfrager-Vertragsagenten zurückgeschickt. Dieser Vorgang der Verhandlung über Vertragsbestandteile wird so lange iteriert, bis die beiden Verhandlungspartner zu einem einvernehmlichen Ergebnis gekommen sind oder bis der Vertragsschluss endgültig scheitert. Nachfrager und Anbieter werden über das Ergebnis benachrichtigt.

Dies ist der Ablauf eines Stromvertragsschlusses, der nach Ablauf einer Verhandlung über benutzerspezifische Präferenzen erfolgreich abgeschlossen wird. Der Fall, dass die Verhandlung scheitert und/oder zu viele Iterationen stattfinden wird nicht dargestellt. Bezugnehmend auf Abbildung 43 werden in der folgenden Abbildung 44 die betreffenden Schritte des allgemeinen Interaktionsprotokolls genannt.





eines Stromvertrages wichtig sein können. Diese Benutzerpräferenzen sind mit Bestandteil des Deals, also des angestrebten Stromvertrages. Bei einer eventuellen Uneinigkeit über Teile oder über alle Präferenzen (Vertragslaufzeit, Kündigungsfrist etc.) kann dann über diese verhandelt werden. Nachdem ein potentieller Käufer einen Deal zunächst nach dem Kriterium Preis ausgewählt hat, können trotzdem noch mehrere, in den Benutzerkriterien verschieden ausgeprägte Deals angeboten werden. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es daher nun, ein Konzept zu entwickeln, wie aus der Menge an Deals der entsprechende Deal ausgewählt werden kann, der die Bedürfnisse des Verkäufers, aber natürlich auch des Käufers befriedigt.

Die Initiative kann vom Käufer, aber auch vom Verkäufer ausgehen.

Fall 1: Der Käufer ergreift die Initiative. Er betritt den Marktplatz vertreten durch seinen Agenten und stellt eine Suchanfrage nach einem bestimmten Stromtarif. Dieser Stromtarif umfasst zunächst eine bestimmte Laufzeit und eine bestimmte Strommenge. Es erfolgt eine Suche innerhalb des Marktplatzes nach einem Deal, der der Anforderung *Preis* zunächst entspricht oder zumindest am nächsten kommt. Dann wird dieser Deal genauer betrachtet und weitere benutzerspezifische Kriterien werden abgeglichen. Wenn alle Kriterien übereinstimmen, dann wird der Stromvertrag abgeschlossen. Wenn allerdings nicht alle benutzerspezifischen Kriterien übereinstimmen, dann kann vom Käufer die Initiative ausgehen, eine Verhandlung über diese Kriterien durchzuführen. Die Verhandlung endet, indem es nach einer Einigung zum Vertragsschluss kommt oder indem es nach einem endgültigen Scheitern zu einer Ablehnung des Vertragsschlusses und somit diesen Deals kommt.

Die Initiative für die Verhandlung kann allerdings genauso auch vom Verkäufer ausgehen.

Fall 2: Der Verkäufer möchte gerne dezentral erzeugten Strom am Marktplatz verkaufen. Er stellt einen oder mehrere entsprechende Deals im Marktplatz zur Verfügung. Der Verkäufer, vertreten durch seinen Agenten, kann auch aktiv seine Deals mit den Suchanfragen potentieller Käufer abgleichen. Wenn der Agent des Verkäufers nun eine passende Suchanfrage gefunden hat, kann der Agent die Initiative ergreifen und dem potentiellen Käufer dieses Angebot, über einen bestimmten Stromtarif zu einem bestimmten Preis, gezielt anbieten. Beide, Verkäufer und Käufer, haben dann die Möglichkeit, weitere benutzerspezifische Kriterien zu überprüfen. Wenn diese für beide Seiten passend sind, kann es direkt zu einem Vertragsschluss kommen. Wenn allerdings Verkäuferseitig bzw.

Käuferseitig noch Bedarf besteht, benutzerspezifische Kriterien anzupassen, dann kann über diese verhandelt werden. Es wird solange verhandelt, bis der entsprechende Deal gefunden wird, der die Anforderungen beider potentieller Vertragspartner erfüllt, oder bis es zu einem endgültigen Abbruch der Verhandlung kommt.

An bestimmten Abarbeitungsschritten muss der Rechtsagent als ein Experte für vertragsrechtliche Belange eingeschaltet werden.

Das Protokoll der Agentenverhandlung deckt sich mit dem Phasenmodell in [Bart04]. (Abbildung 45)



**Abbildung 45 Fünf Phasen der Verhandlungsführung [Bart04]**

Für das vorliegende Anwendungsszenario kommen noch zwei weitere Phasen hinzu indem die Kernphase genauer spezifiziert wird. Die Kernphase umfasst somit die Güterabwägung, die Gewichtung der Güter und dann auch Phase der Kompromissfindung.

Daher sind grundlegende Verhandlungsinterventionen und Phasen der Verhandlungsführung die innerhalb des Auftragsabwicklungsprozesses mit abgearbeitet werden müssen:

- Vorbereitung,
- Interessensbekundung,
- Güterabwägung,
- Gewichtung,
- Kompromissfindung,
- Vertragsabschluss,
- Nachbereitung.

In der Phase der Güterabwägung muss der Vertragsagent entscheiden, welcher Tarif ausgewählt wird. In der Phase der Gewichtung können die benutzerspezifischen Kriterien entsprechend ihrer Gewichtung mit in die Verhandlung übernommen werden. In der Phase

der Kompromissbildung findet die eigentliche Verhandlung statt. Die Verhandlung hat zum Ziel, dass ein Kompromiss gefunden wird.

Dieser prinzipielle Verhandlungsverlauf (Abbildung 44) muss während der Verhandlung einem Verhandlungsprotokoll folgen. Dieser Ablauf wird im Folgenden in Pseudocode dargestellt.

#### **Ablauf einer Verhandlung in Pseudocode:**

|   |
|---|
| EINGABE Verhandlungsobjekt: Stromtarif und Benutzerpräferenzen                          |
| GEGEBEN Entscheidungsmodell   |
| GEGEBEN Rechtliche Beratung durch Rechtsagenten   |
| ÜBERPRÜFE den Stromtarif und die benutzerspezifischen Kriterien                         |
| ÜBERPRÜFE die rechtlichen Gesichtspunkte  |
| WENN Übereinstimmung in allen Punkten   |
| DANN Ende, Deal gefunden, Abschluss des Stromvertrages für diesen Stromtarif            |
| SONST Verhandlung nach benutzerspezifischen Präferenzen                                 |
| ZÄHLER Initiative der Verhandlung n=1   |
| DANN überprüfen der Ergebnisse, ist Deal akzeptabel?                                    |
| WENN nein: SETZE Zähler=Zähler+1, neue Verhandlung                                      |
| WENN Zähler=10  |
| AUSGABE „Kein passender Stromtarif gefunden.“   |
| ENDE  |
| SONST AUSGABE Deal gefunden,<br>Abschluss des Stromvertrages für diesen Stromtarif STOP |
| ENDE  |

Innerhalb der Verhandlung können die folgenden, im SESAM-Projekt eingeführten benutzerspezifischen Kriterien eine Rolle spielen:

- Zustandekommen des Vertrages
- Formstufe des Vertragspartners
- Vertragslaufzeit,

- Kündigungsfrist
- Regionaler Bezug
- und Ökostromanteil.

Diese benutzerspezifischen Kriterien stehen in direkten Zusammenhang mit vertragsrechtlichen Belangen. Wirtschaftliche Benutzerpräferenzen wie Preis, Lieferzeiten, Zahlungskonditionen werden bewusst in der vorliegenden Arbeit nicht umgesetzt, da das Hauptinteresse auf juristischen Kriterien und energiemarktrelevanten Kriterien liegen soll, da genau an diesen Stellen die Unterstützung des Laien erforderlich ist. Zur Unterstützung einer Verhandlung in Bezug auf wirtschaftliche Benutzerpräferenzen stehen genügend Vorgehensmodelle zur Verfügung, so dass diese Kriterien bei dieser Konzeption ausgeblendet werden.

Prinzipiell kann der Kauf bzw. Verkauf von dezentral erzeugtem Strom auf zwei verschiedenen Ebenen ablaufen. Zum einen der private Erzeuger, der fortwährend Strom verkaufen möchte und immer ins Netz einspeist. Aber auch diejenigen, die nur stundenweise, tageweise oder wochenweise Strom verkaufen möchten, da sie selbst bei der Arbeit oder im Urlaub sind, sollen unterstützt werden. Zum anderen der Käufer, der für eine bestimmte Lastspitze kurzfristig Strom kaufen möchte oder langfristig Strom beziehen möchte. Daher sollte bei der Auswahl der Kriterien mit berücksichtigt werden, dass der Zeithorizont verschieden sein kann. Es handelt sich prinzipiell um spontane kurzfristige und um längerfristige Stromangebote. Allerdings liegt der Schwerpunkt in der vorliegenden Arbeit auf der Betrachtung der *kurzfristigen Verträge*.

Hinter den Benutzerpräferenzen stehen im Einzelnen folgende Ideen: [Sesa06]

- *Preis*: Der Preis entscheidet bei der Auswahl des Deals, kann dann aber nicht mehr verhandelt werden. Das Kriterium Preis ist auch nicht in erster Linie entscheidend. Denn für den Kunden eines Marktplatzes für den Verkauf von dezentral erzeugtem Strom ist nicht der niedrige Preis das ausschlaggebende Entscheidungskriterium, sondern der Nachhaltigkeitsgedanke. So gesehen sind weitere Kriterien in die Kaufentscheidung mit einzubeziehen. Natürlich ist die Höhe des Preises nicht vollständig egal, so dass der Benutzer diesem Kriterium eine Relevanz zuordnen kann genauso wie er dies bei allen anderen Kriterien erledigen kann. Zur Vereinfachung erfolgt hier die Auswahl eines Deals zunächst nach dem Kriterium Preis. Die Preisangabe bzw. der Höchstpreis ist ein Verkaufs- bzw. Kaufkriterium,

das allen Verkäufern und Käufern zu Verfügung steht. Die verhandelbaren Kriterien ergänzen den Deal benutzerspezifisch.

- *Zustandekommen des Vertrages:* Der Benutzer soll angeben können, wie wichtig es ihm ist, dass er im Verlauf der Aktivität auf dem Marktplatz entweder Strom verkauft oder kauft. Der Verkäufer hat allerdings auf Grund der mangelhaften Speicherfähigkeit von Strom kaum Alternativen. Der Käufer, der den Strom gegeben falls nicht zwingend sofort verbrauchen möchte, hat eine Entscheidungsmöglichkeit.
- *Formstufe des Vertragspartners:* Der Benutzer soll auswählen können, welche Formstufe der potentielle Vertragspartner (mindestens) besitzen soll. Als Präferenz soll angegeben werden können, wie wichtig es ist, dass der Vertragspartner die gewünschte Formstufe hat. Es gibt die Formstufen 1-3 (einfache, fortgeschrittene und qualifizierte Signatur). Dabei ist die einfache Formstufe die mit der geringsten Sicherheit und die qualifizierte Formstufe die mit der höchsten Sicherheit.
- *Vertragslaufzeit:* Der Nutzer soll hier angeben können, ob er einen Kurzzeitstromvertrag abschließen möchte oder ob er einen längerfristigen Stromvertrag haben möchte. Allerdings ist aber auch bei längerfristigen Stromverträgen eine kurze Vertragslaufzeit als guter Wert anzusehen, da durch das vorliegende System die Wechselbereitschaft der Stromkunden erhöht werden soll, so dass die Marktteilnehmer, so flexibel wie nur möglich, ihrem Bedarf entsprechend unterstützt werden können.
- *Länge der Kündigungsfrist:* Hier soll der Nutzer angeben können, wie wichtig es ihm ist, den Vertrag innerhalb möglichst kurzer Zeit kündigen zu können. Dies bezieht sich vor allem auf die längerfristigen Verträge. Bei einem kurzfristigen Vertrag über Bezug von dezentral erzeugtem Strom kann eine Kündigungsfrist nur entsprechend kurz sein und vielleicht sogar auch nur im Minuten-Bereich liegen. Oder sie kann gegebenenfalls auch vernachlässigt werden.
- *Regionaler Bezug:* Hier soll der Nutzer angeben können, in welchem Entfernungsradius der Vertragspartner zu finden sein soll.
- *Ökostromanteil:* Hier soll der Nutzer auswählen können, wie hoch der Ökostromanteil ist.
- *Lieferzeiten:* Die Lieferzeit ist abhängig von der Laufzeit des Stromvertrages. Für das Szenario eines Spotmarktes werden nur kurzfristige Verträge betrachtet, daher handelt es sich auch um eine kurzfristige Lieferzeit, die nicht weiter verhandelbar ist.

- *Bezahlung*: Die Bezahlung sollte sicher und zuverlässig ablaufen können, so dass der Verkäufer und vor allem der Käufer sicher sein kann diese zu erhalten bzw., dass es beim Gegenüber ankommt. Die Zahlung wird ausführlich im Kapitel „Leichtgewichtiges Bezahlmodell“ beschrieben.

*Bewertung der Kriterien*: Die verschiedenen Kriterien stehen in einem bestimmten Ranking zueinander. Dieses Ranking wird vom Benutzer dem Agenten mit auf den Weg geben.

### **Lösung der Verhandlung:**

| <b>Kriterien für kurzfristige spontane Verträge</b>  | <b>Kriterien für längerfristige Verträge</b>  |
|--|---|
| <p><i>Zustandekommen des Vertrages:</i></p> <p>Relevanz des Strombezugs für kurzfristigen, einmaligen Verbrauch /</p> <p>Relevanz des Verkaufs von Strom, da aktuell kein eigener Bedarf (Urlaub etc.)</p> | <p><i>Zustandekommen des Vertrages:</i></p> <p>Relevanz des Strombezugs für längerfristigen Verbrauch /</p> <p>Relevanz des Verkaufs von Strom, da aktuell kein eigener Bedarf (Überproduktion)</p> |
| <p><i>Formstufe des Vertragspartners:</i></p> <p>Je nach Vertrauen in den Marktplatz und in den Verhandlungspartner</p>  | <p><i>Formstufe des Vertragspartners,</i></p> <p>Je nach Vertrauen in den Marktplatz und in den Verhandlungspartner</p>   |
| <p><i>Vertragslaufzeit:</i></p> <p>Minuten, Stunden, Tage</p>  | <p><i>Vertragslaufzeit:</i></p> <p>Wochen und Monate</p>  |
| <p><i>Kündigungsfrist:</i></p> <p>Entsprechende Laufzeit: Minuten, Stunde</p>  | <p><i>Kündigungsfrist:</i></p> <p>Entsprechende Laufzeit: Wochen und Monate</p>   |
| <p><i>Ökostromanteil:</i></p> <p>Niedrig, mittel, hoch</p>   | <p><i>Ökostromanteil:</i></p> <p>Niedrig, mittel, hoch</p>  |
| <p><i>Regionaler Bezug:</i></p> <p>Entfernung Radius in km</p>   | <p><i>Regionaler Bezug:</i></p> <p>Entfernung Radius in km</p>  |

### **Fazit**

Durch die Konzeption einer multikriteriellen Verhandlung können die Anforderungen A4 und A5 erfüllt werden. (A4: *Technische Unterstützung der Verhandlung benutzerspezifischer Kriterien*, A5: *Umsetzung einer multikriteriellen Verhandlung*)

## 9.8 Konkretisierung des Präferenzmodells

Um das Systemziel „Maximierung des individuellen Nutzens für den Benutzer“ möglichst gut erreichen zu können, werden die individuellen Benutzerpräferenzen des menschlichen Benutzers im Agenten modelliert, so dass der Agent diese als Grundlage für die Erreichung der Systemziele bzw. Desires einsetzen kann. Dies wird durch den Agenten insofern umgesetzt, als dieser die Benutzerpräferenzen für die eventuell stattfindende Verhandlung als Grundlage verwendet. Folgende Präferenzen sind als mögliche relevante Benutzerpräferenzen für die Verhandlung bestimmt worden: die Dringlichkeit des Vertragsabschlusses, die Formstufe des Vertragspartners, die Vertragslaufzeit, die Kündigungsfrist, der Ökostromanteil und der regionale Bezug. Diese Präferenzen können, vom Benutzer zu Beginn, als Input für den Vertragsagenten, in den gewünschten individuellen Ausprägungen, ausgewählt werden.

| Benutzerpräferenzen für längerfristige Verträge | Ausprägungen                           |
|---|--|
| Vertrag soll zustande kommen                    | 1-100 %                                |
| Formstufe des Vertragspartners                  | Einfach, fortgeschritten, qualifiziert |
| Vertragslaufzeit                                | 1 Woche – 24 Monate                    |
| Kündigungsfrist                                 | 1 Tag – 10 Wochen                      |
| Ökostromanteil                                  | Hoch, mittel, niedrig                  |
| Regionaler Bezug                                | 0-250 km                               |
| Benutzerpräferenzen für spontane Verträge       | Ausprägungen                           |
| Vertrag soll zustande kommen                    | 1-100 %                                |
| Formstufe des Vertragspartners                  | Einfach, fortgeschritten, qualifiziert |
| Vertragslaufzeit                                | 60 min – 7 Tage                        |
| Kündigungsfrist                                 | 10 min – 1 Tag                         |
| Ökostromanteil                                  | Hoch, mittel, niedrig                  |
| Regionaler Bezug                                | 0-50 km                                |

## 9.9 Fähigkeiten des Vertragsagenten

Angeichts der beschriebenen Verhandlungsführung fällt die Wahl auf die BDI-Architektur für den Vertragsagenten. Dazu muss der Vertragsagent bestimmte *Fähigkeiten* haben, welche in nachstehender Abbildung illustriert werden. Zur Ausführung der einzelnen



Fähigkeit stehen dem BDI-Agenten verschiedene Pläne oder untergeordnete Fähigkeiten bzw. Arbeitsvorschriften zur Verfügung, wobei die Fähigkeiten bzw. Arbeitsvorschriften verschiedene Pläne ausführen können. Ein Agent führt immer dann eine Fähigkeit oder einen Plan aus, wenn ihn bestimmte Wahrnehmungen oder Nachrichten erreichen (*beliefs revision*). Die Wissensbasis wird entsprechend der Wahrnehmungen aktualisiert. In den *Beliefs* sind dann die Fakten über den aktuellen Zustand gespeichert, ebenso über die internen Schlussfolgerungen. Die *Desires* umfassen die Hauptziele des Agenten, es sind auch mehrere sich möglicherweise auch widersprechende Ziele möglich. Diese Zielorientierung erlaubt es, dass auch fehlgeschlagene Aktionen wieder aufgenommen werden. Die *Desires* und *Beliefs* (*generate options*) werden gefiltert (*filter*), indem die günstigsten Möglichkeiten ausgewählt werden. Dabei werden die *Plans*, die Arbeitsvorschriften und die Benutzerpräferenzen berücksichtigt. Diese neuen Möglichkeiten werden den *Intentions* zugefügt. Die *Intentions* umfassen ausgewählte Pläne, gewünschte Ziele und die Weitergabe von direkten Aktionen. Im Anschluss werden die Aktionen ausgeführt (*execute*). Durch die Ausführung der Aktionen nach den Fähigkeiten und Plänen, stößt der Agent Aktionen und neue Nachrichten an. [Musc00] (Abbildung 46)

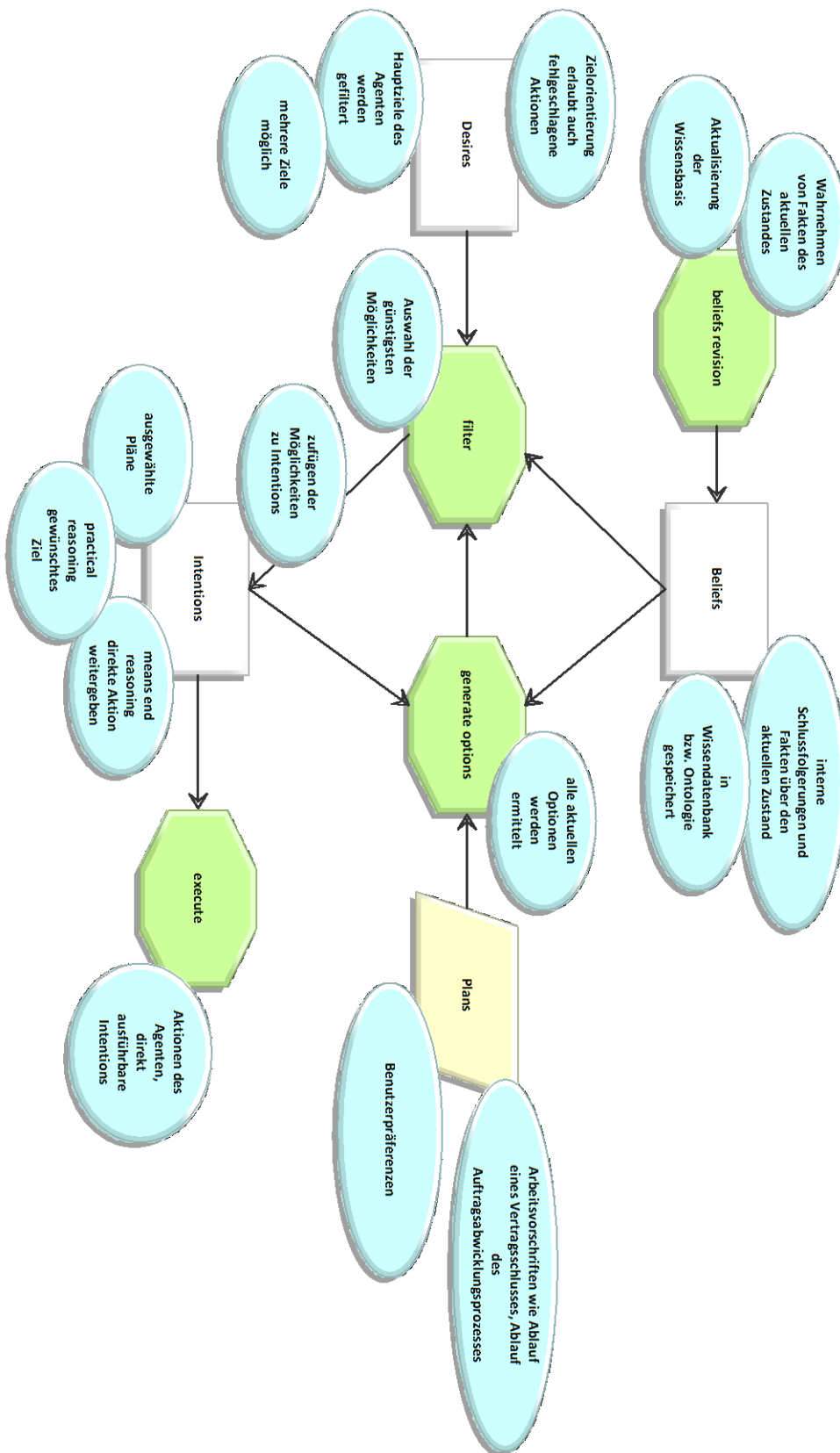


Abbildung 46 Fähigkeiten des BDI-Vertragsagenten

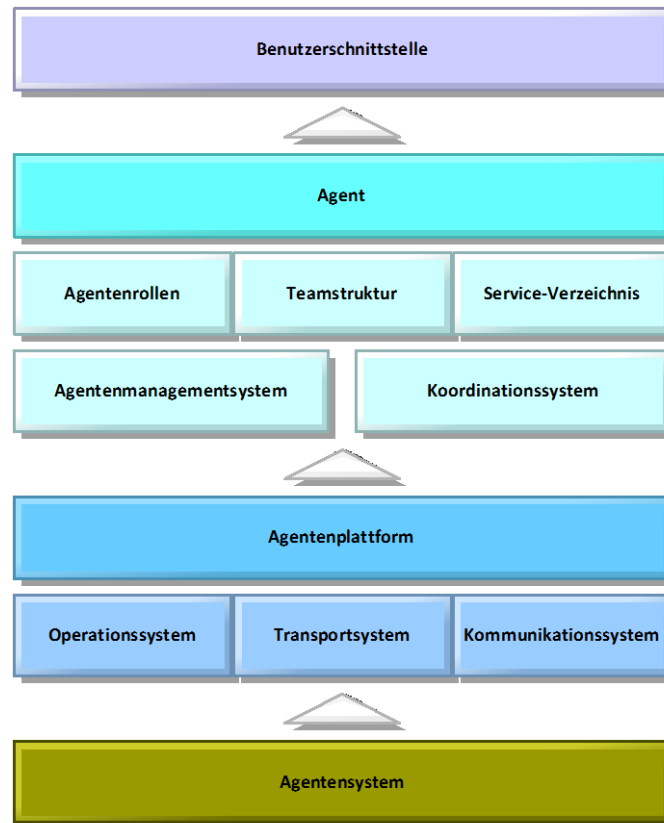
## 9.10 Entwurf des Vertragsagenten

In Abbildung 47 wird ein Entwurf der Architektur in Komponentenebenen für den Vertragsagenten vorgestellt. Der Vertragsagent an sich verfügt über eine Wissensbasis, die auf die Inferenzmaschine, das Agentenwissen und den Reasoner zugreifen kann. Die Inferenzmaschine spiegelt die *Intentions* des BDI Agenten wider. Die *Beliefs* sind in Form einer Ontologie als Agentenwissen abgespeichert. Die *Desires* finden sich im Reasoner wieder. In einer nächsten Schicht, im Aufgabenmanagement werden die einzelnen Aufgaben, Ziele und Operationen und ein Scheduler verwaltet. Über dieser Schicht befindet sich das eigentliche Verhandlungsprotokoll, das die Ablaufsteuerung der Verhandlung übernimmt. Die oberste Schicht, die Benutzerschnittstelle bzw. Kommunikationsschnittstelle, verfügt über ein Interface, einen Messagingdienst und verwendet eine Agentenkommunikationssprache. Der Benutzer kann über eine Benutzerschnittstelle dem Vertragsagenten als Stellvertreter seine Benutzerpräferenzen mit auf den Weg geben.



Abbildung 47 Architektur des Vertragsagenten in Komponentenebenen [angelehnt an Sess02]

In der folgenden Abbildung 48 wird die Architektur des Vertragsagenten in Systemebenen dargestellt. Somit kann das Zusammenspiel der verschiedenen Agenten in einem Agentensystem nachvollzogen werden.



**Abbildung 48 Architektur des Vertragsagenten in Systemebenen [Sess02]**

Ein Agentensystem besteht aus mehreren in einem heterogenen Netzwerk verteilten Agentenplattformen. In einer Agentenplattform können mehrere Agenten organisiert sein. Die Agenten können sich in einem Netzwerkzusammenschluss von einem Rechner zum anderen bewegen. Die beteiligten Rechner benötigen dafür alle eine entsprechend ausgelegte Agentenplattform. Durch diese wird unabhängig vom Betriebssystem des Rechners dem Agenten eine Ablaufumgebung zur Verfügung gestellt. Die Agentenplattform bietet den Agenten ein Transportsystem, Kommunikationssystem und Operationssystem. Dem einzelnen Agenten agiert dann entsprechen seiner Agentenrolle und führt Dienste aus. Die verschiedenen Dienste sind einem Service-Verzeichnis organisiert. Die Agenten können auch miteinander agieren, das jeweilige Verhalten des Agenten ist dafür in der Teamstruktur festgelegt. Das Agentenmanagementsystem und das Koordinationsystem übernehmen die Aufgaben den Aktionen des Agenten zu steuern und mit den anderen Agenten und der Agentenplattform zu koordinieren. [Sche15]

## 9.11 Marktontologie für Vertragsagenten

Wie früher dargelegt, verwenden beide Agenten Ontologien als Wissensbasis bei einer Vertragsverhandlung. Im Folgenden wird die Ontologie für den Vertragsagenten entwickelt. Dabei wird eine semi-formale Modellierungssprache verwendet. Die Verwendung von natürlich-sprachlichen Begriffen kann zu verschiedenen Interpretationen führen. Um dies zu vermeiden, muss die Ontologie zumindest semi-formal modelliert werden.

In der Marktontologie, die die Wissensbasis für den Vertragsagenten bildet, sind die verschiedenen benutzerspezifischen Kriterien modelliert, die zum einen die Grundlage für die Verhandlung bilden und zum anderen die Grundlage für den Vertragsschluss darstellen.

Die Modellierung der Marktontologie wird in den folgenden Schritten vorgenommen:

1. Festlegen des Szenarios
2. Prüfen, ob vorhandene Ontologien wiederverwendet werden können
3. Sammeln von Begriffen, die in der Domäne verwendet werden:
4. Modellierung:
  - 4.1 Konzepte definieren und in eine Hierarchie einordnen.
  - 4.2 Beziehungen zwischen den Konzepten definieren: *Pfeile setzen*
  - 4.3 Beziehungen genauer spezifizieren: *Vererbung, Spezialisierung, Generalisierung*
5. Anlegen von Instanzen
6. Evaluierung

Für die technische Umsetzung der Ontologie in Programmcode muss der objektorientierte Ansatz der Ontologie in einer objektorientierten Programmiersprache umgesetzt werden. Um die Umsetzung zu unterstützen, wird ein UML-Klassendiagramm mit den notwendigen Klassen für die technische Umsetzung entworfen. Im Folgenden wird daher parallel auch auszugsweise auf einige wichtige Klassen eingegangen werden. Der Vertrag an sich wird in der Klasse „*Vertragscontainer*“ abgebildet. Dort werden alle relevanten Attribute und Methoden, die den Vertrag betreffen, abgespeichert. Im diesem Vertragscontainer werden während des Ablaufs des Auftragsabwicklungsprozesses alle relevanten Daten gespeichert. Die Inhalte im Vertragscontainer sind dann die Basis für den eigentlichen Vertragsschluss.

Außerdem ist der *Vertragscontainer* ein Zwischenspeicher für die Belegung der benutzerspezifischen Kriterien, die in einer eventuell stattfindenden Verhandlung und bei einem Vertragsschluss verwendet werden.



Abbildung 49 Vertragscontainer in UML

Die Klasse *Vertragscontainer* wird verwendet, um die Informationen und Zustände der Abarbeitung zu speichern und weiter zu übermitteln. Der Vertragscontainer greift dabei auf Daten bzw. Konzepte aus der Marktontologie zu. Somit kann über die im Vertragscontainer gespeicherten Attribute und Methoden dann auf die entsprechenden Werte aus der Marktontologie zugegriffen werden. Die Wertezuordnungen entsprechen dem Prozessschritt in dem sich die Auftragsabwicklung befindet. (Abbildung 49)

Die konkrete Modellierung der benötigten Marktontologie wird in den folgenden Schritten nun vorgenommen:

1. Festlegen des Szenarios: *Spotmarkt für Strom*
2. Prüfen, ob vorhandene Ontologien wiederverwendet werden können: *Bezug zu Marktontologie des Projektes SESAM*
3. Sammeln von Begriffen, die in der Domäne verwendet werden: *Ökostrom, Vertragslaufzeit, Kündigungsfrist, Stromanbieter, Stromnachfrager, Vertragsagent etc.*

Im Folgenden wird daher der 4. Schritt, die Modellierung, konkreter vorgestellt.

#### 4. Modellierung:

##### 4.1 Konzepte definieren und in eine Hierarchie einordnen.

*Alle wichtigen Begriffe, die entweder aus der Marktontologie des Projektes SESAM übernommen worden sind oder anhand der Anforderungen benötigt werden, werden bestimmt.*

Beispiele:

- *Kündigungsfrist*
- *Vertragslaufzeit*
- *Ökostromanteil*
- *Formstufe*
- *Rechtsform*
- *Anbieter*
- *Nachfrager*
- *Rechtsagent*
- *Vertragsagent*
- *Vertragscontainer*

#### 4.2 Beziehungen zwischen den Konzepten definieren: *Pfeile setzen*

- *Zum einen gehen Pfeile von root (Wurzel der Ontologie) zu den einzelnen Konzepten*
- *Die Konzepte sind wiederum hierarchisch aufgebaut. Konzepte können ähnlich wie Klassen Eigenschaften vererben.*

#### 4.3 Beziehungen genauer spezifizieren: *Vererbung, Spezialisierung, Generalisierung*

- *Konzept Agent vererbt seine Attribute (Eigenschaften) an die Unterkonzepte Vertragsagent.*
- *Der Vertragsagent wiederum vererbt seine Attribute an den Vertragsagenten des Nachfragers und des Anbieters.*
- *Innerhalb einer Ontologie ist somit auch eine Mehrfachvererbung möglich.*

#### 5. Anlegen von Instanzen: *Wertebelegung für einen möglichen Vertragsschluss*

*Die Attribute der Konzepte werden für eine bestimmte Instanz des Konzeptes mit konkreten Werten belegt.*

Beispiel:

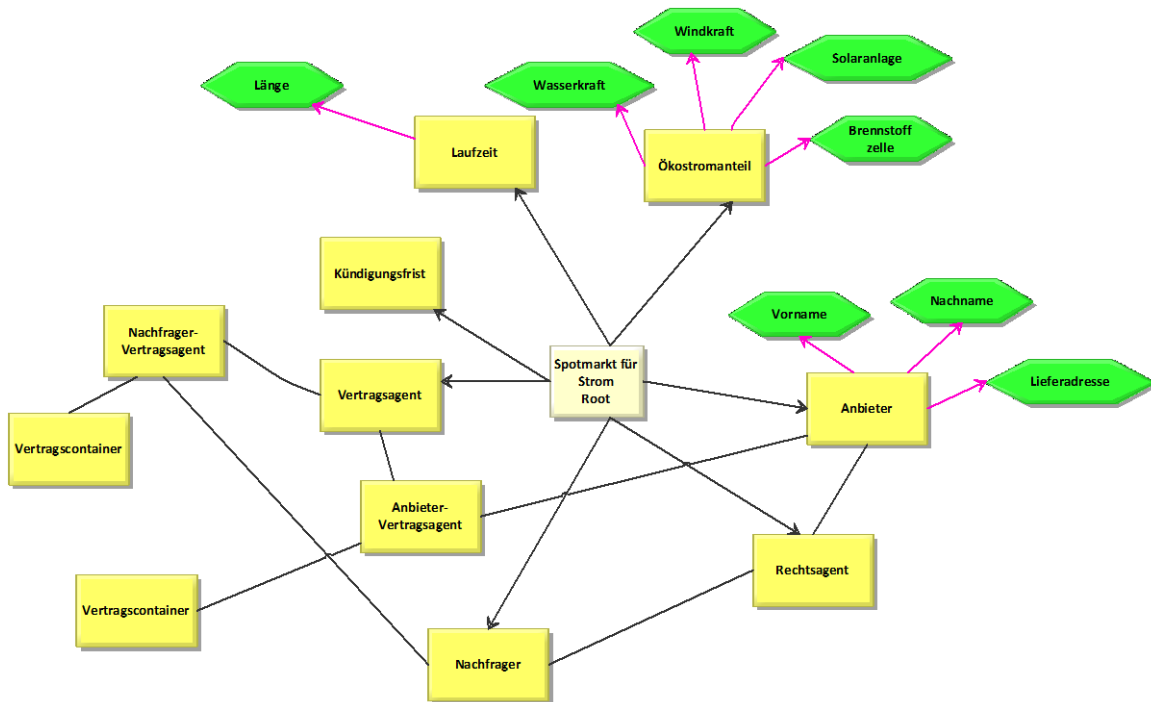
*Konzept „Ökostromanteil“: mögliche Attribute zur näheren Beschreibung: Ökostromanteil aus Wasserkraft, Windkraft, Solaranlagen, Brennstoffzellen.*

Der Anbieter kann somit den Ökostrom, den er produziert, näher beschreiben.

*Konzept „Anbieter“: Attribute: Vorname, Nachname, Lieferadresse mit Straße, Hausnummer, PLZ, Stadt.*

Der Anbieter wird näher beschrieben, denn er Strom muss vom Anbieter geliefert werden. Der Anbieter speist den Strom ins vorhandene Stromnetz ein und der Nachfrager lässt sich den eingekauften Strom entsprechend an seine Lieferadresse liefern.

#### 6. Evaluierung: bei Kapitel Evaluierung

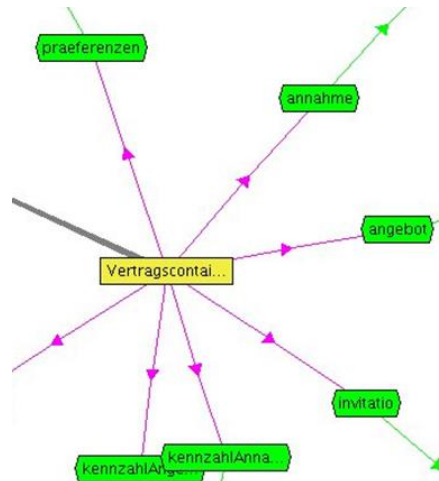


**Abbildung 50 Markttontologie für einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom**

Ausgangspunkt (Root) ist der Spotmarkt für Strom. Der Anbieter und der Nachfrager werden durch die Attribute wie beispielsweise Vorname, Nachname und Lieferadresse beschrieben. Der Vertragsagent vererbt seine Eigenschaften an den Nachfrage-Vertragsagenten und an den Anbieter-Vertragsagenten. Diese beiden Agenten speichern die Daten im *Vertragscontainer* ab. Des Weiteren werden in der Markttontologie die benutzerspezifischen Kriterien mit allen möglichen Ausprägungen modelliert. (Abbildung 50)

Das Konzept *Vertragscontainer* verfügt über außerdem über beschreibende Attribute, wie „Angebot“, „Annahme“, „Präferenzen“ und „Invitatio“. Die modellierten Ontologien können entsprechend den Gegebenheiten mit den passenden Attributen ergänzt werden. (Abbildung 51)





**Abbildung 51 Ontologieausschnitt Vetragcontainer**

Der Vertragscontainer ist der Speicherort der benutzerspezifischen Belegung der Präferenzen und die Vertragsrelevanten Konzepte. Diese sind die Grundlage für den möglichen Vertragsschluss. Falls es nicht direkt zu einer Übereinstimmung des Angebots des Anbieters mit dem Nachfrager kommt, d.h. der Nachfrager nimmt das Angebot nicht direkt an, dann findet eine Verhandlung über die Belegung der Präferenzen statt. Die Zwischenergebnisse der Belegungen werden während der Verhandlung wiederum im Vertragscontainer zwischengespeichert. Die erfolgreiche Verhandlung endet mit dem Vertragsschluss (Agreement).

Wenn in der UML-Klasse Vertragscontainer Attribute und Methoden hinzukommen, dann müssen diese Begriffe in der Ontologie an entsprechender Stelle als Konzept ergänzt werden. Die Wertebelegungen der Attribute aus dem UML Klassendiagramm werden ebenfalls ergänzt. (Abbildung 52)

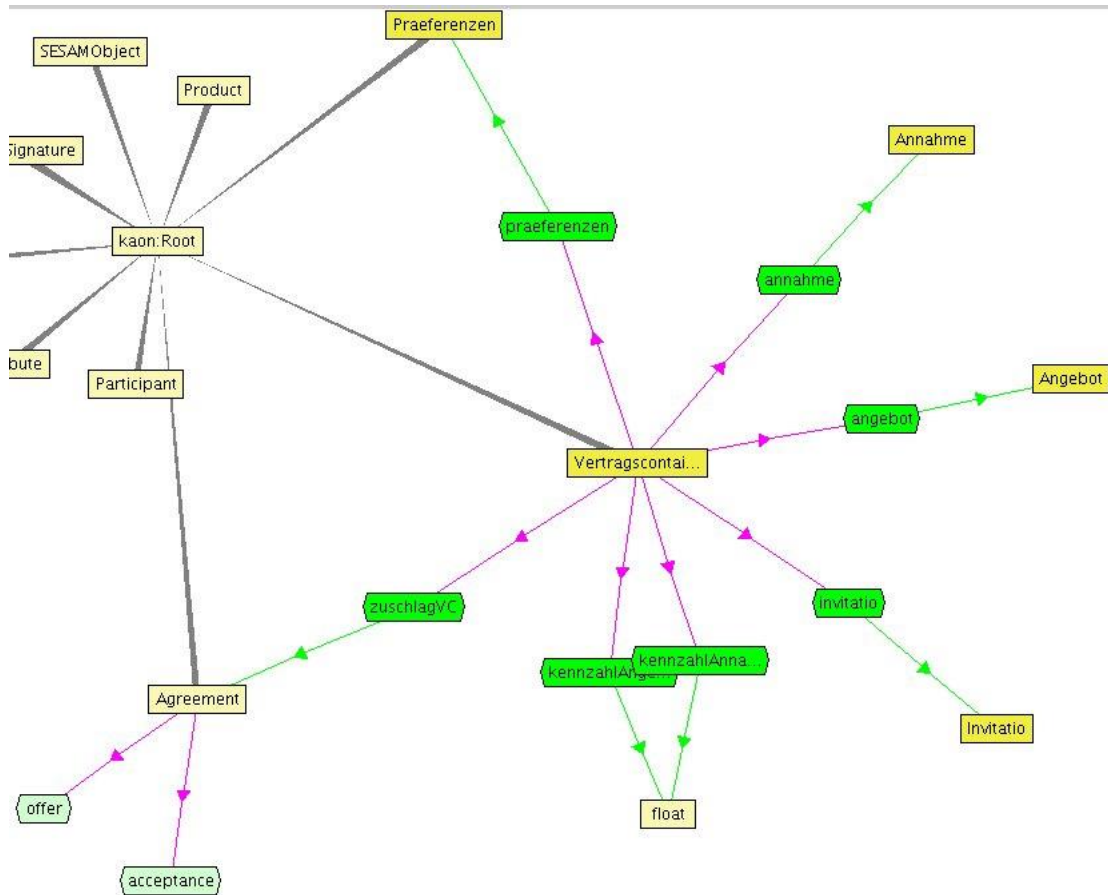
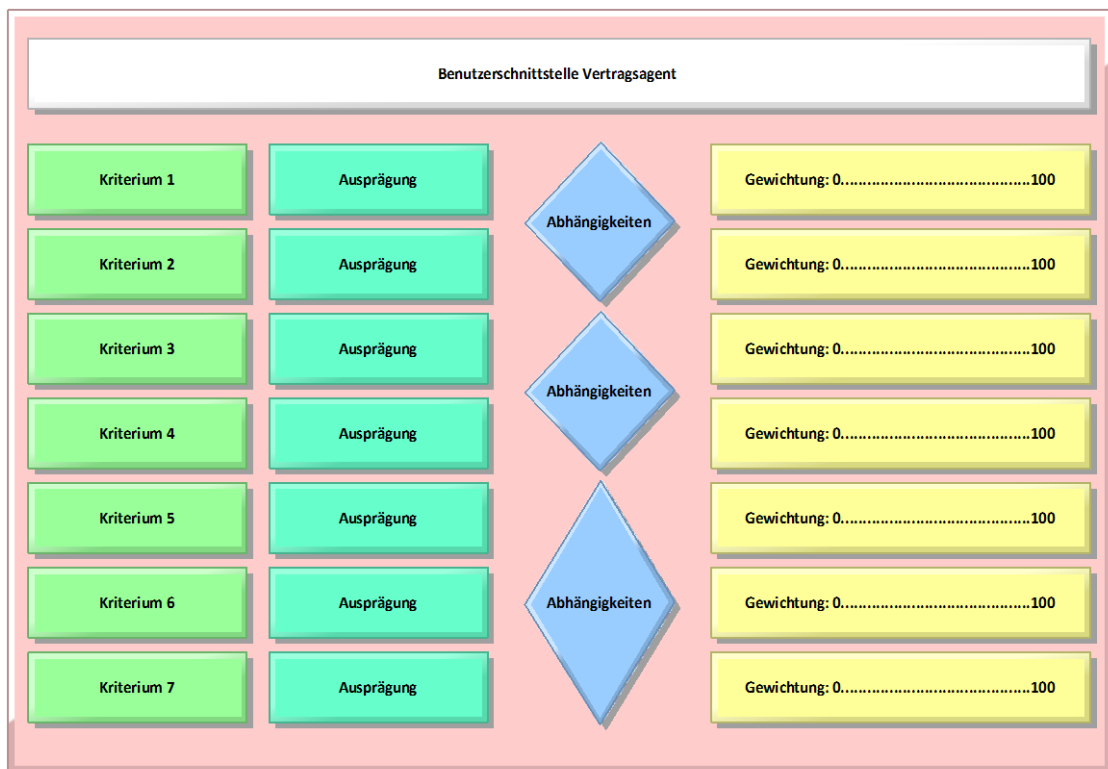


Abbildung 52 Ontologie der Verhandlung zweier Vertragsagenten

### 9.12 Benutzerschnittstellen des Vertragsagenten

Dem Benutzer wird zur Unterstützung ein Vertragsagent zur Seite gestellt. Diesem Vertragsagenten kann der menschliche Benutzer seine individuellen Präferenzen übergeben. Es sollen die gewünschten Ausprägungen der Benutzerpräferenzen benutzerfreundlich direkt über eine Eingabemaske eingegeben werden können. Dabei soll möglichst auch eine Gewichtung der Kriterien eingestellt werden können. Es soll auch die Möglichkeit, bestimmte Abhängigkeiten (Nebenbedingungen) zwischen den Kriterien anzugeben, geschaffen werden. (Abbildung 53)



**Abbildung 53 Benutzerschnittstelle Vertragsagent**

Über die Benutzerschnittstelle gibt der Mensch die entsprechende Belegung der Präferenzen dem Vertragsagenten mit auf den Weg. Die Belegung kann aus den Systemzielen des Menschen (Effizienzsteigerung und Maximierung des individuellen Nutzens) abgeleitet werden.

### ***9.13 Benutzerschnittstelle des Rechtsagenten***

Bei Eintritt in den Marktplatz sollte der Rechtsagent dem Benutzer Hinweise auf AGB des Marktplatzes geben. Denn zunächst muss der Benutzer des Marktplatzes den AGBs zustimmen. Ansonsten übernimmt der Rechtsagent, wie eine Art persönlicher Anwalt, die Überprüfung an drei verschiedenen rechtlich relevanten Prozessschritten (Vorprüfung des Angebotes, Vorprüfung der Annahme und Schlussprüfung) vor Vertragsschluss. (Abbildung 54)

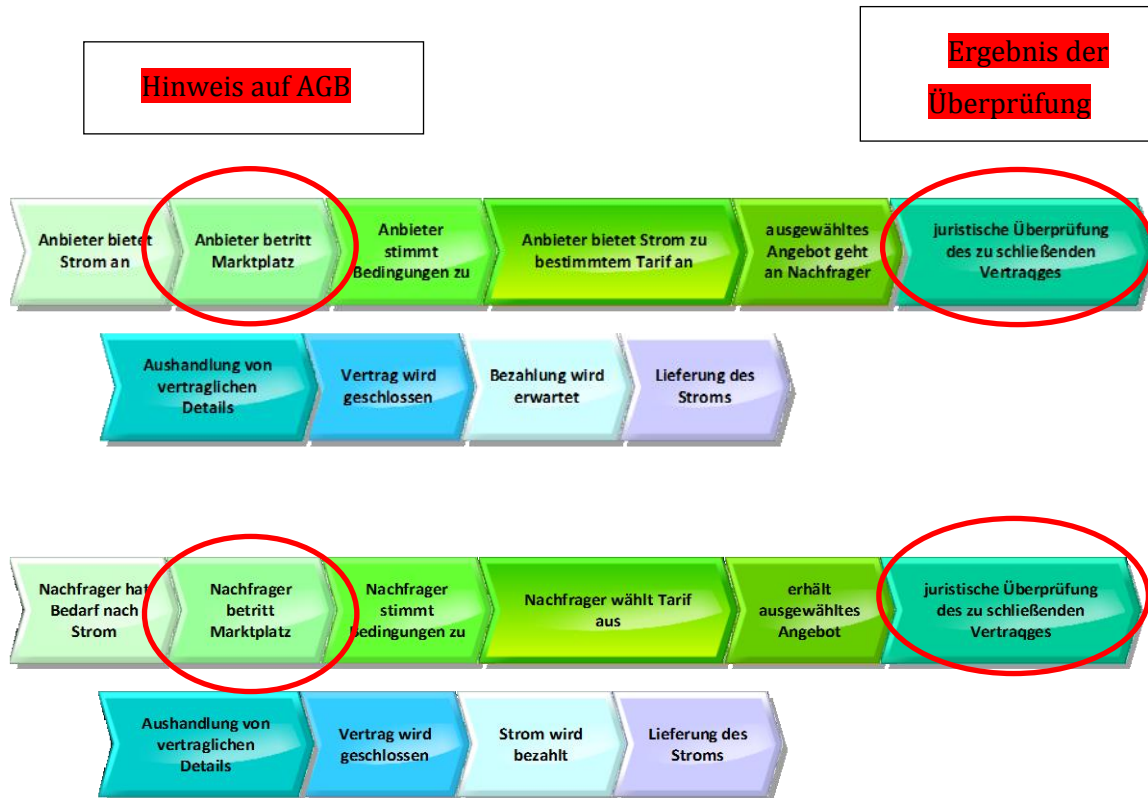


Abbildung 54 Prozessschritte mit juristischen Informationen an den Benutzer

In Bezug auf die Kommunikation mit dem Benutzer genügt es dem Benutzer, die AGBs angezeigt zu bekommen. Ansonsten sollte es dem Benutzer ausreichen, über das Ergebnis der rechtlichen Prüfung unterrichtet zu werden. (Abbildung 55)

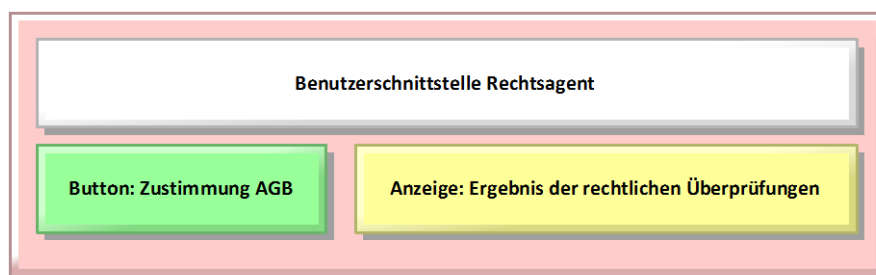


Abbildung 55 Benutzerschnittstelle des Rechtsagenten

## 10 Verhandeln mit Benutzerpräferenzen

Kapitel 9.7 führte bereits Benutzerpräferenzen ein, die die Verhandlung der Vertragsagenten untereinander beeinflussen. Wie die Agenten die Präferenzen berücksichtigen, blieb dagegen noch offen. Das Problem wird dadurch kompliziert, als dass mehrere Präferenzen gleichzeitig zu berücksichtigen sind und diese auch gegeneinander aufgerechnet werden können. Dieser Problemstellung widmet sich das vorliegende Kapitel.

