Die Nachbereitung von Experteninterviews im expertenzentrierten Wissensmanagement

Der Technischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg

zur Erlangung des Grades

DOKTOR-INGENIEUR

vorgelegt von

Dipl.-Inf.
Raymond Bimazubute

Erlangen – 2005

Als Dissertation genehmigt von
der Technischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der Einreichung: 18. April 2005
Tag der Promotion: 27. Juni 2005
Dekan: Prof. Dr. rer. nat. Albrecht Winnacker
Erstberichterstatter: Prof. Dr. Herbert Stoyan
Zweitberichterstatter: Prof. Dr. Rainer Hammwöhner

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand vorwiegend während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Wissenserwerb am Bayerischen Forschungszentrum für Wissensbasierte Systeme (FORWISS) sowie am Lehrstuhl Informatik 8 (Künstliche Intelligenz) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. In der Zeit von 1999 bis 2005 habe ich dort verschiedene Projekte in den Bereichen Wissenserwerb und Wissensmanagement bearbeitet und geleitet.

An dieser Stelle möchte ich mich bei den vielen Menschen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Prof. Dr. Herbert Stoyan, der als Leiter der Forschungsgruppe und als Lehrstuhlinhaber diese Arbeit gefördert hat, jederzeit diskussionsbereit war und mir den Freiraum gewährt hat, den das Gelingen einer solchen Arbeit voraussetzt. Nicht weniger danke ich Herrn Prof. Dr. Rainer Hammwöhner für die Übernahme des Koreferats.

Unter den vielen Kollegen, die ihren Anteil am Erfolg dieser Arbeit tragen, möchte ich vor allem Herrn Dr. Oliver Hogl, Herrn Frank Farnschläder, Frau Barbara Grille, Herrn Dr. Carsten Hausdorf und Herrn Stefan Mandl erwähnen, die immer mit Rat, neuen Ideen und konstruktiver Kritik zur Stelle waren.

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Kerstin Bücher, Frau Barbara Grille, Herr Harald Schmidt und Frau Kerstin Spiegel, die Teile dieser Arbeit Korrektur gelesen haben. Besonders hervorheben möchte ich Frau Kerstin Bücher, die nicht nur die gesamte Arbeit nach Tipp- und sonstigen Fehlern durchforstet, sondern auch zahlreiche Verbesserungsvorschläge gemacht hat.

An dieser Stelle möchte ich mich auch herzlich bei meinen Eltern und meinen Geschwistern für ihr Verständnis und ihre Unterstützung bedanken.

Ganz besonders bedanke ich mich bei meiner Frau Irene und meinen Kindern Verena, Patrick und Anna. Sie haben mit viel Geduld ertragen, dass mir während der Promotion oft nur wenig Zeit für die Familie blieb.

Erlangen im April 2005 Raymond Bimazubute

KURZFASSUNG

Der Wandel von der bisherigen Industriegesellschaft hin zu einer Wissensgesellschaft wird von einer Reihe von Trends begleitet, auf die Unternehmen mit geeigneten Lösungen reagieren müssen. Eine dieser Entwicklungen ist die zunehmende Dynamisierung der Arbeitswelt, die Unternehmen und öffentliche Behörden gleichermaßen vor die Herausforderung stellt, wertvolle Expertise zu bewahren und sie möglichst effizient an neue Mitarbeiter zu vermitteln.

Vor dieser Problemstellung wird in dieser Arbeit ein Wissensmanagement-Szenario beschrieben, bei dem das Expertenwissen mittels Experteninterviews zeitsparend erhoben und in Form eines hypermedialen Informationssystems zur effizienten Wissensnutzung und -verteilung aufbereitet wird.

Obwohl Interviews im Knowledge Engineering mittlerweile eine etablierte Wissensakquisitionsmethode darstellen, liegen bislang kaum Methoden und Empfehlungen vor, wie die Weiterbearbeitung der erhobenen Informationen zu erfolgen hat, und welche Werkzeuge zur Unterstützung des Wissensingenieurs benötigt werden.

Ein wesentlicher Beitrag dieser Arbeit ist daher die Entwicklung eines Vorgehensmodells der Nachbereitung von Experteninterviews, das den Transformationsprozess des erhobenen Wissens beschreibt. Das vorgestellte Modell unterteilt den Nachbereitungsprozess in klar abgegrenzten Phasen und definiert die in jeder Phase durchzuführenden Tätigkeiten. Eine weitere Fragestellung betrifft die Art der richtigen Repräsentation des erhobenen Wissens. Denn einerseits gilt es, die für das Anwendungsgebiet wichtigsten Konzepte zu finden, andererseits hat der Wissensingenieur die Aufgabe, das erhobene Wissen in Hinblick auf eine effiziente Wissensnutzung in handhabbare Einheiten aufzuteilen und miteinander zu verknüpfen. Für die Repräsentation des erhobenen Wissens wird in dieser Arbeit die Verwendung unterschiedlicher Modelle vorgeschlagen, in denen jeweils spezifische Aspekte des Wissens berücksichtigt werden: Während im konzeptionellen Modell wichtige Konzepte des Wissensgebiets sowie ihre Beziehungen zueinander beschrieben werden, umfasst das Inhaltsmodell konkrete Objekte der Wissensvermittlung, wie Knoten oder Abbildungen. Im Navigationsmodell schließlich werden Objekte des Inhaltsmodells miteinander verknüpft, wodurch mögliche Navigationspfade für die Wissensnutzung modelliert werden.

Der Nachbereitungsprozess basiert zwar auf dem Wissen und auf der Erinnerung des Wissensingenieurs an die Expertenäußerungen im Interview, die redaktionelle Bearbeitung und Strukturierung von Informationsobjekten bedeutet jedoch vor allem auch Wissensnutzung. Der Wissensingenieur muss häufig auf bereits vorhandene Informationsobjekte zugreifen, die beispielsweise Hintergrundinformationen enthalten oder als Beispiel für die konkrete Formulierung von Knoteninhalten dienen. Beider Durchführung der erforderlichen Such-, Lese- und Navigationsprozesse in der Wissensbasis wird der Wissensingenieur mit Problemen der Orientierung und kognitiven Überlastung konfrontiert, die bislang in der Literatur einseitig behandelt wurden. Unter dem Konzept der globalen Sicht werden in dieser Arbeit Lösungsansätze vorgestellt und zu einem ganzheitlichen Modell verdichtet.

Auf der Grundlage des vorgestellten Vorgehensmodells der Nachbereitung wurde das Werkzeug WISSAT entwickelt, das den Wissensingenieur im Nachbereitungsprozess unterstützt. In Bezug auf die globale Sicht stellt WISSAT eine Reihe von Werkzeugen und Hilfsmitteln bereit, die dem Wissensingenieur die Wissensnutzung erleichtern.

SUMMARY

The shift from the industrial society towards a knowledge society is accompanied by several trends that pose challenges to which companies and institutions have to come up with suitable solutions. One of these trends is the increasing dynamics of the business environment. The industrial a well as the public sector have to develop strategies for preserving and distributing knowledge to their knowledge workers.

Pertaining to these challenges, this thesis describes a knowledge management scenario in which expert knowledge is efficiently elicited. It is then processed, enriched and built into a hypermedia information system for fast and efficient retrieval and use.

Although expert interviews are an established knowledge acquisition method, there are hardly any methods and guidelines for processing the elicited information, nor are there adequate tools to support the knowledge engineer.

An important contribution of this thesis is the presentation of a model for post-processing expert interviews that describes the transformation process the knowledge has to go through. The presented model divides the post-processing into clearly defined phases and proposes tasks for each of them.

An important task in the context of post-processing is to find the optimal way of representing the acquired knowledge. On the one hand the knowledge engineer has to find the most important concepts of the domain. On the other hand the knowledge engineer has to form the knowledge into small, comprehensible units and integrate them into an existing hypermedia system. Several models are proposed that cover different aspects regarding the representation of the elicited knowledge. In the conceptional model the most important concepts and their relationships are described. The content model comprises actual information objects like nodes and images. The navigation model links the objects of the content model to each other, thereby preparing possible navigation paths for the knowledge user.

Although the post-processing is based on the knowledge and the recollection of the knowledge engineer of the elicited expert knowledge, the eliciting and structuring of the information objects heavily depends on the utilisation of existing knowledge objects in the information system. The knowledge engineer often has to use already existing information objects to access background information, or find examples on how to write, edit, or structure a new object. While searching, reading, and navigating existing information system entries, the knowledge engineer typically encounters orientation problems and cognitive overload. These problems have so far been researched regarding certain isolated aspects. This thesis introduces a holistic model combining all relevant aspects.