Benutzer benennen ihre Präferenzen in der Umgangssprache, und dies häufig aufgrund subjektiver Empfindungen. Beispiele dafür sind: „*ziemliche gute Qualität*“, „*mäßige Leistung*“, „*hoher Gewinn*“, „*niedriger Preis*“, etc. Menschen können wie selbstverständlich mit solchen ungenauen Informationen umgehen. Solch ungenaue Informationen sind allerdings für einen Agenten nur sehr schwer zu verarbeiten. Somit sind solch umgangssprachliche, ungenaue Begriffe innerhalb einer automatisierten Verhandlung nur schwer zu bewerten und zu vergleichen.

Nach Rommelfanger [Romm88] kann nach intrinsischer und informationaler Unschärfe und unscharfen Relationen unterschieden werden: Die *intrinsische Unschärfe* ist die sprachliche Unschärfe und steht im Zusammenhang mit menschlichen subjektiven Empfindungen. *Informationale Unschärfe* ist die Unschärfe, die dadurch entsteht, dass nicht alle Informationen vollständig vorliegen, um einen Sachverhalt zu beschreiben. *Relationale Unschärfe* besteht darin, dass ein Ursache-Wirkungs-Zusammenhang nicht präzise beschrieben werden kann.

In diesem Kapitel wird ein Modell für den Umgang mit der „Unschärfe“ der Zufriedenheit mit benutzerspezifischen Kriterien des Käufers bzw. des Verkäufers bei Abschluss eines Stromvertrages und bei stattfindenden Vertragsverhandlungen entwickelt. Dafür wird auf Ansätze der Fuzzy-Theorie und der Possibilitätstheorie und auf die Verwendung von linguistischen Variablen zurückgegriffen.

### 10.1 Linguistische Variablen

Für unterschiedliche Menschen haben häufig bestimmte Begriffe und Universalien eine unterschiedliche Ausprägung in ihrer Bedeutung. Daher werden im Folgenden die benutzerspezifischen Kriterien wie beispielsweise „*Kündigungsfrist*“ und „*Ökostromanteil*“ in

Bezug auf die Ausprägungen ihrer Bedeutung für die einzelnen Marktteilnehmer genauer analysiert.

Die Formalisierung subjektiver Einschätzungen baut auf *linguistischen Variablen* auf. Eine linguistische Variable ist in der folgenden Form definiert:  $(g, T(x), U, G, M)$

- $g$  ist der Name der Variablen (Grundwert)
- $T(x)$  ist die Termmenge bzw. der Wertebereich mit den verschiedenen linguistischen Werten/Ausdrücken (Termen)
- $U$  ist der Definitionsbereich für den Bezugspunkt zur Festsetzung der Bedeutung der Terme
- $G$  ist die Syntax um neue Werte zu konstruieren und
- $M$  ist die Semantik, die jedem Term eine Bedeutung zuordnet.

Beispiel: Ein 185 cm großer Mensch wird von vielen Menschen als „groß“ bewertet. Allerdings wird auch ein Anteil an Menschen einen 185 cm großen Menschen als „mittelgroß“ einstufen.

Bezogen hierauf wäre eine mögliche linguistische Variable:

- $g$ =Größe eines Menschen gemessen in cm
- $T(x) = \{\text{groß, mittelgroß, klein}\}$
- $U$ = Durchschnittsgröße aller Menschen
- $G$ =Funktion um Zugehörigkeitsgrad der Terme zu  $U$  zu bestimmen
- $M = \{\text{„groß“} = \text{Menschen, die größer sind als man selbst, „mittelgroß“} = \text{Menschen, die genauso groß sind wie man selbst, „klein“} = \text{Menschen, die kleiner sind als man selbst}\}$

Nicht alle Kriterien sind mit Unschärfe belastet und müssen deshalb auch nicht als linguistische Variable dargestellt werden. Ein Kriterium wie „Rechtsform“ mit Werten deutsch, schweizerisch, österreichisch kennt keine Abstufungen.

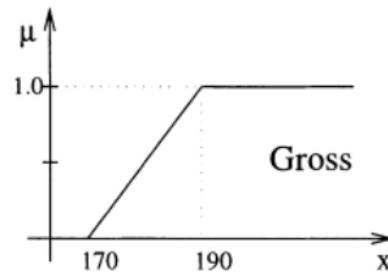
## 10.2 Umgang mit Unschärfe: Fuzzy-Theorie

Das klassische Mittel zum Umgang mit Unschärfe ist die Fuzzy-Logik. Durch Zadeh [Zade65] wurde die Aussagenlogik um Zwischenstufen erweitert. Somit entstand die Möglichkeit, die Aussagenlogik mit den Ausprägungen „wahr“ und „falsch“ um „unscharfe“ Ausprägungen zu ergänzen.

Diese Erweiterung der Aussagenlogik wird durch Fuzzy-Mengen umgesetzt. Im Beispiel: Eine Zugehörigkeit des Wertes 185 cm liegt zu zwei verschiedenen Mengen (Menge „groß“ und Menge „mittelgroß“) vor. Eine Fuzzy-Menge gibt den Zugehörigkeitsgrad eines Elementes zu einer Menge an. Fuzzy-Mengen finden daher ihren Einsatz beim Umgang mit unscharfen Begriffen vor allem bei menschlichen Benutzern. Mit Fuzzy-Mengen kann die

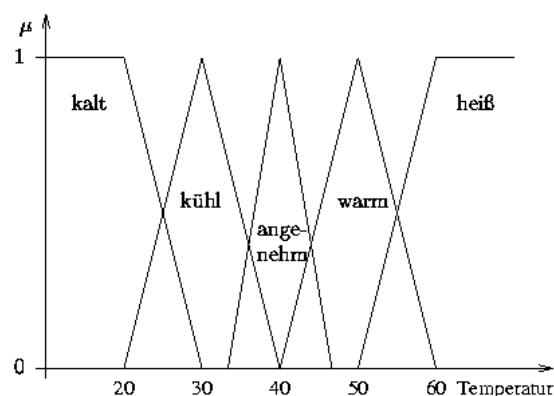
Ungenauigkeit umgangssprachlicher Begriffe so formalisiert werden, dass diese technisch verarbeitbar werden.

Die Grundmenge  $G$  wird durch eine Abbildung (Graph)  $\mu: G \rightarrow [0,1]$  der Zugehörigkeitsfunktion beschrieben. Der Graph der Zugehörigkeitsfunktion  $\mu$  dient der Veranschaulichung der Fuzzy-Menge. In der Praxis sind Zugehörigkeitsfunktionen von Fuzzy-Mengen meist Dreiecksfunktionen oder Trapezfunktionen. (Abbildung 56)



**Abbildung 56 Zugehörigkeitsfunktion der Fuzzy-Menge „groß“ zum Grundwert „Körpergröße“**

Dieser Ansatz hat Bedeutung, weil das menschliche Empfinden einen fließenden Übergang und nicht genau abgrenzbare Bereich hat. In der Mengenlehre kann ein bestimmtes Element entweder in der Menge enthalten sein oder nicht. Beispielsweise kann der Begriff „angenehme Badewassertemperatur“ nicht angemessen mit der klassischen Mengenlehre beschrieben werden, denn dort könnte nur ein scharf abgegrenztes Intervall für den Begriff „angenehme Badewassertemperatur“ angegeben werden, beispielsweise [30 Grad – 36 Grad]. Nun besteht aber die Möglichkeit, dass eine Person auch die Temperatur 36,5 Grad noch als angenehm empfindet. In der folgenden Abbildung ist die Temperatur eines Badewassers als linguistische Variable mit fünf linguistischen Termen modelliert. (Abbildung 57)



**Abbildung 57 Badewasser als linguistische Variable [Müll97]**

In einem nächsten Schritt erfolgt die sogenannte Fuzzifizierung, indem der scharfe Messwert der Temperatur in einen Vektor von Zugehörigkeitsgraden der linguistischen Variablen „Badewassertemperatur“ überführt wird.

In der folgenden Abbildung 58 wird dies an dem scharfen Messwert 56 Grad verdeutlicht. So ist die Fuzzy-Menge „warm“ zu 0.31 erfüllt und die Fuzzy-Menge „heiß“ zu 0,675 erfüllt.

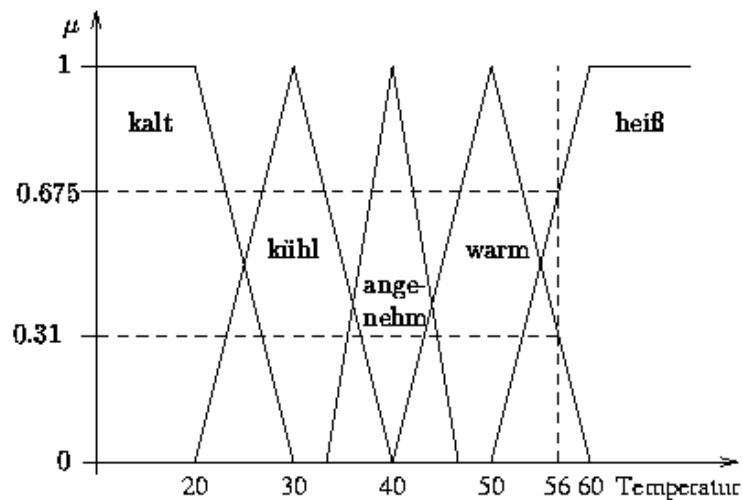


Abbildung 58 Fuzzifizierung des Temperaturwertes 56 Grad [Müll97]

Dieses Vorgehen wird beispielsweise bei der Regelung des Zuflusses verwendet.

Der Zufluss des Badewassers ist in der folgenden Abbildung 59 als linguistische Variable dargestellt.

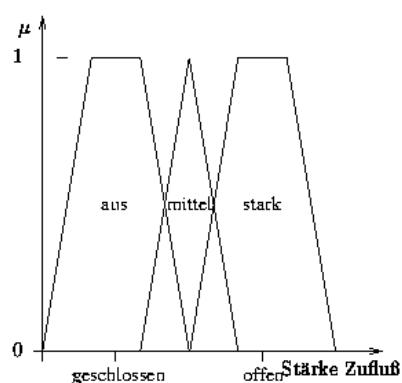


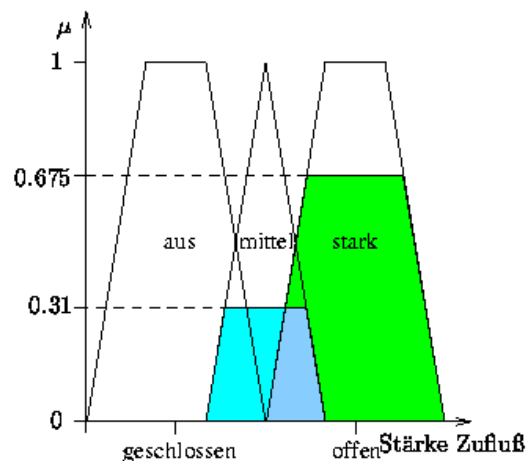
Abbildung 59 Linguistische Variable Temperaturzufuhr anhand kalten Wassers/warmen Wassers [Müll97]



Den Umgang mit linguistischen Variablen kann man durch Regeln erfassen. Um etwa die Temperatur des neu einzulassenden Wassers abhängig von der aktuellen Temperatur des Badewassers zu bestimmen, sind Regeln nötig:

1. WENN Badewassertemperatur = „heiß“, DANN Temperaturzufuhr\_blau = „stark“, Temperaturzufuhr\_rot = „aus“
2. WENN Badewassertemperatur = „warm“, DANN Temperaturzufuhr\_blau = „mittel“, Temperaturzufuhr\_rot = „aus“
3. WENN Badewassertemperatur = „kühl“, DANN Temperaturzufuhr\_blau = „aus“, Temperaturzufuhr\_rot = „mittel“
4. WENN Badewassertemperatur = „kalt“, DANN Temperaturzufuhr\_blau = „aus“, Temperaturzufuhr\_rot = „stark“

Für den Wert 56 Grad greifen die Regeln 1 und 2, denn der linguistische Term „heiß“ und „warm“ sind betroffen. Somit ist ausschließlich kaltes Wasser zuzuführen. Regel 1 ist zu 0,675 erfüllt. Dazu wird die Fuzzy-Menge des linguistischen Terms „stark“ abgeschnitten. Die Fuzzy-Menge des Terms „mittel“ wird in Höhe von 0,31 abgeschnitten. Dies ist in der folgenden Abbildung 60 dargestellt.



**Abbildung 60 Ergebnis der Inferenz der linguistischen Variable Zufuhr kaltes Wasser  
[Müll97]**

Für die konkrete Steuerung des Reglers des Wasserhahns ist nun eine Defuzzifizierung notwendig. Die Fuzzy-Menge wird in einen scharfen Wert umgewandelt. Dazu wird der

Schwerpunkt der Fläche bestimmt und somit ergibt sich für den Regler der Wasserzufuhr für kaltes Wasser ein Öffnungsgrad von 86 %. [Müll97] Dies ist in Abbildung 61 dargestellt.

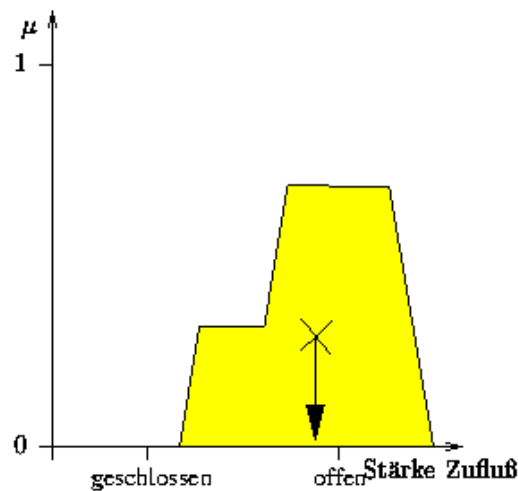


Abbildung 61 Defuzzifizierung der linguistischen Variable Zufuhr kaltes Wasser [Müll97]

### 10.3 Umgang mit Unschärfe: Possibilitätstheorie

Eine für menschliche Benutzer anschaulichere Vorgehensweise ist die Possibilitätstheorie [Biew97]. In ihr werden mit einer Funktion Elementen der Termmenge einer linguistischen Variablen Zugehörigkeitsgrade im kontinuierlichen Intervall  $[0,1]$  zugeordnet. Dieser Zugehörigkeitsgrad gibt die *Möglichkeit* für das Eintreten eines Ereignisses an. Ein Zugehörigkeitsgrad von 1 bedeutet also, dass es nicht überraschend ist, wenn dieses Ereignis eintritt. Dieses Ereignis ist also *möglich*, allerdings muss dieses Ereignis nicht unbedingt eintreten. Ein Zugehörigkeitsgrad von 0 bedeutet, dass dieses Ereignis als *unmöglich* angesehen wird. Allerdings ist es nicht vollständig ausgeschlossen, dass dieses Ereignis trotzdem eintreten könnte.

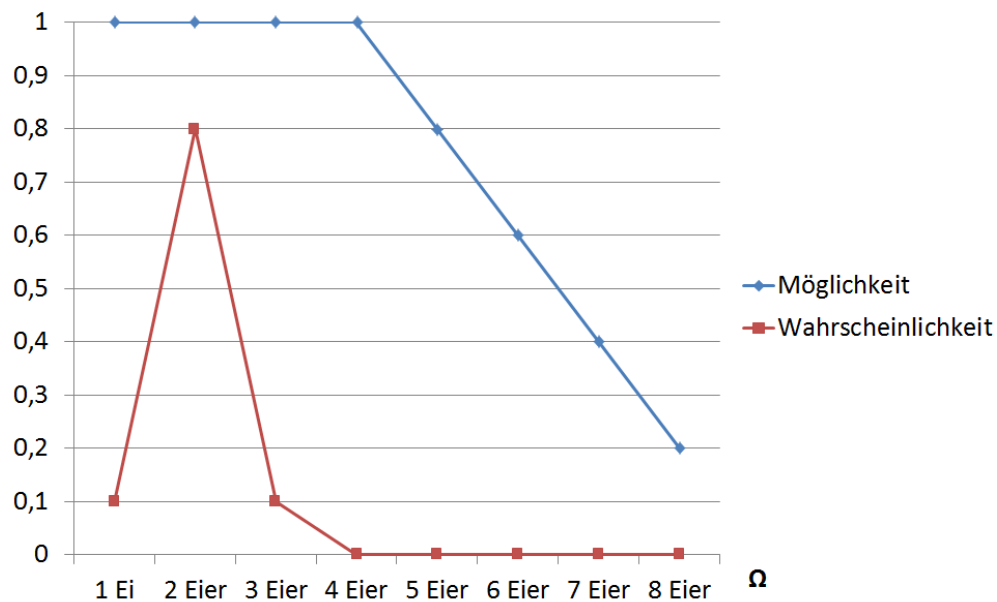
An folgendem Beispiel kann der Unterschied von Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten verdeutlicht werden.

Eine Person isst zum Frühstück Eier. Dies wird über einen gewissen Zeitraum beobachtet. Mit der Möglichkeitsverteilung, also der Possibilitätsverteilung, wird der Grad ausgedrückt zudem es der Person möglich wäre eine bestimmte Anzahl an Eiern zu essen. Anhand der Beobachtung über einen gewissen Zeitraum kann andererseits die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Eieranzahl bestimmt werden. Möglichkeiten geben also subjektive Einschätzungen wieder, Wahrscheinlichkeiten objektivierbare Beobachtungen.

$$\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

| Anzahl Eier $\omega$           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Möglichkeit $\pi(\omega)$      | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |
| Wahrscheinlichkeit $P(\omega)$ | 0,1 | 0,8 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Somit ist ausgesagt, dass es zwar möglich ist, dass die Person z.B. vier Eier zum Frühstück isst, aber dass dies nicht wahrscheinlich ist. Die Möglichkeit ist also weniger einschränkend als die Wahrscheinlichkeit. (Abbildung 62)



**Abbildung 62** Possibilitätsverteilung und Wahrscheinlichkeitsverteilung [Biew97]

Auch nach der Possibilitätstheorie werden die abstrakten Größen wie beispielsweise „Kündigungsfrist“ oder „Ökostromanteil“ bei der Verwendung einer linguistischen Variable als Grundwerte bezeichnet. Diese Grundwerte selbst sind eindeutig und messbar (Kündigungsfrist [Tage], Ökostromanteil [%], Körpergröße [cm], Temperatur [Grad]). Allerdings werden die eindeutigen und messbaren Grundwerte durch die subjektive Einschätzung des Menschen eingeschränkt. Diese subjektiven Einschätzungen des Menschen werden daher mit den linguistischen Termmenge dargestellt. Eine linguistische Termmenge umfasst die subjektiven unscharfen Ausprägungen (Einschätzungen des Menschen) der eigentlich eindeutigen und messbaren Grundwerte, beispielsweise  $T = \{lang,$

*mittel, kurz*} für den Grundwert Kündigungsfrist,  $T=\{hoch, mittel, niedrig\}$  für den Grundwert Ökostromanteil oder auch  $T=\{groß, mittelgroß, klein\}$  für den Grundwert Körpergröße.

Der Zugehörigkeitsgrad, der die Möglichkeit des Eintretens eines Ereignisses beschreibt, stellt eine subjektive Bewertung dar. Die subjektive Bewertung (die Möglichkeit) der eigentlich eindeutigen und messbaren Grundwerte  $g$  durch die subjektiven linguistischen Terme wird als *Zufriedenheitsgrad* bezeichnet. Daher kann ein Zugehörigkeitsgrad von 1,0 mit einer vollständigen Zufriedenheit mit der Einschätzung eines bestimmten Wertes des linguistischen Terms eines Grundwertes gleichgesetzt werden.

Die Zugehörigkeit und damit die Zufriedenheit kann durch eine partielle Zugehörigkeitsfunktion:

$f(g)=\mu(g,l_0)$  für einen festen linguistischen Wert  $l_0$  ausgedrückt und in einer Wertetabelle dargestellt werden. Der Zufriedenheitsgrad wird durch eine Zahl aus dem Intervall  $[0,1]$  angegeben.

Der Wert „1“ bedeutet volle Zufriedenheit und der Wert „0“ bedeutet keine Zufriedenheit. [Biew97].

### Zufriedenheitsgrad

| Kündigungsfrist | kurz | Mittel | Lang | Summe |
|-----------------|------|--------|------|-------|
| 12 min          | 1,0  | 0      | 0    | 1,0   |
| 24 min          | 0,8  | 0,8    | 0    | 1,6   |
| 36 min          | 0,1  | 1      | 0,1  | 1,2   |
| 48 min          | 0    | 0,8    | 0,8  | 1,6   |
| 60 min          | 0    | 0      | 1    | 1     |

| Ökostromanteil | Hoch | Mittel | Niedrig | Summe |
|----------------|------|--------|---------|-------|
| 0 %            | 0    | 0      | 1,0     | 1     |
| 10 %           | 0    | 0      | 0,9     | 0,9   |
| 20 %           | 0    | 0,1    | 0,8     | 0,9   |
| 30 %           | 0    | 0,2    | 0,7     | 0,9   |
| 40 %           | 0    | 0,9    | 0,2     | 1,1   |
| 50 %           | 0,1  | 1,0    | 0,1     | 1,2   |

|       |     |     |   |     |
|-------|-----|-----|---|-----|
| 60 %  | 0,2 | 0,9 | 0 | 1,1 |
| 70 %  | 0,7 | 0,2 | 0 | 0,9 |
| 80 %  | 0,8 | 0,1 | 0 | 0,9 |
| 90 %  | 0,9 | 0   | 0 | 0,9 |
| 100 % | 1,0 | 0   | 0 | 1,0 |

Falls die Wertemenge stetig ist, kann die Zugehörigkeitsfunktion auch graphisch dargestellt werden. In den Abbildung 63 und 64 sind zwei Zugehörigkeitsfunktionen für die Benutzerpräferenzen bei einem spontanen, kurzfristigen Vertragsschluss graphisch dargestellt.

Zufriedenheit/Zugehörigkeit

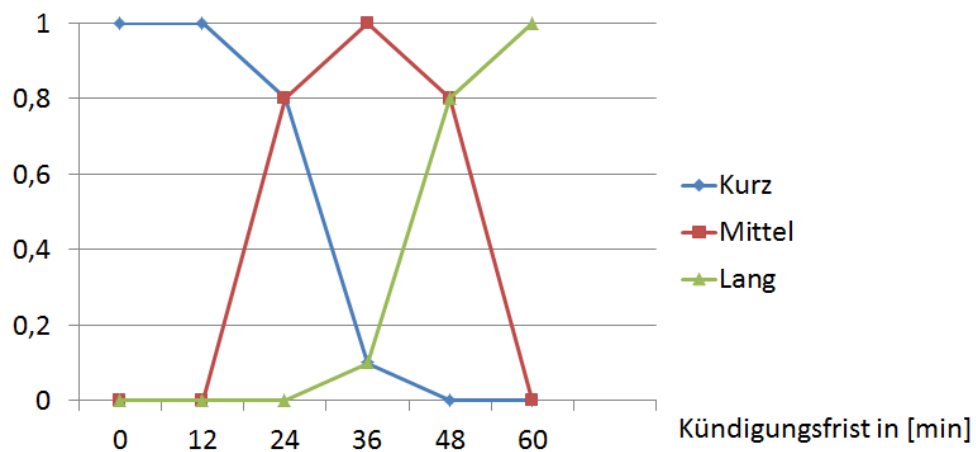


Abbildung 63 Zugehörigkeitsfunktion / Zufriedenheitsgrad zu Kündigungsfrist in Minuten

## Zufriedenheit/Zugehörigkeit

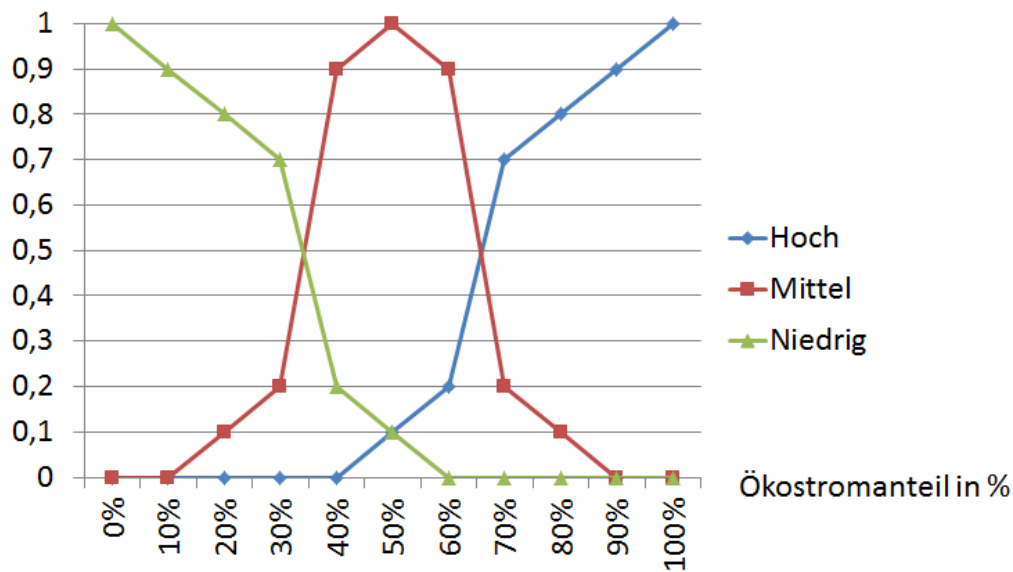
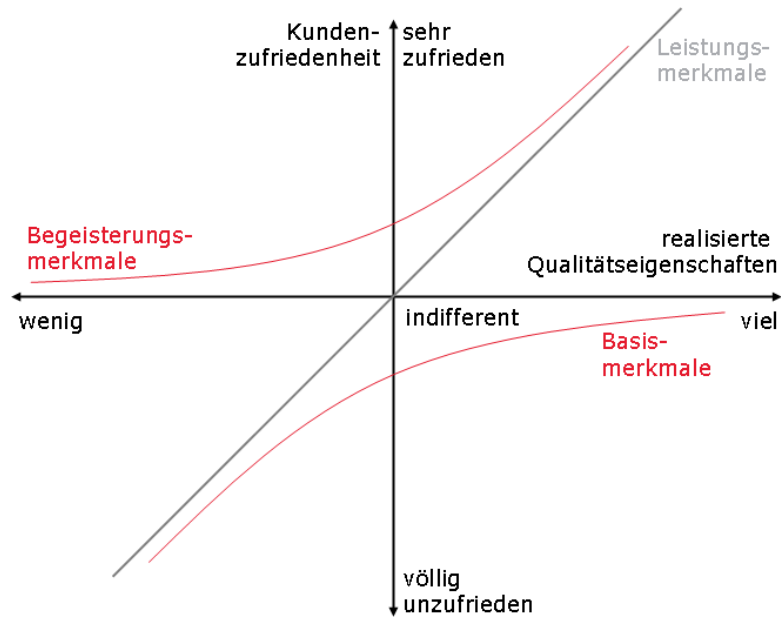


Abbildung 64 Zugehörigkeitsfunktion / Zufriedenheitsgrad zu Ökostromanteil in %

Wie ermittelt man nun den Zufriedenheitsgrad? Dies kann beispielsweise nach dem Kano-Modell erfolgen. Das Kano-Modell ist ein Modell zur Analyse von Kundenwünschen und umfasst Kundenanforderungen der verschiedensten Arten. Der Zufriedenheitsgrad umfasst den Grad der Kundenzufriedenheit in Bezug auf Qualität und bestimmte Leistungsmerkmale eines Produktes.

Das Kano-Modell unterscheidet fünf Ebenen der Qualität.

1. Basis-Merkmale
2. Leistungsmerkmale
3. Begeisterungsmerkmale
4. Unerhebliche Merkmale
5. Rückweisungsmerkmale



**Abbildung 65 Kano-Modell**

In Abbildung 65 sind auf der X-Achse die realisierten Qualitätseigenschaften abgetragen. Diese können in negativer Achsenrichtung immer weniger werden oder in positiver Achsenrichtung zunehmen. Auf der y-Achse ist die Kundenzufriedenheit abgetragen. Diese nimmt in negativer Achsenrichtung ab und in positiver zu. Basismerkmale werden vom Kunden vorausgesetzt und vermeiden lediglich eine Unzufriedenheit, sie werden implizit erwartet. Begeisterungsmerkmale steigern die Kundenzufriedenheit stark, dies sind Merkmale, die der Kunde nicht unbedingt erwartet. Leistungsmerkmale schaffen Kundenzufriedenheit je nachdem wie groß das Ausmaß der Erfüllung ist.

Das Kano-Modell ist zur Messung der Zufriedenheit einsetzbar. Die Zufriedenheit entsteht durch die Faktoren Erwartungshaltung und wahrgenommene Qualität bzw. Leistung. Der Zufriedenheitsgrad wird durch den Benutzer anhand der Gewichtung des entsprechenden Kriteriums bei der initialen Eingabe des Benutzers in der GUI eingeordnet. [Kano84]

Zu beachten ist allerdings, dass die Zufriedenheit sinkt, auch wenn die Leistungserbringung gleich bleibt oder sogar ansteigt. Dies erklärt Kano mit der Verschiebung der Erwartungshaltung. Ein Beispiel dafür ist: Vor einigen Jahren war ein Kunde begeistert, wenn er mit seinem Handy auch fotografieren konnte. Heute ist dies eine selbstverständliche Eigenschaft und vermeidet nur lediglich eine Unzufriedenheit mit dem Produkt. Daher sollten die Benutzer von Zeit zu Zeit die Gewichtungen der Zufriedenheitsgrade in der Benutzeroberfläche überprüfen und gegebenenfalls anpassen.

Fuzzy-Mengen und auch die Possibilitätsverteilungen werden mathematisch gesehen mit gleichen Funktionen dargestellt. Daher erfolgt in den folgenden Ausführungen die Einschränkung auf die Verwendung von Fuzzy-Mengen.

Die Zugehörigkeit entspricht der Zufriedenheit des Benutzers mit einer bestimmten Belegung eines linguistischen Terms. Dies wird später für die Verhandlung eine wichtige Grundlage sein, da die Zufriedenheit der Benutzer mit dem Ergebnis der Verhandlung möglichst hoch sein sollte.

### **10.4 Constraints (Zwangsbedingungen)**

Der Verkäufer und der Käufer übergeben ihrem Vertragsagenten für bestimmte Benutzerspezifische Präferenzen eine bestimmte Wertebelegung. Falls diese nicht in allen Ausprägungen übereinstimmen, soll über die Wertebelegungen verhandelt werden können. Verhandlung bedeutet dabei zumeist, dass mehrere Präferenzen gemeinsam betrachtet werden. Dies kann nicht ganz frei erfolgen, denn im Allgemeinen werden die Verhandlungspartner gewisse Abhängigkeiten zwischen den Präferenzen sehen.

In der theoretischen Informatik und im Forschungsbereich der Künstlichen Intelligenz werden relationale Aussagen, die freie Variable enthalten, als Constraint (Zwangsbedingungen) bezeichnet. Ein Constraint ist ein Wissensrepräsentationsformat, für das es spezielle Suchverfahren gibt. Constraints werden zur Umschreibung von Suchbereichen in allgemeinen Suchverfahren verwendet. [ScSa14] Für eine gegebene Menge an Constraints wird für die einzelnen Constraints eine bestimmte Variablenbelegung gesucht, so dass die Constraints alle gleichzeitig erfüllt sind. Diese Belegung einer Menge an Constraints wird als Modell definiert.

Definiert wird hier das Problem, eine konsistente Wertezuweisung zu einer festen endlichen Menge  $V$  an Variablen zu finden, so dass alle Constraints zwischen diesen Variablen erfüllt sind. Ein Beispiel aus der Literatur ist das Färbeproblem. Die Regionen einer Landkarte sollen mit drei Farben so eingefärbt werden, dass keine zwei aneinandergrenzenden Regionen dieselbe Farbe haben. [ScSa14]

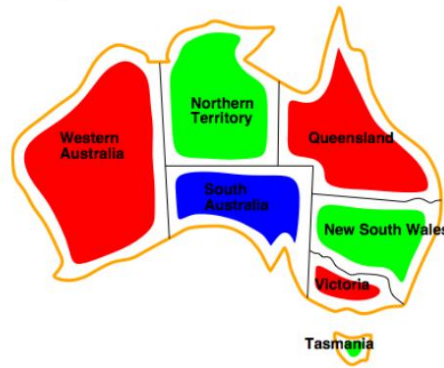
Die Variablen=Regionen

Wertebereiche jeweils {Rot, Grün, Blau} }

Constraint=ungleiche Farbe zwischen zwei angrenzenden Regionen



Lösung: siehe Bild



Allerdings gibt es je nach Anwendungsbereich zwei Ausprägungen an Constraints: Hardconstraints und Softconstraints.

Hardconstraints sind Constraints über Variablenwerte, die festlegen, welche Werte erlaubt sind und welche nicht. Hardconstraints sind „harte“ Restriktionen und müssen erfüllt werden. Beispielsweise betrachte man eine kurzfristige Kapazitätserhöhung in einer bestehenden Fabrik. Eine harte Restriktion ist, dass in einer Fabrik, die bereits ein Dreischicht-Betrieb bei voller Maschinenauslastung umsetzt, nicht die Kapazität kurzfristig erhöht werden kann. Eine weitere harte Restriktion ist, dass ein Tag immer 24 Stunden hat.

Softconstraints sind „weiche“ Restriktionen, es sind Variablenwerte, die nur erfüllt werden sollen, wenn trotzdem die Hardconstraints erfüllt bleiben. Werte für die Variablenbelegung von Softconstraints werden aus einer geordneten Menge an möglichen Belegungen für diese Variable gewählt oder es besteht eine Relation zwischen der Variablenbelegung mehrerer Variablen.

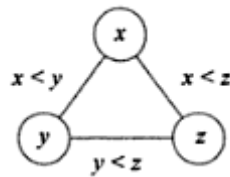
Beim vorliegenden Auftragsabwicklungsprozess könnte eine beispielhafte Belegung sein:

Hardconstraint: Bezug von Strom am nächsten Tag ab 8.00 Uhr, da ein bestehender Vertrag ausläuft.

Softconstraint: Man möchte eine möglichst kurze Kündigungsfrist haben, dies kann aber in Wechselbeziehung zu günstigen Preisen und möglichst hohem Ökostromanteil stehen, so dass dann im Rahmen eines Optimierungsproblems dieses Softconstraint Problem unter Beibehaltung des Hardconstraints gelöst werden muss.

Diese Wechselbeziehung, Relation, zwischen der Belegung von Variablen lassen sich in einem Constraint-Netz (Abbildung 66) nachbilden. In einem Constraint-Netz werden Variablen durch Knoten repräsentiert. Der Wertebereich  $D$  der möglichen

Variablenbelegung wird durch die aufgeführte Menge repräsentiert, die Constraints durch annotierte Kanten.



**Abbildung 66 Einfaches Constraint-Netz mit drei Variablen**

Die Abbildung 66 zeigt ein einfaches Constraint-Netz mit den Variablen x, y, z. Diese haben verschiedene Wertebereiche. Die logischen Relationen der Constraints im Constraint-Netz sind identisch zu bewerten. Eine Wertezuweisung der Variablen im Constraint-Netz erfüllt die Constraints des Netzes, wenn die Werte sich dann wiederum in den Constraints wiederfinden.

In der Folgenden Abbildung (Abbildung 67) ist ein Beispielgraph eines Agenten mit fünf Constraints dargestellt:

1. Hardconstraint: Die Kündigungsfrist muss den Wert „kurz“ annehmen, sonst wird der Vertrag nicht abgeschlossen.
2. Softconstraint: Die Rechtsform sollte möglichst den Wert „deutsch“ annehmen. Ein anderer Wert wäre aber auch möglich, natürlich unter der Voraussetzung, dass der Hardconstraint nicht verletzt wird und die Nebenbedingungen erfüllt werden.
3. Constraint a: Nebenbedingung a sagt aus, dass der Benutzer einen lange Vertragslaufzeit nur möchte, falls dies mit einem hohen Ökostromanteil verknüpft ist.
4. Constraint b: Nebenbedingung b sagt aus, dass der Benutzer bei einem mittleren Ökostromanteil auch nur eine mittlere Vertragslaufzeit akzeptiert.
5. Constraint c: Nebenbedingung c sagt aus, dass der Benutzer bei einem niedrigen Ökostromanteil nur eine kurze Vertragslaufzeit möchte.

Die Pfeile stellen die Wechselbeziehung zwischen den verschiedenen Constraints dar. Beide Vertragsagenten haben solch einen Graphen mit den entsprechenden Constraints hinterlegt. Die Constraints entsprechen den benutzerspezifischen Präferenzen, die zuvor dem Agenten mit auf den Weg gegeben worden sind. Die Wertebelegung der benutzerspezifischen Präferenzen entspricht den Termen (den linguistischen Begriffen) aus

der Termmenge einer linguistischen Variablen. Diese beschreiben den Grundwert einer linguistischen Variablen umgangssprachlich. Beispielsweise ist das Kriterium Vertragslaufzeit ein Grundwert, der durch die linguistischen Variablen „kurz“, „mittel“, „lang“ genauer beschrieben werden kann. Die Kriterien Rechtsform und Formstufe, die nicht durch eine linguistische Variable ausgedrückt werden, da die möglichen Belegungswerte voneinander abgegrenzt sind, werden entsprechend vom Benutzer belegt.

Es kann dann vom Benutzer angegeben werden, welche Ausprägung eines Kriteriums ein Hardconstraint sein muss. Außerdem kann eingegeben werden, welches Kriterium eine Softconstraint sein soll. Auch werden die gewünschten Nebenbedingungen angegeben.

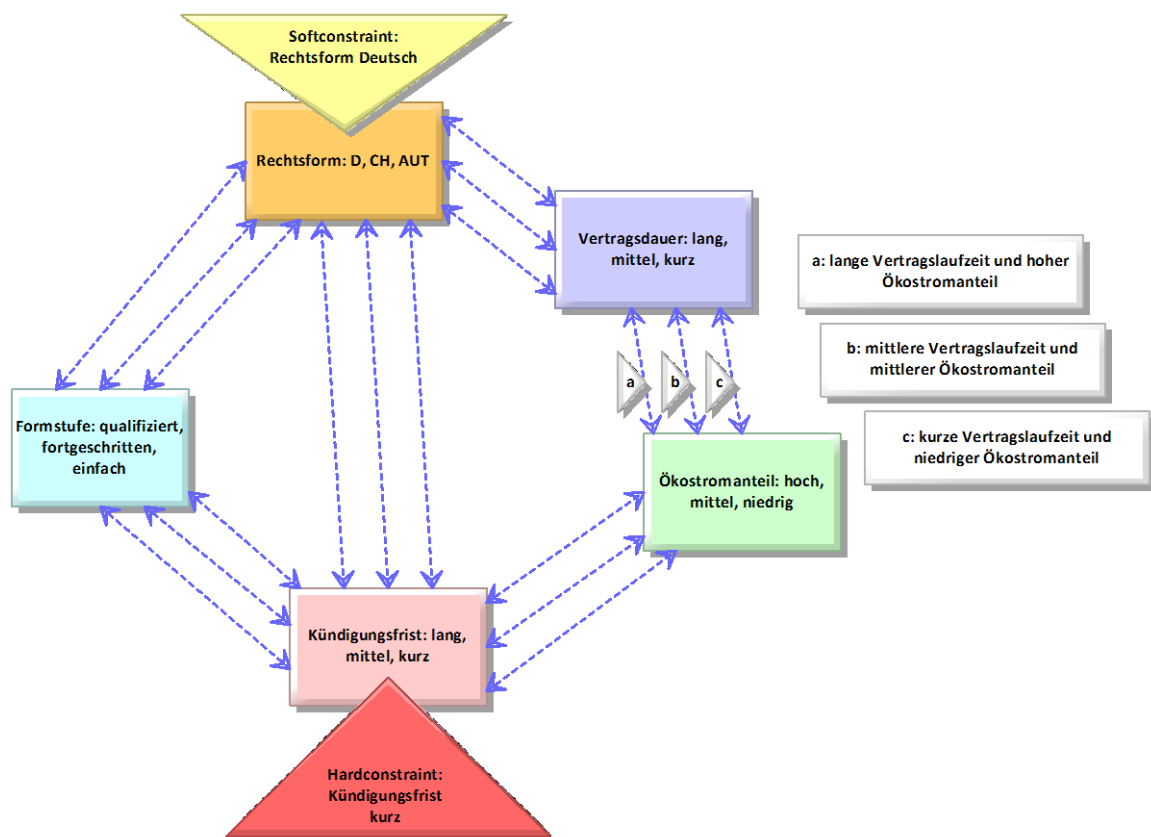


Abbildung 67 Graph der Constraints

## 10.5 Zuordnungsproblem

Die Verhandlungen über intuitive Benutzerpräferenzen des Nachfragers bzw. des Anbieters sind Zuordnungsprobleme. Den individuellen Benutzerpräferenzen werden im Rahmen der möglichen Variablenwertemenge Belegungen zugeordnet.

Die Problembeschreibung besagt:

Gegeben *endliche Variablenmenge*  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

mit Wertebereichen  $Dom(v_i), i=1, \dots, n$  und Gesamtbereich  $Dom(V) = Dom(v_1) \times \dots \times Dom(v_n)$

Definition Belegung  $\beta$ :  $\beta$  ordnet  $v_i$  jedem einen Wert aus  $Dom(v_i)$  zu:

$\beta = [\beta(v_1), \dots, \beta(v_n)] \in Dom(V) = Dom(v_1) \times \dots \times Dom(v_n)$

Definition Constraint  $C$ :  $C$  definiert die zugelassenen Belegungen über einer Variablen-Teilmenge

$V_C = \{v^{c_1}, \dots, v^{c_m}\} \subseteq V : m \leq n$

$C \subseteq Dom(v^{c_1}) \times \dots \times Dom(v^{c_m})$

Definition Constraint-Netz  $\mathbf{C}$  über  $V$  ist eine Menge  $\mathbf{C} = \{C_1, \dots, C_k\}$ , wobei jedes  $C_i$  ein Constraint über einer Menge  $V_{C_i} \subseteq V$  ist.

Definition: Belegung  $\beta = [\beta(v_1), \dots, \beta(v_n)]$  erfüllt Constraint  $C$  über Menge  $V_C = \{v^{c_1}, \dots, v^{c_m}\} \subseteq V$  falls  $[\beta(v^{c_1}), \dots, \beta(v^{c_m})] \in C$ .

Definition: Belegung  $\beta = [\beta(v_1), \dots, \beta(v_n)]$  erfüllt Constraint-Netz  $\mathbf{C} = \{C_1, \dots, C_k\}$  falls  $\beta$  alle  $C_i \in \mathbf{C}$  erfüllt.

Zur Bestimmung der  $\mathbf{C}$  erfüllenden Belegungen (Zuordnungsproblem) kann der Ansatz der Constraint Satisfaction Probleme (CSPs) übernommen werden. Genauer sucht ein CSP nach Wertezuweisungen, die die logischen Relationen der Constraints im Constraint-Netz erfüllen. [GöRS03]

Dazu definieren wir das Belegungsproblem für den vorliegenden Fall mit zwei beteiligten Agenten:

**Definition 1 (Common Assignment Problem); Allgemeines Belegungsproblem:**

Das Common Assignment Problem besteht aus:

Agenten  $a_i$  mit  $i = 1, 2$

Constraint Probleme  $P_i = (V_i, D_i, C_i), i = 1, 2$ , mit  $V_i$  ist die endliche Menge  $V$  an Variablen,  $D_i$  ist die Menge an Definitionsbereichen der Variablen und  $C_i$  ist Constraint-Netz.

**Definition 2 (Solution); Lösungsansatz:**

Eine Solution (Lösung) des Common Assignment Problems ist eine Belegung  $t$  der Variablenmenge  $V$ , so dass  $C_i$ , mit  $i = 1, 2$  erfüllt sind.

Zur Vereinfachung wird angenommen, dass die Menge der Kriterien (also der Termmenge  $T(x)$ ) bei beiden Agenten gleich groß ist. Für einen Grundwert sind außerdem die Termmengen gleich. Somit ist die Menge der Kriterien, die den Vertrag beschreiben, gleich, aber jeder Agent kann verschiedene Hardconstraint, Softconstraints und Constraints in Bezug auf die Kriterien haben.

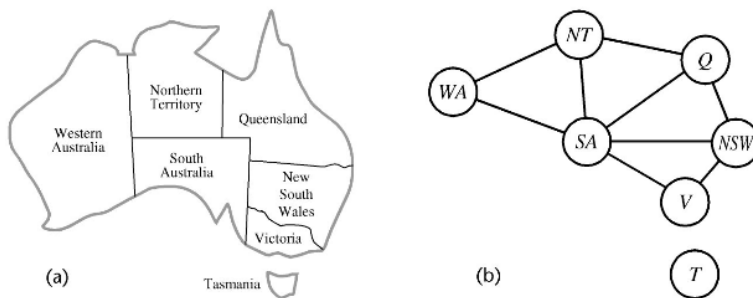
### **Suchalgorithmen zur Lösung von CSP-Problemen**

Für die Lösung von CSP-Problemen werden Suchalgorithmen verwendet. Beispielsweise kann der Backtracking Algorithmus und der AC-3-Algorithmus verwendet werden. Der Backtracking Algorithmus versucht nach dem „Versuchs-Irrtums-Prinzip“ eine mögliche Wertebelegung der Constraints zu erzielen. Beim Backtracking werden alle möglichen Lösungswege ausprobiert. Somit wird die Lösung entweder mit dem Backtracking Algorithmus gefunden oder es existiert keine Lösung.

Der AC-3-Algorithmus ist ein Algorithmus zur Lösung von Constraint-Erfüllungsproblemen, der bereits 1977 entwickelt wurde und bis heute eingesetzt wird. AC-3 arbeitet auf den Domänen von Variablen in Constraint-Erfüllungsproblemen. Eine Variable kann hier jeden Wert einer festgelegten Menge, ihrer Domäne, annehmen. Diese Belegungen der Variablen werden durch klar definierte Regeln (Constraints) eingeschränkt. Diese Constraints können die Belegungen anderer Variablen beinhalten.

Der AC-3 untersucht die Kanten in einem Constraint Graphen. Jede Kante hat einen bestimmten Wertebereich (Domäne), der nach und nach vom AC-3-Algorithmus geprüft wird. [Mack77] [GöRS03] AC-3 untersucht dazu im Constraint-Netz die Kanten zwischen Variablen-Paaren  $(x, y)$ . Es werden jene Werte aus den Domänen von  $x$  und  $y$  entfernt, die nicht mit den Constraints zwischen  $x$  und  $y$  konsistent sind. Der Algorithmus speichert die Kanten, die noch geprüft werden müssen. Wenn Werte aus der Domäne einer Variablen entfernt werden, werden alle anderen noch nicht überprüften Kanten (Constraints) an diesen Variablen der Menge der noch zu prüfenden Kanten hinzugefügt. Da die Domänen von Variablen endlich sind, werden keine weiteren Kanten mehr zugefügt, wenn alle möglichen Kanten zugefügt wurden. In jedem durchgeführten Schritt wird entweder eine Kante oder eine Variable entfernt, somit terminiert der Algorithmus garantiert. [Wiki14] [Mack77]

Das Beispiel aus Kapitel 10.2 wird beispielhaft mit dem AC-3-Algorithmus gelöst.



Start mit einem Wert aus der Domäne von WA {rot, blau, grün}: **WA {rot}**

und NT {rot, blau, grün}: **NT {grün}**

Nun wird der AC-3-Algorithmus Schritt für Schritt abgearbeitet.