Based on the proposed phase model, the software tool WISSAT has been developed to support the knowledge engineer during the post processing of interviews. Additionally, several tools are included that facilitate knowledge use.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung **1**

1.1 Ziele und Beiträge der Arbeit 2

1.2 Inhaltlicher Überblick 3

2 Wissensmanagement **5**

2.1 Grundbegriffe 5

2.1.1 Was ist Wissen? 5

2.1.2 Wissensarbeit 7

2.1.3 Wissensarten 8

2.1.3.1 Implizites Wissen 8

2.1.3.2 Explizites Wissen 9

2.1.3.3 Kollektives Wissen 9

2.1.4 Wissensbasis 10

2.1.5 Wissensmanagement 11

2.2 Gestaltungsaspekte 12

2.2.1 Grundsätzliche Strategien 13

2.2.2 Der Faktor Mensch im Wissensmanagement 13

2.2.3 Organisation 14

2.2.3.1 Rollen im Wissensmanagement 14

2.2.3.2 Organisationale Einbettung 15

2.2.3.3 Informations- und Kommunikationstechnologie 16

2.3 Was ist Wissen wert? 17

2.4 Ausgewählte Modelle im Wissensmanagement 19

2.4.1 Bausteine des Wissensmanagements 20

2.4.2 Theorie der Wissensgenerierung 22

2.5 Zusammenfassung 25

3 Empirische Untersuchung zum Status Quo des Wissensmanagements 26

3.1 Motivation 26
3.2 Methodik der Befragung 28
3.3 Ergebnisse der Untersuchung 30
3.3.1 Strategien im Wissensmanagement 30
3.3.2 Verankerung im Unternehmen 31
3.3.3 Wissensbewahrung und -verteilung 32
3.4 Zusammenfassung 36

4 Knowledge Engineering 39

4.1 Grundbegriffe 39
4.2 Vom Transfer- zum Modellierungsansatz 41
4.3 Modellbasierte Wissensakquisition 42
4.3.1 Grundprinzipien 43
4.3.2 CommonKADS 43
4.4 Methoden der Wissensakquisition 45
4.4.1 Automatische Wissensakquisition 46
4.4.2 Direkte Wissensakquisition 46
4.4.3 Indirekte Wissensakquisition 47
4.4.3.1 Psychologische Aspekte 47
4.4.3.2 Experteninterviews 50
4.4.3.3 Beobachtungstechniken 51
4.5 Fachsprachen und Ontologien 51
4.5.1 Fachsprache 52
4.5.2 Ontologien 54
4.5.3 Klassifikationen von Ontologien 55
4.5.3.1 Subjekt der Konzeptionalisierung 56
4.5.3.2 Struktur der Konzeptionalisierung 56
4.5.3.3 Formalisierungsgrad 57
4.5.4 Entwicklung von Ontologien 57
4.5.4.1 Enterprise-Methodologie 58
4.5.4.2 TOVE-Methodologie 59
4.5.4.3 METHONTOLOGY-Methodologie 60
4.5.4.4 Grundlegende Phasen im Ontologie-Engineering 63
4.5.5 Designkriterien von Ontologien 63
4.6 Zusammenfassung 64

5 Computergestützes Lernen 65

5.1 Motivation . . . 65
5.2 Kognitionspsychologische Grundlagen . . . 66
5.2.1 Das Multi-Speicher-Modell . . . 66
5.2.2 Aufmerksamkeit als begrenzte kognitive Ressource . . . 68
5.2.3 Repräsentation von Wissen im Langzeitgedächtnis . . . 68
5.2.3.1 Semantische Netze . . . 68
5.2.3.2 Schemata . . . 70
5.2.3.3 Propositionen . . . 70
5.2.3.4 Theorie der dualen Kodierung . . . 71
5.3 Lerntheoretische Grundlagen . . . 72
5.3.1 Begriffsbestimmung . . . 72
5.3.2 Behaviorismus . . . 73
5.3.3 Kognitivismus. . . . 74
5.3.4 Konstruktivismus . . . 75
5.3.5 Vergleich der Lernparadigmen . . . 76
5.4 Technische Grundlagen . . . 77
5.4.1 Multimedia . . . 77
5.4.2 Hypertext und Hypermedia . . . 78
5.5 Lernförderliche Potentiale hypermedialer Systeme . . . 79
5.5.1 Lerneffektivität durch die Multikodierung und Multimodalität . . . 80
5.5.2 Kognitive Plausibilität . . . 81
5.5.3 Kognitive Flexibilität . . . 81
5.5.4 Konstruktivistisches Lernen . . . 82
5.6 Zusammenfassung . . . 82