Der Durchlauf des AC-3-Algorithmus ergibt:

a) Kante SA-WA: SA {rot, blau, grün}: WA {rot} hat den Wert rot → lösche rot aus SA  
SA {blau, grün}

b) Kante SA-NT: {blau, grün}: NT {grün} hat den Wert grün → lösche grün aus SA  
**nur noch blau verbleibt in SA**

c) Kante NT-WA: NT {grün} und WA {rot}

d) Kante Q-SA: Q {rot, blau, grün} und SA {blau} → lösche blau aus Q  
Q {rot, grün}

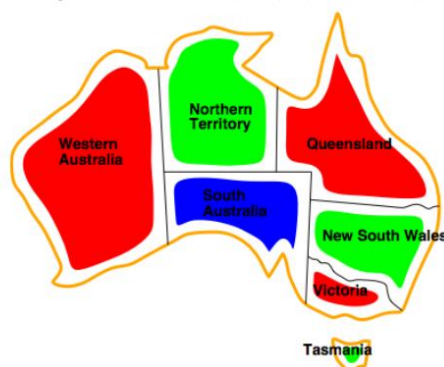
e) Kante Q-NT: Q {rot, grün} und NT {grün} → lösche grün aus Q  
**nur noch rot verbleibt in Q**

f) Kante NSW-Q: NSW {rot, blau, grün} und Q {rot} → lösche rot aus NSW  
NSW {blau, grün}

g) Kante NSW-SA: NSW {blau, grün} und SA {blau} → lösche blau aus NSW  
**nur noch grün verbleibt in NSW**

h) Kante V-NSW: V {rot, blau, grün} und NSW {grün} → lösche grün aus V  
V {rot, blau}

i) Kante V-SA: V {rot, blau} und SA {blau} → lösche blau aus V  
**nur noch rot verbleibt in V**



## 10.6 Verhandlung in einem Constraint System

Im vorliegenden Fall stammen die Belegungen aus der Termmenge  $T(x)$  jeder beteiligten linguistischen Variablen. Eine Verhandlung erübrigt sich, wenn das Zuordnungsproblem eine Belegung findet, die das Constraint-Netz jedes Partners erfüllt.

Wenn keine direkte Übereinstimmung vorliegt, dann muss verhandelt werden. Dafür müssen beide Verhandlungspartner allerdings auch bereit sein, ihr eigenes Constraint-Netz abzuschwächen, d.h. muss einer der Beteiligten oder es müssen auch beide Beteiligte die Belegung der Kriterien abschwächen. Dabei bestehen zwei Freiheitsgrade: Es können andere Terme aus  $T(x)$  gewählt werden, oder – weitaus sinnvoller – es kann der Ansatz der Zufriedenheit (der ja auf der Funktion  $G$  des Zufriedenheitsgrades beruht) mit in die Verhandlung einbezogen werden. So kann die Verhandlung erfolgen, indem beispielsweise zunächst Werte für Präferenzen abgeschwächt werden, die für den Benutzer nicht so sehr zur Zufriedenheit beitragen.

Die Zufriedenheitsgrade für die einzelnen Kriterien werden anhand des konkret vorliegenden Tarifs und anhand der eigenen Präferenzen bestimmt und in die Verhandlung mit einbezogen. Bei Präferenzen, die mit linguistischen Variablen abgebildet werden, entsprechen den Zufriedenheitsgraden der Zugehörigkeit. Bei absoluten Präferenzen (Formstufe, Rechtsform) können die Zufriedenheitswerte direkt fest zugeordnet werden. Diese können dann bei einer Verhandlung direkt abgeglichen werden.

Ein neuer Ansatz der vorliegenden Arbeit ist, dass außerdem der Zufriedenheitsgrad für die paarweisen Beziehungen der Variablen, für die Constraints, angegeben werden kann. Denn je nach paarweiser Kombination der verschiedenen Variablenbelegungen kann der Zufriedenheitsgrad unterschiedlich sein. Bei Kombinationen bei denen ein Hardconstraint nicht erfüllt wird, ist die Zufriedenheit automatisch gleich Null.

Nun kann für die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten Variablenbelegungen von Hardconstraints und Softconstraints der Zufriedenheitsgrad berechnet werden. Dazu werden die verschiedenen Zufriedenheitswerte der unterschiedlichen Constraints aufsummiert und im Anschluss der Durchschnitt gebildet.

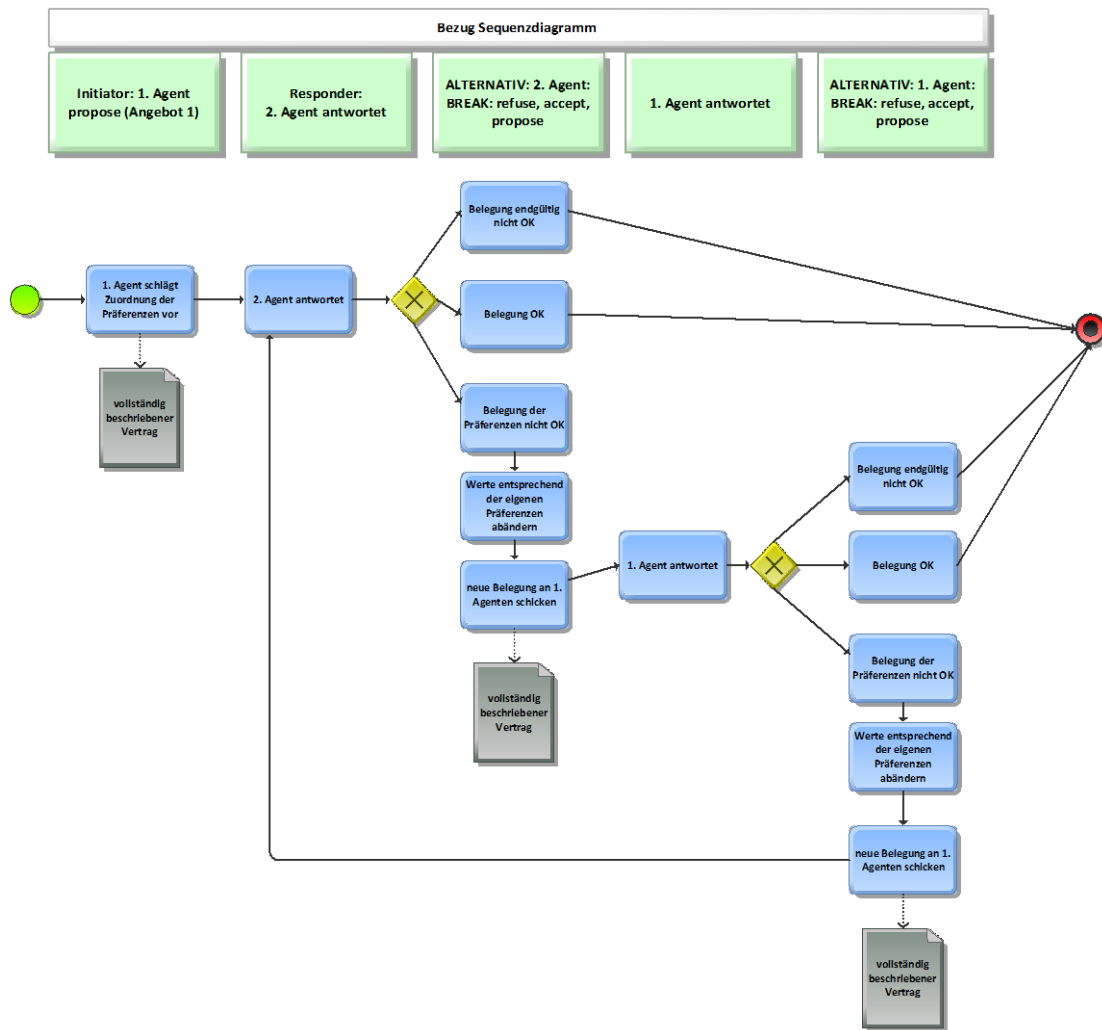
Die Grundidee ist nun, die Kommunikation bzw. der Verhandlungsablauf zwischen den beiden Agenten als Belegungsproblem des CSP zu modellieren. Das CSP wird gelöst, indem eine Belegung der Variablen gefunden wird, die allen Constraints genügt und einen möglichst hohen Zufriedenheitswert besitzt. Die aufgestellten Constraints können auch

widersprüchlich sein. Dann gibt es keine Lösung des Problems. Es ist Aufgabe der beiden an der Verhandlung beteiligten Agenten, im Zusammenspiel im Rahmen der Verhandlung für das CSP eine gemeinsame Variablenbelegung für  $V$  zu finden. Die Verhandlung wird im Folgenden noch genauer beschrieben.

In der Literatur existieren für Verhandlungen bzw. für Vertragsverhandlungen bisher keine Ansätze, um ein Belegungsproblem von Variablen mit Hardconstraints und Softconstraints zu lösen. Daher besteht im Folgenden die wissenschaftliche Herausforderung darin, dass das Belegungsproblem in den Auftragsabwicklungsprozess zu integrieren und die möglicherweise stattfindende Verhandlung nach dem AC-3 Algorithmus abzuwickeln. Das gewünschte Ergebnis sollte dann eine Vertragsverhandlung sein, die das Belegungsproblem als CSP löst.

Der Ablauf der Verhandlung wird aus dem Sequenzdiagramm (Abbildung 43) entwickelt. Er sieht dann wie folgt aus. Ein Agent (Initiator) schlägt Zuordnungen für alle Variablen vor (bietet also einen vollständig beschriebenen Vertrag an), der zweite Agent (Responder) antwortet, indem er angibt, inwieweit er mit dieser Variablenbelegung zufrieden ist, oder genauer, er gibt die Variablen zurück, mit deren Wertebelegung er nicht zufrieden ist. Variablenbelegungen, mit denen er einverstanden ist, werden beibehalten. (Abbildung 68)





**Abbildung 68 Ablauf der Agentenverhandlung**

Der erste Agent ändert die Wertebelegung in den Constraints, in denen die nicht akzeptierten Variablenbelegungen vorkommen. Dabei berücksichtigt er seine Präferenzen. Hardconstraints müssen erfüllt werden. Für diese Hardconstraints ist der Zufriedenheitsgrad immer =1. Die Softconstraints sollen, wenn es möglich ist, auch erfüllt werden. Diese sollen möglichst mit einem möglichst hohen Zufriedenheitswert erfüllt werden. Die Kommunikation wiederholt sich so lange, bis beide Agenten den Vertrag akzeptieren d.h. wenn die gemeinsame Variablenbelegung für V gleich ist (Common Assignment Problem gelöst) und beide Agenten zufrieden sind, eine Seite ihn endgültig ablehnt oder die Verhandlung abgebrochen wird.

Der genannte Ablauf der Verhandlung folgt folgendem Algorithmus, der den AC-3-Algorithmus erweitert. Für jede Iteration wird der AC-3-Algorithmus erneut durchlaufen. Die Verhandlung an sich findet in jeder Iteration über die aktuelle Variablenbelegung statt.

### **Ablauf einer Verhandlung:**

Anforderungen an die Umsetzung einer Vertragsverhandlung, bei der beide Agenten jeweils ein SCP innerhalb des Auftragsabwicklungsprozesses lösen, sind:

- die Menge der Kriterien, die den Vertrag beschreiben, ist gleich
- jeder Agent kann verschiedene Constraints (Hardconstraint, Softconstraint) über die Kriterien haben
- Das Konzept des CSP wird um den Grad der Zufriedenheit erweitert, mit dem die Variablenbelegungen des einzelnen Agenten erfüllt werden

### **Iterationsschritt im einzelnen Agenten**

*Annahme:* Für die Verhandlung wird beispielsweise festgelegt, dass ein Angebot angenommen wird, wenn der Wert der Zufriedenheit insgesamt für die mögliche Lösung des CSP  $z \geq 0.7$  ist. Ein Angebot wird abgelehnt, wenn der Wert  $z \leq 0,5$  ist. Nach beispielsweise zehn Iterationen der Verhandlung wird die Verhandlung ebenfalls als gescheitert angesehen. (zehn Durchläufe des AC-3-Algorithmus)

1. Zufriedenheitswert  $z$  des Angebots wird mit Hilfe der gesetzten Constraints ermittelt. Dabei werden alle Constraints gleichzeitig im Zusammenhang betrachtet. Zur Bestimmung von  $z$  werden die einzelnen Zufriedenheitswerte der Beziehungen, also der verschiedenen Constraints, aufsummiert und es wird der Durchschnitt gebildet.
2. Fallunterscheidung
  - a.  $z > \text{grenzwert1}$  (standard: 0.7) → Angebot wird angenommen
  - b.  $z < \text{grenzwert2}$  (standard: 0.5) → Angebot wird abgelehnt
  - c.  $z$  dazwischen → es wird versucht, einen Kompromiss zu finden
    - (1) Zähler für die Iterationen der Verhandlung erhöhen  $= < 10?$  → Abbruch der Verhandlungen nach 10 Iterationen, als Beispiel werden 10 Iterationen zugelassen
    - (2) Identifizieren der Konflikt bringenden Präferenzen.
    - (3) Diese werden nach umgekehrter Priorität (Wert der Zufriedenheit vom Benutzer gegeben) geordnet.

- (4) In dieser Reihenfolge wird für diese Präferenzen der Reihe nach der aus Sicht des Benutzers zweitbeste (drittbeste usw.) Wert bestimmt.
- (5) Im neuen Angebot wird der entsprechende Wert gesetzt, sowie der eventuell durch den Constraint vorgegebene zweite Wert (dritte Wert usw.)
- (6) Für das neue Angebot wird der Zufriedenheitsgrad  $z$  der neuen möglichen Lösung des CSP berechnet
- (7)  $z < \text{grenzwert2}$  (0,5) → Zu gering, kein Kompromiss gefunden, Abbruch der Verhandlung
- (8)  $z \geq \text{grenzwert2}$  (0,5) → Neues Angebot wird an Verhandlungspartner geschickt

Diese Schritte werden im folgenden Ablauf der Kommunikation zwischen den zwei beteiligten Agenten (Nachfrageragent und Anbieteragent) umgesetzt.

### **Agentenkommunikation:**

Ausgangsbasis für eine möglicherweise stattfindende Verhandlung zwischen den zwei beteiligten Agenten (Nachfrageragent und Anbieteragent) sind deren Constraint-Netze. Die bei einer Verhandlung notwendigen Belegungen in jedem Iterationsschritt werden von dem jeweils betroffenen Agenten nach dem beschriebenen Algorithmus ausgewählt. Falls keine weitere neue Kombination an Wertebelegungen möglich ist und es noch nicht zu einer Übereinstimmung in der Verhandlung gekommen ist, ist die Verhandlung gescheitert.

Der Ablauf ist dann wie folgt.

- ein Agent schlägt Zuordnungen für alle Variablen vor (bietet also einen vollständig beschriebenen Vertrag an) (siehe 1)
- der zweite Agent antwortet, indem er angibt, inwieweit er mit dieser Variablenbelegung zufrieden ist: (siehe 2)
  - vollständig einverstanden, dann wird der Vertrag geschlossen
  - teilweise einverstanden, dann folgen weitere Schritte
  - nicht einverstanden, Vertragsschluss findet nicht statt
- der zweite Agent gibt die Variablen zurück, mit deren Wertebelegung er nicht zufrieden ist; er gibt einen Zufriedenheitsgrad für jede Variablenbelegung an (siehe 2 (1) bis 2 (8)). Das Angebot mit der neuen Wertebelegung wird an den ersten Agenten geschickt.
- der erste Agent ändert die Wertebelegung seiner Variablen, in denen die nicht akzeptierten Variablenbelegungen vorkommen, unter Berücksichtigung seiner Präferenzen und den angegebenen Zufriedenheitsgraden des zweiten Agenten.

Konkret bedeutet das, dass der Agent den nächsten schlechteren Wert der Belegung anhand seiner Zufriedenheit der jeweiligen Präferenz übermittelt.

- diese Kommunikationsstrategie wiederholt sich solange, bis beide Agenten den Vertrag akzeptieren oder eine Seite ihn endgültig ablehnt

### Darstellung in Pseudocode:

|  |
|--|
| EINGABE Verhandlungsobjekt: Stromtarif und Benutzerpräferenzen   |
| GEGEBEN Entscheidungsmodell  |
| GEGEBEN Rechtliche Beratung durch Rechtsagenten  |
| ÜBERPRÜFE den Stromtarif und die benutzerspezifischen Kriterien  |
| ÜBERPRÜFE die rechtlichen Gesichtspunkte   |
| WENN Übereinstimmung in allen Punkten  |
| DANN Ende, Deal gefunden, Abschluss des Stromvertrages für diesen Stromtarif   |
| SONST Verhandlung nach benutzerspezifischen Präferenzen<br>START durch Nachfrageragenten<br>INPUT Angebot mit Belegung der Variablen, den Hardconstraints und Softconstraints, die die Anforderungen des Nachfragers erfüllen.<br>FUNKTION Übergabe der Wertebelegungen an den Vertragsagenten des Anbieters |
| ZÄHLER Initiative der Verhandlung n=1  |
| DANN überprüfen der Ergebnisse, ist Deal akzeptabel?<br>FUNKTION Vertragsagent des Anbieters überprüft Belegung der Variablen und überprüft die Hardconstraints und Softconstraints  |
| WENN nein: SETZE Zähler=Zähler+1, neue Verhandlungsiteration   |
| WENN Zähler=10   |
| AUSGABE „Kein passender Stromtarif gefunden.“  |
| SONST Vertragsagent des Anbieters ändert anhand der Prüfergebnisse die Belegung der Variablen und überprüft die Hardconstraints und Softconstraints<br>FUNKTION Constraints ändern<br>FUNKTION Neue Belegung an den Agenten des Nachfragers schicken   |
| EMPFANG der Belegung im Vertragsagenten des Nachfragers<br>INPUT Angebot mit Belegung der Variablen, der Hardconstraints und Softconstraints, die die Anforderungen des Anbieters erfüllen.  |

|  |
|--|
| FUNKTION Übergabe der Wertebelegungen an den Vertragsagenten des Nachfragers   |
| ZÄHLER Initiative der Verhandlung n=1  |
| DANN überprüfen der Ergebnisse, ist Deal akzeptabel?<br>FUNKTION Vertragsagent des Nachfragers überprüft Belegung der Variablen und überprüft die Hardconstraints und Softconstraints<br>FUNKTION Berechnung der Zufriedenheit                       |
| WENN nein: SETZE Zähler=Zähler+1, neue Verhandlungsiteration   |
| WENN Zähler=10   |
| AUSGABE „Kein passender Stromtarif gefunden.“  |
| SONST Vertragsagent des Nachfragers ändert anhand der Prüfergebnisse die Belegung der Variablen und überprüft die Hardconstraints und Softconstraints<br>FUNKTION Constraints ändern<br>FUNKTION Neue Belegung an den Agenten des Anbieters schicken |
| ENDE   |
| SONST AUSGABE Deal gefunden,<br>Abschluss des Stromvertrages für diesen Stromtarif STOP  |
| ENDE   |

Im Folgenden ist ein Beispiel für die Belegung des Constraintnetzes anhand eines Durchlaufes des Pseudocodes gegeben.

Zunächst erfolgt die EINGABE Verhandlungsobjekt: Stromtarif und Benutzerkriterien.

Gegeben sind:

GEGEBEN Entscheidungsmodell und

GEGEBEN Rechtliche Beratung durch Rechtsagenten

Dann erfolgt zunächst eine Überprüfung des Stromtarifs anhand der eigenen benutzerspezifischen Kriterien.

ÜBERPRÜFE den Stromtarif und die benutzerspezifischen Kriterien

ÜBERPRÜFE die rechtlichen Gesichtspunkte

Für den Fall, dass eine Übereinstimmung in allen Punkten gegeben ist, ist bereits das Deal gefunden und der Stromvertrag kann für diesen Tarif geschlossen werden.

WENN Übereinstimmung in allen Punkten

DANN Ende, Deal gefunden, Abschluss des Stromvertrages für diesen Stromtarif

Ansonsten wird die Verhandlung über benutzerspezifische Kriterien vom Nachfrageragenten gestartet.

SONST Verhandlung nach benutzerspezifischen Kriterien

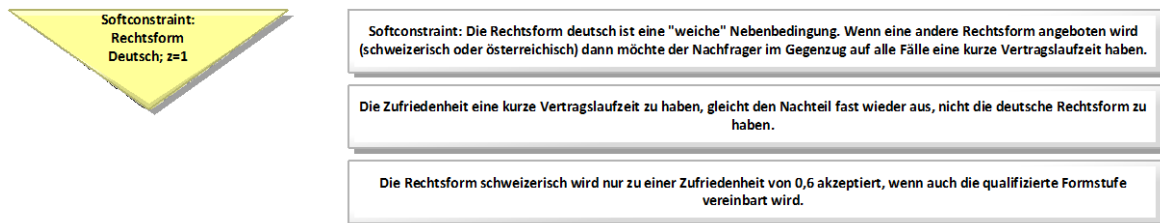
START durch Nachfrageragenten

Die Eingaben sind die benutzerspezifischen Kriterien mit den zugehörigen Belegungen der Variablen und der Überprüfung der Hardconstraints und der Softconstraints.

INPUT Angebot mit Belegung Variablen und Überprüfung der Hardconstraints und Softconstraints, die die Anforderungen des Nachfragers erfüllen.



In der Abbildung 70 sind auf Grund der Übersichtlichkeit beispielhaft die drei Kombinationen von Wertebelegungskombinationen hervorgehoben, die die höchsten Zufriedenheitswerte für den Benutzer haben.



**Abbildung 70 Beispiel Softconstraint Rechtsform**

Der Softconstraint „Rechtsform=deutsch“ bedeutet, dass die Rechtsform deutsch möglichst eingehalten werden soll. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass von der Belegung abgewichen werden kann, wenn dafür eine andere Variablenbelegung, die nicht als Hardconstraint definiert sein darf, ausgewählt wird. Entsprechend muss dann diese Wertebelegung einen möglichst hohen Zufriedenheitsgrad stiften.

Für dieses Constraint-Netz ist der durchschnittliche Zufriedenheitsgrad=1.



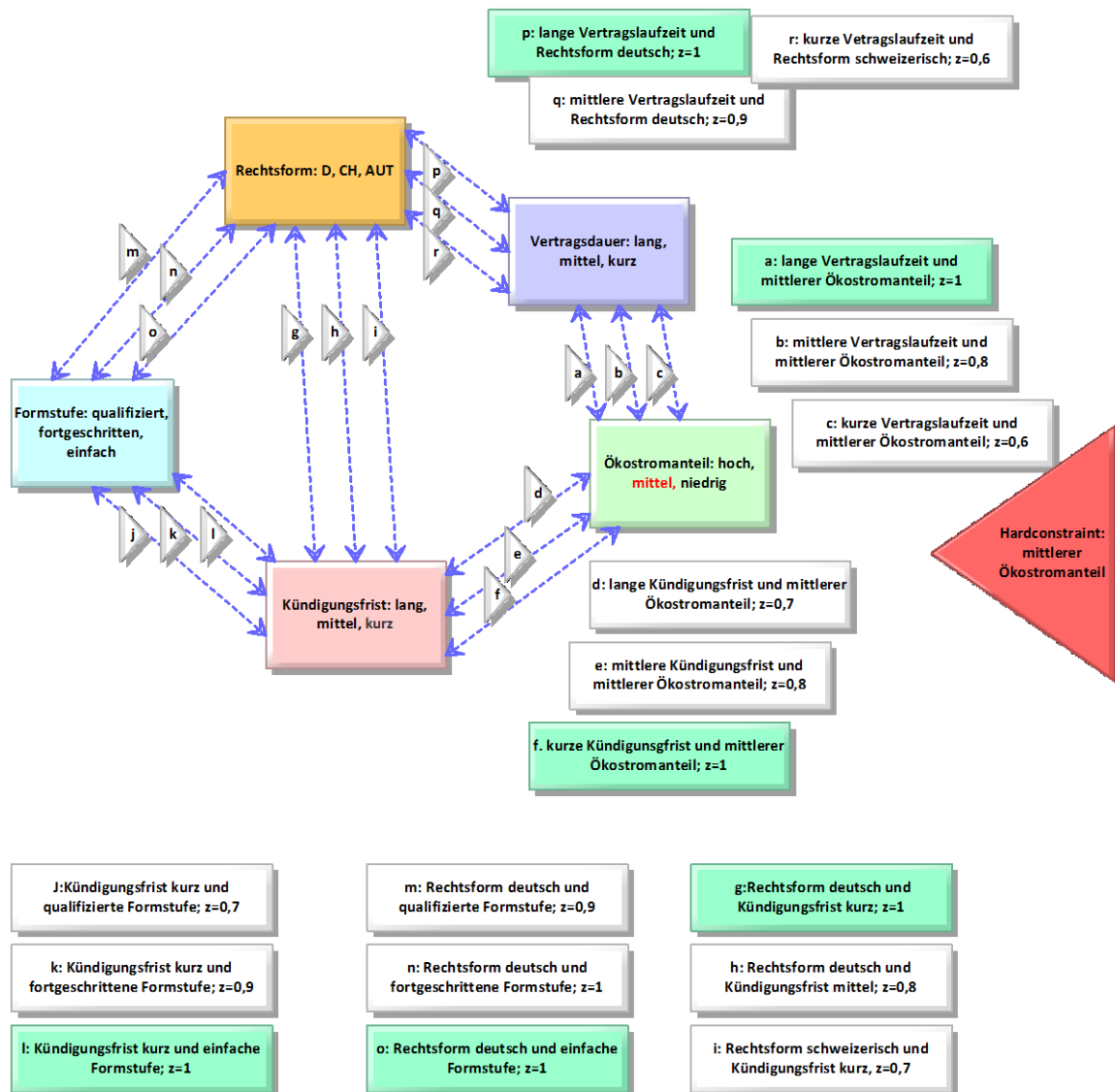


Abbildung 71 Constraint-Werte-Belegung des zweiten Agenten

Diese Wertebelegungen werden dann direkt an den Vertragsagenten des Anbieters übermittelt.

FUNKTION Übergabe der Wertebelegungen an den Vertragsagenten des Anbieters

Der Zähler für die Anzahl der Iterationen wird um eins erhöht.

ZÄHLER Initiative der Verhandlung n=1

Der zweite Agent (beispielsweise der Anbieter) hat die Belegung (Abbildung 71):

- Formstufe. Einfach
- Rechtsform: deutsch

- Vertragsdauer: lang
- Kündigungsfrist: kurz
- Ökostromanteil: mittel

Ein Hardconstraint ist der mittlere Ökostromanteil. Ein Softconstraint für eine Benutzerpräferenz an sich ist nicht gegeben. Für die Kombinationen verschiedener Wertebelegungen sind die Softconstraints als Wunschbelegungen angegeben. Die Zufriedenheitsgrade für die drei höchsten Belegungen sind angegeben. Für dieses Constraint-Netz ist der durchschnittliche Zufriedenheitsgrad=1.

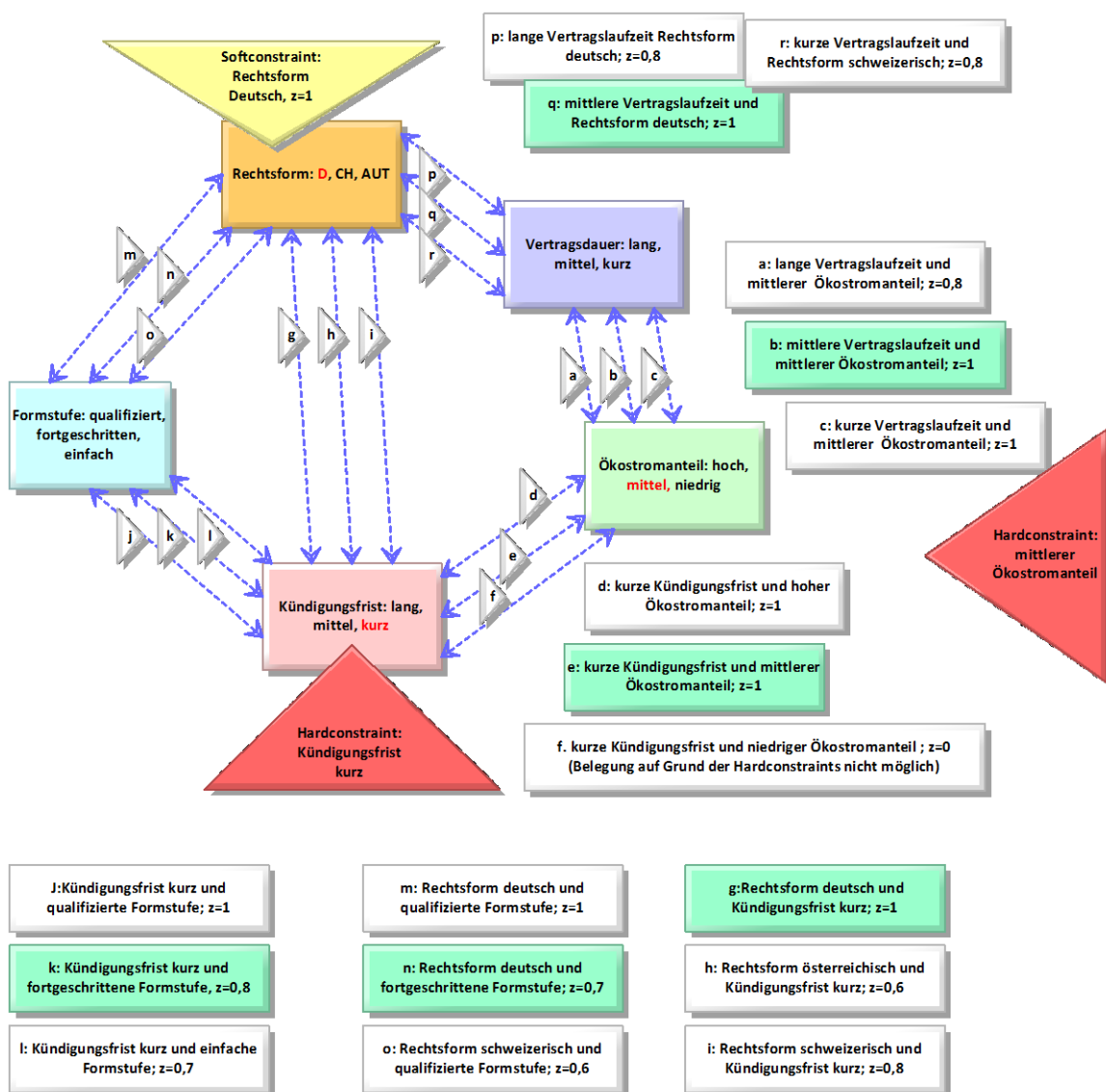


Abbildung 72 Neue Wertebelegung des ersten Agenten

Im nächsten Schritt muss nach dem AC3 Algorithmus die Belegung Variablen unter Berücksichtigung der Hardconstraints und Softconstraints miteinander verglichen werden.

DANN überprüfen der Ergebnisse, ist Deal akzeptabel?

FUNKTION Vertragsagent des Anbieters überprüft Belegung der Variablen unter Berücksichtigung der Hardconstraints und Softconstraints

Nach Vergleichen kann festgestellt werden, dass es Unterschiede bei dieser Beispielbelegung einen Unterschied bei der Belegung der Formstufe und der Vertragsdauer gibt. Daher kann dann der Agent nachsehen, welche paarweise Kombinationsmöglichkeit der Variablenbelegungen nun in Frage käme.

Wenn keine Übereinstimmung festzustellen ist, dann wird der Zähler für die Iteration um eins erhöht. Falls schon zehn Iterationen abgearbeitet worden sind, wird ausgegeben, dass kein passender Stromtarif gefunden worden ist.

WENN nein: SETZE Zähler=Zähler+1, neue Verhandlungsiteration

WENN Zähler=10

AUSGABE „Kein passender Stromtarif gefunden.“

Falls noch eine weitere Iteration der Verhandlung möglich ist, ändert der Nachfragervertragsagent die Belegung der Variablen unter Berücksichtigung der Softconstraints und Hardconstraints anhand der Prüfergebnisse. Diese neue Wertebelegung wird wiederum an den Anbietervertragsagenten geschickt.

SONST Vertragsagent des Nachfragers ändert anhand der Prüfergebnisse die Variablenbelegung unter Berücksichtigung der Hardconstraints und Softconstraints

FUNKTION Variablenbelegung ändern

FUNKTION Neue Belegung an den Agenten des Anbieters schicken

Der erste Agent, der nun wieder die Initiative ergriffen hat, schlägt eine neue Belegung der Werte vor und ändert die Belegung der Formstufe zu „fortgeschritten“ (Abbildung 72):

- Formstufe: fortgeschritten
- Rechtsform: deutsch
- Vertragsdauer: mittel
- Kündigungsfrist: kurz
- Ökostromanteil: mittel

Für dieses Constraint-Netz ist der durchschnittliche Zufriedenheitsgrad  $z=0,925$ . Dies ist ein Wert, der im zulässigen Intervall für den ersten Agenten liegt.

INPUT Angebot mit Belegung der Variablen unter Berücksichtigung der Hardconstraints und Softconstraints, die die Anforderungen des Nachfragers erfüllen.

FUNKTION Übergabe der Wertebelegungen an den Vertragsagenten des Anbieters

ZÄHLER Initiative der Verhandlung  $n=1$

DANN überprüfen der Ergebnisse, ist Deal akzeptabel?

FUNKTION Vertragsagent des Anbieters überprüft Belegung der Variablen unter Berücksichtigung der Hardconstraints und Softconstraints

FUNKTION Berechnung der Zufriedenheit

WENN nein: SETZE Zähler=Zähler+1, neue Verhandlungssiteration

WENN Zähler=10

AUSGABE „Kein passender Stromtarif gefunden.“

Der zweite Agent ist nun an der Reihe zu überprüfen, ob dies so in Ordnung ist. Da der zweite Agent bei der Rechtsform kaum einen Unterschied für den Zufriedenheitswert zwischen der Belegung „einfach“ und „fortgeschritten“ angegeben hat, wird dieses Kriterium nicht mehr nachverhandelt. Allerdings ergibt sich nur noch eine unterschiedliche Belegung beim Kriterium Vertragsdauer. Daher ergreift nun der zweite Agent die Initiative und belegt das Constraint-Netz in einem nächsten Schritt wie folgt.

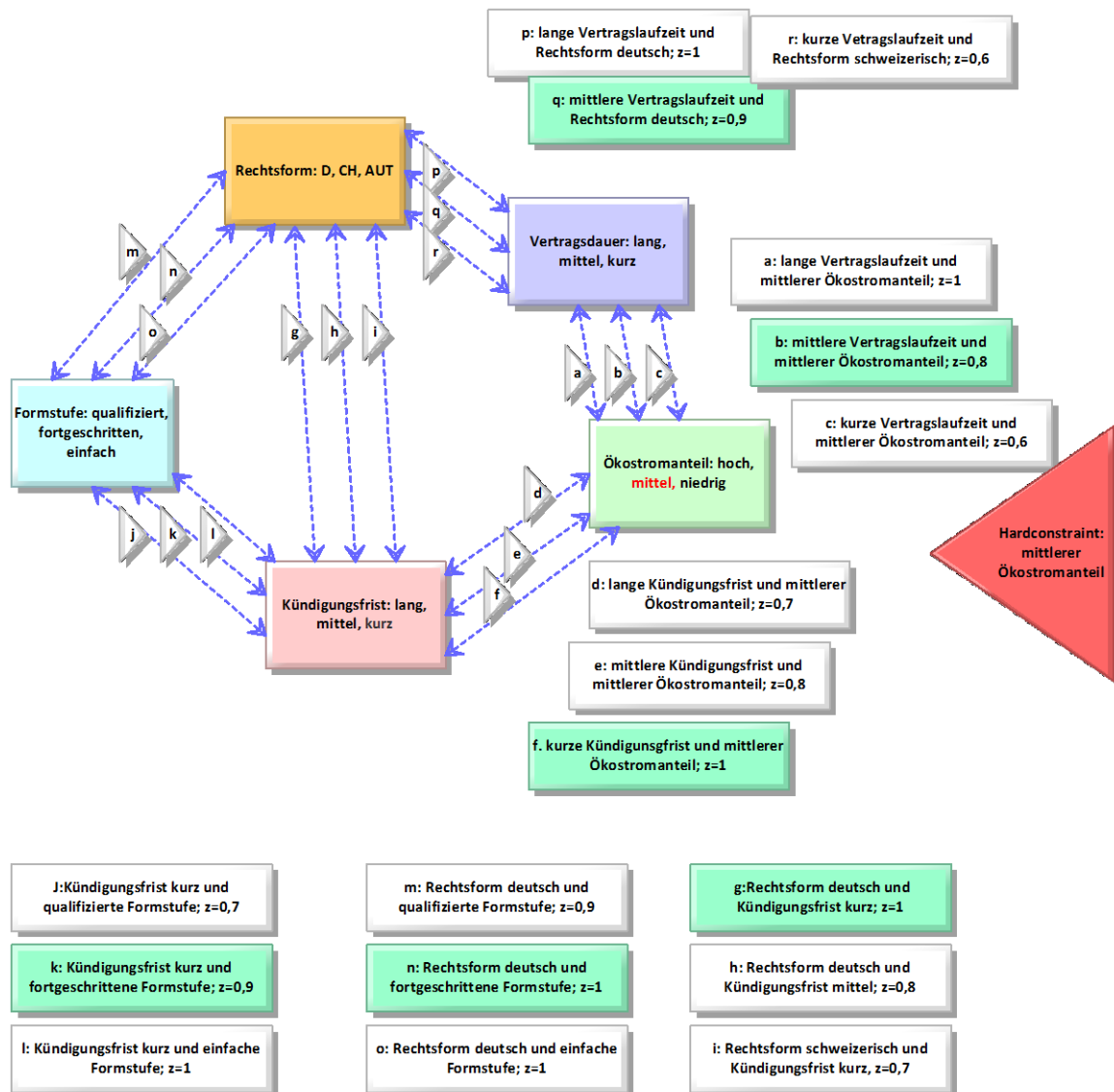


Abbildung 73 Zweite Wertebelugung des zweiten Agenten

Für dieses Constraint-Netz ist der durchschnittliche Zufriedenheitsgrad  $z=0,933$ . Dies ist ein Wert der im zulässigen Intervall für den zweiten Agenten liegt. (Abbildung 73)

EMPFANG der Belegung im Vertragsagenten des Anbieters

SONST Vertragsagent des Anbieters ändert anhand der Prüfergebnisse die Belegung der Variablen unter Berücksichtigung der Hardconstraints und Softconstraints

FUNKTION Variablenbelegung ändern

FUNKTION Neue Belegung an den Agenten des Nachfragers schicken

ENDE

SONST AUSGABE „Deal gefunden“

Abschluss des Stromvertrages für diesen Stromtarif STOP

ENDE

Durch die Verwendung des Ansatzes des CSP kann man eine Belegung aller Bedingungen, also aller Benutzerpräferenzen, finden, die für beide Verhandlungspartner zufriedenstellend ist. Es ist zwar nicht immer die optimale Lösung, die gefunden wird, da nicht der gesamte Lösungsraum durchprobiert werden kann, aber es ist eine mögliche Belegung, die im Vergleich zu den vorhergehenden Belegungen eine Verbesserung für beide Verhandlungspartner darstellt. [GöRS03]

### **Fazit**

Durch den Entwurf einer multikriteriellen Verhandlung kann die Anforderung A5 erfüllt werden. (*A5: Umsetzung einer multikriteriellen Verhandlung*)

## 11 Rechtssichere Verhandlung

Da der Abschluss eines Kaufvertrages über den Bezug von Strom die Abgabe zweier Willenserklärungen umfasst, sollte der Käufer und auch der Verkäufer sich vorher darüber im Klaren sein, ob alle wichtigen Vertragsbestandteile nach seinen Wünschen erfüllt sind und ob die juristischen Anforderungen an einen Kaufvertrag vorliegen. Zunächst muss ein *Angebot abgegeben* werden, dies kann entweder vom Anbieter oder vom Nachfrager stammen. Dieses Angebot muss dann entsprechend entweder vom Nachfrager oder vom Anbieter *angenommen* werden, erst dann kann ein rechtswirksamer Vertrag geschlossen werden, denn erst dann liegen *zwei übereinstimmende Willenserklärungen* vor.

Da die Anbieter und Nachfrager auf dem vorliegenden offenen Marktplatz Privatpersonen und somit üblicherweise juristische Laien sind, benötigen diese eine Unterstützung, da sie *rechtswirksame Verträge* über den Bezug von Strom abschließen. Rechtswirksam bedeutet, dass die Verträge verbindlich geschlossen werden. Daher soll den Vertragsagenten eine juristische Hilfestellung gegeben werden. Diese juristische Hilfestellung soll ebenfalls ein Agent sein. Dieser Agent, der nun allerdings nicht auf den Vertragsschluss an sich spezialisiert ist, soll ein Experte für die juristischen Belange in Bezug auf einen Kaufvertrag sein. Dieser Agent wird daher als „*Rechtsagent*“ bezeichnet.

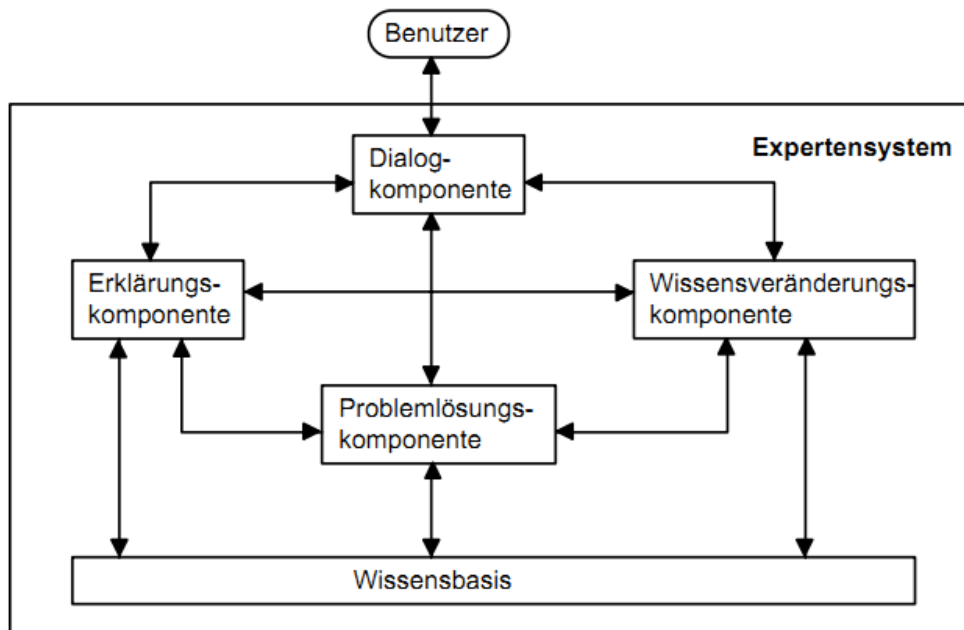
Dem Nachfrager und dem Anbieter stehen jeweils eigene Rechtsagenten zur Verfügung. Diese sind auf die jeweiligen Anforderungen des Kaufs und Verkaufs spezialisiert. Der Rechtsagent unterstützt dabei die Schritte *Angebot, Annahme und Abschluss des Kaufvertrages*.

### 11.1 Grundlagen: Expertensysteme

Der Forschungsbereich künstliche Intelligenz beschäftigte sich mit dem Erfassen und dem Nachvollziehen des intelligenten Verhaltens von Computern und der Problemlösung mit Hilfe eines Computers. Daher zählen Expertensysteme zu dem Bereich der künstlichen Intelligenz. Die künstliche Intelligenz stellt Verfahren zur Verfügung, dass der Computer Aufgaben erledigen kann, die unter normalen Umständen nur von einem Menschen erledigt werden können. In der Forschungsgeschichte der künstlichen Intelligenz zeigt sich, dass es keine allgemein anwendbaren Problemlösetechniken gibt. Die Lösetechniken sind bereichstypisch und verbinden logische und analytische Verfahren mit heuristischen Verfahren. Eine Definition für Expertensysteme ist: „*Ein Expertensystem ist ein*

“Programmsystem, das Wissen über ein spezielles Gebiet speichert und ansammelt, aus dem Wissen Schlussfolgerungen zieht und zu konkreten Problemen des Gebietes Lösungen anbietet.“ [Enge93]

Expertensysteme können somit große Mengen an Wissen repräsentieren und aus diesem Wissen Schlussfolgerungen ziehen, um neues Wissen zu gewinnen. Expertensysteme stehen dabei mit dem Benutzer in einem Dialog. (Abbildung 74)



**Abbildung 74 Aufbau eines Expertensystems**

Die Wissensbasis enthält alle Regeln und Fakten und bildet die Grundlage des gesamten Expertensystems. Die Erklärungskomponente erklärt dem Benutzer, wie eine bestimmte Schlussfolgerung entstanden ist. Die Problemlösungskomponente sucht Fakten und verknüpft diese nach Regeln und Strategien, so dass bestimmte Folgerungen geschlossen werden. Die Dialogkomponente steuert den Dialog zwischen dem Benutzer und dem Expertensystem. Die Wissensveränderungskomponenten unterstützt das Hinzufügen von Fakten oder das Verändern von Fakten, so dass die Wissensbasis nach und nach erweitert wird. Somit verfügt ein Expertensystem über die Eigenschaften *Lernfähigkeit*.

Bisher existieren kaum Ansätze für ein juristisches Expertensystem. Existierende Ansätze sind Internetbasiert, so dass der Ratsuchende per E-Mail oder auch per Telefon zu Pauschalpreisen Anfragen an Juristen stellen kann. Internetbasierte Prototypen existieren derzeit nur für den mietrechtlichen Bereich. Diese können allerdings nicht für das vorliegende Szenario übernommen werden, da das Vertragsrecht und das Mietrecht



unterschiedliche Domänen umfasst und die Gesetzmäßigkeiten kaum übertragbar sind. [Leg13]

## **11.2 Rechts- und Geschäftsfähigkeit von Agenten**

Da sich nach gültiger Rechtsprechung ein Mensch zur Abgabe von Willenserklärungen von einem Softwareagenten nur unter Einschränkungen vertreten lassen darf, muss die Umgebung der Agenten entsprechend gestaltet sein. [Nits09] Daher muss geprüft werden, ob der Vertragsagent als Stellvertreter für seinen menschlichen Besitzer überhaupt Stromverträge abschließen kann.

Grundlage für die Möglichkeit, dass Vertragsagenten als Stellvertreter fungieren, ist dass Kauf und Verkauf von dezentral erzeugtem Strom über einen Marktplatz erfolgt. Diese Agenten unterstützen ihren Auftraggeber um miteinander ins Geschäft zu kommen. Der Marktplatz verwaltet die Daten über die Reputation des Agenten. Da es bisher keine einschlägigen Rechtsvorschriften gibt, übernimmt der Marktplatz die Aufgabe, ein Regelwerk zur Verfügung zu stellen, um die Rechtssicherheit zu gewährleisten. Beispielsweise protokolliert der Marktplatz die Unterbreitung von Angeboten und Vertragsabschlüssen. Somit kann dann der Marktplatz einen Nachweis führen, dass sich der Anbieteragent an sein Angebot hält und dass auch abgeschlossene Verträge nachgewiesen werden können. Der Marktplatz übernimmt somit die Funktion eines Zeugen [ClRu00]. Außerdem kann der Marktplatz auch die Funktion eines Inkassounternehmens übernehmen. [bund13]

Nach Kerr [Kerr96] ist es möglich, Softwareagenten eine Rechtspersönlichkeit zu verleihen. Ähnlich wie bei einer GmbH, also einer juristischen Person, kann somit der Agent zu einem Träger von Rechten und Pflichten werden. Nach Sester und Nitschke [SeNi04] ist es nach der momentanen Rechtslage nicht möglich, dass Softwareagenten eine wirksame Willenserklärung abgeben können. Nach derzeitigem Rechtsstand sind die Rechtsfähigkeit und die Geschäftsfähigkeit Grundvoraussetzung für die Abgabe von Willenserklärungen. Vor allem die Rechtsfähigkeit der Agenten ist fraglich, da es kein Rechtssubjekt „elektronische Person“ gibt. Allerdings gibt es die Möglichkeit, die Willenserklärungen des Agenten dem Benutzer zuzurechnen, denn der Benutzer hat den Softwareagenten bestimmte Informationen mit auf den Weg gegeben und ihn beauftragt, für ihn bestimmte Handlungen zu übernehmen. Somit ist die menschliche Willenserklärung „nur“ vorgelagert. Dies ist vergleichbar mit einer Blankett Erklärung, bei der eine blanko unterzeichnete Erklärung

durch einen Dritten vervollständigt wird. Somit kann nach Sester und Nitschke [SeNi04] gefolgert werden, dass Agenten wirksame, ihrem Nutzer zurechenbare Willenserklärungen abgeben können. [Nits09] Der Agent handelt als digitaler Stellvertreter. Der Benutzer kann sich, bei Bedarf, durch Abfrage des Berichtes seines Agenten über den Verlauf informieren.

Damit ist zunächst von rechtlicher Seite her die Existenz der Vertragsagenten gerechtfertigt und somit auch die Sinnhaftigkeit der Rechtsagenten begründet. Allerdings wirft auch der Einsatz des Rechtsagenten rechtliche Fragen auf. Jedoch spielt der Rechtsagent eine etwas andere Rolle als der Vertragsagent. Der Rechtsagent kann als eine Art Kontrollinstanz angesehen werden, dessen Ergebnisse der Nutzer (bzw. dessen Agent) in seine Willensbildung mit einbezieht, bevor er selbst oder sein Agent rechtlich relevante Erklärungen abgibt. Vergleichbar damit ist etwa eine Beratungssoftware, die bei der Erstellung der Einkommensteuererklärung eingesetzt wird. Damit stellt sich aus rechtlicher Sicht vor allem die Frage nach der Haftung im Falle fehlerhafter Auskünfte durch den Rechtsagenten. Diese kann jedoch mittels Haftungsausschluss in einem möglichen Rahmenvertrag des Marktplatzes eingegrenzt werden. Ein möglicher Konflikt mit dem Rechtsberatungsgesetz, das den Schutz Rechtssuchender vor unfachmännischer Beratung bezweckt und die berufsständischen Rechte der Anwaltschaft sichern soll, ist nach den Untersuchungen von Stern [Ster00] nicht zu erwarten. [RNDB04]

### ***11.3 Anforderungen an Rechtsagenten***

Welche Anforderungen müssen nun die einzelnen Komponenten des Expertensystems für den Rechtsagenten übernehmen?