6 Ein expertenzentriertes Vorgehensmodell im Wissensmanagement 83

6.1 Motivation . . . 83
6.2 Relevante Wissensarten . . . 84
6.3 Akteure im Vorgehensmodell . . . 85
6.4 Das Phasenmodell . . . 87
6.4.1 Analyse . . . 87
6.4.1.1 Inhalt. . . . 87
6.4.1.2 Wissensnutzer. . . . 89
6.4.1.3 Organisation . . . 89
6.4.2 Planung . . . 90

6.4.2.1 Inhaltsplanung 90
6.4.2.2 Terminplanung 90
6.4.3 Wissensbewahrung 91
6.4.3.1 Erstellung der globalen Wissenslandkarte 92
6.4.3.2 Durchführung der Wissensakquisition 93
6.4.4 Integration. 94
6.4.4.1 Technische Integration 94
6.4.4.2 Inhaltliche Integration 95
6.4.4.3 Organisatorische Integration 95
6.4.5 Betrieb 95
6.4.5.1 Evaluation. 95
6.4.5.2 Wartung und Pflege 97
6.5 Zusammenfassung 97

7 Die Nachbereitung von Experteninterviews 98

7.1 Grundbegriffe 99
7.2 Informationsquellen in der Nachbereitung. 99
7.2.1 Erinnerung an das Interview. 100
7.2.2 Interviewprotokolle 100
7.2.3 Dokumente über das Anwendungsgebiet 102
7.2.4 Audio-Dateien 102
7.2.5 Bereits erhobene Informationen in der Wissensbasis. 102
7.2.6 Zusammenfassung 103
7.3 Phasenmodell der Nachbereitung von Experteninterviews 103
7.3.1 Analyse 104
7.3.1.1 Vorgehensmodell 106
7.3.1.2 Zusammenfassung 112
7.3.2 Repräsentation 113
7.3.2.1 Konzeptionalisierung 114
7.3.2.2 Redaktionelle Aufbereitung 115
7.3.2.3 Probleme im Informationszugriff. 128
7.3.2.4 Die globale Sicht 133
7.3.2.5 Zusammenfassung 142
7.3.3 Implementierung. 142
7.3.4 Qualitätssicherung 147
7.3.4.1 Qualitätsziele für hypermediale Informationssysteme 147

7.3.4.2 Vorgehensmodell 150
7.4 Zusammenfassung 153

8 WISSAT - ein modellbasiertes Assistenzsystem zur Nachbereitung von Experteninterviews 155

8.1 Gesamtarchitektur des Assistenzsystems 155
8.2 Unterstützung der Nachbereitung. 158
8.2.1 Unterstützung in der Analysephase 158
8.2.2 Unterstützung in der Repräsentationsphase 159
8.2.3 Unterstützung in der Qualitätssicherung 164

9 Zusammenfassung und Ausblick 166

9.1 Zusammenfassung 166
9.2 Ausblick 168

Anhang A Befragung zum Status Quo des Wissensmanagements 169

Literaturverzeichnis 181

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

1. Gliederung der Arbeit 4
2. Kernprozesse der Wissensarbeit ([Sto00]) 8
3. Schichtenmodell der organisationalen Wissensbasis (in Anlehnung an Pautzke [Pau89]) 11
4. Dimensionen eines ganzheitlichen Wissensmanagement (In Anlehnung an [Bul97]) 13
5. Barrieren im Wissensmanagement ([Bul98]) 15
6. Klassifizierung von Wissensmanagement-Werkzeugen. 16
7. Diskrepanz zwischen Buchwert und Marktwert. 17
8. Ansätze zur Wissensbewertung ([Nor98]) 18
9. Bausteine des Wissensmanagements ([Pro97]) 20
10. Abwärtsspirale einer elektronischen Wissensbasis ([Pro97]). 22
11. Die vier Formen der Wissensumwandlung ([Non95]) 23
12. Fluktuationsrate zwischen 2002 und 2003 ([Cas03]) 27
13. Pensionierungen bis zum Jahr 2006 27
14. Personalstandstatistik des öffentlichen Dienstes für das Jahr 2003 ([Sta05]) 28
15. Branchenaufteilung der befragten Firmen 29
16. Aktuelle Strategien im Wissensmanagement 30
17. Anteil der Unternehmen, die Funktionen im Wissensmanagement vorsehen 31
18. Anteil der Unternehmen, die Ressourcen für die Durchführung von Wissensmanagement-Aktivitäten einplanen. 32
19. Organisation des Wissenstransfers im Unternehmen 33
20. Maßnahmen zur Verhinderung von Wissensverlusten 34
21. Vorgehensweise bei der Einarbeitung neuer Mitarbeiter 35
22. Wissensverluste in Unternehmen 37
23. Transfer- vs. Modellierungsansatz 42
24. Modelle im CommonKADS-Ansatz. 44
25. Das Semiotische Dreieck ([Ogd23]). 53
26. Klassifizierung von Ontologien nach Guarino [Gua98]. 56
27. Klassifizierung von Ontologien nach dem Formalisierungsgrad ([Las01]) 57
28. Enterprise-Methodologie ([Ush95]) 58
29. TOVE-Methodologie ([Grü95]) 59
30. METHONTOLOGY: Entwicklungsprozess und Lebenszyklus ([Gom04]) 61