**Grundsätzliche Aufgabe:** Die Aufgabe des Rechtsagenten ist es, einen Vertrag anhand verschiedener Kriterien auf rechtliche Gültigkeit zu prüfen. Ist der Vertrag ungültig, soll der Rechtsagent die Gründe dafür nennen. Außerdem sollen dem Benutzer weitere rechtliche Hinweise und Informationen geliefert werden, wenn im Verlauf der Prüfung mögliche Probleme entdeckt werden oder sich weitere Rechte und Pflichten aus dem Vertrag ergeben, die mit dessen Gültigkeit in Zusammenhang stehen. Damit lässt sich das System als Diagnose-System klassifizieren [Pupp96].

**Benutzerschnittstelle:** Damit der Benutzer die Entscheidungen des Rechtsagenten nachvollziehen kann und neben einer reinen Entscheidung über die Gültigkeit des Vertrages weitere Informationen geliefert werden können, muss eine Erklärungskomponente

integriert werden. Diese soll, wenn die Prüfung die Ungültigkeit des Vertrags ergibt, die Gründe dafür nennen und außerdem weitere Hinweise zum Vertrag ermöglichen.

**Wissensbasis und Problemlösungskomponente:** Diese beiden Komponenten bilden zusammen ein Wissensbasiertes System. Es existiert eine Schnittstelle zwischen dem spezifischen Wissen und der Inferenzmaschine mit der anzuwendenden Problemlösestrategie. Somit kann man, indem verschiedene Wissensbasen verwendet werden, das Expertensystem auf verschiedene Domänen zuschneiden (**Wissensveränderungskomponente**). Daher sind die Anforderungen an die Darstellung des Wissens für die Wissensbasis als Grundlage für ein Expertensystem hoch. Das Wissen muss in der Wissensbasis einfach und übersichtlich dargestellt und schnell und effektiv verarbeitet werden können.

Für den Rechtsagenten soll als Teil der Wissensbasis, wie auch beim Vertragsagent, eine Ontologie zur Verfügung gestellt werden. Diese Ontologie ist nun passenderweise mit Rechtsbegriffen bestückt. Gerade in einer Ontologie können die juristischen Feinheiten modelliert werden. Folgende Eigenschaften sollen außerdem für die Wissensbasis gegeben sein:

- *Verarbeitbarkeit:* Der Agent muss die Fähigkeit besitzen, aus dem Wissen der Wissensbasis anhand logischer Verknüpfungen auf neues Wissen zu schließen. Aus bekannten Fakten und deren Verknüpfungen wird neues Wissen gewonnen. Diese Verknüpfungen werden auch als Regeln bezeichnet. Das neu hinzugewonnene Wissen kann dann zukünftig als bekanntes Wissen angesehen werden.
- *Flexibilität:* Der Ansatz für die Repräsentation des Wissens in der Wissensbasis, sollte der Domäne angepasst sein. Gesetze können sich ändern bzw. die Auslegung aufgrund aktueller Rechtsprechung kann sich ändern.
- *Modularität:* Die Wissensbasis sollte modular aufgebaut sein, damit sie leicht angepasst und erweitert werden kann.
- *Verständlichkeit:* Der Benutzer, aber auch der Wissensingenieur, der die Wissensbasis mit Wissen versieht, müssen die Inhalte der Wissensbasis verstehen. Dies ist auch wichtig, damit der Benutzer Entscheidungen des Systems nachvollziehen kann.
- *Darstellung unsicheren Wissens:* Je nach Domäne können Aussagen auch mehrdeutig sein oder unvollständig sein. Das Expertensystem muss dafür eine Lösung anbieten können. Dieses unvollständige Wissen kann in der Rechtsbegriffsontologie mit dargestellt werden. [Spie93]

## 11.4 Konzeption des Rechtsagenten

Der Aufgabenbereich des Rechtsagenten unterscheidet sich grundlegend von dem des Vertragsagenten. Daher wird für den Rechtsagenten eine andersartige Architektur als für den Vertragsagenten (Abbildung 47) gewählt. Dass die Grundlage der Abarbeitung der rechtlichen Fragestellungen die Subsumtion ist, ist die Rechtfertigung für die softwaretechnische Umsetzung als Expertensystem. Begrenzt auf bestimmte Rechtsgebiete lässt sich die Subsumtion technisch durch logische Inferenz nachbilden [Bohr03]. Im vorliegenden Szenario ist dies der Fall, denn das Vertragsrecht ist ein einschränkbares Rechtsgebiet. Die Inferenz basiert auf Ableitungsregeln. Bestandteile der technischen Umsetzung des Rechtsagenten sind,

- die Wissensbasis mit den anzuwendenden Regeln zur Herleitung neuer Fakten und die Datenbasis aus den gültigen Fakten,
- das Inferenzsystem als eigentlicher Regelinterpret,
- die Wissensakquisitionskomponente, in der neues Wissen generiert wird,
- und die Erklärungskomponente zur Nachbildung der Argumentationskette anhand der zur Schlussfolgerung herangezogenen Regeln [BeKe14].
- Die Dialogkomponente ist für die Rückgabewerte an den Benutzer zuständig.

Die logische Inferenz arbeitet auf symbolischer Ebene, sie ist also ein rein syntaktisches Verfahren. Angesichts dessen, dass die verwendeten Begrifflichkeiten sehr verschieden sein können, muss ein Teil der Wissensbasis des Rechtsagenten eine Rechtsbegriffsontologie sein.

Da der Rechtsagent ebenso wie der Vertragsagent als BDI-Agent konzipiert werden soll, muss die Architektur eines Expertensystems in die Funktionalitäten eines BDI-Agenten eingebettet werden (Abbildung 75). Die *Wissensbasis* entspricht bei einem BDI-Agenten den Beliefs. In den Beliefs werden die aktuellen, vertragsrechtlich relevanten Regeln abgebildet. In der *Erklärungskomponente* werden rechtliche Absichten bzw. Empfehlungen, dargestellt. Die Intentions sind Pläne, in denen die Teilziele bis hin zu elementaren Anweisungen heruntergebrochen werden können. [Brat87] In der *Problemlösungskomponente* werden die Intentions und Desires zusammengeführt und die Lösung des zu bestehenden Problems verwendet. Die Desires wurden zuvor über der *Dialogkomponente* übergeben. Die Desires legen die Hauptziele des Agenten fest. Die Desires beeinflussen sein weiteres Verhalten grundlegend, indem ein bestimmtes Ziel gewählt und verfolgt wird. Falls eine rechtliche Überprüfung zu einem negativen Ergebnis führt und weiter verhandelt werden muss, dann

gewährleistet das zielorientierte Verhalten, dass das Ziel in einem erneuten Versuch weiter verfolgt werden kann. In der *Wissensveränderungskomponente* können die Beliefs anhand der Erfahrungen der Problemlösekomponente weiterentwickelt werden. (Abbildung 75)

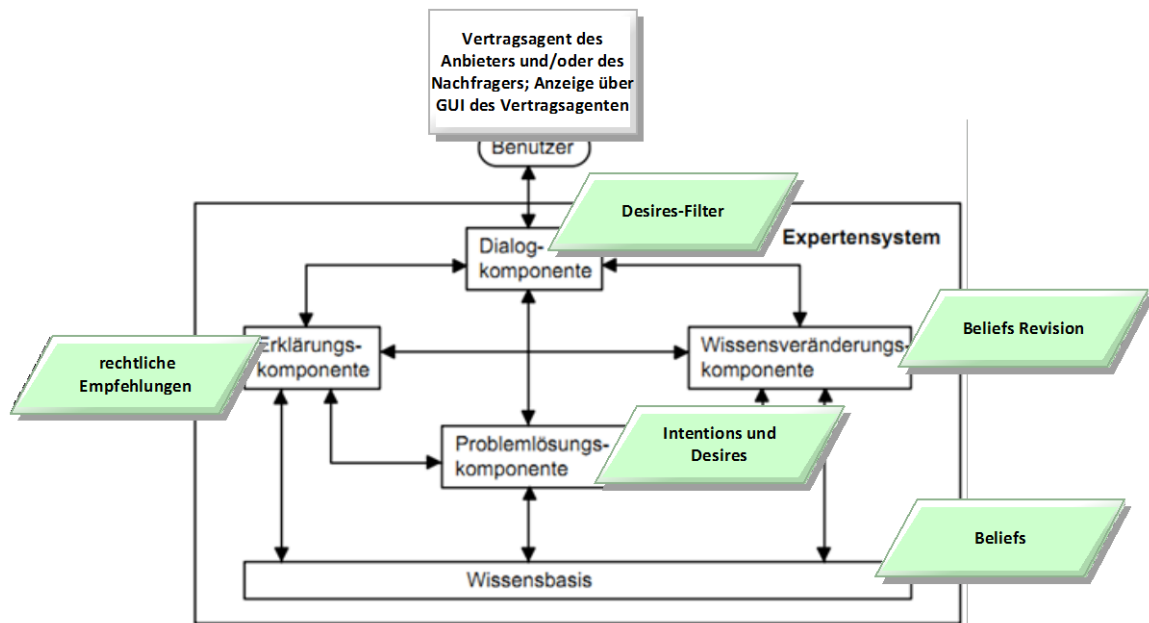


Abbildung 75 Kombination Expertensystem und BDI-Agent

In Abbildung 76 ist dies weiter detailliert. Die Basis des Rechtsagenten bilden die Wissenserwerbskomponente und die Wissensverarbeitungskomponente (*beliefs revision*), darauf aufbauend die Wissensbasis mit dem permanenten Regelwissen als Inhalt und die verschiedenen Module des Rechtsagenten mit bestimmten bereichsbezogenem Wissen und einer Rechtsbegriffsontologie. Diese Ontologie umfasst Rechtsbegriffe, die dem Rechtsagenten als Unterstützung dienen (*beliefs*). Denn der Rechtsagent kann sich nicht selbst das Wissen verschaffen, welche juristischen Fachbegriffe welche Bedeutung haben. Dieses Wissen ist in einer vertragsrechtlich spezifischen Ontologie hinterlegt. Diese Ontologie ist in die Wissensbasis des Rechtsagenten eingebunden.

Darauf weiter aufbauend ist die Dialogkomponente für die Interaktion mit dem Benutzer zuständig. (*desires-filter*)

Die *Plans* umfassen die rechtlichen Regeln, die für die Empfehlung zu Rate gezogen werden sollen. Aus diesen Regeln werden dann Empfehlungen generiert, die dann mit dem Input des Filters abgeglichen worden sind.

Eine Erklärungskomponente gibt rechtliche Empfehlungen und Hinweise an den Benutzer bzw. an den Vertragsagenten. (*intention-execute*)

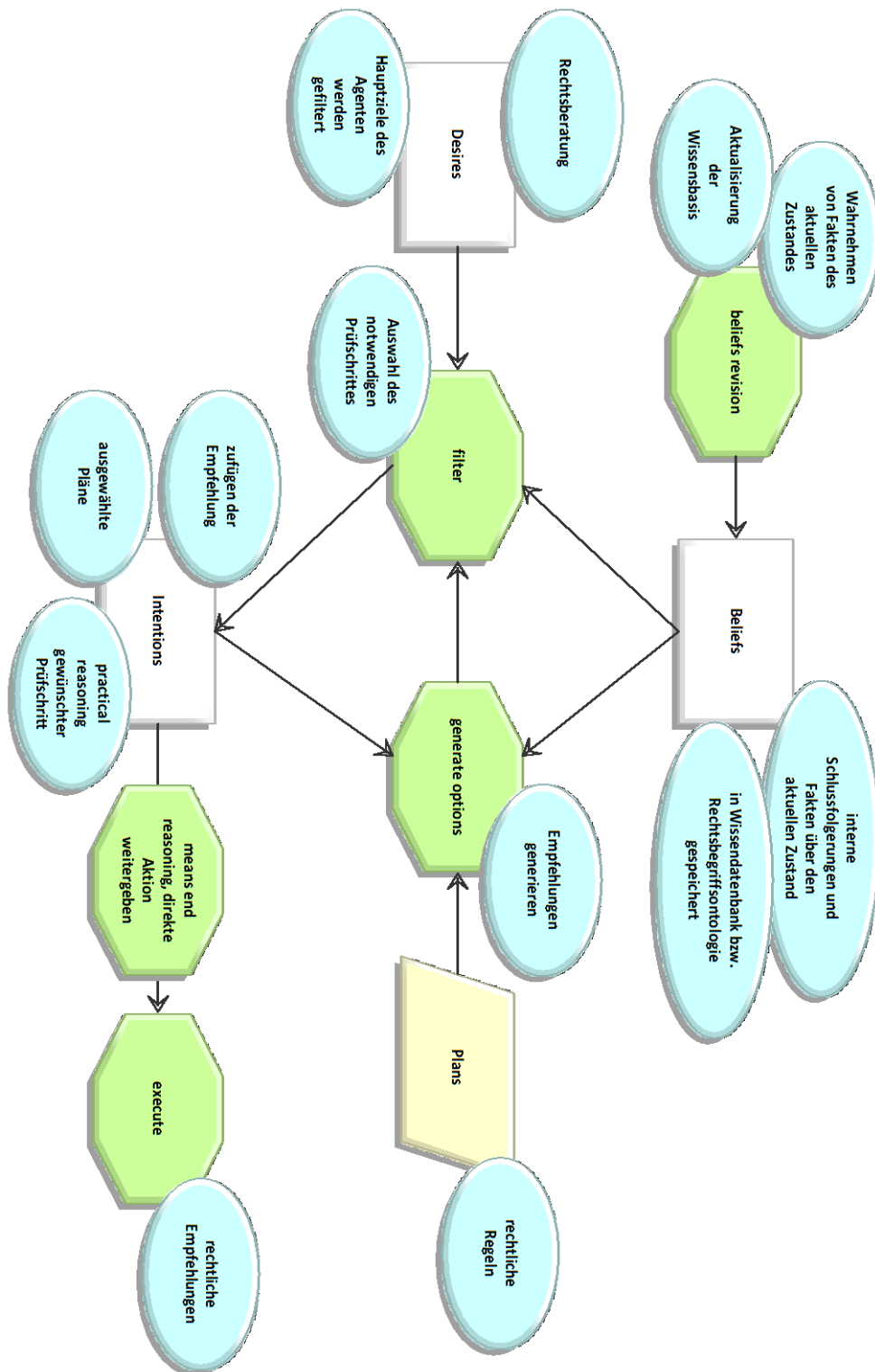


Abbildung 76 Architektur Rechtsagent

In Abbildung 77 findet sich eine technische Umsetzung der konzeptuellen Architektur aus Abbildung 76. In der untersten Schicht, der Rechtsbegriffsontologie, fließen die Daten aus den Beliefs des BDI-Rechtsagenten ein.

Nach dem erfolgten Wunsch nach Rechtsberatung während des Ablaufs des Auftragsabwicklungsprozesses werden die notwendigen Prüfschritte gefiltert. Diese Prüfschritte werden in der nächsten Schicht, anhand der Regelbasis mit Unterstützung einer Problemlösungskomponente, ausgewertet.

Über eine Dialogkomponente in der nächsten Schicht kann dann der BDI-Agent dem jeweils anderen Rechtsagenten die Ergebnisse der rechtlichen Überprüfung übermitteln. Außerdem können auf Wunsch des Benutzers die Prüfergebnisse über eine GUI ausgegeben werden.

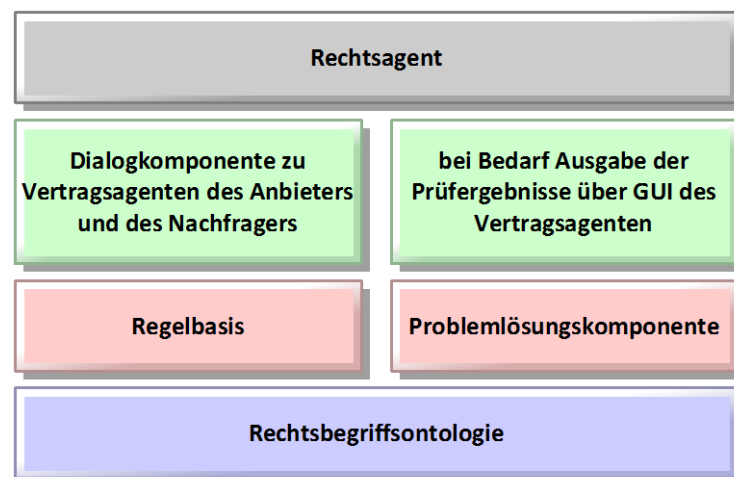
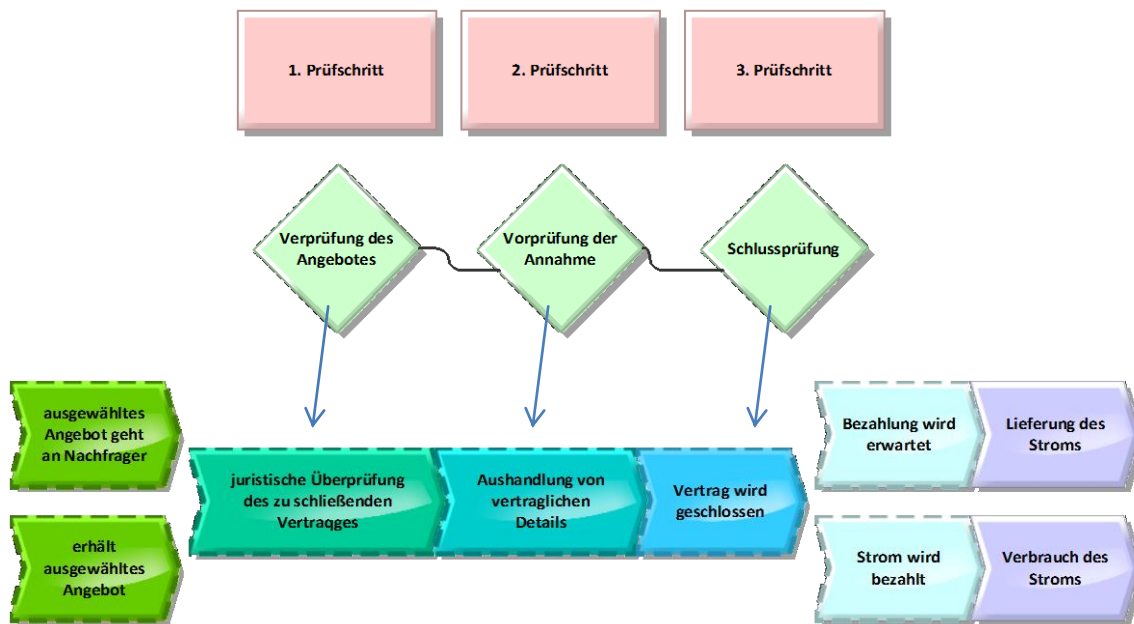


Abbildung 77 Technische Architektur Rechtsagent

### 11.5 Zusammenspiel von Vertrags- und Rechtsagent

Der Rechtsagent unterstützt den Vertragsagenten während des Auftragsabwicklungsprozesses in drei verschiedenen Prüfschritten. Der Vertragsagent kann auf den Rechtsagenten zugreifen, wenn er an den Workflowschritten Angebot, Annahme und Abschluss des Vertrages die Vertragsbestandteile noch juristisch überprüft haben möchte. Außerdem kann der Marktmechanismus der Verhandlung über Kriterien, die den Vertragsschluss betreffen, auf den Rechtsagenten zugreifen, wenn rechtliche Kriterien bei der Verhandlung verhandelt werden und dazu beispielsweise die Rechtsbegriffsontologie zu

Rate gezogen werden muss, da der Vertragsagent nicht über das entsprechende Domänenwissen verfügt. Die Vorprüfung des Angebots findet in der Phase „juristische Überprüfung des zu schließenden Vertrags“ statt. Nachdem eine Verhandlung stattgefunden hat, muss vor Abschluss des Vertrages eine Vorprüfung der Annahme des Angebotes erfolgen. Dies erfolgt im Prozessschritt „Aushandlung von vertraglichen Details“. Zum Abschluss muss beim Prozessschritt des eigentlichen „Vertragsschluss“ die Schlussprüfung erfolgen. (Abbildung 78)



**Abbildung 78 Prüfschritte im Auftragsabwicklungsprozess**

Nachfrager und Anbieter kommunizieren mit ihren eigenen Rechtsagenten. Durch die fortwährende Überprüfung nach rechtlichen Gesichtspunkten, im Auftrag des Vertragsagenten, werden auch die geänderten Angebote, die sich aus einer möglicherweise stattgefundenen Verhandlung ergeben haben, im Hinblick auf diese rechtliche Vorgaben überprüft. So können vor allem juristisch nicht bewanderte Marktteilnehmer über ihre Vertragsagenten Verträge automatisiert im Rechtsagenten überprüfen lassen.

Der Ablauf der Kommunikation der einzelnen beteiligten Objekte wird in der folgenden Abbildung in einem UML-Sequenzdiagramm dargestellt. Die Interaktionen zwischen den einzelnen Objekten, wie Rechtsagent, Nachfrager und Anbieter, bezieht sich direkt auf die Schritte „juristische Überprüfung des zu schließenden Vertrages“, Aushandlung von vertraglichen Details“ und „Vertrag wird geschlossen“, die sich aus dem Auftragsabwicklungsprozess stammen. Die drei Prüfschritte, die aus juristischer Sicht sinnvoll sind (Vorprüfung des Angebotes, Vorprüfung der Annahme und Schlussprüfung)



sind entsprechend im Sequenzdiagramm markiert. Diese Prüfschritte korrespondieren mit den Abläufen Überprüfung des Angebots im Rechtsagenten des Nachfragers, Überprüfung des Angebots im Rechtsagenten des Energieanbieters und Überprüfung der Wirksamkeit im Rechtsagenten des Nachfragers im Vertragsworkflow. (Abbildung 79)

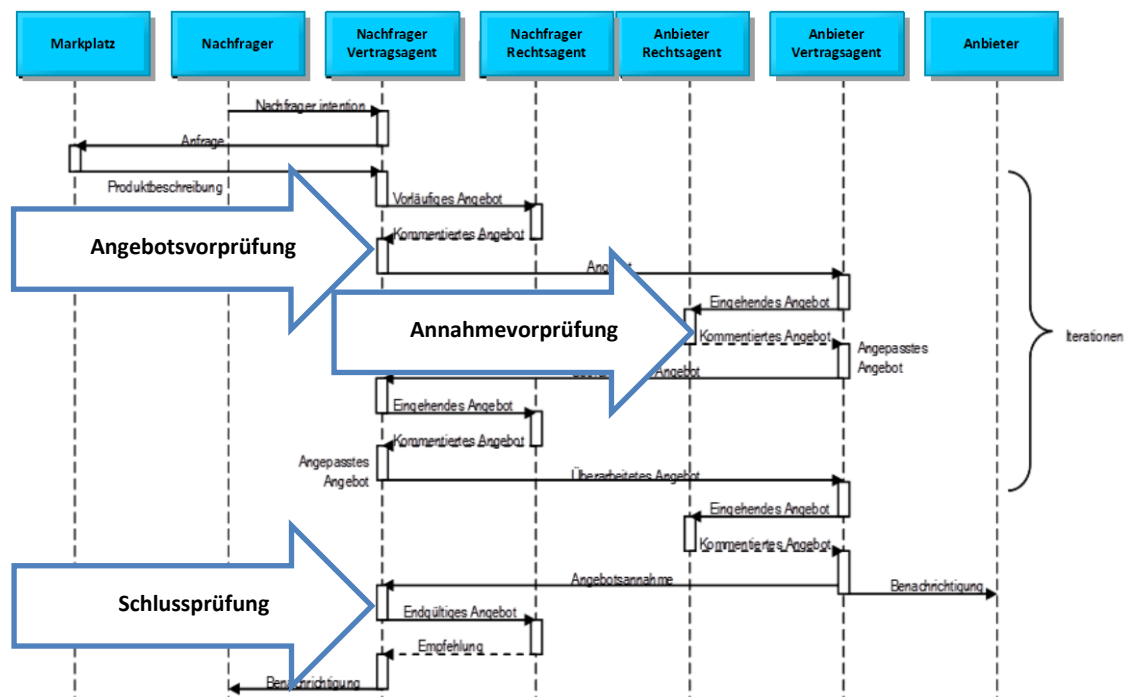


Abbildung 79 Workflow mit Prüfschritten

Nicht alle Aufgaben der Überprüfung müssen immer wahrgenommen werden. Zudem muss bei der Umsetzung der Aufgaben bedacht werden, dass Gesetze sich ändern können. Der Rechtsagent sollte daher eine übersichtliche Struktur besitzen, um die von Aufgaben oder Gesetzesänderungen betroffenen Bestandteile der Software leicht lokalisieren zu können und um Rechtsagenten mit speziellen Fähigkeiten konfigurieren zu können.

In Abbildung 80 ist das Zusammenspiel des Auftragsabwicklungsprozesses mit den beiden Vertragsagenten (Anbieteragent und Nachfrageragent) und den beiden beteiligten Rechtsagenten noch einmal zusammengefasst. Der Anbieteragent stellt die Angebote des Anbieters in die Plattform ein. Der Nachfrageragent sucht im Auftrag des Nachfragers einen passenden Tarif aus. Der Anbieteragent sendet in einem nächsten Schritt das gewählte Tarifangebot an den Nachfrager. Der Nachfrageragent empfängt den Stromtarif vom Anbieteragenten. Im nächsten Schritt erfolgt dann zur juristischen Überprüfung des

abzuschließenden Vertrages der Aufruf der Rechtsagenten. Die Rechtsagenten übernehmen für den Anbieter wie auch für den Nachfrager die Vorprüfung des Angebotes, die Vorprüfung der Annahme und die Schlussprüfung vor dem eigentlichen Abschluss des Vertrages. Bei Bedarf können vertragliche Details vor dem Prüfschritt Vorprüfung der Annahme verhandelt werden. (siehe Kapitel 10). Nach einer erfolgreichen Verhandlung und der juristischen Vorprüfung der Annahme und der Schlussprüfung vor Vertragsschluss kann dann der Vertrag von den Agenten als Stellvertreter des Nachfragers und Anbieters geschlossen werden. Im Anschluss an den Vertragsschluss wird mit Hilfe eines leichtgewichtigen Bezahlsystems die Bezahlung abgewickelt. Nach der zeitnahen Abwicklung der Bezahlung kann dann die Freigabe für die eigentliche Lieferung des Stromes durch den Anbieteragenten erfolgen. In Folge davon übernimmt wiederum der Nachfrageragent dann die Steuerung des Verbrauchs des Stroms. Somit ist in der Abbildung das Zusammenspiel der vier beteiligten Agenten innerhalb des Austragsabwicklungsprozesses umfassend dargestellt.

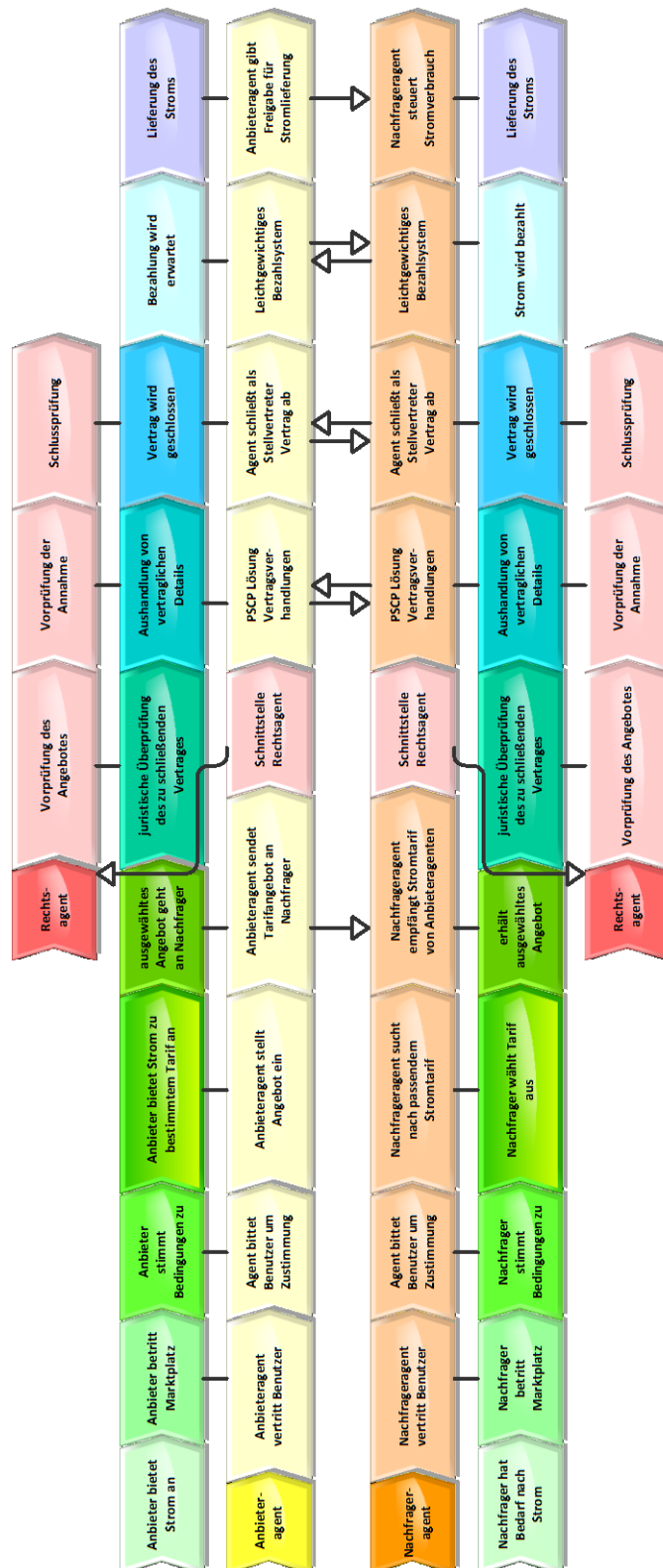


Abbildung 80 Kombination Auftragsabwicklungsprozess, Vertragsagenten und Rechtsagenten

## **11.6 Rechtsbegriffsentologie für Rechtsagenten**

Im Gegensatz zum Vertragsagenten steht und fällt der Erfolg der Konzeption des Rechtsagenten auf einer technischen Ebene, nämlich mit der Möglichkeit, Rechtsbegriffe in die Form einer Ontologie und Normen in die Form von formalen Regeln zu bringen. Nur Rechtsgebiete, in denen dies möglich erscheint, sind Kandidaten für eine automatisierte Überprüfung. Selbst in den ohnehin stark von formalen Abläufen und Schemata geprägten Gebieten des Verwaltungs- und Strafrechts warf dies in der Vergangenheit Schwierigkeiten auf, wie dies auch im „Das Lex-Projekt“ beschrieben wird [HaLe91]. Die hier relevanten Bereiche des Zivilrechts sind dagegen deutlich schwerer formalisierbar, u.a. weil die Gestaltungsfreiheit der Vertragsparteien eine große Rolle spielt und die Gesetzssystematik nur mit einer bloßen Vorwärts- oder Rückwärtsverkettung nicht greifbar ist. [RNDB04]

Ontologien erscheinen in der Tat notwendig. Zwar können für einfache und kontrollierte Vokabularien Glossare, Taxonomien und Kataloge und für einfache Relationen, die keine Vererbungsrelationen enthalten, Thesauri verwendet werden. Da der komplexe juristische Anwendungsbereich sehr hohe Anforderungen an die Repräsentation des Wissens stellt, erscheinen semantische Netze und Ontologien eher angebracht. Die Entscheidung fällt für Ontologien, da mit ihnen etwa, im Gegensatz zu semantischen Netzen, Homonyme erfasst werden können.

Die Erstellung einer Rechtsontologie erweist sich als weit herausfordernder als die einer Marktontologie. Daher fällt die Diskussion der Rechtsontologie erheblich ausführlicher aus.

### **Untergliederung der Ontologie nach juristischen Gesichtspunkten**

Es folgen Beispiele für juristische Untergliederungen, wie sie in der Ontologie verwendet werden können. Diese beispielhafte Untergliederung wird noch durch konkrete Beispiele verdeutlicht.

1. natürliche Vorgänge: Geburt, Tod
2. Kenntnisse: zuverlässig
3. menschliche Handlungen: Erklärungen: Einwilligung (rechtlicher Teil → Norm) und freie Entscheidung des Menschen
4. Eigenschaften: von Personen und Sachen: Alter der Person
5. Rechtliche Verhältnisse: Verhältnis von Staaten zueinander
6. Wertbeurteilungen: böswillig

## Existierende Ontologien

Um Erfahrungen für die Erstellung der eigenen Ontologien sammeln zu können, werden im Folgenden frei verfügbare und zunächst als einschlägig erscheinende Ontologien betrachtet.

**SUMO:** Eine der größten frei verfügbaren Ontologien ist SUMO, die vom IEEE-Konsortium (Institute of Electrical and Electronics Engineers) entwickelt wurde. SUMO steht für Suggested Upper Merged Ontology. SUMO ist eine Ontologie, die aus mehreren kleineren Ontologien zusammengesetzt wurde. Sumo besteht im Grundmodul aus 1500 Konzepten und 4000 Relationen und davon abgeleiteten Aussagen. SUMO kann durch viele kleinere Module erweitert werden, so dass die Ontologie zu einem Gesamtumfang von 20000 Klassen und 60000 Aussagen kommen kann. Hauptziel bei der Entwicklung von SUMO war, die natürliche Sprachverarbeitung von Programmen. Somit können auch Informationen der Objekte untereinander in den Verarbeitungsprozess mit einbezogen werden. Auch das Information Retrieval im Allgemeinen kann durch den Einsatz der Ontologie SUMO vereinfacht werden. Beispielsweise kann die Suche nach Informationen in Datenbanken oder im Internet unterstützt werden. Daher ist SUMO komplett an die WordNet-Ontologie angepasst. In verschiedenen Domänen wie beispielsweise Menschen, Länder, Zahlen, Physik und Militär stehen für SUMO Erweiterungsmodule zur Verfügung. [onto13]

Leider stehen keine Erweiterungen für die Rechtswissenschaften zur Verfügung, so dass keine Elemente aus SUMO übernommen werden können.

**WordNet:** Die Ontology WordNet ist ebenfalls mit dem Ziel entwickelt worden, natürlichsprachliche Texte für Computer verständlich machen. WordNet wurde von der Princeton University entwickelt und ist als lexikalische Datenbank ausgelegt [Word13]. WordNet ist sehr umfangreich und verfügt derzeit über insgesamt ca. 120000 Wörter in der Datenbank. WordNet kann auch als Lexikon verwendet werden, da die Datenbank sowohl semantische wie auch lexikalische Beziehungen zwischen den Wörtern enthält. Die Eigenschaften dieser Klassen beziehen sich auf sprachliche Konzepte, wie beispielsweise Synonyme, Antonyme und Oberbegriffe (Hyperonomie), und die meisten dieser Wörter sind mit ihren Bedeutungen versehen.

Hauptbestandteile in WordNet sind Synsets und konzeptionelle Relation. Ein Synset ist eine Menge von Synonymen. Somit erhält man in WordNet die Möglichkeit, einen spezifischen Sinn oder eine spezifische Bedeutung durch ein Synset abzubilden. Wenn ein Wort mehrere Bedeutungen hat, kann es somit dann auch in mehreren Synsets vorkommen.

Alle Wörter in WordNet gehören vier verschiedenen Wortklassen an: Substantive, Verben, Adjektive und Adverbien. Diese werden dann in Form von Synsets gespeichert und durch verschiedene lexikalische Relationen miteinander verbunden:

- **Synonyme:** Synonymie (aus dem Griechischen: gleichnamig) ist eine Beziehung zwischen lexikalischen Zeichen. Ein Synonym ist ein lexikalisches Zeichen, das die gleiche Bedeutung hat wie ein anderes lexikalisches Zeichen.
- **Antonyme:** Antonyme werden Paare von lexikalischen Zeichen, deren Bedeutungen in einer Gegensatzbeziehung zueinander stehen, in der lexikalischen Semantik (auch Gegenwörter, griechisch: anti „gegen“ und onoma „Name“) genannt. Die Art der Bedeutungsbeziehung (Antonymierelation) kann genauer spezifiziert werden.
- **Homonyme:** Ein Homonym (aus dem Griechischen: *homo-* = gleich- + *ónoma* = Name) ist ein Wort, das für verschiedene Begriffe stehen kann. Genauer lassen sich zum einen Homographen (gleiche Schreibweise) und Homophone (gleicher Klang) und zum anderen Polyseme (Bedeutungsverschiebungen) von normalen Homonymen unterscheiden. Diese nicht immer eindeutigen Unterscheidungen sind unter anderem in der Lexikographie von Bedeutung.
- **Hyperonyme:** In der Linguistik wird mit Hyperonym der Oberbegriff eines Begriffs bezeichnet. [Technisch: Generalisierung]
- **Meronyme:** Meronymie (griechisch) ist ein Begriff aus der Sprachwissenschaft. Er bezeichnet eine partitive Relation, das heißt eine „Teil-von-Beziehung“. [Technisch: sind Teil von Relation]
- **Hyponyme:** Der Unterbegriff eines Begriffs wird als Hyponym bezeichnet. [Technisch: Spezialisierung]
- **Holonyme:** Holonymie (griechisch) ist ein Begriff aus der Sprachwissenschaft. Er bezeichnet die Umkehrung der Meronymie. Ist ein Begriff ein Holonym eines anderen, so bezeichnet der andere Begriff ein Teil des einen. [Technisch: hat Teil Relation]

WordNet besitzt einen geringen Grad an Formalisierung: WordNet kann nur durch den Menschen ausgewertet werden. Die semantische Ähnlichkeit wird durch die semantische Distanz zwischen zwei Worten gemessen. Dies entspricht dem kürzesten Pfad im semantischen Netz von WordNet.

Die verschiedenen Substantive sind in 25 Kategorien und die verschiedenen Verben in 15 Kategorien unterteilt. Adjektive werden in deskriptiv und relational unterteilt. Nur die Adverbien sind nicht kategorisiert. Die graphische Darstellung erfolgt so, dass die WordNet

Ontologie dann als ein Graph dargestellt wird, dessen Knoten die Synsets und dessen Kanten die unterschiedlichen lexikalischen Beziehungen sind. WordNet könnte als Grundlage für den Aufbau einer Rechtsbegriffsontologie dienen.

**EuroWordNet:** Ziel des Projekts EuroWordNet ist die Erstellung einer multilingualen lexikalisch-semanticen Datenbank. In einer lexikalisch-semanticen Datenbank sind die verschiedenen Bedeutungen der dort erfassten Wörter codiert. Diese Wortbedeutungen (Konzepte) sind durch lexikalisch-semantiche Relationen wie z. B. Synonymie, Antonymie oder Hyponymie miteinander verbunden. Konzepte und Relationen bilden ein semantisches Netz. In der multilingualen Datenbank, die im Rahmen von EuroWordNet entsteht, werden die Konzepte verschiedener einzelsprachlicher semantischer Netze (für das Deutsche: GermaNet) an eine Interlingua angebunden. Dadurch sind die Wörter, mit denen ein Konzept in verschiedenen Sprachen ausgedrückt wird, miteinander verknüpft. Die EuroWordNet-Datenbank liefert damit nützliche Informationen für (multilinguale) Information-Retrieval-Anwendungen. In einer ersten Phase des Projekts wurden die Sprachen Englisch, Niederländisch, Italienisch und Spanisch in die Datenbank integriert. In einer zweiten Phase (Abschluss: Juni 1999) wurden Deutsch, Französisch, Estnisch und Tschechisch hinzugefügt. (Abbildung 81)

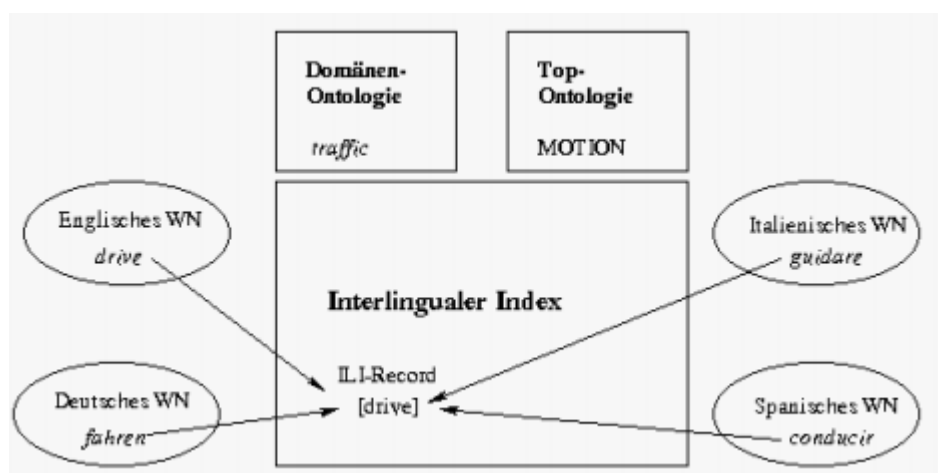


Abbildung 81 Architektur EuroWordNet

Die verschiedenen Sprachen im interlingualen Index sind auch für die vorliegende Arbeit ein zu beachtender Aspekt. Derzeit sind im Szenario nur deutschsprachige Beteiligte beteiligt, eine Erweiterung könnte in Zukunft aber auch für weitere Sprachen zur Verfügung gestellt werden. Durch den Interlingualen Index kann auch das Problem mit gelöst werden, dass beispielsweise Rechtsbegriffe in den verschiedenen deutschsprachigen Ländern auch schon eine verschiedene Bedeutung haben können. [euro01]

**GermaNet:** Mit GermaNet ist ein computertechnisch verfügbares semantisches Lexikon aufgebaut und ein wichtiger Beitrag zur wissensbasierten Ressourcenbildung für das Deutsche geleistet worden. Im Wesentlichen orientiert sich das deutschsprachige Wortnetz am Datenbankformat und an den Strukturierungsprinzipien des Princeton WordNet 1.5, das als Mutter aller Netze eine initiale Rolle für viele einzelsprachliche Wortnetz-Initiativen spielte. GermaNet ist jedoch keine pure Übersetzung des WordNet, sondern setzt eigene Schwerpunkte in der Konzeptrepräsentation [HaFe97]. GermaNet ist aus verschiedenen lexikographischen Quellen, wie beispielsweise aus dem Werk „Deutscher Wortschatz“ [WeEg89] und dem Werk „Deutsches Wörterbuch“ [BrWa81] und unter der Berücksichtigung von Korpusfrequenzen von Hand aufgebaut worden. In GermaNet sind die bedeutungstragenden Kategorien der Nomina, Verben und Adjektive modelliert.

Zentrales Repräsentationskonzept ist das Synset, welches die Synonymenmenge eines gegebenen Konzeptes bereitstellt, z.B. {Streichholz, Zündholz}, {eifrig, emsig, tüchtig} und {vergeben, verzeihen}. Im Wortnetz sind semantische Relationen zwischen den Konzepten (Synsets) oder einzelnen Varianten (Synonymen aus den Synsets) kodiert. Zurzeit enthält GermaNet ca. 53.500 Synsets mit ca. 76.500 Lexical Units, davon knapp 39.000 Nomen, 9.000 Verben und 5.500 Adjektive. Das deutsche Wortnetz wird durch den Abgleich der Datenbankeinträge mit Frequenzlisten aus Korpora systematisch um fehlende Konzepte ergänzt. GermaNet repräsentiert nur wenige Mehrwortlexeme wie gesprochene Sprache oder Neues Testament. Eigennamen treten hauptsächlich im Wortfeld der Geographie auf, z.B. als Städtenamen, und werden speziell markiert. Diese Art der Klassifizierung kann für die zu konzipierende Rechtsbegriffsontologie übernommen werden. Auch juristische Begriffe lassen sich in Oberbegriffe und Unterbegriffe klassifizieren.

Außerdem werden in GermaNet zusammengesetzte Wörter systematisch abgebildet (Compound). In Abbildung 82 wird der Begriff „Kraftfahrzeugsteuer“ in die einzelnen Wörter des zusammengesetzten Wortes zerlegt. Dies hat den Vorteil, dass es genügt, die Wortbedeutungen der einzelnen Wörter zu hinterlegen. Die Wortbedeutungen des zusammengesetzten Wortes sollen sich dann aus den Wortbedeutungen der einzelnen Wörter ableiten lassen können. Ein zusammengesetztes Wort besteht dabei immer aus dem Wortstamm („head“) und dem beschreibenden Attribut („modifier“)



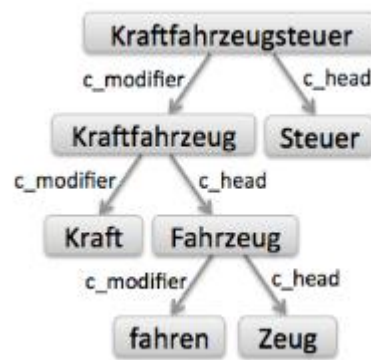


Abbildung 82 Compound in GermeNet

**LOIS:** Im e-Content Projekt LOIS wurde ein Überblick über den Aufbau von multilingualen juristischen Ontologien gegeben und vor allem auf die besonderen Herausforderungen einer Weiterentwicklung aus linguistischer Sicht eingegangen. [SSLG06] Entwickelt wurde ein multilingualer Thesaurus, der auch Grundlage für eine Rechtsontologie ist. Dabei werden Techniken des Semantic Webs als Grundlage verwendet. Übertragen auf die Rechtsinformatik wird von Schweighofer und Liebwald aus dem Bereich Semantic Web vor allem das semantische Indexieren verwendet. [Schw98] Innerhalb des Projektes LOIS stützt man sich auf das Konzept der Ontologien, die die Möglichkeit der expliziten Beschreibung von Konzepten auch im Anwendungsbereich Recht geben. Im Schwerpunkt beschäftigt sich das LOIS Projekt mit dem Entwurf eines multilingualen Thesaurus, um eine verbesserte Suche zu unterstützen. Dafür wird ein Zugang entweder mono- bzw. multilingual zur Verfügung gestellt. Ziel vom Projekt LOIS ist es, dem Benutzer den Zugang zu Rechtsdatenbanken in der eigenen Sprache zu geben. Es besteht auch die Möglichkeit, nach Dokumenten mit Suchbegriffen in der eigenen Sprache in der Rechtsdatenbank zu suchen. Unterstützend wirkt dabei der Thesaurus, indem er bei der Suche die hierarchischen Strukturen der Begriffe mit in die Suche einbezieht. Diese sogenannten juristischen WordNets werden unter Verwendung der EuroWordNet Technologie aufgebaut. Bisher wurden bereits 5.000 Synsets aufgenommen. Innerhalb eines Synsets werden durch „ähnliche“ Begriffe die lexikalischen Einträge von sechs verschiedenen Sprachen dargestellt. Enthalten ist zudem eine kurze Definition des Begriffes (genannt „Glosse“). Verknüpft werden die Synsets durch die Darstellung ihrer semantischen Bedeutungszusammenhänge. Rechtssystemspezifische einmalige Begriffe werden zusätzlich auch als Teil eines Synsets dargestellt und werden explizit gemacht, indem Metainformationen hinzugefügt werden. Insgesamt besteht die Architektur der Datenbank des LOIS Projektes aus fünf Modulen. Eine Rechtsontologie bildet die obere Ebene. Sie

schafft ein semantisches Netz, um die anderen vier Module, die aus bereits bestehenden Ontologien bestehen, zu verbinden. Der entwickelte Thesaurus bildet dabei die Grundlage für die Ontologie. Momentan wird als Rechtsbeispiel der Datenschutz als „kleineres“ Rechtsgebiet verwendet. [ScLi05]

**Weitere Rechtsontologien:** Gerade bei Rechtsbegriffsontologien muss die aktuelle Entwicklung an anderen Stellen sehr sorgfältig beobachtet werden. Im Jur-Wordnet Projekt (Jur-IWN) ist eine Ontologie-basierte Erweiterung der rechtlichen Domäne der italienischen Version von EuroWordNet vollzogen worden [GST2003]. Die Ontologie Jur-IWN ist eine Quelle für Metadaten für rechtliche Inhaltzusammenhänge. Die italienische Kriminalontologie stellt die Domänenontologie dafür dar. Diese Domänenontologie wird in UML in der Form dargestellt, dass Rechtsexperten und Ingenieure zusammenarbeiten können [ABGP03]. Ontologien spielen auch für juristische Information Retrieval Systeme, die gerne innerhalb der Rechtsprechung verwendet werden, eine wichtige Rolle [Guar98]. Nach Schweighofer steht dadurch einer Optimierung organisatorischer Abläufe mit einem juristischen Echtzeit-Informationssystem nichts mehr im Wege [Schw98]. Das Zero Argumentation Framework wurde zum Beispiel für den Gebrauch bei Mediator Systemen entworfen, um Entscheidungen zu unterstützen [GoKa97]. In einem formal ontologischen Rahmenwerk wurde ein Begriffswerkzeug für die Darstellung und die Handhabung von Normen über unterschiedlichen Versionen der Bankengesetzgebungen eingesetzt [GPS01]. Eine wissensbasierte Ontologie für die juristische Domäne wurde errichtet, um eine relativ beständige Umgebung für unterschiedliche Anwendungen wie Agenten, Kommunikations- und Domänenmodelle zu geben [Momm01]. In [StSt04] wird der Aufbau einer Wissensbasis für die Konstruktion eines juristischen Informationssystems diskutiert.

### ***11.7 Konzeption einer Rechtsbegriffsontologie***

Da keine der existierenden Ontologien über die notwendigen Begriffe, die das Vertragsrecht betreffen, verfügen, muss für den Strommarkt eine eigene Rechtsbegriffsontologie entwickelt werden. Allerdings kann man auf Ansätze der zuvor beschriebenen Ontologien zurückgegriffen. Vor allem das LOIS Projekt und die JurWordNet Ontologie stellen Ansätze zur Verfügung, die im Folgenden weiterentwickelt werden können. Übernommen wird beispielsweise der Ansatz, juristische Begriffe und Begriffe aus der Umgangssprache im Zusammenhang zu modellieren.

Diese neue Rechtsbegriffsontologie entstand in enger Zusammenarbeit im Rahmen des SESAM-Projektes mit verschiedenen Juristen des ZAR.<sup>4</sup> Sie soll die Wissensbasis des Rechtsagenten bilden.

Grundlage für die Rechtsbegriffsontologie sind die Klassen, Attribute und Methoden, die in UML-Klassendiagrammen modelliert werden und die Grundlage für die Programmierung darstellen. Mittelpunkt ist wie auch bei der Marktontologie die UML-Klasse „*Vertragscontainer*“ (siehe Abbildung 49 und 83).



Abbildung 83 UML-Klassendiagramm Vertragscontainer

In dieser Klasse werden nicht nur die Auftragsabwicklungsspezifischen Attribute und Methoden gespeichert, sondern auch alle vertragsrechtlich relevanten Daten. Die Begrifflichkeiten, die innerhalb der Klasse Vertragscontainer verwendet werden, können zum einen juristischer Herkunft sein, zum anderen aber auch aus dem betriebswirtschaftlichen Umfeld stammen. Die Klasse „*Vertragscontainer*“ umfasst somit alle Daten, die innerhalb des Auftragsabwicklungsprozesses verarbeitet werden.

<sup>4</sup> ZAR, Zentrum für angewandte Rechtswissenschaften, KIT Karlsruhe

Für die Entscheidung, welche Begriffe als Konzepte in die Rechtsbegriffsontologie übernommen werden, werden die juristische Falllösungstechnik und die juristische Subsumtion als Grundlage verwendet. Bezogen auf diese Falllösetechnik und die Subsumtion werden dann die entsprechenden Begriffe als Konzepte in die Ontologie aufgenommen.

Die juristische Falllösungstechnik läuft bei Gutachten wie folgt ab:

1. Obersatz bilden, möglichst konkret auf den Fall bezogen (Anm.: Damit nimmt man nicht die Lösung vorweg. Der Obersatz ist eine hypothetische Antwort, diese muss in sich stimmen.).
2. Definition bilden oder die Grundsätze darlegen, die in diesem Zusammenhang für die Anwendung der Norm wichtig sind.
3. Die Subsumtion: Wie man bei der Definitionsbildung eine abstrakte Rechtsnorm konkretisiert, muss man auch den Sachverhalt abstrahieren. Man bildet etwa die „Definition des Sachverhalts“. Die hier entwickelten Argumente bewirken die Verbindung zwischen Norm und Sachverhalt. Auf diese kommt es an.
4. Ergebnis: die Antwort auf den Obersatz [Juri14]

Die Subsumtion läuft somit gewöhnlich in folgenden (gedanklichen) Schritten ab:

1. Hypothese: „Ein Computer könnte eine Sache (Merkmal des Gesetzes) sein.“
2. Definition: Eine Sache ist ein körperlicher Gegenstand.
3. Die eigentliche Subsumtion: Ein Computer ist ein körperlicher Gegenstand.
4. Ergebnis: Daher ist ein Computer eine Sache.

Da das Erfassen des Sachverhaltes die grundlegende Voraussetzung einer juristischen Subsumtion (Anwendung einer Rechtsnorm auf einen Lebenssachverhalt) darstellt, ist der erste Schritt die Frage nach der Überführung notwendiger Sachverhaltselemente in maschinell bearbeitbare und übertragbare Daten. Subsumierbare Rechtsnormen besitzen einen „wenn“-Teil, den Tatbestand, und einen „dann“-Teil, die Rechtsfolge. Ein Tatbestand wiederum verfügt meist über mehrere Tatbestandsmerkmale. Die Subsumtion muss dann nacheinander für alle Tatbestandmerkmale ausgeführt werden. Allerdings kann dies wechselwirkend nur unter der Kenntnis der Tatbestandselemente der vorhandenen Normen zu dem fraglichen Themenkomplex erfolgen. Daher werden bestehende Normen sprachlich vereinfacht und unvollständige Normketten durch eigene Metaregeln (die von den Juristen des ZAR entworfen wurden) ergänzt. So wird beispielsweise der Rechtsbegriff „Angebot“ als eine „Willenserklärung“ [declaration of intention] in der juristischen Sprachdomäne deklariert. Der Begriff Willenserklärung ist ein typischer juristischer Begriff, der in Zusammenhang mit dem Abschluss von Kaufverträgen wichtig ist, denn zum Abschluss eines Kaufvertrages müssen zwei übereinstimmende Willenserklärungen abgegeben werden.



In Abbildung 84 wird die Rechtsbegriffsontologie dargestellt. Die Ontologie wird, falls neue Attribute und Methoden im UML Klassendiagramm verwendet werden müssen, angepasst und um diese Konzepte erweitert. Die Zuordnungen von Ontologie und UML Klassendiagramm „Vertragscontainer“ sind wie folgt: Klassen aus dem UML Diagramm und Konzepte in der Ontologie; Klassenattribute aus der UML Darstellung und Eigenschaften (Properties) der Konzepte in der Ontologie. Die folgende Abbildung 85 soll zeigen, wie komplex die Zusammenhänge schon für den ganz einfach gehaltenen Fall sind.

In Abbildung 85 werden die Zusammenhänge, die zum Konzept „Vertragscontainer“ bestehen, in dem betreffenden Ausschnitt der Gesamtontologie dargestellt. Das Konzept „Vertragscontainer“ stammt direkt, wie auch die Konzepte „Sicherheit“, „Invitatio“ und „Person“, von dem Superkonzept „Root“ ab. Das Konzept „Vertragscontainer“ verfügt über bestimmte Eigenschaften (Properties), die diesen näher beschreiben. Eigenschaften sind beispielsweise: *Annahme*, *Invitatio*, *Angebot*, *Willenserklärung* und *Sicherheit*.

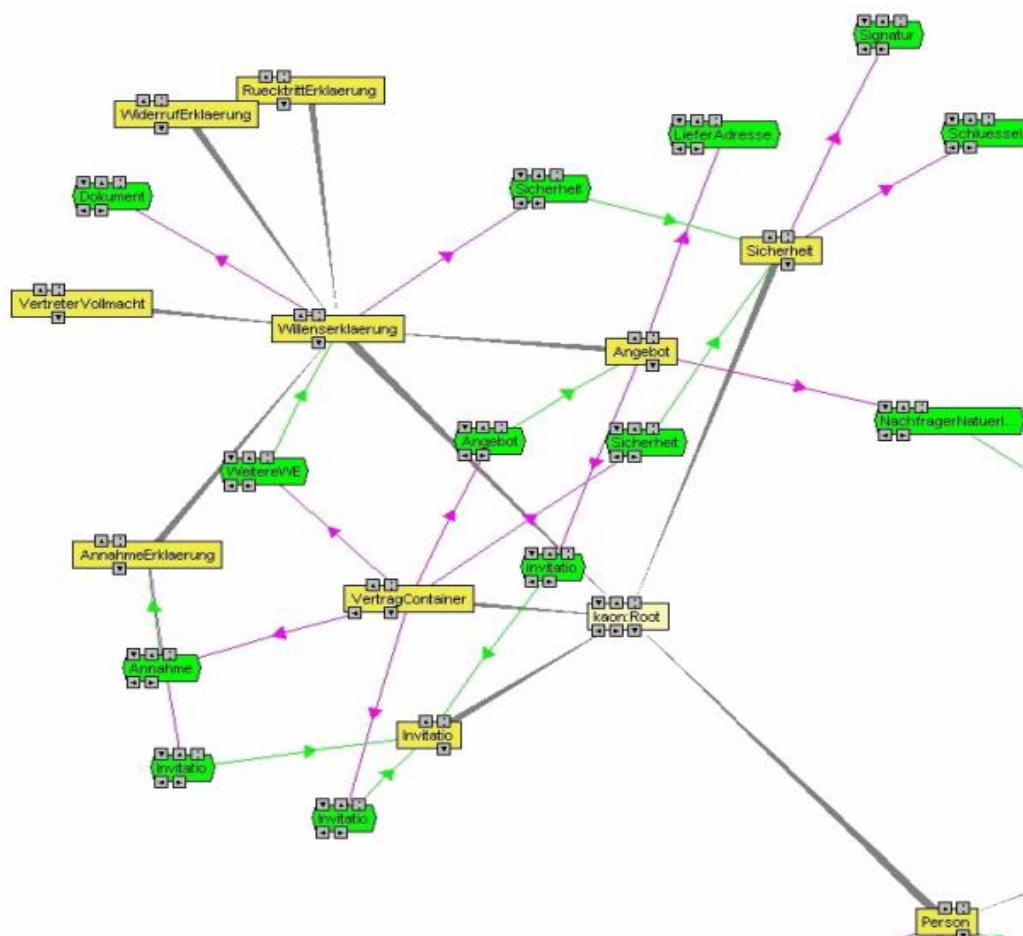
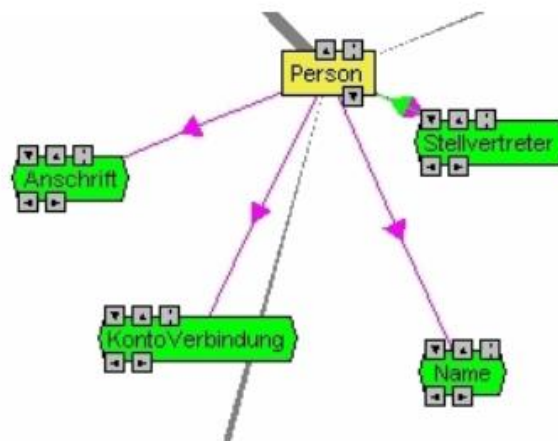


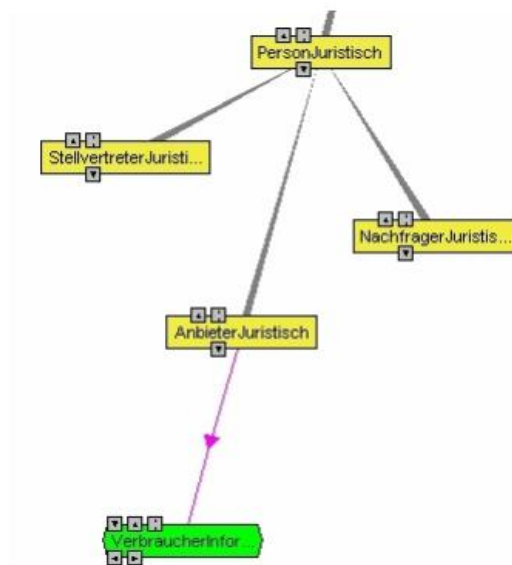
Abbildung 85 Konzept Vertragscontainer

Ein genauer ausgeführtes Beispiel eines Konzeptes innerhalb der Rechtsbegriffsontologie ist das Konzept „Person“. Das Konzept „Person“ verfügt beispielsweise über die Eigenschaften „Anschritt“, „Kontoverbindung“, „Name“ und „Stellvertreter“ (Abbildung 86). Des Weiteren verfügt das Konzept „Person“ über das Unterkonzept „PersonNatürlich“ und „PersonJuristisch“. Dies sind wichtige juristische Begriffe, die grundlegend für den Vertragsschluss sind, da z.B. die Verbraucherinformationen nur von juristischen Personen an einen Kunden weitergegeben werden müssen. Die Eigenschaften „Name“, „Anschritt“ sind zum Beispiel Begriffe die auch in der Marktontologie verwendet werden. Trotz möglicher doppelt vorkommender Begriffe werden zwei verschiedene Ontologien modelliert.



**Abbildung 86 Konzept Person**

Das Unterkonzept/Konzept „PersonJuristisch“ verfügt wiederum über die Unterkonzepte „StellvertreterJuristisch“, „AnbieterJuristisch“, „NachfragerJuristisch“. Eine beispielhafte juristisch relevante Eigenschaft (Property) ist die „Verbraucherinformation“, die das Konzept „AnbieterJuristisch“ definiert. (Abbildung 87)



**Abbildung 87 Konzept juristische Person**

Das Konzept „*PersonNatürlich*“ wurde entsprechend auch mit den Unterkonzepten „*NachfragerNatürlich*“, „*AnbieterNatürlich*“ und „*StellvertreterNatürlich*“ definiert. Beispielhaft wurden die Eigenschaften „*Stellvertretungsauftrag*“, „*GeburtsTag*“, „*GeburtsMonat*“, „*GeburtsJahr*“, „*Staatsangehörigkeit*“ und „*VerbraucherEigenschaften*“ modelliert (Abbildung 88).

Die natürliche Person kann einen Stellvertreter benennen, um den Vertrag abzuschließen. Das Geburtsdatum ist notwendig für den Vertragsschluss, damit die natürliche Person näher bestimmt werden kann. Die Staatsangehörigkeit und Verbrauchereigenschaften sind ebenso aus juristischer Sicht relevant. Diese Begriffe werden in dieser Form in der Marktontologie nicht verwendet.



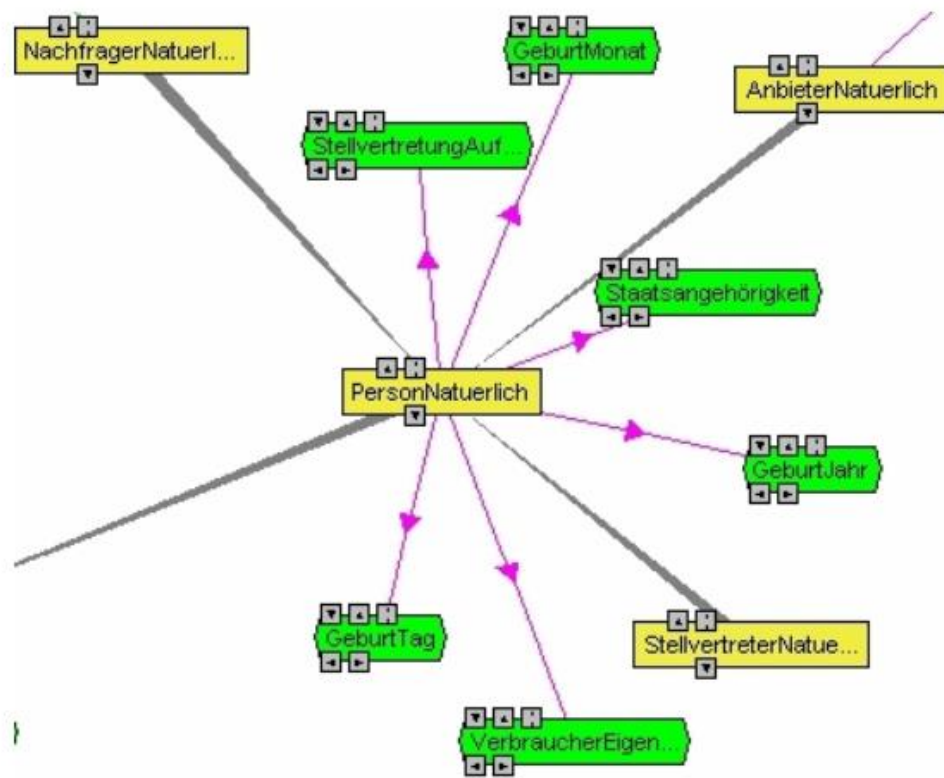
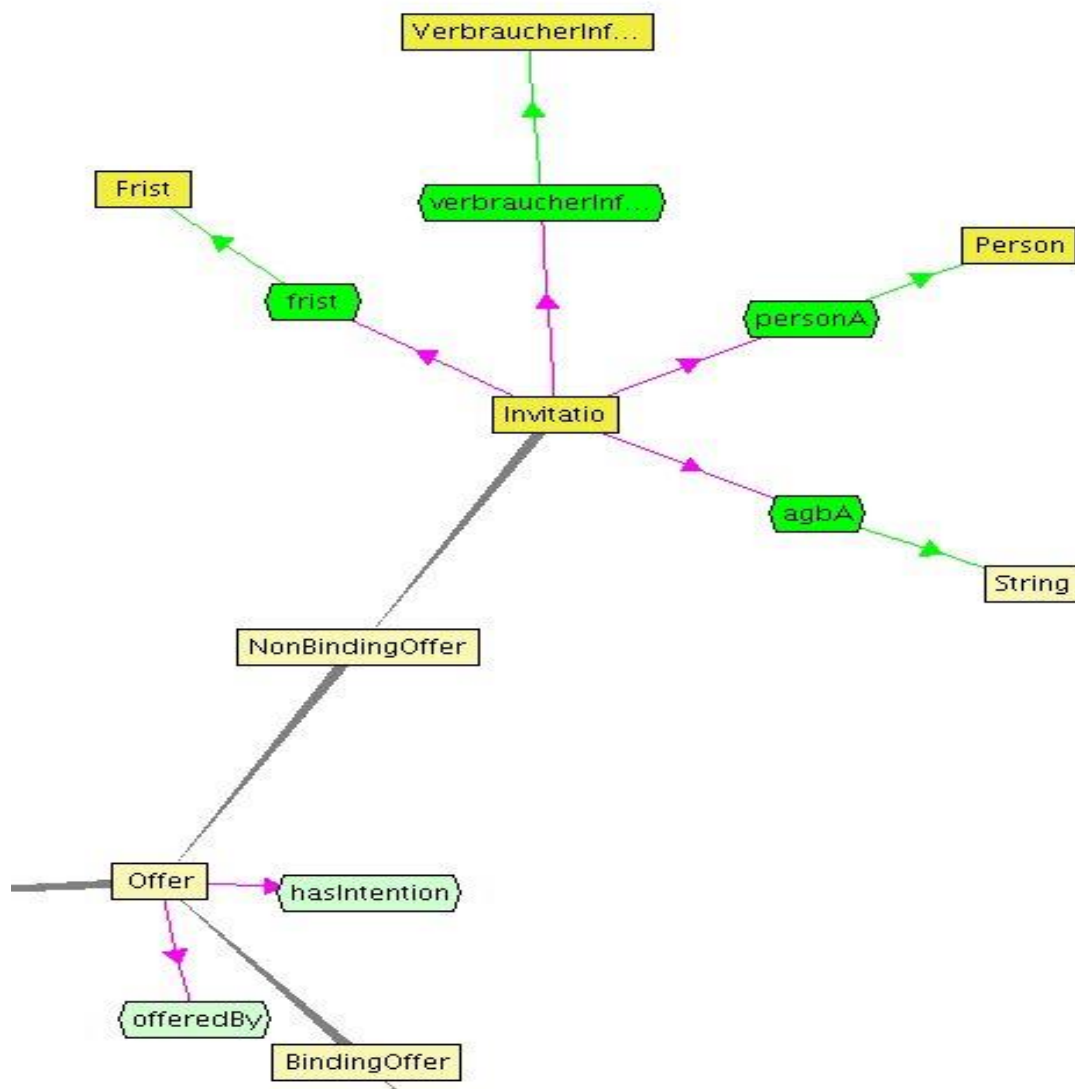
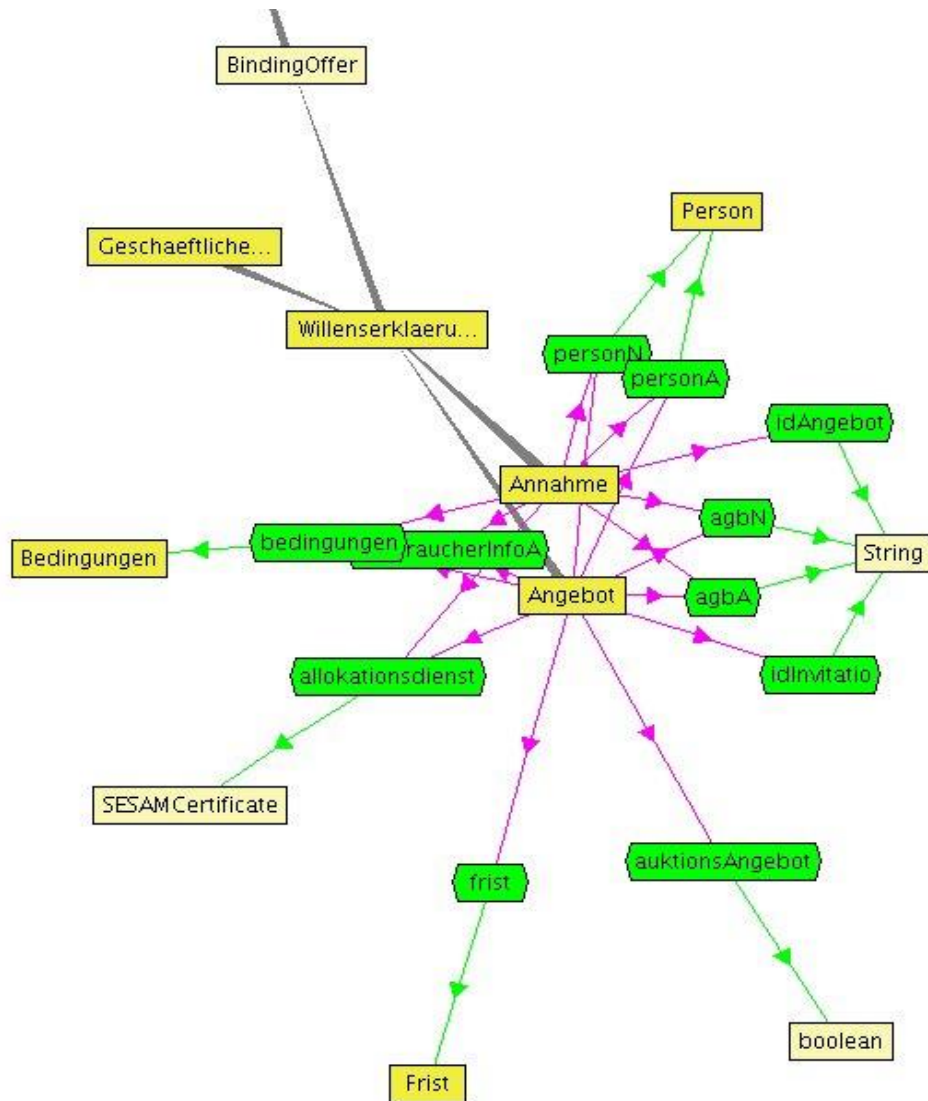


Abbildung 88 Konzept natürliche Person



**Abbildung 89 Modellierung Invitatio**

Eine Invitatio, eine Aufforderung zur Abgabe eines Angebotes, kann auch mit geeigneten Attributen erweitert werden. Attribute können sein ein zuhaltende „Fristen“, falls notwendig „Verbraucherinformationen“ und die „Person des Anbieters“. (Abbildung 89)



**Abbildung 90** Ontologie der Annahme eines Angebotes

Die Konzepte Annahme und Angebot werden durch die entsprechenden relevanten Attribute ergänzt. Dazu gehören einzuhaltende „Fristen“, die „Person des Nachfragers“ und die „Person des Anbieters“. Weitere wichtige, den Vertrag betreffende Konzepte können ebenfalls mit Attributen ergänzt werden. Weitere Konzepte sind: „Willenserklärung“, „Person“ und „Vertragsbedingungen“. (Abbildung 90)

## 11.8 Problemlösung durch Inferenz

Ein wesentlicher Teil des Rechtsagenten ist eine Inferenzmaschine (Kap 11.4). Zu deren Entwicklung greifen wir auf die Erfahrungen aus dem LOIS-Projekt bei der Modellierung der Regeln zurück. Im LOIS-Projekt wurden materielle Regeln, formelle Regeln und Prinzipien modelliert. Materielle Regeln sind beispielsweise Personen, Sachen, Handlungen oder Unterlassungen. Formelle Regeln sind Rechtsanwendungen, Rechtsdurchsetzung, Normenschaffung und Normenpublikation. Prinzipien sind Ideen der Rechtsordnung. Vor allem bestehende Regeln im Bereich der materiellen Regeln und der formellen Regeln können auch für die zu entwickelnde Rechtsbegriffsontologie verwendet bzw. angepasst werden. Bei lexikalischen Begriffen kann auf die bestehenden Ontologien wie GermaNet oder WordNet Bezug genommen werden. Außerdem können die Ansätze zusammengesetzte Wörter abbilden, die aus dem GermaNet übernommen werden.

### Anforderungen

**Regelbasis:** Die Regeln, die dem Rechtsagenten für seine Entscheidungen zugrunde liegen, müssen in einem verständlichen und wartbaren Format vorliegen. Die Regeln greifen bei ihrer Anwendung auf die juristischen Begriffe in der Rechtsbegriffsontologie zu. Es liegt eine Beschränkung auf wenige Regeln aus einem klar abgegrenzten Gebiet vor, dem Vertragsrecht, das aber trotzdem eine gewisse Komplexität aufweist, wenn dieses Rechtsgebiet in Regeln umgesetzt werden muss. Die Regeln sollen in voneinander abgetrennte Module (Regelsets) eingeteilt werden können, um die Wartung der Regeln zu erleichtern und dem Benutzer detaillierte Informationen über einzelne Teilbereiche der juristischen Prüfung liefern zu können. Ausnahmen müssen unterstützt werden.

#### Aufbau der Regeln:

Die Regeln an sich bestehen aus Termen und Fakten.

*Terme:* „Begriffe“ sind Objekt der realen Welt oder unser Vorstellung.

*Fakten:* „Fakten“ stellen die Beziehungen zwischen diesen Objekten dar. (Vergleichbar mit Entitäten und Beziehungen in einem Entitäten-Beziehungs-Modell)

*Regel:* Eine Regel stellt eine Beschränkung (constraint), Bedingung oder Abhängigkeit dar. Eine Regel besteht immer aus zwei Teilen: Einer Aussage (wahr oder falsch) (when) und einer Anweisung. Die Anweisung ist nur dann auszuführen, wenn die Aussage wahr ist (then).

*Aussage:* Prämisse (Voraussetzung) → Konklusion (Schlussfolgerung)

Eine Aussage kann durch einen Aussagesatz ausgedrückt werden. Damit wird eine Feststellung über einen Sachverhalt getroffen. Aussagen können Prämissen oder Konklusionen sein:

Ein Beispiel dafür ist: Aus „Alle Menschen sind sterblich“ und „Sokrates ist ein Mensch“ folgt „Sokrates ist sterblich“. Die Aussagen „Alle Menschen sind sterblich“ und „Sokrates ist ein Mensch“ sind dabei die Prämissen, die Aussage „Sokrates ist sterblich“ ist die Konklusion.

**Regeleditor:** Es wird keine Wissenserwerbskomponente in Form eines eigenständigen Regeleditors erstellt. Die Regeln sollen in einem Format vorliegen, das mit einem üblichen Editor-Programm bearbeitet werden kann.

**Interaktionsfähigkeit:** Der Rechtsagent soll während der Prüfung nicht mit dem Benutzer interagieren müssen. Von der Eingabe bis zur Ausgabe soll die Prüfung ohne Unterbrechung ablaufen.

**GUI:** Der Rechtsagent verfügt wie auch der Vertragsagent über eine GUI, um mit dem Benutzer bei Bedarf interagieren zu können (siehe Abbildung 53). Der Benutzer kann beispielweise über das Ergebnis der rechtlichen Überprüfung seines abzuschließenden Vertrags benachrichtigt werden.

**Ruleengine** Bei der Entwicklung des Rechtsagenten soll auf eine bestehende Inferenzmaschine zurückgegriffen, also eine der auf dem Markt existierenden Shells<sup>5</sup> verwendet werden [Jack89].

### **Bestehende juristische Expertensysteme:**

Es wurden in der Vergangenheit schon verschiedene Versuche gemacht, juristische Expertensysteme zu erstellen, um bestimmte juristische Probleme lösen zu können. Dabei sind besonders die folgenden zwei erwähnenswert:

- **D3:** Die an der Universität Würzburg entwickelte Shell D3 wurde zwar nicht speziell für den juristischen Einsatz konstruiert, stellt aber die Grundlage des entwickelten juristischen Expertensystems SaarCurA (Saarbrücker Computerunterstützung zur Prüfung urheber-

---

<sup>5</sup> Bei einer Shell handelt es sich um das Grundgerüst eines Expertensystems ohne die Wissensbasis. Bei regelbasierten Systemen verwendet man oft den Begriff rule engine synonym. Siehe auch Jackson S. 322 f, Gonzalez S. 43

rechtlicher Abkommen) dar [Bohr03]. Herausragend an D3 ist die graphische Wissenserwerbskomponente, mit der bequem und übersichtlich das Expertenwissen eingegeben werden kann. Mit D3 steht außerdem eine moderne webbasierte Bedienungs Oberfläche für den Einsatz des Expertensystems zur Verfügung. [D3We12]

- **JUREX:** JUREX wurde entwickelt, um rechtliche Fälle schnell und fehlerfrei bearbeiten zu können, und um Gesetzesentwürfe auf Fehlerfreiheit zu prüfen. Es verwendet dabei einfache aussagenlogische Regeln, erweitert um Rechenoperationen. Als Vorteil von JUREX gibt der Hersteller an, dass beliebig große Wissensbasen verwaltet werden können. Außerdem sei die Regelsprache mächtig genug, um jede mögliche rechtliche Regelung formalisieren zu können. [Jure14]

Beide Systeme sind jedoch für unsere Zwecke nicht zu gebrauchen, da sie eine andere Vorgehensweise verfolgen. Erstens basieren die umgesetzten Regeln bei diesen Systemen auf Entscheidungsbäumen, die dem Urteilsfindungsprozess eines Juristen nachempfunden sind. Dadurch ist das System aber stark fallbasiert und schränkt die an das System stellbaren Anfragen ein. Auch stellen die Regeln die Entscheidungen dar, die ein Jurist in einer bestimmten Situation fällt, und nicht das Gesetz an sich. Zweitens sind diese Systeme stark interaktionslastig. An den Benutzer wird nacheinander eine Vielzahl von Fragen gestellt, die sich teilweise erst durch die Anwendung einer Regel ergeben. Im vorliegenden System soll aber die Anfrage ohne Interaktion stattfinden. Schließlich verhindert ein ganz praktisches Problem die Verwendung dieser Systeme: Es handelt sich um monolithische Programme, die daher nicht integrierbar sind.

### **Regelbasierte Expertensystem-Shells:**

**Auswahlkriterien:** Im Hinblick auf die Eignung von Shells für die Ruleengine sind folgende Kriterien von Bedeutung:

- **Plattform:** Die Shell soll in den elektronischen Marktplatz integrierbar sein. Sie muss daher plattformunabhängig ausgelegt sein und eine Schnittstelle anbieten, um über Java-Funktionsaufrufe gesteuert werden zu können.

- **Wissensbasis:** Die Shell muss ausreichend komplex strukturierte Regeln erlauben um juristische Sachverhalte umzusetzen.

- **Sonstiges:** Eine detaillierte Dokumentation der Shell ist wichtig, um die Anbindung und die Erstellung der Regeln zu erleichtern.

Folgende Anforderungen sind nicht zwingend, aber wünschenswert:

- **Regelformat:** Die meisten Shells haben ein eigenes, einfaches Klartextformat für die Regeln. Diese sind nicht zueinander kompatibel. Die Unterstützung eines standardisierten Regelformates wie RuleML, BRML oder DAML erleichtert einen eventuellen Umstieg auf eine andere Shell.

- **API:** Für Ruleengines gibt es in der Java-Plattform eine standardisierte Schnittstelle, die von der verwendeten Engine abstrahiert<sup>6</sup>. Man verhindert somit, sich von einer Shell abhängig zu machen, und kann später leicht eine andere Engine verwenden, ohne viele Änderungen am bestehenden Code machen zu können.

Von den derzeit verfügbaren Shells sind vor allem die folgenden drei interessant. Sie zeichnen sich durch eine weite Verbreitung und allgemeine Verwendbarkeit aus.

- **CLIPS:** CLIPS (C Language Integrated Production System) wurde 1985 von der NASA entwickelt und ist frei verfügbar. Die Regeln basieren auf Prädikatenlogik, durch sogenannte FRAMES lassen sich objektorientierte Fakten verwenden. Es gibt viele nützliche Erweiterungen zu CLIPS, ein Beispiel ist FuzzyCLIPS, womit sich Fuzzy Logic verwenden lässt. Die Regeln werden in einer einfachen, LISP-artigen Syntax geschrieben. Die Inferenz in CLIPS ist datengetrieben. CLIPS ist ein ausgereiftes und gut dokumentiertes System, das allerdings auf C basiert. [Rile13]

- **Jess:** Jess ist eine Neuimplementierung von CLIPS in Java und diesem äußerst ähnlich. Die Regeln haben fast die gleiche Form wie in CLIPS, zusätzlich wird ein eigenes XML-Format unterstützt. Es gibt eine eigene JAVA-API und eine Implementierung der JSR 94 API. Besonders bemerkenswert ist, dass Jess Java-Objekte als Fakten benutzen kann. Als Inferenzmechanismus wird sowohl der datengetriebene RETE-Algorithmus als auch Rückwärtsverkettung unterstützt. Auch für Jess gibt es eine Fuzzy-Logic-Erweiterung. Jess ist inzwischen sehr weit verbreitet, gut dokumentiert und für den wissenschaftlichen Einsatz kostenlos verfügbar. [Jess13]

- **Jboss Rules (früher: Drools):** Das frei verfügbare Jboss Rules hat sich inzwischen zu einer Alternative zu Jess entwickelt. Wie dieses ist es in Java implementiert und unterstützt JSR 94. Zur Inferenz wird ein modifizierter RETE-Algorithmus verwendet, als Regelformat kommt ein eigenes textbasiertes Format oder XML zum Einsatz. Auch Jboss Rules unterstützt

---

<sup>6</sup> Diese ist in der JSR 94 spezifiziert

Java-Objekte als Fakten. Leider ist die Dokumentation von Jboss Rules im Moment noch mangelhaft. [Hoch07] [Droo14]

**Auswahl:** Die in Frage kommenden Optionen sind Jboss Rules und Jess. Jess ist ausgereifter und bietet eine gute Dokumentation. Jboss Rules ist frei verfügbar, aber noch im Entwicklungsstadium und nicht so gut dokumentiert. Daher soll für die vorliegende Arbeit als Ruleengine für den Rechtsagenten Jess verwendet werden.

## Jess

Es folgt eine Beschreibung der wesentlichen Komponenten der Shell und ihrer Eigenschaften.

*Wissensbasis:* Die Wissensbasis von Jess besteht aus Regeln und Fakten. Die Regeln und Fakten greifen auf die juristischen Begriffe zu, die in der Rechtsbegriffsontologie modelliert sind. Die Regeln sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in Module aufgeteilt. Die Regeln eines Moduls können dabei getrennt von den Regeln anderer Module auf die Fakten angewendet werden.

Bei den Fakten selbst werden drei Arten unterschieden:

- *Einfache Fakten (ordered facts ):* Diese entsprechen im Prinzip logischen Prädikaten beliebiger Stelligkeit, mit denen man Aussagen wie beispielsweise „es\_regnet“ formulieren kann.

- *Strukturierte Fakten (unordered facts ):* Diese stellen Objekte mit benannten Attributen elementarer Typen dar, wie zum Beispiel „Haus: Baudatum=1976, Preis=250000“. Damit entsprechen strukturierte Fakten einer Variablen mit (den Attributen entsprechenden) Prädikaten.

- *Java-Fakten (shadow facts ):* Diese gleichen strukturierten Fakten, mit dem einzigen Unterschied, dass sie im Prinzip das Pendant zu einem Java-Objekt sind. Java-Fakten sollen die Anbindung der Jess-Engine aus Java heraus vereinfachen. Der Aufbau strukturierter Fakten muss vor ihrer Verwendung durch die Definition einer Schablone (template) definiert werden. Dabei werden die Attribute und mögliche Standardwerte angegeben. Ist die Schablone definiert, können nachher beliebig viele Fakten dieser Art mit unterschiedlichen Attributwerten zur Wissensbasis hinzugefügt werden. Für Java-Fakten generiert Jess diese Schablone aus der entsprechenden Klasse.



*Regeln:* Bei den Regeln wird in Jess die übliche Form von Produktionsregeln unterstützt, wobei im Rumpf auch Handlungen (z.B. Methodenaufrufe) durchgeführt werden können. Da in Jess, wie in den meisten Shells üblich, die Reihenfolge der Regelanwendung eine Rolle spielen kann, gibt es verschiedene Techniken, diese zu beeinflussen. Durch Zuweisung von Prioritäten (sogenannte salience values) können Regeln explizit vor anderen ausgeführt werden, und im Falle von Konflikten (wenn mehrere Regeln zum gleichen Zeitpunkt feuern können) lassen sich unterschiedliche Konfliktlösungsstrategien verwenden. Durch die Möglichkeit, Fakten zu ändern und zu löschen, lassen sich auch dynamische Systeme gut modellieren.

*Inferenzkomponente:* Wie die meisten modernen Shells verwendet Jess den vorwärtsverkettenden Rete-Algorithmus. Man kann aber bestimmte Regeln als rückwärtsverkettend deklarieren, wobei die Rückwärtsverkettung nur simuliert ist. In Diagnose-Systemen kann die Rückwärtsverkettung zur Steigerung der Effizienz eingesetzt werden, außerdem lässt sich mit ihrer Hilfe eine Dialogfähigkeit des Systems erzielen (indem vom Benutzer fehlende Daten erfragt werden).

*Erklärungskomponente:* Die Erklärungskomponente von Jess beschränkt sich darauf, dass man sich nach dem Ausführen der Inferenzkomponente die feuernden Regeln und hinzugefügten Fakten nacheinander anzeigen lassen kann.

*Dialogsystem:* Ein wirkliches Dialogsystem besitzt Jess nicht. Es gibt eine Kommandozeilen-Schnittstelle, die aber eher für Test- und Entwicklungszwecke als für den produktiven Einsatz geeignet ist. Die Kommunikation zur Shell läuft im Normalfall über die API, sodass man die zur Benutzerinteraktion nötigen Komponenten selbst entwickeln muss.

*Wissenserwerbskomponente:* Jess bietet keine ausgefeilte graphische Wissenserwerbskomponente wie kommerzielle BRMS. Regeln und Fakten können in Text- oder XML-Dateien gespeichert werden, oder direkt über die API zur Wissensbasis hinzugefügt werden.

## **11.9 Zusammenspiel von Inferenzkomponente und Rechtsbegriffsontologie**

Im Folgenden wird das Zusammenspiel der Inferenzkomponente und der Rechtsbegriffsontologie an einem einfachen Beispiel illustriert.

*Handelsgeschäfte* sind Rechtsgeschäfte zwischen Kaufleuten, die zum Betrieb eines Handelsgewerbes gehören. Um ein *Verbrauchergeschäft* handelt es sich immer dann, wenn es ausschließlich zu privaten Zwecken abgeschlossen wird.

Aus juristischer Sicht ist es daher relevant zu wissen, ob der Verkäufer eine juristische oder eine natürliche Person ist. Denn nur dann kann bestimmt werden, ob es sich um ein Handelsgeschäft oder um ein Verbrauchergeschäft handelt. Bei einem Verbrauchergeschäft gelten unter anderem andere Verzugszinssätze und Widerspruchsfristen.

| <b>Regelanwendung:</b>  | <b>Ontologie:</b>   |
|---|---|
| <i>Verbrauchergeschäft (true / false)</i><br><i>Bedingung: Erklärung ist Angebot UND (personN ist Verbraucher) UND (personA ist Unternehmer)</i>  | Überprüfung der Personen um zu entscheiden, ob es sich um ein Verbrauchergeschäft handelt oder nicht. Bedingungen dafür sind: Person des Nachfragers: ist Verbraucher und Person des Anbieters: ist Unternehmer |
| <i>Zwischenergebnis 1: personN ist Verbraucher (true / false)</i><br><i>Bedingung: (personN ist natürlichePerson) UND (geschaefzszweck ist Verbraucher)</i>                               | Zunächst muss geprüft werden, ob die Person ein Verbraucher ist. Dafür muss zum einen der Nachfrager eine natürliche Person sein und sein Geschäftszweck muss Verbraucher sein.                                 |
| <i>Bedingung: (1) personN ist natürlichePerson</i>  | Zuordnung innerhalb der Ontologie: es gibt juristische Personen und natürliche Personen. Hier ist die Person eine natürliche Person.  |
| <i>Bedingung: 2) geschaefzszweck ist Verbraucher Nachfrage</i><br><i>GUI_N: Zweck des Geschäfts (selbst): gewerblich / selbständig beruflich?</i>   | Zuordnung innerhalb der Ontologie: Geschäftszweck kann entweder privater Eigenbedarf oder gewerblicher / selbständiger Bedarf sein. Hier handelt es sich um privaten Eigenbedarf.                               |
| <i>Zwischenergebnis 2: personA ist Unternehmer (true / false)</i>   | Zuordnung innerhalb der Ontologie: Überprüfung des Geschäftszweckes.  |
| <i>Nachfrage GUI_N: Zweck des Geschäfts (Geschäftspartner): gewerblich / selbständig beruflich?</i><br>=> wenn true: Unternehmer = true => erfordert Rückfrage beim Anbieter (bzw. Agent) | Nachdem der Nachfrager beim Agenten des Anbieters erfragt hat, ob er gewerblich bzw. selbständig agiert, kann bei einer positiven Antwort der Begriff „Unternehmer“ innerhalb der Ontologie zugeordnet werden.  |

In der Inferenzkomponenten werden die Regeln modelliert. In den Regeln der Inferenzkomponente werden verschiedene juristische Begriffe verwendet. Die Regeln spiegeln juristische Entscheidungen wider. Begriffe, die in den Regeln vorkommen, sind auch als Konzept oder Eigenschaft in der Rechtsbegriffsontologie angelegt, da diese das grundlegende Datenmodell auch für die JESS-Komponente ist. Diese Ontologie, hier im

speziellen eine Rechtsbegriffsontologie, dient im Ablauf des Vertragsschlusses dazu, an den rechtlich relevanten Stellen mit der JESS-Ruleengine eine Subsumtion, unter Zugriff auf die Ontologie, anhand der modellierten Regelbasis vorzunehmen können. Somit wird die rechtliche Einordnung und Bedeutung der Begriffe bei der Abarbeitung der Regeln in der Ontologie überprüft und ausgewertet.

Da diese beiden Systeme, die Inferenzkomponente und die Rechtsbegriffsontologie nicht direkt miteinander verbunden sind, müssen diese über eine Schnittstelle miteinander verbunden werden. Denn die Regeln aus der Inferenzkomponente müssen, wenn ein Rechtsbegriff in der Regel verwendet wird, auf die Begriffe in der Rechtsbegriffsontologie zugreifen können. Denn nur dann kann die juristische Bedeutung anhand der Einordnung und Bedeutung in der Ontologie überprüft und im Anschluss in der Ruleengine anhand der entsprechenden Regel ausgewertet werden.

Daher wird im folgenden Kapitel die Verfeinerung der Architektur aus Abbildung 78 dargestellt (Abbildung 92). Diese Verfeinerung ist notwendig, da die Inferenzkomponente über die verschiedenen Regeln verfügen muss und auch der Zugriff auf die Rechtsbegriffsontologie gewährleistet sein muss.

Im folgenden Sequenzdiagramm (Abbildung 91) ist zunächst der Ablauf der Aktivitäten zwischen dem Vertragsagenten, dem Rechtsagenten und der Ruleengine Jess dargestellt. In diesem Sequenzdiagramm wird das bestehende Sequenzdiagramm (Abbildung 44) erweitert. Der Vertragsagent des Nachfrager bzw. des Anbieters erteilt dem Rechtsagenten den Auftrag einen bestimmten Prüfschritt vorzunehmen. Die Bearbeitung solch eines einzelnen Prüfschrittes ist im folgenden verfeinerten Sequenzdiagramm dargestellt. Der prinzipielle Ablauf der Angebotsvorprüfung, der Annahmeverprüfung und der Schlussprüfung ist der gleiche. Nur die Regeln sind jeweils unterschiedlich.

Der Vertragsagent (Anbieteragent/Nachfrageragent) hat den Wunsch (desire) nach einer Rechtsberatung und ruft den Rechtsagenten auf. Der Rechtsagent übernimmt die Auswahl der notwendigen Prüfschritte in einem Filter. Der Rechtsagent erfragt Empfehlungen und übergibt diese an die Schnittstelle des Ruleengine Jess. In Jess werden anhand der hinterlegten Pläne (plans) Empfehlungen generiert und dann wiederum an den Rechtsagenten zurück übergeben. Diese Empfehlungen werden den bestehenden Absichten (intentions) zugefügt. Die Empfehlungen werden dann zur Überprüfung mit Hilfe juristischer Regeln zur Ruleengine Jess übergeben. Innerhalb der Ruleengine erfolgt im Anschluss die rechtliche Prüfung und das Ergebnis wird wiederum an den Rechtsagenten

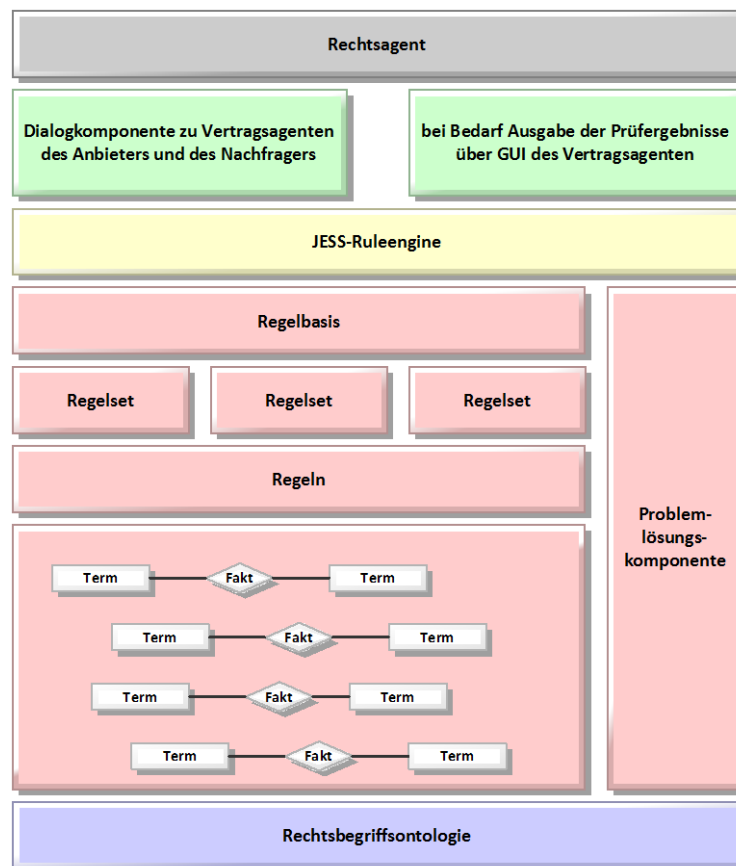
zurückübergeben. Die Ausgabe der Ergebnisse der Prüfung kann auch bei Bedarf über eine GUI erfolgen. Die internen Schlussfolgerungen und die Fakten über den nun erreichten aktuellen Zustand werden im nächsten Schritt an das Weltwissen (beliefs) des Rechtsagenten übergeben. Somit kann der Rechtsagent überprüfen, ob eine Anpassung der Wissensbasis bzw. der Ontologie notwendig geworden ist. Gegebenenfalls kann daraufhin die Ontologie angepasst werden (beliefs revision). Somit kann der BDI Rechtsagent unter Zuhilfenahme der Ruleengine Jess die Abarbeitung der juristischen Überprüfungen, die für den Vertragsschluss relevant sind, übernehmen.



Abbildung 91 Sequenzdiagramm Rechtsagent Jess

## 11.10 Umsetzung des Rechtsagenten

Die Ausführungen in Kapitel 10.9 legen nahe, dass die die Architektur aus Abbildung 77, insbesondere die Regelbasis, noch verfeinert werden muss. Die weitere Umsetzung des Rechtsagenten folgt im Wesentlichen der Architektur aus Abbildung 77, die hier in der nachstehenden Abbildung 92 noch verfeinert wird [DiLR07].