31. Modell des menschlichen kognitiven Systems ([Wes94]) 66
32. Beispiel eines semantischen Netzes ([Wes94]) 69
33. Duale Kodierung von Paivio ([Has95]) 72
34. Naive Summationstheorie ([Wei97]) 80
35. Das Rollenmodell im expertenzentrierten Wissensmanagement 85
36. Phasenmodell zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen 87
37. Analyse der Geschäftsprozesse. 88
38. Beispiel einer Wissenslandkarte 92
39. Phasenmodell der Wissensakquisition mit Fachexperten. 93
40. Screenshot von RASSI 94
41. Informationsquellen in der Nachbereitung 100
42. Struktur von Interviewprotokollen 101
43. Das Phasenmodell der Nachbereitung von Experteninterviews. 104
44. Workflow der Nachbereitung einer Frage 106
45. Zugriff auf Audioaufzeichnungen 108
46. Protokolle am Ende der Analysephase 112
47. Modelle zur Repräsentation von Expertenwissen. 114
48. Kontroll- und Objektfluss in der Repräsentation 114
49. Konzeptionelles Modell 115
50. Generische und typisierte Knoten. 116
51. Struktur der Wissensbasis. 122
52. Redaktionelle Aufbereitung einer Antwort 123
53. Kombination des temporalen mit anderen Kontexten 137
54. Faktoren der globalen Sicht 142
55. Kontroll- und Objektfluss in der Implementierung 143
56. Beispiel eines Frame-Modells 144
57. Transformationsprozess mittels XSLT. 145
58. Gesamtdarstellung einer Website 146
59. Kontroll- und Objektfluss in der Qualitätssicherung 151
60. Beispiel eines Qualitätsmodells für die Verständlichkeit. 152
61. Beispiel eines Fragebogens zur Überprüfung des Navigationsmodells 153
62. Gesamtarchitektur des Assistenzsystems 155
63. Hauptfenster des Protokolleditors. 159
64. Screenshot des Ontologieeditors. 160
65. Knoteneditor mit Überblicks- und Gliederungsansicht 161

66. Personalisierungsfenster in der spatialen Ansicht 162
67. Knoteneditor in der Fisheye-Ansicht 163
68. Integrierte Darstellung des Navigationseditors und Kontextbrowser. 164
69. Screenshot des Qualitätsmoduls 165

TABELLENVERZEICHNIS

1. Benennungen von Keil- und Federarten vor und nach der Sprachnormung ([Arn89]) 52
2. Phasen im Entwicklungsprozess von Ontologien 63
3. Vergleich der Lernparadigmen ([Bau94]) 76
4. Informationsquellen in der Nachbereitung 103
5. Rollen und Betitelungen von Informationseinheiten 117
6. Metadaten in der Nachbereitung 118
7. Typisierte Verknüpfungen zwischen Knoten 120

KAPITEL 1 EINLEITUNG

In unterschiedlichen Forschungsdisziplinen wird der Wandel der bisherigen Industriegesellschaft hin zu einer Wissensgesellschaft thematisiert. Während in der Industriegesellschaft die klassischen Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital für den Unternehmenserfolg unabdingbar waren, verlieren sie in der Wissensgesellschaft zunehmend an Bedeutung.

Diese Umwälzung manifestiert sich unter anderem im steigenden Anteil des Faktors „Wissen“ an der Wertschöpfung. Schätzungen zufolge wurde bereits 1996 über 58 Prozent der Wirtschaftsleistung in Deutschland durch „wissensbasierte“ Unternehmen erbracht ([OEC96]). Ein weiterer Indikator dieses Wandels ist die tief greifende Veränderung der Arbeits- und Lebensverhältnisse. Während die Arbeitstätigkeit in der Industriegesellschaft auf die Produktion materieller Güter ausgerichtet war, lässt sich eine Verlagerung der wertschöpfenden Tätigkeit von der Hand- zu Kopf- bzw. Wissensarbeit beobachten. Gleichzeitig steigt der „Wissensgehalt“ der in der Wissensgesellschaft produzierten Güter und Dienstleistungen ([Wil01]).