**Abbildung 92 Verfeinerte Architektur des Rechtsagenten**

*Regelbasis:* Die Regelbasis enthält alle Regeln, die für die Lösung eines bestimmten Problems benötigt werden und eine inhaltliche Einheit bilden. Die Regeln selbst sind in einer separaten Jess-Regeldatei gespeichert und können somit unabhängig vom System des elektronischen Marktplatzes geändert werden. Die Regeln werden in verschiedene thematische Module eingeteilt, die einzeln abgearbeitet werden und auch separat ausgewertet werden. Die Regeln wiederum können zu Regelsets zusammengefasst werden. In einer Regelbasis steht mindestens ein Regelset zur Verfügung. Regelsets können beispielsweise für bestimmte rechtliche Themen oder bestimmte Gesetze verwendet werden. Die Regelsets dienen also der Übersichtlichkeit.

Unverändert ist die zu modellierende Ontologie als Wissensbasis in der untersten Ebene der Architektur vorgesehen. Auch unverändert verfügt der Rechtsagent über eine Dialogkomponente, um mit dem Vertragsagenten des Anbieters bzw. des Nachfragers kommunizieren zu können. Bei Bedarf kann die Ausgabe der Prüfergebnisse der rechtlichen Überprüfungen über die GUI des Vertragsagenten mit ausgegeben werden.

*Architektur:* Um die Integration im elektronischen Marktplatz zu erleichtern, wird der Rechtsagent in zwei Teile geteilt: Den Rechtsagenten-Agenten-Dienst und die Rechtsagenten-Jess-Schnittstelle. Die Rechtsagenten-Jess-Schnittstelle ist dabei insofern unabhängig, als dass sie die prinzipiellen Werkzeuge und Methoden zur Verfügung stellt, ein Expertensystem mit Jess in den elektronischen Marktplatz zu integrieren. Dazu gibt es einerseits Methoden, die Jess-Engine zu steuern, andererseits werden Funktionen angeboten, Objekte aus dem verwendeten Datenmodell als Fakten in Jess hinzuzufügen. Der Agentendienst selbst verwendet diese Schnittstelle, um die verwendeten Daten (den Vertrag und seine Bestandteile) in Jess als Fakten hinzuzufügen, die rechtlichen Regeln darauf anzuwenden und die Ergebnisse an den Aufrufer (den Vertragsagenten) zurückzuliefern. Der Agentendienst wird dabei (direkt oder über ein Netzwerk) vom Vertragsagenten im entsprechenden Teilprozessschritt aufgerufen. Bei Bedarf kann eine graphische Benutzeroberfläche indirekt (über ein Rückgabe-Objekt) auf die Ergebnisse des Rechtsagenten-Dienstes zugreifen und die Ergebnisse für den Benutzer in der GUI des Vertragsagenten darstellen. (Abbildung 93)

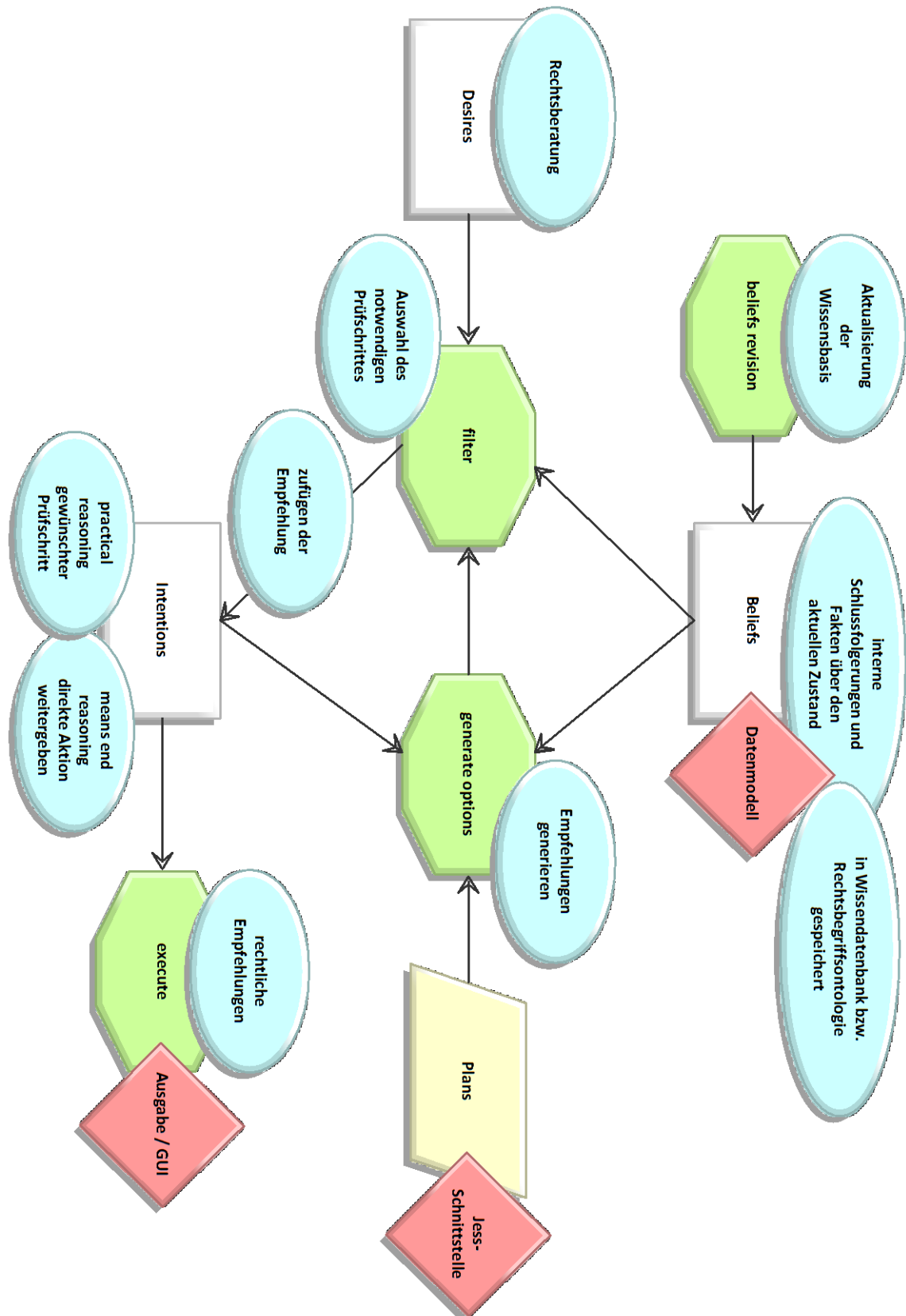
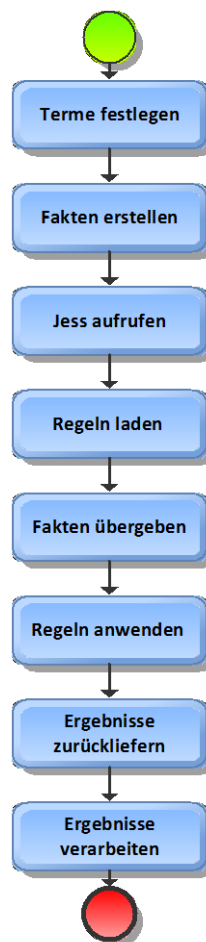


Abbildung 93 Architektur Rechtsagent mit Jess Schnittstelle



Innerhalb des Rechtsagenten werden zunächst verschiedene relevante Terme (Objekte) festgelegt. Im Anschluss werden die relevanten Fakten (Beziehungen) zwischen diesen Objekten festgelegt. Die Auswertungsregeln greifen zur Auswertung auf diese Terme und Fakten zurück. Wenn nun Jess aufgerufen wird und eine bestimmte Anfrage des Rechtsagenten geklärt werden soll, dann müssen die entsprechenden relevanten Regeln geladen werden. Die Fakten, die den Zusammenhang der Terme darstellen, werden an die Regeln übergeben. Die Regel wird angewendet und das Ergebnis wird zurückgeliefert. Dieses Ergebnis wird dann je nach Anfrage weiterverarbeitet. (Abbildung 94)



**Abbildung 94 Ablauf Anfragebearbeitung**

Der Rechtsagent ist eine Art „abgemagertes“ juristisches Expertensystem mit einer regelbasierten Architektur. Der Vertragsagent kann während des Ablaufs des Auftragsabwicklungsprozesses den Rechtsagenten nach seinem rechtlichen Rat befragen.

Der Rechtsagent ist ein Agent, der auf das Vertragsrecht spezialisiert ist. Daher kann ein Rechtsagent auch von mehreren Marktteilnehmern verwendet werden und muss nicht wie der Vertragsagent direkt einem menschlichen Besitzer zugeordnet werden können, sondern steht als Dienstangebot innerhalb des Spotmarktes den juristischen Laien bzw. dem Vertragsagenten zur Verfügung. Es ist sogar sinnvoll, dass die Rechtsagenten von Juristen zur Verfügung gestellt werden, da die Wissensbasis aktuell gehalten werden muss und eine mögliche Gesetzesänderung zeitnah umgesetzt werden muss.

## 12 Bezahlssystem/e-Payment

Die Umsetzung der Prozessschritte „Bezahlung wird erwartet“ und „Strom wird bezahlt“ (Abbildung 95) wird in diesem Kapitel beschrieben. Die Bezahlung muss, um einen spontanen Auftragsabwicklungsprozess unterstützen zu können, kurzfristig erfolgen. Daher werden zunächst in diesem Kapitel verschiedene Zahlverfahren im E-Business vorgestellt und deren Eignung beurteilt. Des Weiteren werden die Anforderungen, die Konzeption und die Umsetzung eines leichtgewichtige Bezahlprozess für den Verkauf bzw. Kauf von dezentral erzeugtem Strom durch einen elektronischen Marktplatz beschrieben.



Abbildung 95 Bezahlprozess in Auftragsabwicklungsprozess

### 12.1 Grundlagen: Bezahlssysteme/e-Payment

Der Erfolg des elektronischen Handels hängt wesentlich von den Bezahlmöglichkeiten ab. Allerdings haben Verkäufer und Käufer sehr unterschiedliche Anforderungen. Der *Verkäufer* möchte ein möglichst geringes Ausfallrisiko und möglichst geringe Kosten haben. Verkäufer bevorzugen daher die Zahlweise Vorkasse und Nachnahme. Der *Käufer* möchte im Gegensatz dazu eine sichere und möglichst einfache Bezahlmöglichkeit. Beliebte ist die Zahlung per Kreditkarte oder Lastschriftverfahren. In den letzten Jahren haben sich verschiedene Zahlverfahren entwickelt. Diese werden nach den folgenden Kriterien unterschieden: *Transaktionshöhe* und *Zeitpunkt der Geldübertragung*. (Abbildung 96)

*Transaktionshöhe:*

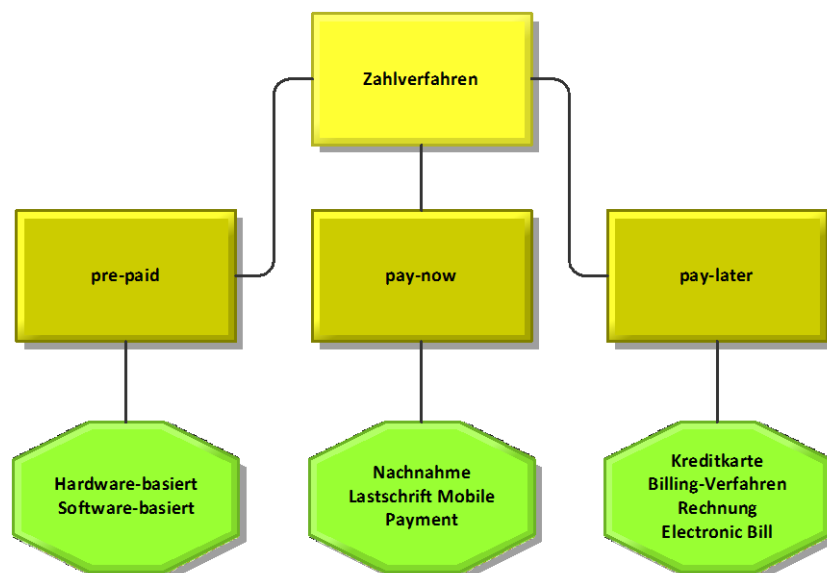
- Nano-Payment: (0,001-0,1 €)
- Micro-Payment: (0,1-5 €)
- Medium-Payment: (5-1000 €)
- Macro-Payment: (>1000 €)

*Zeitpunkt der Geldübertragung:*

- pre-paid: Geldübertragung vor dem eigentlichen Kauf (*Wertkarten* mit einem bestimmten Wert)
- pay-now: *Nachnahme-Verfahren*, sichert durch einen gleichzeitigen persönlichen Austausch der Ware und der Zahlung den Verkäufer und den Käufer zugleich. Allerdings fallen meist Zusatzkosten an. Dieses Verfahren ist nicht für digitale Güter anwendbar, da ein digitales Gut nur eingeschränkt persönlich übergeben werden kann, da der Käufer im Moment der Übergabe keine direkte technische Prüfung vornehmen kann.

Beim *Lastschriftverfahren* werden die Geldbeträge direkt vom Käuferkonto abgebucht. Allerdings muss dann eine dritte Partei dazwischengeschaltet werden, die die Abbuchung im Auftrag des Verkäufers vornimmt.

- pay-later:
  - Bezahlung per *Kreditkarte*. Dies ist die häufigste Zahlungsmethode im Internet. Allerdings haben viele Käufer Sicherheitsbedenken.
  - *Inkasso-Systeme* wie beispielsweise ClickandBuy.
  - *Rechnung* als bewährtes Verfahren, allerdings für den Verkäufer mit Risiken verbunden, da er den Zahlungseingang selbst überprüfen und ggf. durchsetzen muss.
  - *Electronic Bill Presentment and Payment (EBPP)* sind Rechnungen, die per Mail als PDF verschickt werden und vom Kunden wie eine per Post eingehende Rechnung bezahlt werden. [ScKr10]



**Abbildung 96 Zahlverfahren im Internet nach Zeitpunkt der Geldübertragung [ScKr10]**

## **12.2 Anforderungen an ein Bezahlssystem/e-Payment**

Im vorliegenden Szenario einer Handelsplattform für einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom verkaufen Privatpersonen Strom an Privatpersonen. Da es für diese privaten Verkäufer sehr schwer ist, vor allem bei einem ersten Kundenkontakt zu beurteilen, ob der Käufer vertrauenswürdig ist, muss ein Bezahlssystem mit in das Geschäftsmodell des Verkäufers integriert werden.. Am besten wäre ein Bezahlssystem, das bei kurzfristigen Verträgen eine zeitgleiche Bezahlung zum Bezug des Stromes ermöglicht. Das Bezahlssystem sollte also aus dem Bereich pay-now stammen. Pre-paid und pay-later erscheinen nicht geeignet, da diese Bezahlverfahren auf dem Prinzip der Vorauszahlung bzw. auf einer Rechnungsstellung beruhen und dies kaum in einen spontanen Prozess integriert werden kann.

Die Bezahlung sollte mit einfachen Mitteln ermöglicht werden, so dass keine Barriere durch die Bezahlung entsteht und somit die Teilnahme erschwert wird. Auch sollte das Bezahlssystem die Sicherheit bieten, dass der Käufer auch wirklich über ein Guthaben in Höhe des Kaufpreises verfügt und der Verkäufer sicher sein Geld erhält. Dies ist eine sehr wichtige Anforderung für die Akzeptanz des Marktplatzes, denn das Gut, der Strom, wird vom Käufer verbraucht und kann nicht wieder zurückgefordert werden, falls die Bezahlung nicht erfolgt. Der Verkäufer hat als Privatperson auch nur eingeschränkte Möglichkeiten, Informationen über die Reputation des Käufers zu erhalten. Das Bezahlssystem muss ein an Banken angeschlossenes System sein, so dass die Person des Zahlers identifiziert werden kann und die Zahlung auch eindeutig dem Empfänger zugeordnet werden kann.

Die Bezahlung sollte zur Vereinfachung direkt in den Auftragsabwicklungsprozess mit integriert werden. Daher sollte das Bezahlssystem eine Automatisierung in der Form zulassen, dass diese durch den Vertragsagenten des Verkäufers und des Käufers mit abgewickelt werden kann. Vor allem für den Abschluss von kurzfristigen Stromverträgen ist eine automatisierte Abwicklung von hoher Relevanz, so dass ein medienbruchfreier Auftragsabwicklungsprozess abgearbeitet werden kann.

Wichtige Anforderungen an ein pay-now Bezahlssystem sind daher:

- Einfache Handhabung
- Schnelle Abwicklung
- Automatisierte Abwicklung
- Sichere Transaktion
- Neutraler Dritter (z.B. Banken)

### **12.3 Konzeption eines leichtgewichtigen Bezahlsystems**

Bankenbezahlssysteme, wie beispielsweise Onlineüberweisung, sind in der Hinsicht eingeschränkt, dass die Gutschrift des Geldes erst am nächsten Arbeitstag erfolgt. Daher ist es notwendig, eine andere Art der Bezahlung, die zunächst unabhängig von Bankinstituten ablaufen kann, zu entwickeln. Das Bezahlssystem muss natürlich trotzdem einen sicheren Mechanismus anbieten, so dass sichergestellt ist, dass das Geld auch angekommen ist. Vor allem aber muss das Bezahlssystem die Möglichkeit bieten, dass es in den Vertragsagenten integriert werden kann und dieser somit die Schritte der Bezahlung bzw. des Zahlungsempfangs aus dem Auftragsabwicklungsprozess unterstützen kann.

Die Anforderungen an ein Bezahlssystem werden beispielsweise von einem Telefonie-basiertem Bezahlssystem erfüllt. Denn eine Rufnummer (Festnetznummer, Handynummer) ist eindeutig einem Besitzer zuzuordnen. Es muss allerdings vorausgesetzt werden, dass jeder Verkäufer und Käufer über ein Smartphone oder über einen Festnetzanschluss und einen PC verfügt. Das Konzept des Bezahlsystems basiert auf der technischen Idee der Rufnummernübermittlung. Die Rufnummernübermittlung muss durch das Telefonie-basierte Bezahlssystem unterstützt werden. Ein Telefonie-basiertes Bezahlssystem kann durch die Unterstützung eines Call-Moduls auch eine automatisierte Abwicklung der Bezahlung zur Verfügung stellen. Somit können durch die Verwendung eines Telefonie-basierten Bezahlsystems unter Zuhilfenahme eines Call-Moduls die Schritte der Bezahlung und des Zahlungsempfangs beim Ablauf des Auftragsabwicklungsprozesses unterstützt werden. Die Bezahlung per Smartphone oder durch ein anderes internetfähiges Endgerät kann als einfach und schnell angesehen werden. Daher soll ein moderneres Verfahren, die Bezahlung per Smartphone oder über ein anderes internetfähiges Endgerät, verwendet werden.

Auf dem Markt steht eine Vielzahl an Telefonie-basierten Bezahlssystemen zur Verfügung. Allerdings erfüllt keines der existierenden Systeme (beispielsweise google Wallet [goog14], NFC Chips [infi14] im Handy) die Anforderungen vollständig. Entweder muss ein Chip im verwendeten Handy integriert sein oder der Käufer muss zunächst eine Software auf seinem Handy installieren. Daher muss ein Bezahlverfahren entwickelt werden, das weder einen Chip benötigt noch die Installation einer Software beim Käufer vorsieht und trotzdem das Prinzip der Rufnummerübermittlung als Grundlage hat.

Das hier vorgestellte System wurde gewählt, da es einfach und effektiv in den Vertragsagenten des Käufers und des Verkäufers zu integrieren ist. Diese Arbeiten erfolgten

in Zusammenarbeit der Autorin mit der Firma *mobuy* der Mobuy Payment GmbH<sup>7</sup>. Die dabei entstandene Software für ein Telefonbezahlverfahren, wird inzwischen unter dem Namen „*mobuy payment*“ vermarktet [mobu14].

Das Bezahlverfahren über *mobuy* läuft im zwischenmenschlichen Bereich wie folgt ab. In einem ersten Schritt bekommt das einzukaufende Produkt über das Internet eine einmalige Telefonnummer zugewiesen. Ein beliebiger Warenkorb, im konkreten vorliegenden Fall der zu kaufende Strom, erhält vom *mobuy*-System eine eindeutige und drei Minuten gültige Festnetz-Rufnummer zugewiesen. In einem zweiten Schritt ruft der Käufer diese Nummer an, bestätigt den Anruf mit einem Sicherheits-PIN und hat damit das Produkt bezahlt. Der anrufende Käufer wird vom System anhand seiner eigenen Rufnummer identifiziert und bestätigt im Sprachmenü den Bezahlwunsch durch die Eingabe seiner persönlichen PIN. *Mobuy* zieht eine Lastschrift vom Bankkonto des Kunden ein und überweist den Betrag auf das Konto des Verkäufers. Somit hat der Käufer den Strom einfach durch einen Anruf bezahlt.

*mobuy* funktioniert mit jedem Telefon oder auch per Call-Modul (virtuelle Telefonanlage) ohne zusätzliche Installation und ist für Käufer „quasi“ kostenfrei. Für Verkäufer fallen geringe Transaktionskosten an. Die *mobuy*-Festnetznummer wird immer neu generiert und ist fest an einen Warenkorb mit dezentral erzeugtem Strom gebunden. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Daten des Käufers nicht an den Verkäufer übermittelt werden, so ist der Datenschutz gewährt. Der Verkäufer soll nur die Telefonnummer und die Lieferadresse, an die der Strom zu liefern ist, erfahren. Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass keine Bankdaten übers Internet übermittelt werden, sondern nur eine Festnetznummer, die auch nur kurze Zeit gültig ist.

Der Ansatz des *mobuy* Bezahlsystems muss nun noch in den Vertragsagenten integriert werden. Dabei kann jedes Endgerät mit Internetzugang die einmalige Festnetznummer, die dem Warenkorb zugeordnet ist, empfangen, so dass im Anschluss der Vertragsagent des Käufers die anzurufende Telefonnummer für die Bezahlung des zu verkaufenden Stroms, als Stellvertreter für den Benutzer, im Auftrag seines menschlichen Besitzers anrufen kann. Der Anruf wird vom Vertragsagenten angestoßen und dann von einem Call-Modul durchgeführt. Außerdem kann der Zahlungseingang mit einer Überprüfung durch den Vertragsagenten des Anbieters sichergestellt werden.

---

<sup>7</sup> <http://mobuy.de>

*Mobuy* als Dienstanbieter muss sich selbstverständlich an die Grundlagen des Bundesdatenschutzgesetzes und des Telemediengesetzes halten. Ein Dienstanbieter muss die personenbezogenen Daten der Nutzer nach den gesetzlichen Bestimmungen erheben, verarbeiten und nutzen.

In der folgenden Abbildung 97 wird der dazu notwendige leichtgewichtige Bezahlprozess anhand einer Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) dargestellt. Die Ereignisse sind passiv, das Startereignis löst den Bezahlprozess aus. Die Weiteren Ereignisse stellen die Features des Bezahlsystems dar. Die Funktionen sind aktiv. Diese werden vom Verkäufer, vom Käufer oder von den jeweiligen Agenten ausgeführt. Der Verkäufer muss, wenn er das Telefoniebasierte Bezahlssystem nutzen möchte, dieses einmal zu Beginn installieren. Außerdem muss der Verkäufer ein Call-Modul besitzen. Der Käufer benötigt, wenn sein Vertragsagent den Anruf beim Verkäufer zur Freischaltung der Transaktion übernehmen soll, ebenfalls ein Call-Modul. Der Vertragsagent des Käufers bzw. das Call-Modul übernimmt dann die Aufgabe, den Verkäufer anzurufen, und bewirkt somit die Auslösung des Zahlungsvorgangs. Das Call-Modul des Verkäufers empfängt den Anruf und somit kann die Bestätigung an den Vertragsagenten des Verkäufers erfolgen, dass der Strom bezahlt worden und die Lieferung des Stromes kann erfolgen.



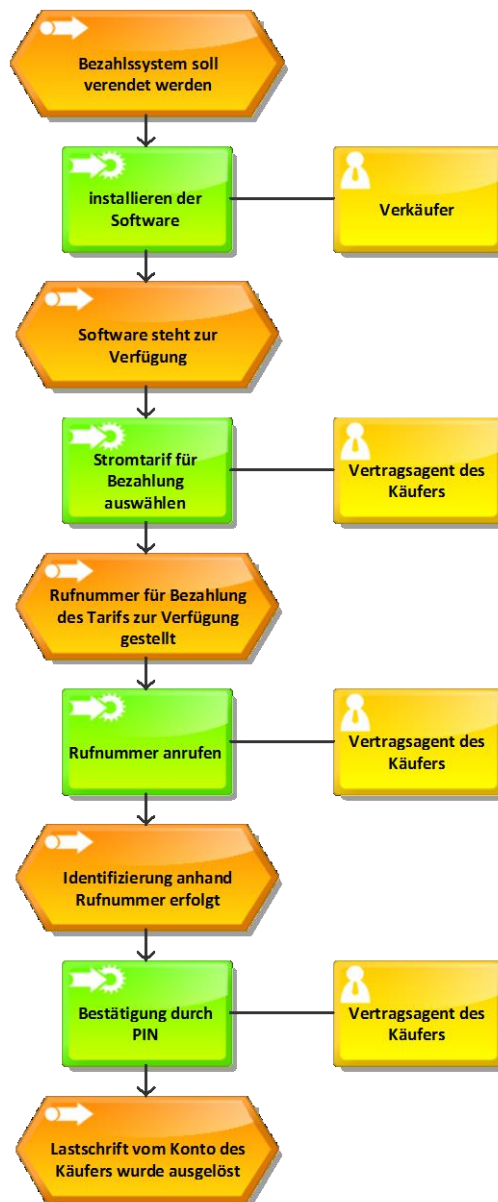
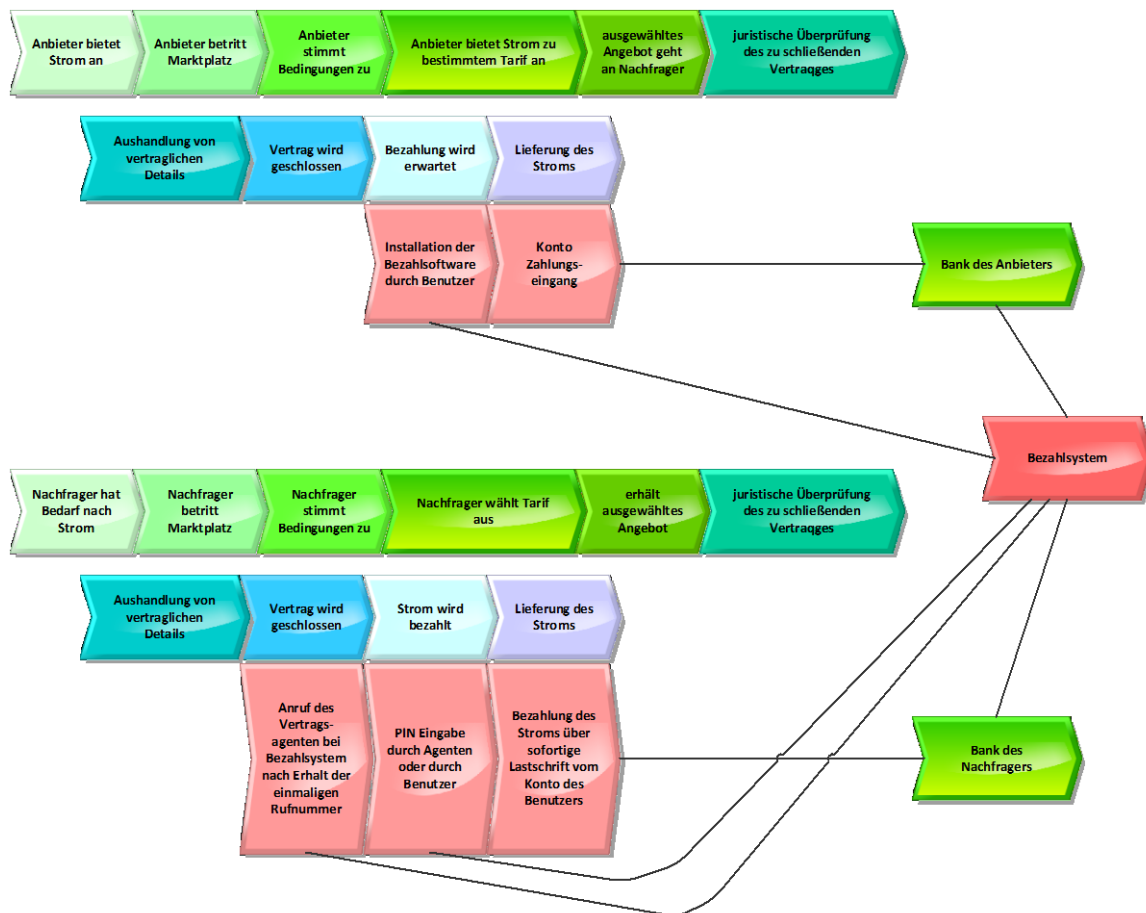


Abbildung 97 leichtgewichtiger Bezahlprozess

In Abbildung 98 wird dargestellt bei welchen Prozessschritten das Bezahlungssystem verwendet wird.



**Abbildung 98 Bezahlprozess im Zusammenspiel mit Auftragsabwicklungsprozess**

Die Voraussetzungen für die Telefonie-basierte Bezahlung sind gering. Für Käufer funktioniert die Bezahlsoftware ohne Software-Installation, es bedarf lediglich einer Online-Registrierung unter Angabe der Rufnummern, die für die Software eingesetzt werden sollen. Wie vorstehend beschrieben benötigt der Käufer eine Software, ein Call-Modul, die den Anrudivorgang übernimmt. Verkäuferseitig genügt die Installation des entsprechenden „Händler-Tools“ auf einem internetfähigen Endgerät. Ebenso benötigt der Verkäufer auch ein Call-Modul. Wenn eine Privatperson als Stromverkäufer agieren möchte, muss somit einmal die Software des Bezahlsystems und das Call-Modul ebenso wie die Software für den Vertragsagenten, installiert werden. Für das Erzeugen der Rufnummer für die Bezahlung und die eigentliche Transaktion der Bezahlung reicht eine aktive Internetverbindung aus, die aber sowieso vorhanden sein muss, damit die Agentenverhandlung im Marktplatz für dezentral erzeugten Strom stattfinden kann. Eine Parametrisierung durch die Verkäuferseite und die Käuferseite muss nicht weiter vorgenommen werden. Der Mensch muss zu keinem Zeitpunkt des Bezahlvorgangs

eingreifen. Es ist eine weitere Aufgabe des Vertragsagenten den Bezahlvorgang durch die Verwendung eines Call-Moduls bzw. des Zugriffes auf das Bezahlssystem durchzuführen. (Abbildung 99)



**Abbildung 99 Vertragsagent mit Zugriff auf mobuy Software und Software für automatisierte Anrufe (Call-Modul)**

### Fazit

Durch den Einsatz eines Telefonie-basierten Bezahlsystems ist die Anforderung A7 erfüllt. (A7: leichtgewichtiges Bezahlmodell)



## 13 Evaluierung

Eine Evaluierung muss systematisch, nachvollziehbar, begründet sein: Die Evaluation sollte gezielt vorgegebene Fragen beantworten und deren Ergebnisse systematisch festhalten. Es existieren zwei verschiedene Evaluationstypen

**Bilanzevaluation:** Hier geht es um die Ergebnisse der Arbeit: Was hat die Arbeit konkret geleistet? Was haben die Leistungen bewirkt? Bei der Bilanzevaluation wird sich selber und gegenüber Dritten Rechenschaft über die erbrachten Projektarbeiten und deren Erfolg abgelegt. Die Bilanzevaluation trägt somit zur Legitimation der Projektarbeit bei. Sie liefert wichtige Informationen, wenn es darum geht die Projektarbeit in der Öffentlichkeit sichtbar zu machen und auszuweisen.

**Prozess- oder formative Evaluation:** Im Zentrum steht der Verlauf des Projekts: Was läuft aus welchen Gründen gut? Was läuft warum schwierig? Bei dieser Art der Evaluation lassen sich Schwächen und Stärken des Projekts erkennen und begründen. Die verschiedenen Ergebnisse und Erkenntnisse geben Hinweise auf mögliche Verbesserungsmöglichkeiten.

Die Autorin hat mehrere Jahre innerhalb des Projektes SESAM mitgearbeitet und verschiedene umfassende Experimente mit Studierenden durchgeführt. Diese Ergebnisse werden im Folgenden für eine Bilanzevaluation verwendet.

### ***13.1 Forschungsprojekt SESAM***

Das Forschungsprojekt SESAM war seiner Zeit weit voraus, denn es beschäftigte sich lange vor der politischen Energiewende und der nachdrücklichen Umstellung der Energieversorgung auf regenerative Energien mit der lokalen Erzeugung und Nutzung von elektrischer Energie. Als Lösungsansatz wurde das Szenario Virtuelle Kraftwerke gewählt. Damit wollte man untersuchen, wie eine flächendeckende Versorgung mit finanzierbaren Energieanlagen sowohl in privaten Haushalten wie auch im kleineren und mittleren Gewerbe (z.B. mit Brennstoffzellen) aussehen könnte.

Motivation des Szenarios Virtuelle Kraftwerke war, das wichtige Anliegen zu unterstützen, dass dezentrale Einheiten, die Energie aus unterschiedlichen Quellen (z.B. Windkraft-, Solaranlagen) erzeugen, unterstützt werden. Diese Anlagen sind meist

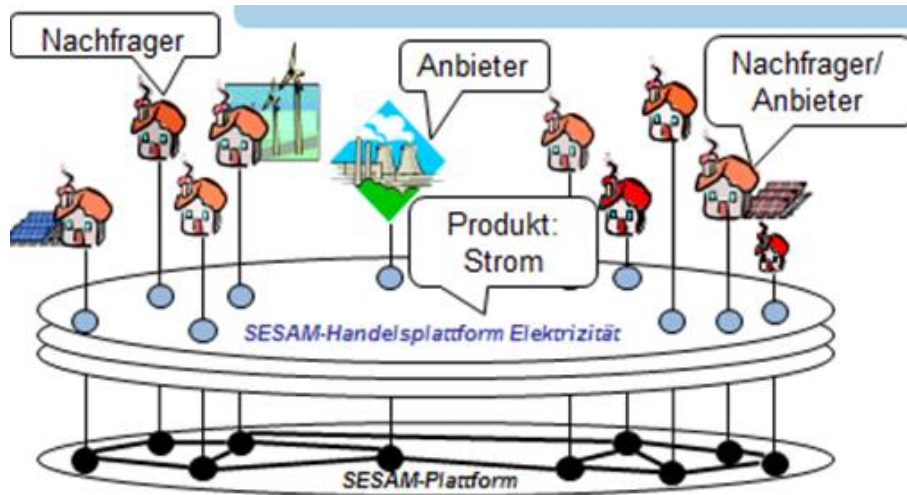
unterschiedlich ausgelastet und erfüllen auch noch weitere Aufgaben (z.B. Heizung, Warmwasser). Daher bedürfen diese dezentralen Einheiten einer Steuerung, so dass diese verbindenden Netze so gesteuert werden, dass sie den (z.T. spontan entstehenden) Bedarf durch direktes Einspeisen oder durch ein weiteres „Hochfahren“ und Einspeisen ihrer Energie befriedigen können. An der Schnittstelle zwischen EVU (oder anderen Betreibern solcher dezentraler, z.T. selbstorganisierender Energieverbände) und den Beteiligten waren vor allem auch Probleme der Tarifierung und der Abrechnung ungeklärt. [Sesa07]

Als technische Grundlage für Demonstrationen und Evaluationen entstanden im Projekt eine Peer-to-Peer-SESAM-Plattform und eine darauf aufbauende SESAM-Handelsplattform für Energie. Innerhalb dieser Handelsplattform wird Strom verkauft und gekauft. (Abbildung 100)

### ***13.2 Einschlägige Arbeiten in SESAM***

Die in der vorliegenden Arbeit entwickelten Ansätze entstanden als Ideen und Konzepte während des Projektes und wurden prototypisch implementiert und auf der Handelsplattform erprobt. Sie erwiesen sich sämtlich als vielversprechend, aber auch als dringend stärker zu vertiefen. Für die vertieften Ansätze stand leider die SESAM-Plattform nicht mehr zu Verfügung, so dass die Evaluierung nachfolgend auf die frühen Erfahrungen mit SESAM Bezug nehmen muss.

Im Rahmen von SESAM wurden Ansätze aufgezeigt, um eine automatische agentenbasierte Vertragsverhandlung und einen juristisch überprüften Vertragsabschluss zur Verfügung stellen zu können. Darauf basierend wurde im Rahmen einer Diplomarbeit wurde ein Web-Service basierter Vertragsdienst entworfen und implementiert. Dieser Vertragsdienst wurde in verschiedenen Experimenten getestet. [Schn04] Im Rahmen der Diplomarbeit wurde zudem auch der Vertragscontainer entwickelt, der alle vertragsrelevanten Daten abgespeichert hat. In SESAM wurden die Angebote zunächst nach dem Preis optimiert. Weitere Kriterien wurden in der Verhandlung ebenfalls auch schon in SESAM mit einbezogen. [Zhi06]



**Abbildung 100 Virtuelle Kraftwerke in SESAM [RNDB04]**

Die rechtssichere Verhandlung wurde beim Forschungsprojekt SESAM mit Hilfe eines Rechtsagenten (in SESAM als Rechtsmediator bezeichnet) unterstützt. Der Rechtsmediator war in der Lage, einige implementierte Regeln zur rechtlichen Überprüfung eines abzuschließenden Vertrages anzuwenden. Dabei wurde auf die Rechtsbegriffsontologie zugegriffen.

Ontologien als Wissensbasis zu verwenden, wurde zum einen im Marktbereich bereits in SESAM umgesetzt, aber auch ein Ausschnitt einer Rechtsbegriffsontologie wurde bereits bei SESAM entwickelt. Diese Rechtsbegriffsontologie wurde mit Hilfe der am Projekt beteiligten Juristen modelliert. Die Ontologie diente auch bei SESAM als Datenbasis für die Ruleengine. [Hoch07] Die Abarbeitung von einigen Regeln in JESS wurde in verschiedenen Test bestätigt. [Hoch07][Reic05][Warz05][Bonn04]

Eines der Szenarien war in SESAM der auch in der vorliegenden Arbeit beschriebene Fall, dass Privatpersonen entweder Verkäufer oder Käufer von dezentral erzeugtem Strom sind. Die Privatpersonen werden durch den Vertragsagenten und den Rechtsagenten, die sie an die Seite gestellt bekommen, unterstützt. Somit kann ein automatisierter Auftragsabwicklungsprozess zum Verkauf bzw. Kauf von dezentral erzeugtem Strom durchlaufen werden. Innerhalb des Projektes SESAM wurde dies durch den Web-Service basierten Vertragsdienst umgesetzt. Außerdem wurde im Rahmen des Projektes SESAM ein Rechtsmediator entwickelt, der die rechtliche Überprüfung an den regelhaften Stellen des Vertragsabschlusses übernommen hat. In weiteren Diplomarbeiten wurden unter der Betreuung der Verfasserin der Entwurf und die Implementierung eines Regel basierten

Rechtsmediators umgesetzt und in Zusammenarbeit mit den am Projekt beteiligten Juristen erprobt. [Bonn04] Der Rechtsmediator verfügte über drei juristisch relevante Prüfschritte. Vorprüfung des Angebots, Vorprüfung der Annahme und die Schlussprüfung vor Abschluss des Vertrages. Auf Grund der zufriedenstellenden Ergebnisse, erfolgte in einer weiteren Diplomarbeit die Erweiterung des Rechtsmediators um ein Datenschutzmanagementmodul. [Reic05] Die Teilnehmer am SESAM-Marktplatz konnten somit auch die aus Datenschutzsicht wichtigen juristischen Fragestellungen im Rechtsmediator überprüfen lassen. Zusätzlich wurde in einer weiteren Diplomarbeit die Erstellung eines IT-Risikomanagement Konzeptes für das SESAM Projekt umgesetzt. [Mora05]

Um die juristische Beratungsfähigkeit des Rechtsmediators weiter steigern zu können, wurde in einer von der Verfasserin betreuten Studienarbeit die Konzeption und Umsetzung exemplarischer Module zur Erweiterung des Rechtsmediators im Projekt SESAM erarbeitet. [Warz05] Diese wurden von den beteiligten Juristen ebenfalls umfassend überprüft.

In einer weiteren betreuten Studienarbeit entstand auf Basis der weiterführenden Arbeiten ein Prototyp für ein juristisches Expertensystem für den Vertragsschluss. [Hoch07] Auch in einer betreuten Studienarbeit entstand die Konzeption und Implementierung einer agentengestützten Vertragsverhandlung beim Energiehandel. [Zhi06] In diese agentengestützte Vertragsverhandlung wurde im Rahmen des Projektes der Rechtsmediator integriert. In SESAM wurde im Projektverlauf untersucht, ob der Ablauf sinnvoll und gangbar ist und ob die benutzerspezifischen Kriterien für die Verhandlung dem Benutzer gerecht werden. Außerdem wurde untersucht, ob die Verhandlung zu richtigen Ergebnissen kommt und ob die rechtliche Prüfung durch den Rechtsagenten die rechtlich korrekten Ergebnisse liefert.

### ***13.3 Evaluierungsszenario***

Im Folgenden werden die Arbeiten aus dem Projekt SESAM in Bezug zur vorliegenden Arbeit gesetzt.

Zunächst erfolgt der Beitritt in die SESAM-Plattform: Dies geschieht zunächst durch die Annahme eines Rahmenvertrages, der die groben rechtlichen Rahmenbedingungen bestimmt. Dies dient auch zur Einhaltung datenschutzrechtlicher Vorschriften. [Reic05] Zu den Rahmenbedingungen sollten nach den gesetzlichen Mindestanforderungen auch noch Informationen zum Betreiber des Marktplatzes gegeben werden. Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen sollten verständlich formuliert und jederzeit leicht zu finden sein.



Auch Hilfeseiten mit FAQs sind eine hilfreiche weitergehende Information für die Teilnehmer des Marktplatzes. Dem Benutzer wird ein Vertragsagent/Vertragsdienst zur Seite gestellt. (Abbildung 101)

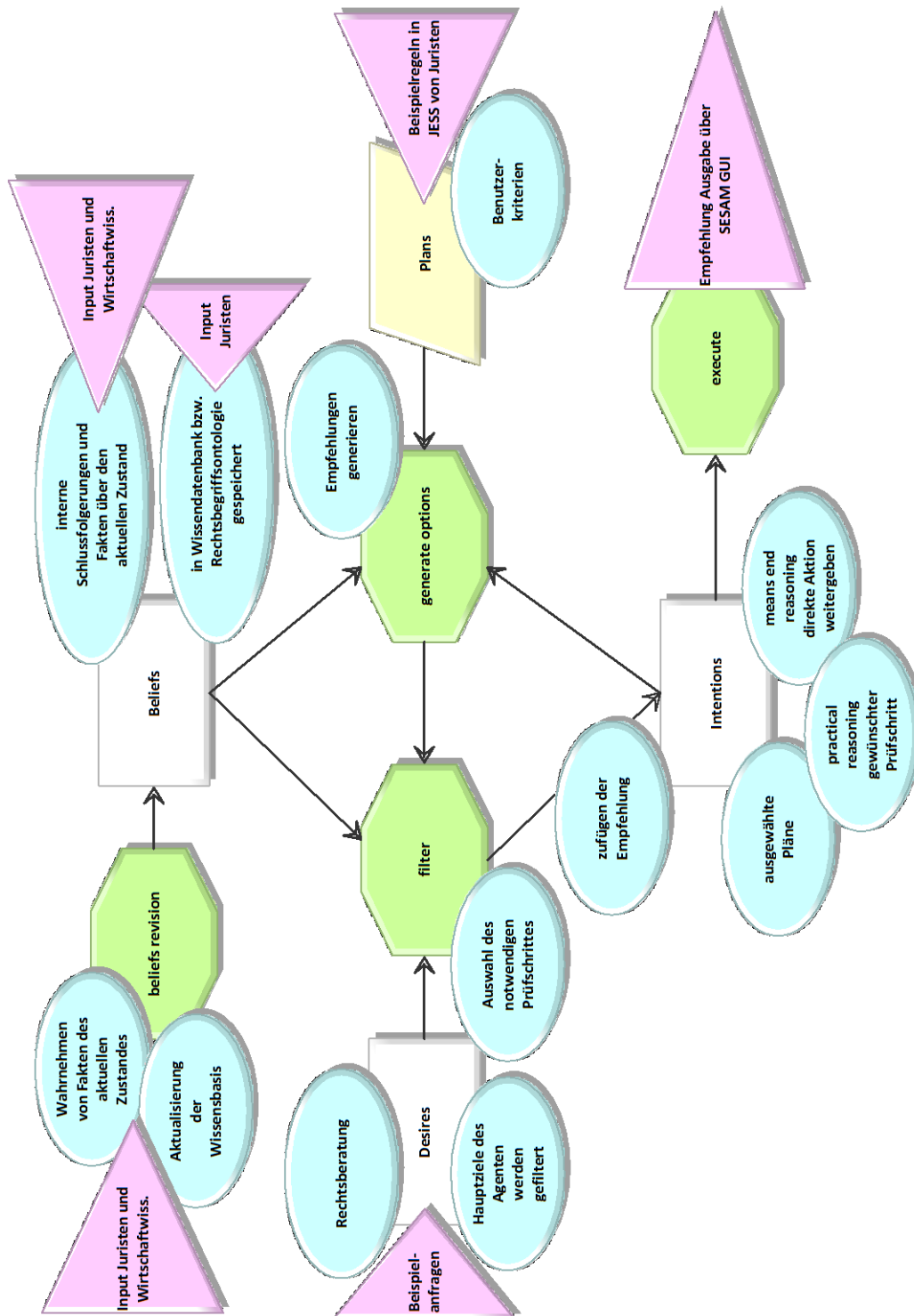


Abbildung 101 BDI-Rechtsagent in SESAM

Aus Sicht dieser Arbeit ein Nachteil des Szenarios ist, dass in SESAM nur *langfristige Verträge* betrachtet wurden. Für lokale Märkte scheint jedoch, wie eingangs ausgeführt, ein Spotmarkt-Ansatz auf der Grundlage *kurzfristiger Verträge* sinnvoller. Seinerzeit und auch heute mangelt es aber noch immer an den technische Voraussetzungen für den Abschluss von kurzfristigen Verträgen auf Seiten der Netzbetreiber. Trotzdem dürfte die Evaluierung aufgrund des seinerzeitigen Szenarios wertvolle Einblicke liefern.

### **13.4 Bilanzevaluation**

Auf Basis der Ergebnisse des Projektes SESAM kann nun eine Bilanzevaluation vorgenommen werden. Eine Bilanzevaluation (*Summative Evaluation*) wird nach Abschluss eines Projektes durchgeführt. Der Ausgangszustand wird mit dem erreichten Endzustand anhand vorher festgelegter Erfolgsfaktoren beurteilt. [Part15] Die Evaluation wird so konzipiert, dass sie Schlussfolgerungen über die Güte und Verwendbarkeit des Evaluationsgegenstandes zum Ergebnis hat.

Zunächst müssen die Erfolgsfaktoren festgelegt werden, die dann anhand der Ergebnisse des Projektes SESAM qualitativ bewertet werden können. Ein Erfolgsfaktor wird von einer bestimmten Personengruppe anhand einer bestimmten Methode evaluiert. Das Ergebnis der Evaluierung ist die Einordnung in eine Werteskala.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde nun nach Abschluss des SESAM Projekts eine explorative Voruntersuchung erstellt. Diese kann für eine noch durchzuführende Feldstudie als Pretest verwendet werden. Untersuchungsgegenstand des Pretests ist die Überprüfung, ob in einem dynamischen Spotmarkt ein rechtssicherer und verhandlungssicherer Stromvertrag abgeschlossen werden kann. Anhand des Pretests kann dann bestimmt werden, wie die eigentliche durchzuführende Feldstudie genau gestaltet sein sollte. Im Pretest werden als Grundlage für die eigentliche Feldstudie die Erwartungen der Kunden und die inhaltliche Qualität der Befragung überprüft.

Für die Konzeption des Pretests sowie für die anschließende Konzeption der Feldstudie muss zunächst die Befragungsform bestimmt werden (schriftlich, mündlich, telefonisch, online). Danach muss ein Fragebogen entwickelt werden und der konkrete Gegenstand der Befragung festgelegt werden. Die Befragungsteilnehmer müssen in einem letzten Schritt bestimmt werden.

Für die vorliegende Evaluation wurden mündliche Befragungen durchgeführt. Der Gegenstand der Befragungen war die Bewertung und Einschätzung der folgenden

Erfolgsfaktoren: Bedarf, Stand der Technik, Wirksamkeit (Effektivität), Kosten-Nutzen-Betrachtung (Effizienz), Akzeptanz der Nutzer und Imagebildung, Nachhaltigkeit (Veränderung der Ressourcennutzung, Umweltwirkung, CO2 Ausstoß) und Struktureffekte und Wertschöpfung (Regionale Wertschöpfung, Beschäftigungseffekte, Innovationseffekte).

Diese Erfolgsfaktoren sollten in einer ungeraden Skala an Antwortmöglichkeiten bewertet werden. Eine ungerade Anzahl an Antworten ist gewählt worden (drei Antwortmöglichkeiten), da die mittlere Ausprägung auch sinnvoll ist und somit nicht die Entscheidung zu einer „Seite“ hin erzwungen werden musste. Als Befragungsteilnehmer sind für die Pilotstudie verschiedene Experten (Mitarbeiter des KITs), Studierende des KITs ad hoc ausgewählt worden und Passanten-Befragungen durchgeführt worden.

Beim Pretest wurden die Hauptaspekte der Arbeit, Einsatz von Softwareagenten zur Unterstützung des Auftragsabwicklungsprozesses, rechtliche Überprüfung durch Agenten, Ontologien als Wissensbasis und multikriterielle Verhandlung, berücksichtigt. [Geib07]

### 13.5 Vertragsagenten in SESAM

In der folgenden Tabelle wird die Bewertung des Einsatzes von Agenten zur Unterstützung des Käufers und Verkäufers (Vertragsagent) anhand der genannten Erfolgsfaktoren dargestellt. Dazu wurden mündliche Befragungen bei potentiellen Stromerzeugern und Stromverbrauchern durchgeführt.

| Erfolgsfaktor   | Methode   | Ergebnis  |           |   |
|---|---|---|-----------|---|
| <b>Einsatz von Agenten zur Unterstützung des Käufers und Verkäufers (Vertragsagent)</b> |   |   |           |   |
| Bedarf  | Test mit potentiellen Beteiligten (Stromerzeugern und Stromverbrauchern). | Im dynamischen Umfeld eines Spotmarktes für dezentral erzeugten Strom ist die Unterstützung des Käufers bzw. Verkäufers nahezu unumgänglich. Die Beteiligten haben ansonsten nicht die Motivation sich an dem Spotmarkt zu beteiligen, da der Zeitaufwand ansonsten zu hoch wäre. | Niedrig   |   |
|   |   |   | Mittel    |   |
|   |   |   | Hoch      | x |
| Stand der Technik   | Vergleich mit weiteren Projekten in einem Dynamischen Umfeld.             | Der vorliegende Ansatz ist der <b>erste</b> Ansatz, der den Bereich Spotmarkt für dezentrale Energieerzeugung für Privatpersonen unterstützt.   | Veraltet  |   |
|   |   |   | Aktuell   |   |
|   |   |   | Innovativ | x |

|  |  |   |         |   |
|--|--|---|---------|---|
|  |  | Agententechnologie ist ein geeigneter Ansatz [BeMS05]   |         |   |
| Wirksamkeit (Effektivität)                     | Tests des Prototypen durch potentielle Beteiligte. | Die Vertretung durch einen Agenten ist eine akzeptierte Umsetzung durch die Beteiligten. Somit ist die Effektivität hoch.   | Niedrig |   |
|  |  |   | Mittel  |   |
|  |  |   | Hoch    | x |
| Kosten-Nutzen-Betrachtung (Effizienz)          | Befragung der Beteiligten.                         | Nach einmaligem Einrichten des Agenten übernimmt dieser vollständig die Aufgaben des Benutzers. Somit ist die Effizienz sehr hoch.  | Niedrig |   |
|  |  |   | Mittel  |   |
|  |  |   | Hoch    | x |
| Akzeptanz der Nutzer und Imagebildung          | Befragung der Beteiligten.                         | In einer Befragung wurde die Akzeptanz der Benutzer bestätigt. Der Einfluss auf die Imagebildung kann allerdings nur vermutet werden.   | Niedrig |   |
|  |  |   | Mittel  | x |
|  |  |   | Hoch    |   |
| Nachhaltigkeit, Ressourcennutzung, CO2 Ausstoß | Befragung der Beteiligten.                         | Durch die Verwendung von Agenten, ist die Bereitschaft höher sich an einem Spotmarkt für erneuerbare Energie zu beteiligen. Somit ist dies ein Betrag zur Ressourcenschonung und zur Reduktion des CO2 Ausstoßes. | Niedrig |   |
|  |  |   | Mittel  |   |
|  |  |   | Hoch    | x |
| Struktureffekte, Wertschöpfung                 | Befragung der Beteiligten.                         | Die Wertschöpfung innerhalb des Prozesses der Auftragsabwicklung ist relativ hoch, da durch einen recht geringen Aufwand ein relativ hoher Effekt zu erreichen ist.   | Niedrig |   |
|  |  |   | Mittel  | x |
|  |  |   | Hoch    |   |

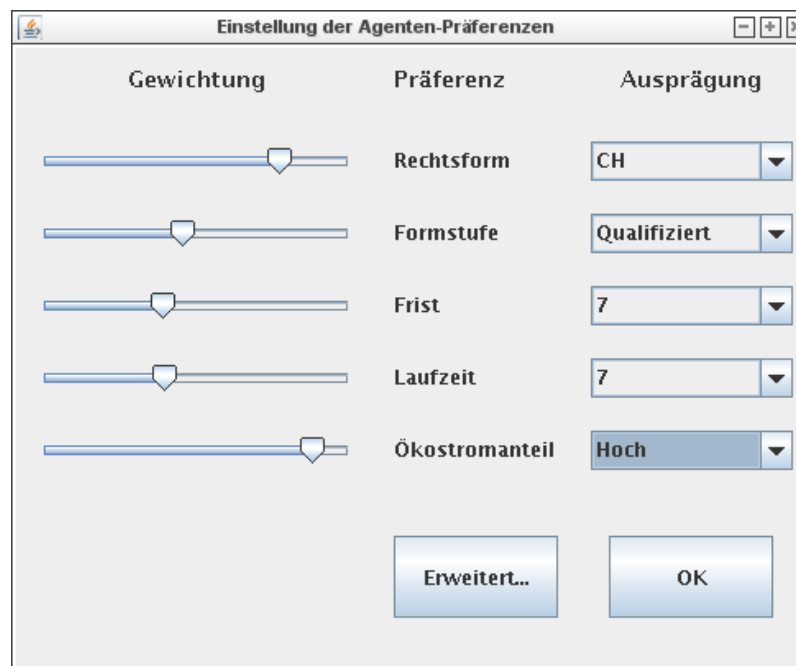
*Ergebnis:* Der vorliegende Ansatz ist der erste Ansatz, der den Bereich eines Spotmarkts für dezentrale Energieerzeugung für Privatpersonen unterstützt. Im dynamischen Umfeld eines Spotmarktes für dezentral erzeugten Strom ist die Unterstützung des Käufers bzw. Verkäufers nahezu unumgänglich. Die Vorteile liegen vor allem in der Minimierung des Zeitaufwandes der Beteiligung. Auch ist die Agententechnologie eine akzeptierte Umsetzung, da sie aus anderen Einsatzbereichen den Benutzern bekannt ist. (Medizin, Ebay). Nach einmaligem Einrichten des Agenten übernimmt dieser vollständig die Aufgaben des Benutzers, so dass die Effektivität und Effizienz hoch ist.

### 13.6 Multikriterielle Verhandlung in SESAM

Als Inputdaten für die vorzunehmende Verhandlung lag bereits ein nach Preis und Lieferbedingungen optimiertes Angebot vor, daher wurden diese Kriterien in der Evaluierung ausgeblendet und als gegeben vorausgesetzt. Die Verhandlung, die mit Hilfe des Vertragsagenten in SESAM durchgeführt wurde, wurde in Bezug auf die Erfüllung der benutzerspezifischen Belegungen der Kriterien wie Vertragslaufzeit, Kündigungsfrist, Ökostromanteile etc. untersucht.

Die Konzeption und Implementierung der Agenten-Verhandlung wurde in SESAM umfassend getestet. Die Benutzertests erfolgten mit mehreren Studierenden und im Rahmen verschiedener Diplomarbeiten. Die Agenten-Verhandlung verlief in allen Beispielfällen erfolgreich und benutzerzufriedenstellend ab, d.h. dass nach der Verhandlung die Erfüllung der benutzerspezifischen Kriterien im gewählten „Wunschintervall“ lag.

In der GUI konnte der Benutzer zu Beginn die Ausprägung seiner persönlichen Präferenzen eingeben und deren Gewichtung einstellen. (Abbildung 102)



**Abbildung 102 Einstellung der individuellen Präferenzen**

Die eigentliche CSP der Verhandlung wurde mit einer PROLOG-basierten Implementierung exemplarisch umgesetzt. Diese Implementierung erfolgte in Zusammenarbeit mit Mathematikern des KIT. Die Lösung des CSP wurde anhand verschiedener Variablenbelegungen erprobt. In den Tests wurde allerdings nur das

Ergebnis der Lösung des CSP rechnerisch überprüft. Die Ergebnisse stimmten überein, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Umsetzung des CSP mit PROLOG gangbar ist. Allerdings sollte in Zukunft noch die automatische Übergabe der Wertebelegungen direkt aus dem Vertragsagenten erfolgen können. Auch die Verhandlungsdauer ist noch zu optimieren.

In der folgenden Tabelle sind unter Zuhilfenahme der genannten Erfolgsfaktoren die *Vertragsverhandlungen anhand der benutzerspezifischen Kriterien* mit Hilfe von mündlichen Befragungen der potentiellen Beteiligten und dem Vergleich mit anderen Projekten bewertet worden.

| Erfolgsfaktor  | Methode und Gruppe   | Ergebnis   |           |   |
|--|--|--|-----------|---|
| <b>Vertragsverhandlung anhand benutzerspezifischer Kriterien</b> |  |  |           |   |
| Bedarf   | Befragungen von potentiellen Beteiligten (Stromerzeugern und Stromverbrauchern). | In einem Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom können verschiedene Kriterien für einen Beteiligten eine individuelle Rolle spielen. Durch die Vertretung durch einen Agenten, kann durch eine bestimmte Belegung der Kriterien dem Agenten ein Entscheidungsrahmen mit auf den Weg gegeben werden. | Niedrig   |   |
|  |  |  | Mittel    |   |
|  |  |  | Hoch      | x |
| Stand der Technik  | Vergleich mit weiteren Projekten in einem Dynamischen Umfeld.                    | Der vorliegende Ansatz ist der <b>erste</b> Ansatz, der in einem Spotmarkt eine Verhandlung in der Art und Weise umsetzt, dass Agenten anhand benutzerspezifischer Kriterien eine automatisierte Verhandlung durchführen. Auch der Ablauf der Verhandlung, indem ein PSCP gelöst wird, ist neu.      | Veraltet  |   |
|  |  |  | Aktuell   |   |
|  |  |  | Innovativ | x |
| Wirksamkeit (Effektivität)                                       | Tests des Prototypen durch potentielle Beteiligte.                               | Die Verhandlungen lieferten in den Tests immer die gewünschten Ergebnisse. Die Effektivität war hoch, da die Benutzer nur zu Beginn einmal ihre Präferenzen mit Werten belegen mussten, auf die dann der Agent zugreifen kann.   | Niedrig   |   |
|  |  |  | Mittel    |   |
|  |  |  | Hoch      | x |

|  |                            |  |         |   |
|--|----------------------------|--|---------|---|
| Kosten-Nutzen-Betrachtung (Effizienz)          | Befragung der Beteiligten. | Nach einmaligem Belegen der Präferenzen mit entsprechenden Benutzerwerten kann die Verhandlung mit Hilfe einen PSCP durchgeführt werden. Somit ist die Effizienz sehr hoch.  | Niedrig |   |
|  |                            |  | Mittel  |   |
|  |                            |  | Hoch    | x |
| Akzeptanz der Nutzer und Imagebildung          | Befragung der Beteiligten. | Die Testpersonen empfanden die Ergebnisse sehr positiv. Vor allem die Darstellung der Ergebnisse der Verhandlung in einer GUI entsprach den Erwartungen der Benutzer. Somit kann angenommen werden, dass diese Art der Verhandlung zur Imagesteigerung beitragen kann. | Niedrig |   |
|  |                            |  | Mittel  | x |
|  |                            |  | Hoch    |   |
| Nachhaltigkeit, Ressourcennutzung, CO2 Ausstoß | Befragung der Beteiligten. | Da auch ökologische und nicht nur ökonomische Kriterien mit in die Verhandlung einbezogen werden, ist diese Art der Verhandlung eine Möglichkeit die Nachhaltigkeit zu unterstützen.   | Niedrig |   |
|  |                            |  | Mittel  |   |
|  |                            |  | Hoch    | x |
| Struktureffekte, Wertschöpfung                 | Befragung der Beteiligten. | Dies kann zurzeit nicht beurteilt werden.  | Niedrig |   |
|  |                            |  | Mittel  | x |
|  |                            |  | Hoch    |   |

*Ergebnis:* Die multikriterielle Verhandlung anhand benutzerspezifischer Kriterien unter Zuhilfenahme der Lösung eines SCSP in SESAM lieferte bei allen Tests der verschiedenen Benutzer zufriedenstellende Ergebnisse. Bei den Tests durch die verschiedenen Benutzer wurden auch verschiedene Gewichtungen der verschiedenen Kriterien getestet. Bei allen Kombinationen wurden die erwarteten Ergebnisse erzielt. Die Darstellung der Ergebnisse der Verhandlung in einer GUI und die Mitteilung über das Zustandekommen des Vertrages wurden sehr positiv bewertet. (Abbildung 103)



Abbildung 103 Erfolgreicher Vertragsschluss GUI

### 13.7 Rechtsagenten in SESAM

Auch in SESAM wurde bereits ein Rechtsagent (Rechtsmediator) in den Geschäftsprozess Verkauf und Kauf von dezentral erzeugtem Strom eingebunden. Den Kern des Rechtsmediators bildete eine Rulengine. Für den Prototyp wurde als Rulengine JESS gewählt. JESS basiert auf dem Rete-Algorithmus [RNDB04] und verwendet als Verarbeitungslogik das Backward Chaining oder das Forward Chaining. Exemplarisch wurden verschiedene Module in JESS umgesetzt.

Zur Umsetzung des Moduls *Geschäftsfähigkeit* wurde als Hauptmechanismus des Schlussfolgerns die Backward Chaining Strategie ausgesucht, da diese den Vorteil hatte, dass sie als „Zielgetriebene Suche“ die Suche beim eigentlichen Ziel beginnt. Aus der Hypothese über Entscheidungen wurden durch Rückwärtsanwendung Fakten zur Rechtfertigung der Entscheidung gesucht. Eine weitere Anforderung an die Ruleengine war auch die Reihenfolge der Regelauswertung, da dies aus juristischer Sicht relevant ist und dadurch zusätzlich der Prüfprozess optimiert werden kann. Ebenfalls musste bewertet werden, in



welcher Art ein reaktives Ergebnis behandelt wird. Des Weiteren musste bewertet werden, wie die einzelnen Module angelegt werden müssen, um auf der einen Seite Namenskonflikte zu vermeiden und auf der anderen Seite die Granularität zu bestimmen, um die Kapselung der Rechtsordnungen der einzelnen deutschsprachigen zu untersuchenden Länder (Deutschland, Österreich, Schweiz), erreichen zu können. Daher wurden einzelne Länderspezifische Module in SESAM angelegt, die auf die Besonderheiten der einzelnen Länder spezialisiert sind. [Sesa06] [GPS2001] [GST2003] [Guar1998] [Momm2001] [Schw1998] [SSLG2006] [StSt2004]

### **Prototypische modellierte Regeln**

Exemplarisch wird nun die Implementierung der Regeln vorgestellt. Bei der Implementierung der Regeln für den Rechtsmediator wurde schrittweise folgendermaßen vorgegangen: Zunächst wurde eine Schnittstelle des Rechtsmediators nach außen, die dem Rechtsmediator die Kommunikation mit dem aufrufenden Dienst oder der aufrufenden Anwendung erlaubt, erstellt. Anschließend wurden die einzelnen Prüfungen (Angebotsvorprüfung, Annahmeverprüfung und Schlussprüfung) in weitere einzelne logische Schritte unterteilt. Wichtig war dabei, sich wiederholende, identische oder ähnliche Vorgänge in unterschiedlichen Prüfschritten zu identifizieren. Auf Grundlage der erarbeiteten Regelmenge wurden die relevanten, in Regelvorlagen beschriebenen, Regeln in Java-Code umgesetzt und an die Struktur des Rechtsmediators angepasst. Abschließend wurde die Funktionsfähigkeit des Rechtsmediators mit verschiedenen (in Junits implementierten) Testfällen überprüft. Dabei wurden auch spezielle Testdaten erzeugt und durch den Rechtsmediator geprüft.

Zur Unterstützung des Benutzers wurde auf der Seite der Benutzeroberfläche eine Lösung entwickelt, die dem Benutzer anzeigt, welche Regeln im Rechtsmediator überprüft wurden und wie das Ergebnis der jeweiligen Prüfung lautet. Dabei wurde unterschieden in „erfolgreich geprüft“, „nicht erfolgreich geprüft“ bzw. es wurden „rechtliche Hinweise“ ausgegeben, falls diese aus der Regelbearbeitung zu schließen waren. Diese dem Benutzer anzuzeigenden Hinweise und Fehlermeldungen bei bestimmten Prüfergebnissen wurden in einer Benutzeroberfläche (GUI) angezeigt. (Abbildung 104)

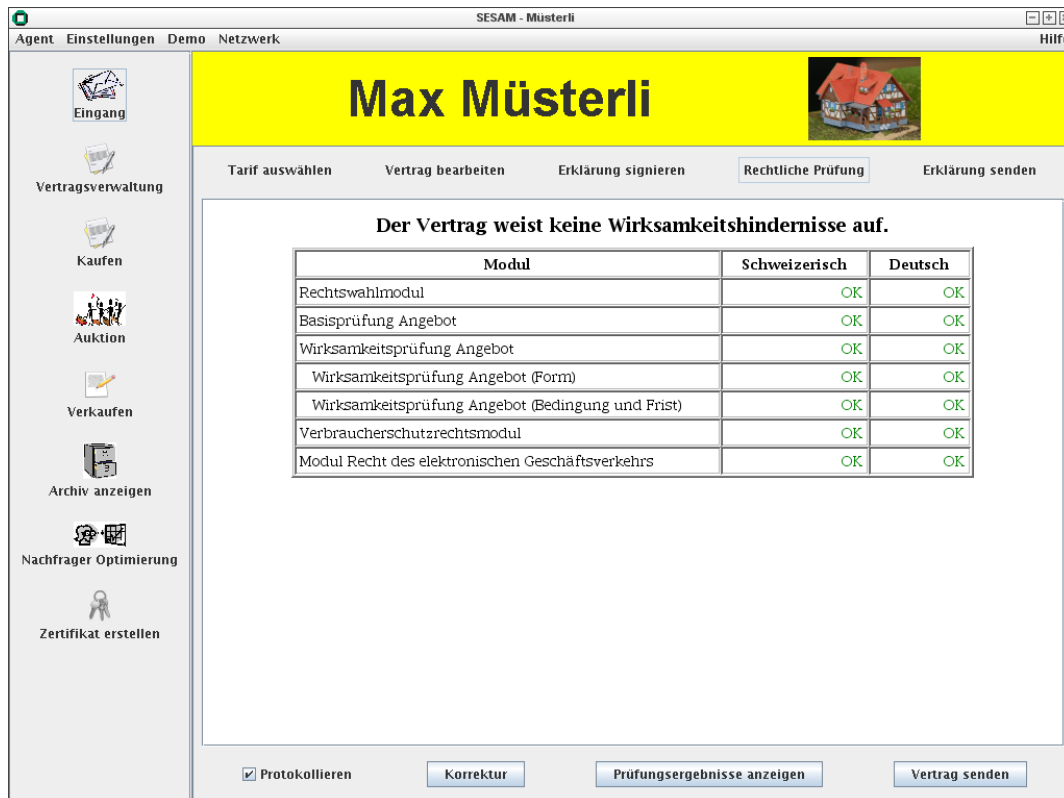


Abbildung 104 GUI Prüfergebnisse des Rechtsmediators

Umgesetzt wurde in SESAM u.a. die in Kapitel 11.9 vorgestellte Regel. Sie soll hier etwas näher diskutiert werden.

*Handelt es sich im Prüfbzusammenhang um ein Verbrauchergeschäft?* Denn wenn es sich um ein Verbrauchergeschäft handelt, dann müssen den Teilnehmern die Verbraucherschutzhinweise gegeben werden. Dies war im SESAM Projekt relevant, da dort auch verschiedene kommerzielle Stromanbieter am Marktplatz beteiligt waren.

*Verbrauchergeschäft (true / false)*

*Bedingung: Erklärung ist Angebot UND (personN ist Verbraucher) UND (personA ist Unternehmer)*

In dieser Regel wird überprüft, ob es sich um ein Verbrauchergeschäft handelt. In der Bedingung der Regel wird abgearbeitet, ob die entsprechende Erklärung ein Angebot ist und ob der Nachfrager ein Verbraucher ist bzw. und ob der Anbieter ein Unternehmer ist. Denn nur im Falle, dass der Nachfrager keine juristische Person ist, müssen die Verbraucherhinweise an den juristischen Laien gegeben werden. Dabei können die nachfolgend ersichtlichen Zwischenergebnisse und Bedingungen auftreten:

*Zwischenergebnis 1: personN ist Verbraucher (true / false)*

*Bedingung: (personN ist natürlichePerson) UND (geschaeftszweck ist verbraucher)*

*Bedingungen: (1) personN ist natürlichePerson*

*(2) geschaeftszweck ist verbraucher Nachfrage GUI\_N: Zweck des Geschäfts (selbst):  
gewerblich / selbständig beruflich?*

*Zwischenergebnis 2: personA ist Unternehmer (true / false)*

*Nachfrage GUI\_N: Zweck des Geschäfts (Geschäftspartner): gewerblich / selbständig beruflich?*

*=> wenn true: Unternehmer = true => erfordert Rückfrage beim Anbieter (bzw. Agent)*

Zunächst erfolgt die Überprüfung, ob der Nachfrager (personN) ein Verbraucher (und damit auch keine juristische Person) ist. Dies ist das erste Zwischenergebnis. Danach werden die folgenden Bedingungen überprüft: Zum einen, ob der Nachfrager eine natürliche Person ist, und zum anderen, ob der Geschäftszweck auch Verbraucher zu sein ist und nicht gewerblich ist. Die erste Bedingung wird aus dem Vertragscontainer ausgelesen. Der Vertragscontainer war in SESAM ein Konstrukt, um alle Bestandteile eines Deals in einem bearbeitbaren Element vorliegen zu haben. Die zweite Bedingung wird entweder direkt vom Benutzer angegeben oder über den Vertragsagenten ermittelt. Das zweite Zwischenergebnis ist dann die Antwort auf die Frage, ob der Anbieter ein Unternehmer ist und somit den Nachfrager entsprechende Verbraucherschutzhinweise übersenden muss.

Unter dem zu bestimmenden Ziel stehen die entsprechenden zugehörigen Bedingungen, die (falls gegeben) das Ziel auf „wahr“ setzen. Bestimmte Bedingungen stellen dabei auch gleichzeitig Zwischenergebnisse dar, die selbst wiederum eigene Bedingungen haben (z.B. die Frage, ob der Nachfrager=personN Verbraucher ist).

Die Umsetzung der Regeln erfolgte in Java-Code, indem zum einen die Bedingungen auf der untersten Ebene (also hier z.B., ob personN eine natürliche Person ist) aus dem Datenmodell auslesen wurden und die jeweiligen Ziele aus den Bedingungen abgeleitet wurden.

Die Prüfung der Verbrauchereigenschaft des Nachfragers wird nachfolgend veranschaulicht:

*(Zwischenergebnis 1): boolean verbraucherN = PersonN instanceof NatuerlichePerson*

*&&*

*per-sonN.getVerbraucherschutzRechtGeschaeftszweck().compareToIgnoreCase(„privat“) == 0;*

Der gesamte Code für das obige Beispiel der Prüfung, ob ein Verbrauchergeschäft vorliegt, ist im Folgenden dargestellt:

```
[...]
Angebot anbot = vc.getAngebot();

Person personN = anbot.getPersonN();

Person personA = anbot.getPersonA();

boolean verbraucherN = personN instanceof NatuerlichePerson

&&

PersonN.getVerbraucherschutzRechtGeschaefszweck().compareToIgnoreCase( „privat“ ) == 0;

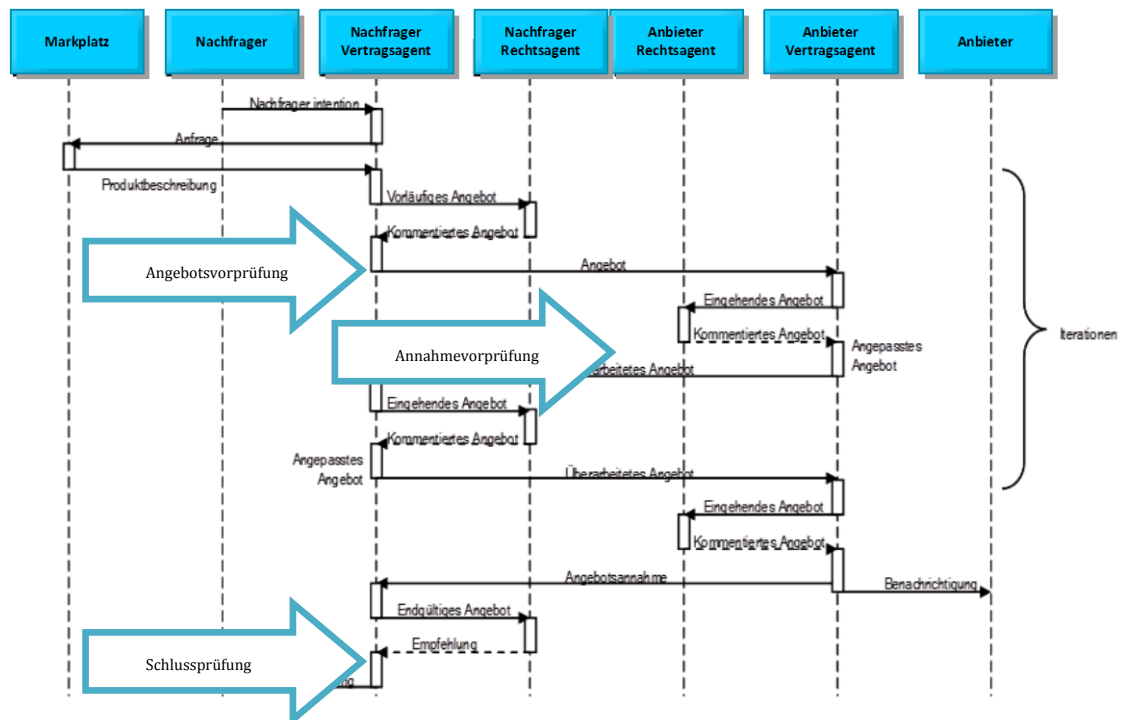
boolean unternehmerA =
personA.getVerbraucherschutzRechtGeschaefszweck().compareToIgnoreCase( „geschäftlich“ ) == 0;

boolean verbraucherGeschaeft = verbraucherN && unternehmerA;

[...]
```

Die ersten drei Zeilen lesen dabei das Angebot und die Personen aus der Datenstruktur aus. Die nächsten Zeilen stellen die Verbrauchereigenschaft (wie oben schon beschrieben) fest. Die darauf folgenden Zeilen stellen analog für den Anbieter dessen Unternehmereigenschaft fest. Die letzte Zeile kombiniert diese beiden Zwischenergebnisse und bestimmt damit letztendlich, ob es sich bei dem geprüften Geschäft um ein Verbrauchergeschäft handelt.

Bei den Verhandlungen über die verschiedenen Benutzerpräferenzen wurde auch an den entsprechenden Prozessschritten der Rechtsagent aufgerufen, um die Angebotsvorprüfung, Annahmeprevorprüfung und Schlussprüfung vorzunehmen. Dies ist im nachstehenden Sequenzdiagramm dargestellt. (Abbildung 105)



**Abbildung 105 Sequenzdiagramm mit Prozessschritten für die Evaluierung**

In der folgenden Tabelle wird die Bewertung des *Einsatzes von Agenten zur rechtlichen Überprüfung* anhand der genannten Erfolgsfaktoren dargestellt. Die Bewertung wurde durch eine mündliche Befragung potentieller Beteiligten gestützt.

| Erfolgsfaktor  | Methode und Gruppe   | Ergebnis  |           |   |
|--|--|---|-----------|---|
| <b>Einsatz von Agenten zur rechtlichen Überprüfung</b> |  |   |           |   |
| Bedarf   | Befragungen von potentiellen Beteiligten (Stromerzeugern und Stromverbrauchern). | Im dynamischen Umfeld eines Spotmarktes für dezentral erzeugten Strom ist die Unterstützung des Käufers bzw. Verkäufers nahezu unumgänglich. Die Beteiligten haben ansonsten nicht die Motivation sich an dem Spotmarkt zu beteiligen, da der Zeitaufwand ansonsten zu hoch wäre. | Niedrig   |   |
|  |  |   | Mittel    |   |
|  |  |   | Hoch      | x |
| Stand der Technik                                      | Vergleich mit weiteren Projekten in einem Dynamischen Umfeld.                    | Der vorliegende Ansatz ist der erste Ansatz, der den Bereich Spotmarkt für dezentrale Energieerzeugung für Privatpersonen unterstützt.  | Veraltet  |   |
|  |  |   | Aktuell   |   |
|  |  |   | Innovativ | x |

|  |  |  |         |   |
|--|--|--|---------|---|
|  |  | Agententechnologie ist ein geeigneter Ansatz [Ovid05]  |         |   |
| Wirksamkeit (Effektivität)                     | Tests des Prototypen durch potentielle Beteiligte. | Die Vertretung durch einen Agenten ist eine akzeptierte Umsetzung durch die Beteiligten. Somit ist die                             | Niedrig |   |
|  |  |  | Mittel  |   |
|  |  |  | Hoch    | x |
| Kosten-Nutzen-Betrachtung (Effizienz)          | Befragung der Beteiligten.                         | Nach einmaligem Einrichten des Agenten übernimmt dieser vollständig die Aufgaben des Benutzers. Somit ist die Effizienz sehr hoch. | Niedrig |   |
|  |  |  | Mittel  |   |
|  |  |  | Hoch    | x |
| Akzeptanz der Nutzer und Imagebildung          | Befragung der Beteiligten.                         | Dies kann nur vermutet werden.   | Niedrig |   |
|  |  |  | Mittel  | x |
|  |  |  | Hoch    |   |
| Nachhaltigkeit, Ressourcennutzung, CO2 Ausstoß | Befragung der Beteiligten.                         | Indirekt wird durch die juristische Unterstützung die Hemmschwelle der Beteiligung herabgesetzt.                                   | Niedrig |   |
|  |  |  | Mittel  |   |
|  |  |  | Hoch    | x |
| Struktureffekte, Wertschöpfung                 | Befragung der Beteiligten.                         | Die Wertschöpfung ist für juristische Laien als mittel einzustufen.  | Niedrig |   |
|  |  |  | Mittel  | x |
|  |  |  | Hoch    |   |

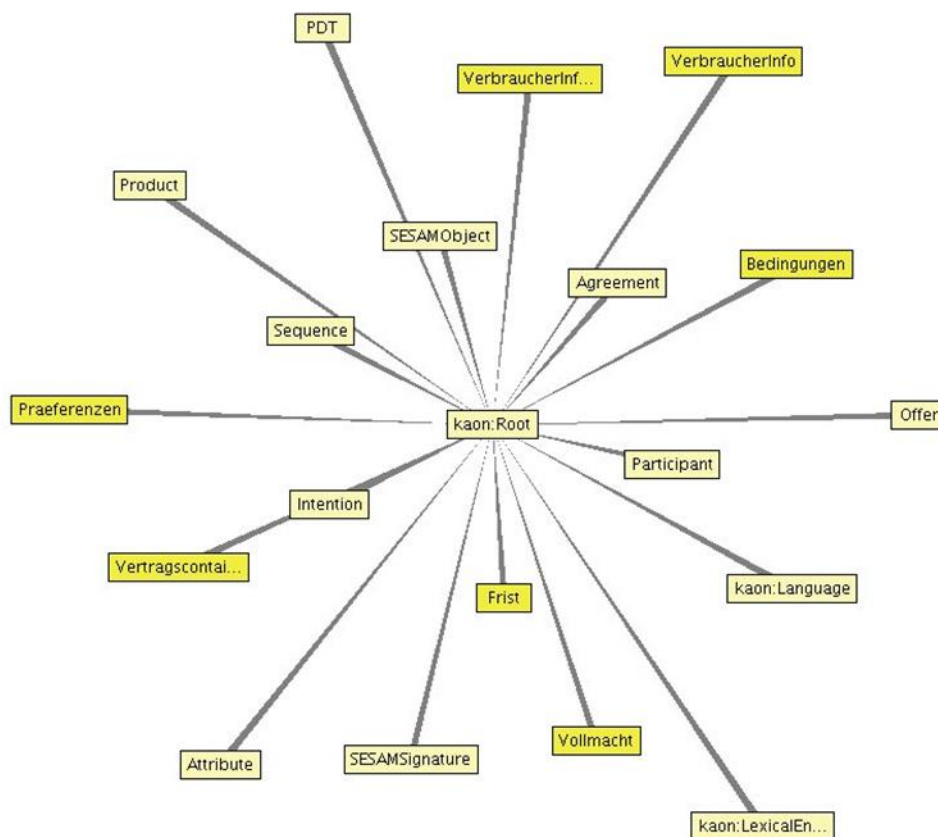
*Ergebnis:* Die kurzen Regel-Beispiele zeigen, dass der beschriebene Ansatz geeignet ist, um juristische Fragestellungen umzusetzen. Die Benutzer, meistens juristische Laien, waren sehr aufgeschlossen. Sie nahmen die Ergebnisse und vor allem auch die Anzeige der Prüfergebnisse sehr positiv auf.

Allerdings ist der Aufwand für die Regelerstellung als sehr hoch einzuschätzen. Innerhalb des Projektes konnten in der Projektlaufzeit nicht alle notwendigen Regeln erstellt werden. Die exemplarisch erstellten Regeln wurden allerdings umfassend von mehreren Studierenden und von den am Projekt SESAM beteiligten Juristen erfolgreich getestet. Somit kann angenommen werden, dass weitere Regeln mit entsprechendem personellem Aufwand umsetzbar sind.

### **13.8 Ontologien in SESAM**

Im Projekt SESAM wurde eine *Marktontologie* als Grundlage für die verschiedenen Marktmechanismen im Rahmen des Szenarios „Virtuelles Kraftwerk“ entwickelt (siehe Kapitel 8).

Beispiele dafür sind „die Suche nach einem nach dem Preis optimierten Angebot“ oder „das dezentrale Lastmanagement von Stromverbrauchern und Stromerzeugern“. [Kamp11]



**Abbildung 106 Marktontologie in SESAM**

In der Ontologie des Vertragsagenten sind grundlegende Begriffe wie die „Benutzerpräferenzen“, „Fristen“, „Produktinformationen“ und der „Vertragscontainer“ modelliert. Somit ist die Bedeutung dieser Begriffe für diesen eingeschränkten Bereich definiert. (Abbildung 106) Die Ontologie kann einfach und schnell angepasst werden, falls sich Marktbestandteile ändern. Die Marktontologie wurde durch verschiedene Studierende anhand vorgegebener Erfolgsfaktoren getestet.

Die andere Ontologie, die *Rechtsbegriffsentologie*, wurde ebenfalls durch Studierende anhand einfacher exemplarischer Beispiele in Bezug auf vorgegebene Erfolgsfaktoren getestet. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die ländertypischen Bedeutungen von juristischen Begriffen gelegt. Ein Beispiel dafür war die Geschäftsfähigkeit: In der Schweiz wird diese als Handlungsfähigkeit bezeichnet. In Österreich heißt die Geschäftsfähigkeit zwar auch Geschäftsfähigkeit, allerdings sind 14-18 Jährige bereits beschränkt geschäftsfähig und können sich bereits selbst zu Dienstleistungen verpflichten. Diese verschiedenen Bedeutungen des deutschen Begriffes Geschäftsfähigkeit, wurden beispielhaft in einer Ontologie modelliert. Dies war ein wichtiger Grund für die Rechtswahl

als ein Benutzerspezifisches Kriterium. Mit der Verwendung von Ontologien im Projekt SESAM wurden ausnahmslos sehr gute Erfahrungen gemacht. [Sesa05]

In der folgenden Tabelle wird die Bewertung von *Ontologien als Wissensbasis* für Agenten anhand der genannten Erfolgsfaktoren dargestellt. Die Bewertung erfolgte anhand einer Befragung von Studierenden des KIT.

| Erfolgsfaktor                                  | Methode   | Ergebnis   |           |   |
|--|---|--|-----------|---|
| <b>Ontologien als Wissensbasis</b>             |   |  |           |   |
| Bedarf   | Vergleich mit weiteren Projekten in einem dynamischen Umfeld. | Die Verwendung von Ontologien als Wissensbasis ermöglichte eine passgenaue Pflege der Wissensbasis.  | Niedrig   |   |
|  |   |  | Mittel    |   |
|  |   |  | Hoch      | x |
| Stand der Technik                              | Vergleich mit weiteren Projekten in einem dynamischen Umfeld. | Die Verwendung von Ontologien ist aktueller Stand der Technik.   | Veraltet  |   |
|  |   |  | Aktuell   | x |
|  |   |  | Innovativ |   |
| Wirksamkeit (Effektivität)                     | Tests des Prototypen durch Beteiligte.                        | Die Beratungsergebnisse des Rechtsagenten wurden durch Juristen überprüft. Die Ergebnisse waren alle korrekt. Somit kann angenommen werden, dass ebenfalls die Datenbasis der Ontologie korrekt vorliegt. Der Vertragsagent kann an den einzelnen Prozessschritten auf die Marktontologie zugreifen. Dies hat auch im Prototyp wie geplant funktioniert. | Niedrig   |   |
|  |   |  | Mittel    |   |
|  |   |  | Hoch      | x |
| Kosten-Nutzen-Betrachtung (Effizienz)          | Befragung der Beteiligten.                                    | Die beteiligten Projektmitarbeiter und Studierenden waren zufrieden mit der Verwendung von Ontologien als Datenbasis der beiden Agenten.   | Niedrig   |   |
|  |   |  | Mittel    | x |
|  |   |  | Hoch      |   |
| Akzeptanz der Nutzer und Imagebildung          | Befragung der Beteiligten.                                    | Die Benutzer erwarten eine aktuelle Datenbasis. Dies wird erreicht. Der Einfluss auf die Imagebildung kann nur vermutet werden.  | Niedrig   |   |
|  |   |  | Mittel    | x |
|  |   |  | Hoch      |   |
| Nachhaltigkeit, Ressourcennutzung, CO2 Ausstoß | Befragung der Beteiligten.                                    | Kein Einfluss auf die verschiedenen Aspekte der Nachhaltigkeit.  | Niedrig   | x |
|  |   |  | Mittel    |   |
|  |   |  | Hoch      |   |
| Struktureffekte, Wortschöpfung                 | Befragung der Beteiligten.                                    | Kaum Einfluss auf die verschiedenen Struktureffekte. Wissensingenieure pflegen die Datenbasis.   | Niedrig   | x |
|  |   |  | Mittel    |   |
|  |   |  | Hoch      |   |



*Ergebnis:* Anhand der verschiedenen Befragungen der Beteiligten ist vor allem positiv zu bewerten, dass die Ontologien sehr flexibel anzupassen sind und somit die Aktualität gewährleistet werden kann. Dies ist in einem dynamischen Umfeld ein wichtiges Herausstellungsmerkmal.

**Fazit:**

Insgesamt konnten in der Bilanzevaluation der Einsatz von Agenten zur Unterstützung des Käufers und Verkäufers durch einen Vertragsagenten, die Vertragsverhandlung anhand benutzerspezifischer Kriterien, der Einsatz von Agenten zur rechtlichen Überprüfung und die Verwendung von Ontologien als Wissensbasis untersucht werden. Um weitergehende Untersuchungen durchführen zu können, sollte zukünftig noch eine umfassende Feldstudie erfolgen. Des Weiteren wäre eine Evaluierung des Bezahlsystems von Interesse. Außerdem sollten noch weitere benutzerspezifische Kriterien entwickelt werden und evaluiert werden.



## 14 Ergebnisse und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit beschrieben und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben.

### 14.1 Ergebnisse

Das Projekt SESAM war Auslöser vieler Ansätze in dieser Arbeit. Sie waren sozusagen erste Schritte in die richtige Richtung. Dass es die richtige Richtung war, ist wohl das wesentliche Ergebnis der Evaluierungen in Kapitel 13. Zugleich wurde aber auch deutlich, dass für die Ansätze aus SESAM ein vertieftes Verständnis und ein systematisches Vorgehen gefordert waren, um auf die nunmehr auch politisch gewollte Energiewende besser vorbereitet zu sein. Um dieses Verständnis und Vorgehen geht es in der vorliegenden Arbeit.

Somit wurden die erfolgversprechenden Ansätze aus SESAM in der vorliegenden Arbeit weiterentwickelt. Im Folgenden wird jeweils zunächst auf die Ergebnisse aus SESAM und dann deren Weiterentwicklung in dieser Arbeit eingegangen.

Die erste Frage, die zu beantworten war, war: *Ist eine IT-gestützte Verhandlung notwendig?*

Diese Frage kann mit ja beantwortet werden, denn der Marktplatz für dezentral erzeugte Energie wurde verschiedenen Betreibern, die auch am SESAM Projekt beteiligt waren, vorgestellt und in einer Studie [Sesa06] für „gut“ befunden. Dazu gehörten die EnBW und die Stadtwerke Karlsruhe. Auch wurde der Marktplatz für dezentral erzeugte Energie auf der Cebit 2007 ausgestellt. Das Konzept wurde vom Fachpublikum als ein gangbares Konzept eingeordnet. Die aufgestellte Prämisse, dass ein automatisiertes Vorgehen beim Kauf bzw. Verkauf von dezentral erzeugtem Strom notwendig ist, um somit auch eine schnelle Reaktion der Teilnehmer zu unterstützen, kann somit aufrechterhalten werden. Der Prototyp des Vertragsagenten wurde durch Studierende und Mitarbeiter des KIT anhand von Beispielverkäufen und -einkäufen erfolgreich erprobt. Daher kann für die vorliegende Arbeit angenommen werden, dass diese Ergebnisse übertragen werden können. [Schn04]

Für einen vollständigen automatisierten Ablauf wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Auftragsabwicklungsprozess erarbeitet. Der Auftragsabwicklungsprozess enthält als einen Bestandteil den Prozessschritt der IT-gestützten Verhandlung.

Die zweite Frage, die zu beantworten war, war: *Kann die Verhandlung durch den Einsatz von Agenten automatisiert werden? Welche Vorteile hat dies für den Benutzer?*

Die Anforderungen an eine Automatisierung wurden zumindest teilweise erfüllt. Der Auftragsabwicklungsprozess konnte nur bis zum Vertragsschluss agentenbasiert umgesetzt werden. Leider ist dann das Forschungsprojekt SESAM ausgelaufen und die Autorin konnte nicht mehr auf die Gesamtumgebung des Projektes zugreifen. Die Umsetzung wurde von Studenten und Projektmitarbeitern erprobt, so dass angenommen werden kann, dass der Auftragsabwicklungsprozess auch insgesamt agentenbasiert umgesetzt werden könnte. Des Weiteren kann ein Agent laut den Forschungsergebnissen der Juristen des ZAR als Stellvertreter für den Menschen innerhalb des Marktplatzes agieren. Dies ist ein Vorteil für den Benutzer, denn er kann sonst nur schwer eine schnelle Reaktionszeit bei der Teilnahme erreichen. Somit können die Anforderungen A1 und A3 als erfüllbar angesehen werden. [Schn04][Nits09][Habe06]

In der vorliegenden Arbeit wurden die Anforderungen erfasst und die Konzeption des Auftragsabwicklungsprozesses bis zur Bezahlung entwickelt. Die konkrete Umsetzung der vollständigen Abarbeitung des Auftragsabwicklungsprozesses steht noch aus.

Die dritte Frage, die zu beantworten war, war: *Wie kann eine multikriterielle Verhandlung umgesetzt werden?*

Durch die Verwendung von Constraint-Netzen zur Lösung eines CSP (Constraint Satisfaction Problem) wurde eine benutzerspezifische Lösung umgesetzt. Dabei wurde auch die Zufriedenheit der Benutzer mit einbezogen. Leider konnten im Rahmen des Projektes SESAM nicht die Kriterien Preis und Lieferzeit mit einbezogen werden, da an dieser Stelle ein bereits nach Preis und Lieferzeit optimiertes Angebot vorlag.

Die Verhandlung wurde daher in Bezug auf weitere Kriterien wie Vertragslaufzeit, Kündigungsfrist, Ökostromanteile etc. untersucht. Die Konzeption und Implementierung der Verhandlung wurde in der Umsetzung im Rahmen des Teilprojektes „Verträge im Netz“ des Projektes SESAM umfassend untersucht. Die Verhandlung lief erfolgreich und benutzerzufriedenstellend ab, d.h. dass die Ergebnisse der Verhandlung der zuvor ausgewählten Belegung der benutzerspezifischen Kriterien entsprochen haben. (siehe

Kapitel 13) Dies wurde durch Benutzertest mit mehreren Studierenden und im Rahmen verschiedener Studienarbeiten und Diplomarbeiten untersucht, evaluiert und bestätigt. Somit können die Anforderungen A4 und A5 als erfolgreich umgesetzt angesehen werden. [Zhi06][Schn04][Mora05]

In der vorliegenden Arbeit wurde das mathematische Modell für die multikriterielle Verhandlung weiterentwickelt und anhand von beispielhaften Belegungen überprüft. In zukünftigen Arbeiten müssten noch die Kriterien Preis und Lieferzeit mit in die Verhandlung integriert werden.

Die vierte Frage war: *Wie kann ein Rechtssicherer Vertrag abgeschlossen werden?*

Zunächst müssen die Teilnehmer des Spotmarktes einen Rahmenvertrag akzeptieren um an diesem Marktplatz teilnehmen zu können. Die Konzeption des Rechtsagenten, der an drei Stellen beim Vertragsschluss eine rechtliche Überprüfung vornehmen kann, wurde von den Juristen, die im Teilprojekt Verträge im Netz mitgearbeitet haben, umfassend untersucht und als gangbar eingestuft. Die Rechtsontologie wurde in verschiedenen studentischen Arbeiten im Bereich des Vertragsrechtes umgesetzt und erprobt. Die Erprobung wurde in enger Zusammenarbeit mit Juristen des ZAR (Zentrum für angewandte Rechtswissenschaften) am KIT, Karlsruhe durchgeführt. [Hoch07] [Reic05] [Warz05] [Bonn04]

So können die Anforderungen A2 und A6 eben falls als erfüllt angesehen werden. Der Anteil der Autorin lag darin, dass zum einen die Rechtsbegriffsontologie aus technischer Sicht entworfen wurde und in der Zusammenarbeit mit den Juristen mit Inhalten befüllt wurde. In Zusammenarbeit mit Studenten wurde ein „Rechtsmediator“ als Rechtsberater für den Vertragsschluss prototypisch umgesetzt. Dieser Rechtsmediator wurde in Zusammenarbeit mit den Juristen anhand von typischen rechtlichen Beispielfragen untersucht. [Hoch07]

In zukünftigen Arbeiten müsste die Ontologie erweitert werden, um weitere benutzerspezifische Kriterien auch rechtlich überprüfen zu können.

Die fünfte Frage, die zu beantworten war, war: *Welches Bezahlssystem kann eingesetzt werden?*

Die Konzeption für ein Handybasiertes Bezahlssystem wurde am System mobuy erprobt. Da leider im Rahmen des Projektes SESAM diese Arbeiten nicht integriert werden konnten, wurde die Erprobung an einem anderen Beispiel durchgeführt. Das Bezahlssystem ist ein

erprobtes System und wird kommerziell in verschiedenen Bereichen eingesetzt: Verkauf von Konzertkarten, Bezahlung beim Einkaufen an der Kasse, spontane Spenden bei Veranstaltungen und Bezahlung bei Online-Spielen. Die Anforderungen, sind ähnlich den Anforderungen, an eine Bezahlung im Rahmen des Marktplatzes für dezentral erzeugte Energie. Die Automatisierung konnte nur im Rahmen einer konzeptionellen Planung untersucht werden. Der Praxistest für die Bezahlung von dezentral erzeugtem Strom steht noch aus. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die Machbarkeit gewährt ist, denn die obigen Beispiele können auch spontane Geschäfte sein und sind somit auf das vorliegende Szenario übertragbar. Daher kann auch die Anforderung A7 als konzeptionell umgesetzt angesehen werden. [mobu14]

In zukünftigen Arbeiten sollte auch ein leichtgewichtiges Bezahlsystem integriert sein.

## ***14.2 Offene und weiterführende Fragen***

### **Vertrauen**

In verschiedenen Arbeiten wurden Konzepte entwickelt, wie Vertrauen in eine Marktplattform erzielt werden kann. Nach einer Studie der Akademie für Technikfolgenabschätzung ist das Vertrauen in einen regionalen Online-Markt um ein vielfaches höher als in einen Markt mit Beteiligten, die weltweit, europaweit oder deutschlandweit agieren. Empfehlenswert ist auch die Verwendung eines einschlägigen Gütesiegels für Online-Plattformen, das der Zielgruppe auch bekannt ist. Auch die Möglichkeit, dass Kunden und Anbieter Bewertungen zur Plattform oder zu den angebotenen Produkten abgeben können, ist ein gute Möglichkeit, das Vertrauen zu erhöhen. Wenn allerdings negative Bewertungen abgegeben werden, muss auch der Betreiber der Plattform bzw. des Agentensystems sicherstellen, dass angemessen reagiert wird. Auch die Möglichkeit, unter Einbindung einer dritten Partei die Zahlungsabwicklung vornehmen zu können, trägt zu einem höheren Vertrauen bei. Das Thema Vertrauen – wiewohl wichtig – fiel außerhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit.