Aufgrund dieser steigenden Relevanz ist der effiziente Umgang mit der Ressource „Wissen“ eine der zentralen Herausforderungen in der Wissensgesellschaft. Während das Management der traditionellen Faktoren selbstverständlich ist – manche Autoren halten es gar für bereits ausgereizt –, müssen im Umgang mit dieser wertvollen Ressource noch einige Defizite beseitigt werden. Dies ist angesichts der Potentiale, die diese Ressource bietet, erstaunlich. Wissen ist anerkanntermaßen die einzige Ressource, die durch Gebrauch nicht abnimmt sondern wertvoller wird. Wissen wird zudem zunehmend als einzige Ressource angesehen, die nachhaltige Wettbewerbsvorteile für Unternehmen generieren kann. Nach der Ressourcen-orientierten Perspektive (*„resource based view“*) wird angenommen, dass Wettbewerbsvorteile nicht primär durch eine optimale Produkt-Markt-Positionierung (*„market based view“*) zu erklären sind, sondern durch eine starke Fokussierung auf unternehmenseigene Ressourcen. Denn erfolgreiche Produktentwicklungen werden im Allgemeinen von den Mitbewerbern so schnell kopiert, adaptiert und verbessert, dass dauerhafte Wettbewerbsvorteile nur durch eine ständige Innovationsbereitschaft und Kreativität möglich sind. Nach dieser Perspektive ist Wissen die einzige Ressource, welche die Einzigartigkeit und Nicht-Imitierbarkeit eines Unternehmens sowie seiner Produkte sichern ([vKr95], [Nor98]) kann, eine in Zeiten verschärfter Konkurrenzdruck enorm wichtige Eigenschaft.

Einige Studien ([Ver99], [Bul97]) haben Hinweise darauf geliefert, dass die Mehrzahl der Unternehmen nur einen Bruchteil des ihnen zur Verfügung stehenden Wissens verwendet. Gemäß Bullinger ([Bul97]) ließen sich sogar Produktivitätssteigerungen von bis zu 30% realisieren, wenn die Wissensnutzung in den Unternehmen optimal wäre. Die Wissensnutzung ist aber nicht die einzige Herausforderung im Wissensmanagement. In zahlreichen Veröffentlichungen werden die Probleme der ungehemmten Wissensexplosion thematisiert, die die Handhabung dieser Ressource nahezu unmöglich macht. Gemäß Hasebrook ([Has95]) betrug die Zeitspanne innerhalb derer sich die gesamte wissenschaftliche und technische Informationsmenge in den 90er Jahre verdoppelte etwa 5 Jahre, wobei sie sich noch weiter verkürzen dürfte. Gleichzeitig verliert Wissen immer schneller seine Gültigkeit. In der Literatur hat sich hierfür der Begriff *„Halbwertzeit“* etabliert, um die Tatsache zu umschreiben, dass einmal erworbenes Wissen nicht für alle Zeiten gültig ist, sondern immer wieder aktualisiert werden muss.

Weniger oft thematisiert wird aber die Tatsache, dass mit Wissensmanagement Unternehmen vor die Herausforderung gestellt werden, eine Ressource zu verwalten, die sie gar nicht – oder höchstens indirekt – besitzen. Denn nach unserer Definition des Wissensbegriffs (Abschnitt 2.1.1) können nur Menschen Wissen besitzen. Dies bedeutet, dass Wissensprozesse

(Kapitel 2) sich nicht von der Unternehmensführung per Dekret anordnen oder in Gang halten lassen. Vielmehr müssen Mitarbeiter zur Wissensnutzung motiviert und ihre Widerstände bezüglich der Wissenslieferung abgebaut werden. Schwerwiegender ist aber die Tatsache, dass Unternehmen diese wertvolle Ressource verlieren können. Anders als vor einigen Jahrzehnten bleiben Mitarbeiter eine immer kürzer werdende Zeitspanne beim gleichen Arbeitgeber und nehmen bei einer Fluktuation (z.B. durch Pensionierung oder Kündigung) ihr wertvolles Wissen mit. Aufgrund der zunehmenden Dynamisierung der Arbeitswelt stehen Unternehmen und öffentliche Verwaltungen gleichermaßen vor der Herausforderung, nicht nur das wertvolle Expertenwissen zu bewahren, sondern es auch möglichst effizient an neue Mitarbeiter zu vermitteln und damit ihre Einarbeitungskosten zu minimieren.

Auf die Dringlichkeit des Problems der Wissensbewahrung haben mittlerweile einige Autoren reagiert. Casher ([Cas03]) hat auf steigende Fluktuationsraten hingewiesen. Demnach wiesen vom Jahr 2002 bis 2003 amerikanische Behörden und wirtschaftliche Unternehmen zusammen eine Fluktuationsrate von durchschnittlich 40% der Gesamtbelegschaft auf. Dass öffentliche Behörden vom Problem des Wissensverlusts nicht verschont bleiben, hat eine Untersuchung der amerikanische Behörde GAO belegt ([GAO01]). Diese hat die Altersstruktur einzelner US-Behörden untersucht und kam zu dem alarmierenden Ergebnis, dass bis zum Jahr 2006 zwischen 24 und 50% aller Mitarbeiter im öffentlichen Sektor pensioniert werden. Die OECD ([OEC01]) hat ebenfalls die steigende Mitarbeiterfluktuation als große Herausforderung in öffentlichen Verwaltungen thematisiert.

Trotz dieser, zum Teil alarmierenden Berichte, wurde im Wissensmanagement das Problem der Wissensbewahrung nicht ausreichend untersucht. Es existieren kaum Modelle, Methoden oder Empfehlungen, wie die Bewahrung und Verteilung wertvoller Expertise zu bewerkstelligen ist.

Diese Arbeit hat das Ziel, diese Lücke zu schließen, und beschreibt zunächst ein „expertenzentriertes“ Wissensmanagement-Szenario bei dem das wertvolle Expertenwissen mittels Experteninterviews zeitsparend erhoben und in Form eines hypermedialen Informationssystems zur effizienten Wissensverteilung aufbereitet wird. Der Weg von den erhobenen Informationen zum strukturierten und vernetzten Hypertext ist in der Literatur bislang nur in Ansätzen untersucht worden. Obwohl Interviews im Knowledge Engineering mittlerweile eine etablierte Wissensakquisitionsmethode darstellen, liegen, wie auch Jones in [Jon96] angemerkt hat, kaum Methoden und Empfehlungen vor, wie die Weiterbearbeitung der erhobenen Informationen zu erfolgen hat, und welche Werkzeuge zur Unterstützung des Wissensingenieurs benötigt werden. Ein wesentlicher Schwerpunkt dieser Arbeit ist daher die Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Nachbereitung von Experteninterviews sowie ein entsprechendes Assistenzsystems zur Unterstützung von Wissensingenieuren.

1.1 Ziele und Beiträge der Arbeit

Als Lösungsansatz der beschriebenen Probleme stellen wir in dieser Arbeit ein Vorgehensmodell zur Wissensbewahrung und -verteilung vor. Das Vorgehensmodell basiert auf der Verwendung von Experteninterviews, eine im Bereich der KI etablierte Wissensakquisitionsmethode, mit der sich Expertenwissen zeitsparend erheben lässt. Anders als der Wissenserwerb der frühen KI-Ansätze dient das erhobene Wissen nicht dem Aufbau eines wissensbasierten Systems, sondern wird als strukturierter Hypertext aufbereitet, der die Grundlage der computerunterstützten Einarbeitung neuer Mitarbeiter bildet.

Dass die Erhebung von Expertenwissen ein schwieriges Problem darstellt, wurde in der KI schon früh erkannt. Feigenbaum [Fei83] sprach beispielsweise in diesem Zusammenhang vom „Flaschenhals“ bei der Entwicklung wissensbasierter Systeme. Umso erstaunlicher erscheint

es, dass bislang kaum Erkenntnisse über die Nachbereitung der erhobenen Informationen vorliegen. Dies mag an den anfänglichen methodischen Fehlern bei der Entwicklung wissensbasierter Systeme liegen, die zu verstärkten Forschungsanstrengungen in Bezug auf strukturierte Vorgehensmodelle und adäquate Modellierung im Knowledge Engineering geführt haben. Daher stellen wir, basierend auf dem vorgestellten Vorgehensmodell der Wissensbewahrung und -verteilung, eine Methode zur Nachbereitung von Experteninterviews sowie ein entsprechendes Assistenzsystem zur Unterstützung von Wissensingenieuren vor.