### **Glaubwürdigkeit**

Bedingt durch die Liberalisierung im Strommarkt, viele neue Akteure und hohe Echtzeitanforderungen müssen für diesen Sektor neue Sicherheitsmechanismen geschaffen werden. Gerade beim Einsatz von Agenten muss berücksichtigt werden, dass auch Agenten unkooperative Verhaltensweisen an den Tag legen können. Daher kann zunächst anhand des Vertrauenskonzeptes die Auswahl der geeigneten Agenten unterstützt werden. Dabei

sollte der Fokus auf der Glaubwürdigkeit des Verhaltens des Agenten anhand der Betrachtung des vergangenen Verhaltens gelegt werden. [RoBe15]

### **Problem des gewerblichen Stromhandels**

Bei einer häufigen Verwendung der konzipierten Handelsplattform für dezentral erzeugten Strom als Verkäufer stellt sich aus juristischer Sicht die Frage, ab wann ein gewerblicher Stromhandel vorliegt. Im Bereich der Auktionen (Ebay) ist die Abgrenzung zwischen Privatverkäufern und gewerblichen Händlern oft nicht eindeutig. Eine Privatperson kann die Gewährleistungsrechte ausschließen. Ein gewerblicher Händler hingegen muss ein Widerrufsrecht gewähren und muss auf zahlreiche Recht und Pflichten hinweisen. Daher sollten weiterführende Arbeiten diese Frage für das vorliegende Szenario noch klären.

### **Akzeptanz eines leichtgewichtigen Bezahlsystems**

Das Telefonie-basierte Bezahlsystem *mobuy* ist ein neuer Ansatz für mobiles Bezahlen, der viele komplizierte und teure Methoden des Geldtransfers obsolet macht. Wichtig für die Benutzer eines Bezahlsystems ist die Wahrung des Anrechts auf Privatsphäre. Bei einem Kauf über das Telefonie-basierte Bezahlsystem erhält der Verkäufer lediglich den Namen und die Liefer- und Rechnungsadresse, jedoch nicht die Bankverbindungsdaten. Auch die Einhaltung der geltenden Datenschutzbedingungen sollte durch das verwendete Bezahlsystem gewährleistet sein. Für die Benutzung innerhalb des vorliegenden Marktplatzes kommt nun noch der Vorteil hinzu, dass eine *dritte Partei* bei der Zahlung involviert wird. So kann das Vertrauen in den elektronischen Marktplatz gesteigert werden. Allerdings muss zunächst die Verbreitung von Telefonie-basierten Bezahlssystemen unterstützt werden. Denn in Deutschland ist bisher die Akzeptanz für die Verwendung eines Handybezahlsystems eher gering. Wobei dies vor allem auf die Gewohnheiten der Benutzer zurückzuführen ist und weniger auf Sicherheitsbedenken. [TrKe15]

### **Speicherung des Stroms**

Strom aus regenerativen Energiequellen fließt nicht kontinuierlich. Die Erzeuger sind von den Wetterverhältnissen abhängig, ob die Sonne scheint oder der Wind bläst. Allerdings kann auch eine Überproduktion von Strom stattfinden, denn selten stimmen Energiefluss und Energiebedarf überein. Dies ist ein Problem, dass die Nutzung von Photovoltaikanlagen und Windenergie seit jeher begleitet. Vor allem da Strom generell als schwer speicherbar gilt. Allerdings gibt es einige verschiedene Arten von Stromspeichern: direkt (Kondensator

oder Spule) und indirekt (Pumpspeicherkraftwerk, Umwandlung von Strom in Wasserstoff, Batterien und Akkus), die teilweise auch für die private Nutzung geeignet sind. Die verschiedenen Kapazitäten der Stromspeicher sind in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Spulen, Kondensatoren und Schwungmassenspeicher sind als Kurzzeitspeicher geeignet. Druckluftspeicher und Pumpspeicher sind als Langzeitspeicher gespeichert. Akkus und Batterien sind elektro-chemische Speichermedium. Wasserstoff ist ein Langzeitspeicher, der allerdings noch nicht marktreif ist.

Im Grunde genommen geht die vorliegende Arbeit davon aus, dass eine nennenswerte Stromspeicherung nicht existiert. Sollte sich dies einmal ändern, so sind Geschäftsmodelle und -prozesse kritisch zu hinterfragen. Die Ansätze in der vorliegenden Arbeit dienen umgekehrt dazu, die Folgen fehlender Energiespeicher abzumildern. (Abbildung 107)

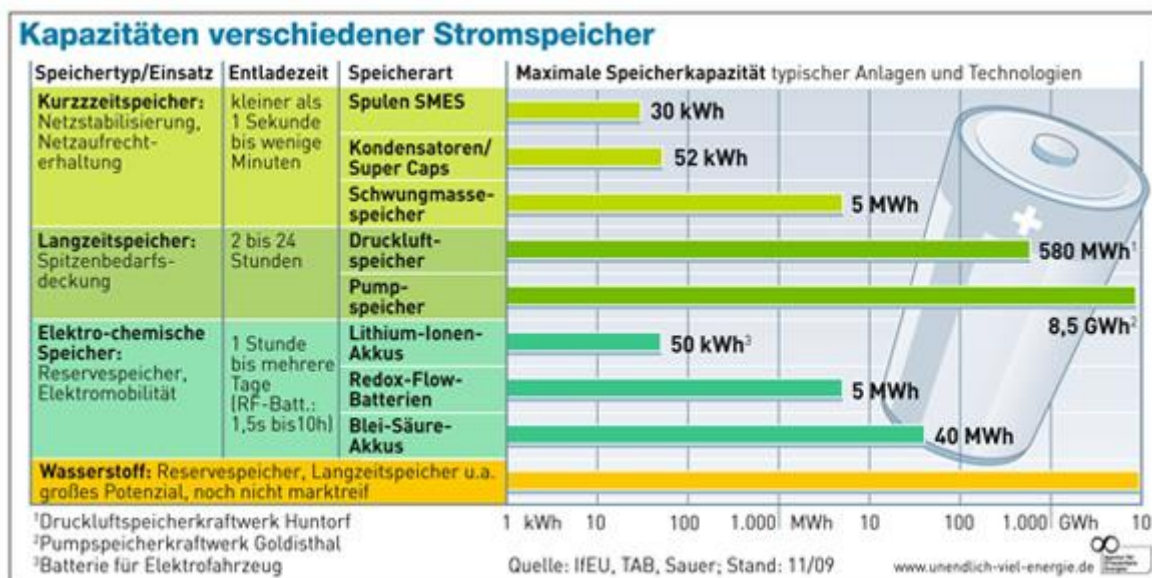


Abbildung 107 Kapazitäten verschiedener Stromspeicher

### 14.3 Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die automatisierte Agentenverhandlung am Beispiel eines Vertragsschlusses im Internet vorgestellt. Die Verhandlung kann anhand von einigen benutzerrelevanten Kriterien in Bezug auf den Verkauf bzw. Kauf von Strom durchgeführt werden. Da diese Art der Verhandlung aber sehr gut auch auf weitere Domänen übertragbar ist, könnte man zunächst diese weiteren Anwendungsbereiche bestimmen und dann die vorliegende Ontologie entsprechend erweitern oder eine neue entsprechende domänenspezifische Ontologie entwerfen. Von juristischer Seite aus



gesehen, kann die Rechtsbegriffstheorie um weitere wichtige vertragsrelevante Begriffe ergänzt werden. Dazu ist einschlägiges juristisches Wissen notwendig, so dass in der vorliegenden Arbeit nur anhand einiger weniger Beispiele, das prinzipielle Vorgehen vorgestellt werden konnte.

Die vorgestellte Lösung bildet eine Chance, dem Durchschnittskonsumenten eine Möglichkeit anzubieten, einen Beitrag zum nachhaltigen Verbrauch von Strom zu geben. Die Resonanz des Publikums bei der Repräsentation des SESAM Prototypen bei der Cebit im Jahre 2007 war sehr positiv, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Akzeptanz in der Zukunft bei privaten Erzeugern bzw. Verbrauchern angenommen werden kann. Gerade auch, da durch den geplanten Atomausstieg, innerhalb der nächsten Jahre schnell Alternativen zum Atomstrom gefunden und umgesetzt werden müssen und sich der Trend, erneuerbare Energie privat zu nutzen, zusehends durchsetzt. [bund13]

Die vorgestellte Lösung kann auch auf andere Bereiche angewandt werden. Beispielweise könnten auch Lebensmittel regional und nachhaltig vertrieben und gekauft werden. Auch für Flüge und Reisen wäre der elektronische Marktplatz leicht anzupassen. In diesem Bereich könnten Restplätze spontan verkauft bzw. gekauft werden. Oder auch, wenn Reisen kurzfristig nicht angetreten werden können, könnten Tickets oder auch Eintrittskarten für Veranstaltungen spontan verkauft bzw. eingekauft werden. Vorstellbar wäre es auch, die vorgestellten Konzepte für einen Markt für Dienstleistungen im privaten Sektor anzupassen. Eine Art Tauschbörse für Haushaltliche Dienste. Eine mögliche Anwendung wäre auch im Bereich der Pflege und Betreuung, wenn kurzfristige Hilfe in der Pflege und Betreuung notwendig ist und dies oft nur schwierig über kommerzielle Dienstleister spontan eingeplant werden kann. Die Lösung könnte auch als eine spontane Mitfahrzentrale genutzt werden.

Die Speicherung von dezentral erzeugtem Strom in Stromspeicherclouds soll bis zum Jahre 2025 weiterentwickelt werden. Daher kann dann die Erzeugung und die regional nahe Nutzung dieses Stroms weiterentwickelt und der Marktanteil erhöht werden.

Die Verwendung eines leichtgewichtigen Bezahlsystems sollte in Zukunft noch in den Auftragsabwicklungsprozess vollständig integriert werden, so dass eine nahtlose Erprobung des vollständigen Auftragsabwicklungsprozesses erfolgen kann.

In Bezug auf den Anwendungsbereich des Marktplatzes der dezentral erzeugten Energie können noch in Zukunft weitere Hemmnisse der Teilnahme für Privatpersonen herabgesetzt

werden. Dazu gehört beispielweise, dass die Netzbetreiber die Kosten für die Durchleitung für Privatpersonen senken.

Mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit könnte in Zukunft beim Verkauf oder Kauf von dezentral erzeugter Energie ein Beitrag zur Einsparung von CO<sub>2</sub> geleistet werden. Dies kann sich positiv für zukünftige Generationen bemerkbar machen. Daher ist ein solch nachhaltiger Ansatz wünschenswert.

Derzeit bietet RWE bereits eine Haussteuerung mit RWE SmartHome an. SmartHome ist eine Produktfamilie intelligenter Geräte, die über ein hausinternes Funknetz zentral gesteuert werden können. Diese Steuerung umfasst auch die Heizungssteuerung. Diese Steuerung kann per Internet aber auch par Smartphone erfolgen. Durch Sensoren reagiert RWE SmartHome auch auf die Umgebung. Beispielsweise schaltet sich die Heizung automatisch ab, wenn gelüftet wird. Somit kann laut RWE Strom eingespart werden, die Heizkosten können gesenkt werden und der Komfort kann gesteigert werden. [RWE15] Denkbar wäre hier auch eine Erweiterung zum Verkauf oder Einkauf von dezentral erzeugtem Strom.

Laut EON [EON14] soll sich der Anteil an regenerativer Energie von heute 16,5% bis zum Jahr 2020 auf 25 % erhöhen. Da damit auch der Anteil von Energieerzeugern steigt, die mitunter starken Schwankungen unterliegen, wie zum Beispiel Photovoltaikanlagen, müssen Maßnahmen getroffen werden, dass dies nicht im Stromnetz spürbar ist. Die Schwankungen müssen kompensiert werden. Zum Ausgleich solcher Schwankungen könnte die in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Marktplattform dienen. EON unterstützt bereits die dezentrale Stromerzeugung der Verbraucher direkt vor Ort. EON sieht vor allem eine Herausforderung darin, die sogenannte Lastumkehr zu bewältigen. Dafür können thermische oder elektrische Speicherung zur Verfügung gestellt werden, um die Flexibilität des Stromnetzes umsetzen zu können.

EnBW erarbeitet derzeit im Projekt MeRegio exemplarisch in einer Modellregion in Baden-Württemberg wie dezentrale Stromerzeuger, Stromverbraucher und intelligente Speicher über Datenleistungen vernetzt werden können. Bei MeRegio wird den 1000 teilnehmenden Kunden ein variabler Tarif angeboten. Netz und Kraftwerke können so intelligenter genutzt werden. [EnBW15]

Vattenfall bietet ein „virtuelles Kraftwerk“ für den Bereich der Fernwärme an. Dabei können alle denkbaren energetischen Verfahren genutzt werden. [Vatt15]

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Thematik erneuerbare Energie derzeit im Fokus aller Energieerzeuger steht. Daher wäre einer Übernahme von Ansätzen der vorliegenden Arbeit denkbar.

Soziale Netzwerke könnten in Zukunft mit in den Spotmarkt eingebunden werden. Damit könnte die Kommunikation zwischen den Kunden bzw. zwischen den Agenten der Kunden noch intuitiver erfolgen. Der Bedarf und die Angebote der Kunden bzw. der Anbieter könnten innerhalb der sozialen Netzwerke kommuniziert und ausgewertet werden.

Denkbar ist auch eine zukünftige Verwendung von intelligenten Stromzählern mit einem integrierten Webserver, über den man alle Haushaltsgeräte oder auch sein Elektroauto mit den entsprechenden Verbräuchen einplanen kann. Somit könnte der Stromzähler als Basisstation des Agenten als Vertreter des Kunden auf dem Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom dienen. Der Stromzähler könnte unter anderem auch die Aufgabe übernehmen, die Geräte intelligent einzuplanen und je nach Dringlichkeit der Verwendung entsprechend den dezentral erzeugten Strom im Netz einkaufen.

#### ***14.4 Aktuelle Entwicklungen***

Derzeit erarbeitet die Verfasserin in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern eines der großen Energieerzeuger eine konkrete Umsetzung der vorliegenden Ansätze. Dazu wird eine Befragung möglicher zukünftiger Nachfrager und Anbieter durchgeführt. Dabei werden in Interviews die genauen Wünsche der potentiellen zukünftigen Anbieter und Nachfrager aufgenommen, so dass die Anforderungen an einen Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom noch weiter für eine marktfähige Umsetzung verfeinert werden können.

Die Befragungen verliefen bisher sehr positiv. Die Befragten reagierten durchweg alle sehr aufgeschlossen auf den möglichen Einsatz einer solchen Plattform, so dass nach der bisherigen Auswertung der Interviews angenommen werden kann, dass ein Spotmarkt für dezentral erzeugten Strom nach der Einführung von den Nachfragern und Anbietern auch angenommen werden würde.

Als nächster Schritt ist geplant, die Interviews noch detaillierter auszuwerten und die Anforderungen an den Spotmarkt daraufhin anzupassen. Mit Unterstützung der Ergebnisse sollen die Investitionen und die Bandbreite einer Einführung solch eines Spotmarktes kalkuliert werden und interessierte Venture Capital Geber akquiriert werden. Wünschenswert wäre eine reale Umsetzung des Spotmarktes im Sinne eines nachhaltigen Umgangs mit beschränkten Ressourcen.



## 15 Literaturverzeichnis

- [ABGP03] ASARO, C. /BIASIIOTTI, M.A. / GUIDOTTI, P./ PAPINI, M:/ SAGRI, M\_T./ TISCORNIA, D. (2003): A Domain Ontology: Italian Crime Ontology. – In: Proc. 9<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence and Law, ICAIL 2003. Springer.
- [Acce13] Accenture (2013): Verbraucher wollen Strom lieber selbst produzieren. <http://www.accenture.com/de-de/company/newsroom-germany/Pages/intelligenter-energie-studie-verbraucher.aspx> (23.11.2013).
- [AfEE13] Agentur für Erneuerbare Energien (2013): Die Herstellung von Holzpellets. <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/waerme/detailansicht/article/119/co2-vermeidung-durch-erneuerbare-energien.html> (23.11.2013).
- [Ahre09] AHRENS, MAREIKE (09): Semi-automatische Generierung einer OWL-Ontologie aus domänenspezifischen Texten am Beispiel von HUMINT-Meldungen. Magisterarbeit, Universität Bonn.
- [Arnd13] ARNDT, FRANK (2013): Tausch in Verhandlungen: Ein dynamisches Modell von Tauschprozessen. Springer.
- [Aust55] AUSTIN, JOHN LANGSHAW (1955): How to Do Things with Words. Clarendon Press Oxford.
- [Bake13] BAKER, COLLIN (2013): FrameNet. <http://framenet.icsi.berkeley.edu/> (23.11.2013).
- [Bart04] BARTELT, A. (2004): Elektronische Verhandlungen in verteilten E-Business-Systemen. Dissertation Universität Hamburg.
- [BeKe14] BEIERLE, Ch.; KERN-ISBERNER, G. (2014): Methoden wissensbasierter Systeme. Springer. Wiesbaden.
- [BeMS05] BENDER, PHIPLIPP/MÜLLE, JUTTA/ SCHEPPERLE, HEIKO (2005): Enhancing User Acceptance of Traffic Services Using Imperfect Information. In ITS 16th European Regional Conference, September 4-6, 2005, Porto, Portugal.
- [BDNR05] BERGFELDER/ DIETRICH/ NTSCHKE/ RAABE (2005): SESAM AP 1.4: Entwicklung juristischer und technischer Mechanismen zur Überwindung von Regelungsunterschieden. Technischer Bericht, Universität Karlsruhe (TH). Karlsruhe.
- [Berg12] Roland Berger (2012): Der Umbau des Energiesystems und dezentrale Energieerzeugung. Vortrag Ralph Büchele.
- [Berz07] BERZ, GREGOR (2007): Spieltheoretische Verhandlungs- und Auktionsstrategien. Schäffer-Poeschel Stuttgart .
- [BeSe97] BEAM, CARRIE/ SEGEV, ARIE (1997): Automated Negotiation in Electronic Commerce. – In: SILBERSCHATZ, ABRAHAM / SHOVAL, PERETZ (Hrsg.): Next Generation Information Technologies and Systems (NGITS '97), Third International Workshop, Neve Ilan, Israel. Volume 39 pages 263-268.
- [Biew97] BIEWER, BENNO (1997): Fuzzy-Methoden. Springer Berlin, Heidelberg.
- [BeEG13] BERNINGHAUS, Siegfried K:/ EHRHART, KARL-MARTIN/ GÜTH, WERNER (2010): Strategische Spiele. Eine Einführung In Die Spieltheorie. Springer Berlin, Heidelberg.
- [Bist03] BISTARELLI, S./ FOLEY, S.N./ O'SULLIVAN, B (2003): A Constraint-based Framework for the Cascade Vulnerability Problem. – In Proceedings ICLP2003, Page 422-436. Mumbai, India.
- [Biun06] BIUNDO-STEPHAN, S. (2005): Einführung in die Künstliche Intelligenz. Vorlesungsskript Universität Ulm WS 2005/06.

- [BMI12] Bundesministerium des Innern (2012): Open Government Data Deutschland, Studie. Berlin.
- [BMWi14] Entwurf eines Gesetzes zur grundlegenden Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften des Energiewirtschaftsrechts (20014): BMWi.
- [Bohr03] BOHRER (2003): Entwicklung eines internetgestützten Expertensystems zur Prüfung des Anwendungsbereichs urheberrechtlicher. Hochschulschrift Saarbrücken, Universität, Dissertation.
- [Bonn04] BONNEVIOT, MATTHIEU (2004): Entwurf und Implementierung eines Regel basierten Rechtsmediators; Diplomarbeit Universität Karlsruhe.
- [Borc03] BORCHERT, REINER (2003): Wissensbasen. [http://ifgi.uni-muenster.de/~moltgej/Lehre/GI\\_Tech/2.%20Wissensbasen-Part1.pdf](http://ifgi.uni-muenster.de/~moltgej/Lehre/GI_Tech/2.%20Wissensbasen-Part1.pdf) (23.11.2013).
- [Brat87] BRATMANN, M.E. (1987): Intensions, Plans and Practical Reason. Cambridge, Harvard University Press.
- [Brau08] BRAUER, HENRIK (2008): Verhandlungsstrategien von Softwareagenten, HAW Hamburg.
- [BrWa81] BROCKHAUS-WAHRIG (1981): „Deutsches Wörterbuch“. Gütersloh.
- [BrWe03] BREYER-MAYLÄNDER, Thomas; WERNER, Andreas (2003): Handbuch der Medienbetriebslehre. Walter de Gruyter. Oldenbourg.
- [bund13] Deutscher Bundestag (2013): Zwölfter Zwischenbericht der Enquete-Kommission „Internet und digitale Gesellschaft“, Verbraucherschutz. Drucksache 17/12540. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/125/1712540.pdf> (20.06.14)
- [CaGu97] CASTILLO, ENRIQUE/ GUTIERREZ, JOSE MANUEL/ HADI, ALI (1997): Expert Systems and Probabilistic Network Models. Springer New York.
- [Cimi06] CIMIANO, PHILIPP/ VÖLKER, JOHANNA/ STUDER, RUDI (2006): Ontologies on Demand? – In: Journal: Information, Wissenschaft und Praxis, Nr. 6-7, S. 315-320.
- [Clar13] CLARK, TIM (2013): Excite launches Net smart shopper: [http://news.cnet.com/Excite-launches-Net-smart-shopper/2100-1017\\_3-205793.html](http://news.cnet.com/Excite-launches-Net-smart-shopper/2100-1017_3-205793.html) (23.11.2013).
- [CIRu00] CLEMENT, MICHEL/ RUNTE, MATTHIAS (2000): Intelligente Software-Agenten im Internet- Implikationen für das Marketing im Ecommerce. [http://www.runte.de/matthias/publications/agents\\_clement\\_runte\\_dermarkt.pdf](http://www.runte.de/matthias/publications/agents_clement_runte_dermarkt.pdf) (23.11.2013).
- [D3We12] D3Web (2012): <http://www.is.informatik.uni-wuerzburg.de/forschung/anwendungen/d3web/> (21.04.14).
- [DAIL13] Distributed Artificial Intelligence Laboratory (2013): <http://www.dai-labor.de/> (23.11.2013).
- [Dave97] DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L.(1997): Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Harvard Business Press, Harvard.
- [deut14] Expertennetzwerk Deutschland GmbH (2014): <http://www.deutschland-startet.de/geschaeftsidee/> (21.04.14).
- [DiLR07] DIETRICH, LOCKEMANN, RAABE (2007): Agent Approach to Online Legal Trade. In J.Krogstie, A.L.Opdahl, S.Brinkkemper (eds.): Conceptual Modelling in Information Systems Engineering. Page 177-194. Springer Berlin.
- [Droo14] DROOLS (2014): [http://www.jboss.org/drools/;](http://www.jboss.org/drools/) (21.04.14).
- [ECCH09] E-Commerce-Center Handel (2009): Vertrauen im Online-Handel. Köln. [www.ecc-handel.de](http://www.ecc-handel.de) (18.04.2015)
- [Eene12] Smart Energy made in Germany. Zwischenergebnisse der E-Energy-Modellprojekte

- auf dem Weg zum Internet der Energie. Baum Consult GmbH München.
- [EEX14] European Energy Exchange AG, <https://www.eex.com/de> (21.04.2014).
- [Eich13] EICHENBERGER, JÜRGEN (2004): Grundzüge der Mikroökonomik. Mohr Siebeck.
- [Elst96] ELSTRODT, JÜRGEN (1996): Maß- und Integrationstheorie. Springer Berlin.
- [EnBW13] EnBW (2013): [www.enbw.com](http://www.enbw.com) (21.04.14)
- [EnBW15] EnBW MeRegio (2015):  
<https://www.enbw.com/unternehmen/konzern/innovation-forschung/energiesystem/meregio/index.html> (20.04.15)
- [Enge93] ENGESSER, H. (Hrsg.)(1993): Duden „Informatik“. Dudenverlag Mannheim.
- [Enge96] ENGEL (1996): Deutsche Grammatik. Heidelberg.
- [EON14] EON Geschäftsbericht (2014): <http://www.eon.com/de/ueber-uns/publikationen/geschaeftsbericht.html> (20.04.15)
- [euro01] EuroWordNet: <http://www.illc.uva.nl/EuroWordNet/> (21.04.2014).
- [Eyma02] EYMANN, Torsten (2002): Digitale Geschäftsagenten. Springer Berlin.
- [FFMM94] FININ, FRITZSON, McKAY, McENTIRE (1994): KQML as an Agent Communication Language. In N. Adam, B. Bhargava und Y. Yesha, Hrsg., Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'94), Seiten 456–463, ACM Press. Gaithersburg, MD, USA.
- [FIPA11] FIPA (2011): FIPA Agent Management Specification.  
<http://www.fipa.org/specs/fipa00023/SC00023K.pdf> (23.11.2013).
- [FuOS01] FURBACH, ULRICH/ OBST, OLIVER/ STOLZENBURG, FRIEDER (2001): Intelligente Agenten und KI. In: Informatische Bildung und Computer in der Schule, 20(3/4), Seite 17-21, 2000. Habilitationsschrift Universität Koblenz-Landau.
- [Fran08] FRANKE, MARKUS (2007): An Update Algorithm for Restricted Random Walk Clusters. Dissertation Karlsruhe.
- [Fran13] FRANK, ULRICH (2013): Verhandlungsunterstützungssysteme.<http://www.wi-inf.uni-duisburg-essen.de/FGFrank/index.php?lang=de&&groupId=1&&contentType=ResearchInterest&&topicId=47> (23.11.2013).
- [Gabl13] Gabler (2013): Wirtschaftslexikon. Springer.
- [GeGo07] GERSCH, M./ GOEKE, C. (2007): Die Geschäftssystementwicklung in der Vorgründungsphase. - In: FREILING, J.; KOLLMANN, T.: Entrepreneurial Marketing, ZfKE – Zeitschrift für KMU und Entrepreneurship: Vol. 57, No. 3-4, Page 187-217.
- [Geib07] GEIBIG, OLIVER (2007): Agentenbasierte Unterstützung Öffentlicher Ausschreibungen von Bauleistungen unter Verwendung von Methoden der Künstlichen Intelligenz. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.
- [Gers08] GERSCH, Christian (2008): Unternehmenskooperation und Branchentransformation. Gabler Wiesbaden.
- [Gold89] GOLDBERG, DAVID (1989): Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Boston.
- [goog14] Google Wallet (2014): <http://www.google.com/wallet/> (11.05.14)
- [GoKa97] GORDON, T.F./ KARACAPILIDIS, N. (1997): The Zero Argumentation Framework. - In: Proc. International Conferences on Artificial Intelligence and Law ICAIL-97, Pages 10-18, ACM New York, NY, USA.
- [GoMa03] GOMEZ-PEREZ/ MANZANO-MACHO (2003): OntoWeb: A survey of ontology learning methods and techniques. International Journal of Computer Applications (0975-8887) Volume 22-No. 9, Page 36-43.
- [GöRS03] GÖRZ, C./ ROLLINGER, C.-R./ SCHNEEBERGER, J. (2003): Handbuch der Künstlichen

- Intelligenz. Oldenburg Verlag.
- [GPS01] GANGEMI, A./ PISANELLI, D.M./ STEVE, G: (2001): A Formal Ontology Framework to Represent Norm Dynamics. – In: WINKELS, R. (Hrsg.), Jurix Conference, Workshop on Legal Ontologies. Amsterdam.
- [Gree13] Greenpeace (2013): Klimawandel.  
<http://www.greenpeace.de/themen/klima/klimawandel/> (23.11.2013).
- [Grub93] GRUBER, THOMAS R. (1993): Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. Stanford University. Computer Science Dept. Knowledge Systems Laboratory, Stanford.
- [GST03] GANGEMI, A./ SAGRI, M.-T./ TISCORNIA, D. (2003): Metadata for Content Description in Legal Information. - In: Proc. Workshop of Legal Ontologies, ICAIL 2003 . Edinburgh. Kluwer.
- [Guar98] GUARINO, N. (1998): Formal Ontology and Information Systems. – Editor: Proc. International Conference on Formal Ontology in Information Systems FOIS'98, Trento, Italy. IOS Press. Ohmsha.
- [Habe06] HABERECHT, THORSTEN (2006): Evaluierung von Workflow-Modellierungswerkzeugen für den Einsatz im Projekt SESAM; Studienarbeit Universität Karlsruhe.
- [HaFe97] HAMP, FELDWEG (1997): "GermaNet - a Lexical-Semantic Net for German". In: Proceedings of ACL workshop Automatic Information Extraction and Building of Lexical Semantic Resources for NLP Applications. Page 9-15. Madrid.
- [Hald04] HALDER, ALEXANDER (2004): Entwurf und Nutzung von Ontologien zur Produktteileverwaltung am Beispiel des Geschäftsfeldes PKW der DaimlerChrysler AG. <http://www.informatik.uni-ulm.de/ki/Edu/Diplomarbeiten/halder-dipl.pdf> (23.11.2013).
- [HaLe91] HAFT, F./ LEHMANN, H. (1991): Das LEX-Projekt: Entwicklung eines Expertensystems. Neue Methoden im Recht, Band 6, Attempo Verlag, Tübingen.
- [Hoch07] HOCH, JULIAN (2007): Erstellung eines juristischen Expertensystems. Studienarbeit KIT Karlsruhe.
- [HSN96] Nwana, H. S. (1996): Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review, 11 (3), Page 1-40, Cambridge University Press. Cambridge.
- [Huh99] HUHN, M./ STEFHENS, L. (1999): Multiagent Systems and Societies of Agents: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. MIT Press, Page 79-120. Cambridge.
- [IEKK14] Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg (IEKK) (2014): UM BaWü.
- [infi14] Infin-Payment (2014):  
<http://www.infin-online.de/service/index.php?mini=payment> (11.05.14).
- [Jack89] JACKSON, PETER (1989): Expertensysteme. Eine Einführung. Adison-Wesley. Bonn.
- [JADE03] Iniversity Montreal (2003): Jade Tutorial and Primer.  
<http://www.iro.umontreal.ca/~vaucher/Agents/Jade/JadePrimer.html> (23.11.2013).
- [Jen99] JENNINGS, NICHOLAS R. (1999): On agent-based software engineering in Artificial Intelligence. In: Proceedings Third International Workshop, IATA'99, Stockholm, Sweden.
- [Jens01] JENSEN, FINN V. (2001): Bayesian Networks and Decision Graphs. Springer New York.
- [Jess13] JESS (2013): <http://herzberg.ca.sandia.gov/>, (21.04.14).



- [JFL+] JENNINGS, N. R./ FARATIN, P./ LOMUSCIO, A. R./ PARSONS, S./ SIERRA, C.; WOOLDRIDGE, M. (2001): Automated Negotiation: Prospects, Methods and Challenges. *Journal of Group Decision and Negotiation*, 10 (2), Page 199-215. Niederlande.
- [Jure14] JUREX-Innovation in der Rechtswissenschaft (2014): <http://www.jurexpert.de/> (21.04.14)
- [Juri14] BUERMEYER (2014): [www.juriwiki.de](http://www.juriwiki.de) (18.05.14)
- [Kamp11] KAMPER, ANDREAS (2011): Dezentrales Lastmanagement zum Ausgleich kurzfristiger Abweichungen im Stromnetz. Dissertation KIT Karlsruhe.
- [Kano84] KANO, N.; TAKAHASHI, F.; TSUJI, F. (1984): Attractive Quality and Must-be Quality; *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2) S. 147-156.
- [Kerr96] KERR I.R. (1996): Providing for Autonomous Electronic Devices in the Uniform Electronic Commerce Act. [www.law.ualberta.ca/alri/ucl/current/ekerr.htm](http://www.law.ualberta.ca/alri/ucl/current/ekerr.htm) (15.03.2013)
- [Klü01] KLÜGEL, F. (2001): Multiagentensimulation – Konzepte, Werkzeuge- Methoden. Addison Wesley. München.
- [Kosc07] KOSCHMIEDER, AGNES (2007): Ähnlichkeitsbasierte Modellierungsunterstützung für Geschäftsprozesse. Dissertation Universitätsverlag Karlsruhe. Karlsruhe.
- [Lang08] LANG, FLORIAN (2008): Wissensbasierte Verhandlungsautomatisierung auf elektronischen Echtzeit-Märkten. Gabler Wiesbaden.
- [LaPh08] POLI, R./ LANGDON, W. B./ McPHEE, N. F. (2008): A Field Guide to Genetic Programming. Stanford University. Stanford.
- [Lare91] LARENZ, K. (1991): Methodenlehre der Rechtswissenschaft. 6. Auflage, Springer. München.
- [Lega13] Legacity (2013): Welcome to legal City. [www.legalcity.de](http://www.legalcity.de) (23.11.2013).
- [Leim12] LEIMEISTER, Jan Marco (2012): Dienstleistungsengineering und –management. Springer.
- [LeAm15] LEININGER, W.; AMANN, E. (2015): Einführung in die Spieltheorie. Skript Universität Dortmund.
- [LoNi04] LOCKEMANN, PETER. C./ NIMIS, JENS. (2004): Flexibility Through Multiagent Systems: Solution or Illusion? - In: P.v.Emde Boas, J.Pokorny, M.Bielikova, J.Stuller (Hrsg.) SOFSEM 2004: Theory and Practice of Computer Science. Lect. Notes in Comp. Science 2392, S. 41-56. Prag.
- [LoNi05] LOCKEMANN, PETER. C./ NIMIS, JENS (2005): Softwareagenten: Von den Eigenschaften zur Architektur. – In: it- Information Technology. Vol. 47: 1-2005, S. 28-35. München.
- [LoNi06] LOCKEMANN, PETER. C./ NIMIS, JENS (2006): Agent Dependability as an Architectural Issue. – In: Proc. 5th Joint International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2006). Hakodate, Japan.
- [Mack77] MACKWORTH, ALAN K: (1977): Consistency in Networks of Relation. - In: Artificial Intelligence. Volume 8, Issue 1. Pages 99-118. Elsevier. Amsterdam.
- [MeSt05] MEIER, ANDREAS/ STORMER, HENRIK (2005): eBusiness & eCommerce. Management Der Digitalen Wertschöpfungskette. Springer. Berlin, Heidelberg.
- [mobu13] Mobuy (2013): Technischer Bericht. Berlin. <http://www.mobuy-gmbh.de/> (13.01.14)
- [mobu14] Mobuy (2014): Technischer Bericht. Berlin. <http://www.mobuy-gmbh.de/> (13.01.14)
- [Momm01 ] MOMMERS, L. (2001): A knowledge-based ontology of the legal domain. - In: Proc. Second International Workshop of Legal Ontologies Organised in conjunction with

- JURIX 2001: the 14th Annual International Conference on Legal Knowledge and Information Systems. Amsterdam.
- [Mora05] MORANO, MAURO (2005): Erstellung eines IT-Risikomanagement Konzeptes für das SESAM Projekt; Diplomarbeit Universität Karlsruhe.
- [Müll97] MÜLLER, GERHARD (1997): Fuzzy Logic, Seminar TU München.  
<http://www.informatik.tu-muenchen.de/~muellerg/docs/FuzzyLogic/FuzzyLogic.ps.gz>
- [Mül96] MÜLLER, JÖRG (1996): The Design of Intelligent Agents. A Layered Approach. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.
- [Musc00] MUSCHOLL, K. M. (2000): Interaktion und Koordination in Multiagentensystemen. Dissertation Universität Stuttgart.
- [Neap03] NEAPOLITAN, RICHARD E. (2003): Learning Bayesian Networks. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA. Prentice Hall.
- [Neum00] NEUMÜLLER (2000): Agententechnologie. <http://kogs-www.informatik.uni-hamburg.de/~neumann/P3-WS-2000/P3-Teil4.pdf> (23.11.2013).
- [NM01] NOY, N.F./ McGUINNESS, D.L. (2001): Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology. Journal Expert Systems with Applications: Volume 36 Issue 2, Pages 4049-4060, Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, US Stanford.
- [Nits09] NITSCHKE, TANJA (2009): Verträge unter Beteiligung von Softwareagenten – ein rechtlicher Rahmen. Dissertation Universität Freiburg. Freiburg.
- [Niss97] NISSEN. VOLKER (1997): Einführung in Evolutionäre Algorithmen. Optimierung nach dem Vorbild der Evolution, Vieweg. Wiesbaden.
- [OdRi23] OGDEN/RICHARDS (1923): The Meaning of Meaning, A Harvest Book, Harcourt, Brace & World Inc. New York.
- [onto13] Suggested Upper Merged Ontology (SUMO): <http://www.ontologyportal.org/> (21.04.2014)
- [OsKA00] OSTERKAMP/ KINDT/ ALBERS (2000): Verhandlung und Argumentation. In: ZfAL 33, 2000. Pages 3-44. Koblenz.
- [Ott11] OTT (2001): Traditionelle Prozesse am Beispiel der Auftragsabwicklung. Skript DHWB Heidenheim.
- [Ovid05] BENDER, PHILIPP; MÜLLE, JUTTA; SCHEPPERLE, HEIKO (2005): Enhancing User Acceptance of Traffic Services Using Imperfect Information. In ITS 16th European Regional Conference, September 4-6, 2005, Porto, Portugal.
- [Part15] Partizipative Qualitätsentwicklung (2015): <http://www.partizipative-qualitaetsentwicklung.de/>. (18.04.15)
- [Pear00] PEARL, JUDEA (2000): Causality. Cambridge University Press. Cambridge University Press. Cambridge.
- [Pear88] PEARL, JUDEA (1988): Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA. San Francisco.
- [Pete00] PETERS, RALF (2000) : Elektronische Märkte und automatisierte Verhandlungen. [http://141.48.73.210/wiwi-dok/wi-peters/publikationen/wi052000\\_413.pdf](http://141.48.73.210/wiwi-dok/wi-peters/publikationen/wi052000_413.pdf) (23.11.2013).
- [Pipp04] PIPPORW, INGO (2004): Software-Agenten in Distributionsnetzen. Gabler. Freiburg.
- [Pupp96] PUPPE/ GAPPA/ ÜOECK/ BAMBERGER (1996): Wissensbasierte Diagnose- und Informationssysteme: Mit Anwendungen Des Expertensystem-Shell-Baukastens D3. Springer. Heidelberg.
- [PW04] PADGHAM/ WINIKO (2004): Developing Intelligent Agent Systems - A Practical Guide. John Wiley & Sons, Ltd. New York.
- [RaGe95] RAO/ GEORGEFF (1995): BDI Agents: From Theory to Practice. In: Proceedings of

- die the first international Conference on multi-Agent Systems (ICMAS-95), pages 312-319, San Francisco.
- [Rech94] RECHENBERG, INGO (1994): Evolutionsstrategie '94. Stuttgart: Frommann-Holzboog. Stuttgart.
- [Reic05] REICHEL, ULRIKE (2005): Erweiterung eines Rechtsmediators um ein Datenschutzmanagementmodul; Diplomarbeit Universität Karlsruhe.
- [Rile13] RILEY (2013): A Tool for Building Expert Systems. <http://clipsrules.sourceforge.net/> (21.04.14).
- [RNDB04] RAABE/ NITSCHKE/ DIETRICH/ BERGFELDER (2004): SESAM AP 1.3: Bestimmung und technische Formalisierung von Regelungsunterschieden und internationalen Vorgaben. Technischer Bericht, Universität Karlsruhe (TH). Karlsruhe.
- [RoBe15] ROSINGER, CHRISTINE; BEER, SEBASTIAN (2015): Glaubwürdigkeit in dynamischen Wirkleistungsverbänden. Informatik Spektrum Band 38.
- [Romm88] ROMMELFANGER, H. [1988]: Entscheiden bei Unschärfe. Springer. Heidelberg.
- [Ross06] ROSSI/ VENABLE/ YORKE-SMITH (2006): Uncertainty in soft temporal constraint problems: a general framework and controllability algorithms for the fuzzy case, Journal of AI Research, Volume 27, Pages 617-674.
- [RoWi12] ROSNER/ WINHELLER (2012): Mediation und Verhandlungsführung. Rainer Hampp Verlag. Mering.
- [Rubi82] RUBINSTEIN, Ariel (1982): Perfect equilibrium in a bargaining model. Econometrica 50.1.
- [RuNo09] RUSSELL/ NORVIG (2009): Artificial Intelligence – A modern Approach. Prentice Hall. New Jersey.
- [RWE15] RWE Smart Home (2015): <https://www.rwe-smarthome.de/web/cms/de/448330/smarthome/> (20.04.15)
- [Sack03] SACKMANN, STEFAN (2003): Bilaterale Preisverhandlungen von Software-Agenten. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, Dissertation: Universität Freiburg, 2002. Gabler. Heidelberg.
- [Sack11] SACK (2011): Semantic Web Technologien. Vorlesung Universität Potsdam. <http://de.slideshare.net/lysander07/semantic-web-technologien-einfhrung> (21.05.14)
- [ScSa14] SCHMIDT-SCHAUß, M.; SABEL, D. (2014): Einführung in die Methoden der künstlichen Intelligenz. Skript Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- [Sche15] SCHEFELER, S. (2015): Agentensysteme-Architekturansätze und zentrale Konzepte. <http://www.syssoft.uni-trier.de/systemsoftware/Download/Seminare/Middleware/middleware.8.book.html> (20.04.15).
- [Schn02] SCHNEEBERGER (2002): IT-Kompaktkurs: Software-Agenten II. SCHEMA GmbH. Nürnberg.
- [Schn04] SCHNEIDER, CHRISTIAN (2004): Entwurf und Implementierung eines Web Service basierten Vertragsdienstes; Diplomarbeit Universität Karlsruhe.
- [Schr10] SCHRADER; CHRISTOPHER (2010): Das Internet der Energie. <http://www.sueddeutsche.de/wissen/intelligente-stromversorgung-das-internet-der-energie-1.142737> (23.11.2013).
- [Schw98] SCHWEIGHOFER, ERICH (1998): Implementierung juristischer Begriffsstrukturen mit Hypertext. <http://www.univie.ac.at/RI/AJLI/1/schweighofer.htm> ( 24.05.14). Wien.
- [Schw04] SCHWICKERT, AXEL (2004): Geschäftsmodelle im Electronic Business – Bestandsaufnahme und Relativierung. [http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2004/1548/pdf/Apap\\_WI\\_JLUGiessen\\_2004\\_02.pdf](http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2004/1548/pdf/Apap_WI_JLUGiessen_2004_02.pdf) (23.11.2013).

- [ScLi05] SCHWEIGHOFER, ERICH/ LIEBWALD, DORIS (2005): Projekt LOIS: Juristische Ontologien und Thesauri. In: Effizienz von e-Lösungen in Staat und Gesellschaft, Aktuelle Fragen der Rechtsinformatik, Proceedings IRIS 2005, S. 79 – 86.
- [ScKcr10] SCHWARZER, BETTINA; KRUMHOLTZ, HELMUT (2010): Wirtschaftsinformatik. Schäfer Poeschel. Stuttgart.
- [SeBS01] SEGEV, ARIE/ BEAM, CARRIE/ SHANTHIKUMAR, GEORGE (2001): Optimal Design of Internet-Based Auctions. In: Information Technology and Management April 2001, Volume 2, Issue 2, S. 121-163.
- [Sesa05] RAABE, OLIVER; NITSCHKE, TANJA; FUNK, CHRISTIAN; DIETRICH, ANTJE (2006): Fortentwicklung juristischer und technischer Mechanismen zur Überwindung von Regelungsunterschieden: SESAM-Bericht des Teilprojekts 1 „Verträge im Netz“.
- [Sesa06] RAABE, OLIVER; NITSCHKE, TANJA; FUNK, CHRISTIAN; DIETRICH, ANTJE (2006): Anpassung VK und Übertragung auf weitere Regelungsbereiche: SESAM-Bericht des Teilprojekts 1 „Verträge im Netz“.
- [Sesa07] RAABE, OLIVER; FUNK, CHRISTIAN; WACKER, RICHARD; DIETRICH, ANTJE (2007): Unterstützung des spontanen Rollenwechsels durch konfigurierbare AGB: SESAM-Bericht des Teilprojekts 1 „Verträge im Netz“.
- [Sess02] SESSELER, R. (2002): Eine modulare Architektur für dienstbasierte Interaktionen zwischen Agenten. Dissertation Technischen Universität Berlin.
- [SeNi04] SESTER, PETER/ NITSCHKE, TANJA (2004): Softwareagent mit Lizenz zum ...? - Vertragsschluss und Verbraucherschutz beim Einsatz von Softwareagenten. In: Computer und Recht , S. 548-554.
- [Spie93] Marcus Spies: Unsicheres Wissen: Wahrscheinlichkeit, Fuzzy-Logic, neuronale Netze und menschliches Denken. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1993, ISBN 3-86025-006-X, S. 17–19
- [SSE04] SAUERBERG, SONNENBERG, EIBL (2004): Erstellung eines Multi-Agenten Systems (MAS) mit Simulationsumgebung zur Robo-Minensuche. Seminar „Landminenerkennung durch Robotereinsatz“. Universität Münster. <https://wwwmath.uni-muenster.de/u/lammers/EDU/ws03/Landminen/Abgaben/Gruppe4b/Ausarbeitung.pdf> ( 21.06.14)
- [SSLG06] SENN/ SCHWEIGHOFER/ LIEBWALD/ GEIST/ DRACHSLER (2005): LOIS: Erfahrungen und Herausforderungen bei der Weiterentwicklung multilingualer Rechtsontologien. In: e-Staat und e-Wirtschaft aus rechtlicher Sicht, Aktuelle Fragen der Rechtsinformatik 2006, 290-295. Boorberg. Stuttgart.
- [Stäh01] STÄHLER, PATRICK (2001): Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie; Merkmale, Strategien und Auswirkungen. EUL Verlag. Köln.
- [StBe08] STUMME; BENZ (2008): Übungen zur künstlichen Intelligenz. <http://www.kde.cs.uni-kassel.de/lehre/ws2008-09/KI/uebung/loesung03.pdf> (11.05.14)
- [Ster04] STERN, M.: Rechtsberatung durch Computerprogramme. Software in vermeidbarem Konflikt mit dem Rechtsberatungsgesetz bzw. dem Steuerberatungsgesetz. In: Computer und Recht 8, S. 561-566.
- [Stig10] STIGLBAUER, K. (2010): Vertrauen als Input-/Output-Variable in elektronischen Verhandlungen. Gabler. Wiesbaden.
- [StSt04] STAAB, STEFFEN/ STUDER, RUDI (2004): Handbook on Ontologies. Springer. Heidelberg.
- [Stud98] STUDER, R.; BENJAMINS, R.; FENSEL, D. (1998): Principles and methods. Data & Knowledge Engineering, 25(1–2): 161–198.

- [SUMO13] SUMO (2013): Suggested Upper Merged Ontology. <http://www.ontologyportal.org/> (23.11.2013).
- [TrKe15] TRAUTMANN, RALF/KESSLER, MARC (2015): Bezahlen per Handy: Mobile Payment in Deutschland ohne Erfolg. <http://www.teltarif.de/mobile-payment> (18.02.15).
- [UnPa13] Universität Paderborn (2013): Modallogik. [http://www.whni.uni-paderborn.de/fileadmin/hni\\_eps/SS\\_08/IES/Modallogik.pdf](http://www.whni.uni-paderborn.de/fileadmin/hni_eps/SS_08/IES/Modallogik.pdf) (24.03.13).
- [UnTü13] Universität Tübingen (2013): Projectdisplay. <http://www.sfs.uni-tuebingen.de/projectdisplay.shtml?value=35> (24.03.13).
- [Vatt15] Vattenfall (2015): <https://www.vattenfall.de/de/virtuelles-kraftwerk.htm> (20.04.15)
- [VDE15] VDE Studie: Stromerzeugung und Verkehrssektor wachsen zusammen. <https://www.vde.com> (14.04.15).
- [W3C13] W3C Semantic Web Activity (2013): semantic Web. <http://www.w3.org/2001/sw/> (23.11.2013).
- [Warz05] WARZECHA, ROBERT: (2005) Konzeption und Umsetzung exemplarischer Module zur Erweiterung eines Rechtsmediators im Projekt SESAM; Studienarbeit Universität Karlsruhe.
- [WeEg89] WEHRLE-EGGERS (1989): "Deutscher Wortschatz". Ernst Klett Verlag. Stuttgart.
- [Wies09] WIESNER, Markus (2009): Der Stromgroßhandel in Deutschland. Dissertation Universität Augsburg.
- [wiki14] <http://de.wikipedia.org/wiki/AC-3-Algorithmus> (21.06.14)
- [Wirt01} WIRTZ, B. (2001): Electronic Business. Gabler. Wiesbaden.
- [Wirt07} WIRTZ, B. (2007): Electronic Business. Gabler. Wiesbaden.
- [Wool02a] WOOLDRIDGE, M. (2002): An Introduction to Multiagent Systems. John Wiley & Sons. New York.
- [Wool02b] WOOLDRIDGE, M: (2002): Intelligent Agents: The Key Concepts. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.
- [Word13] Princeton University (2013): WordNet. <http://wordnet.princeton.edu/> (23.11.2013).
- [Zhi06] ZHI, YUE JING (2006):Konzeption und Implementierung einer agentengestützten Vertragsverhandlung beim Energiehandel; Studienarbeit Universität Karlsruhe.