Aufgrund des nicht selten gewaltigen Umfangs der erhobenen Informationen ist es unserer Meinung nach unabdingbar, nicht nur die Architektur und funktionalen Aspekte des Assistenzsystems festzulegen, sondern auch auf Probleme im Informationszugriff einzugehen. Diese werden unter dem Begriff „globale Sicht“ (Abschnitt 7.3.2.4) behandelt und entsprechende Lösungsvorschläge vorgestellt.

1.2 Inhaltlicher Überblick

In **Kapitel 2** werden aktuelle Methoden und Modelle im Wissensmanagement vorgestellt. Basierend auf einer Umfrage zum Status Quo des Wissensmanagements werden in **Kapitel 3** aktuelle Defizite in der Wissensbewahrung und -verteilung in deutschen Unternehmen aufgedeckt und die Notwendigkeit einer Methode zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen aufgezeigt.

Der interdisziplinäre Charakter dieser Arbeit kommt in **Kapitel 4** und **Kapitel 5** zum Ausdruck. In diesen Kapiteln werden Grundlagen der Forschungsgebiete Knowledge Engineering (Kapitel 4) und E-Learning (Kapitel 5) vorgestellt, die für die Darstellung unseres Vorgehensmodells zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen benötigt werden.

Den Kern dieser Arbeit bilden Kapitel 6 und 7. In **Kapitel 6** wird ein Vorgehensmodell zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen vorgestellt. **Kapitel 7** erweitert die in Kapitel 6 vorgestellte Methode um eine Methode zur Nachbereitung von Experteninterviews. Zusätzlich wird dort das Konzept der globalen Sicht eingeführt und eingehend erläutert.

In **Kapitel 8** wird eine prototypische Implementierung von WISSAT (Assistenzsystem zur Wissensanalyse und Transformation) vorgestellt. Abschließend werden in **Kapitel 9** die wich-

tigsten Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und Möglichkeiten für künftige Arbeiten diskutiert. In Abbildung 1 wird die Gliederung dieser Arbeit dargestellt.

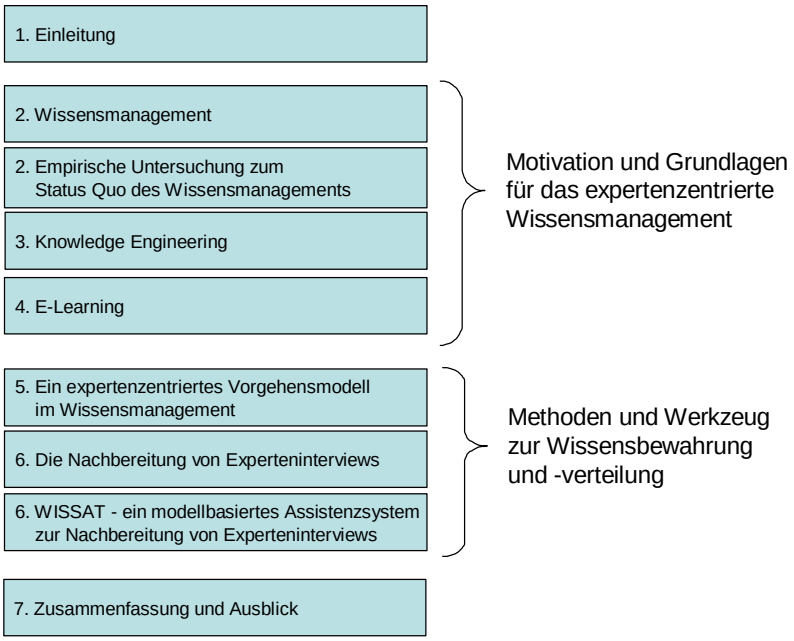


Abbildung 1: Gliederung der Arbeit

KAPITEL 2 WISSENSMANAGEMENT

Der Begriff „Wissensmanagement“ ist kein neues Modewort, sondern hat viel mit der Situation heutiger Unternehmen zu tun. Denn das Umfeld, in dem Unternehmen heute agieren müssen, ist um ein vielfaches komplexer und schwieriger als vor einigen Jahrzehnten. Die meisten Unternehmen müssen sich einem enorm gestiegenen Konkurrenzdruck auf globalisierten Märkten stellen.

Angesichts dieser neuen Herausforderungen reichen traditionelle Methoden wie die Optimierung der Produkt-Markt-Positionierung ([Paw98], [vKr95]) nicht mehr aus, um nachhaltige Wettbewerbsvorteile für das Unternehmen zu sichern. Vielmehr stellt nach der Ressourcenorientierten Perspektive ([Nor98], [vKr95]) die Ressource „Wissen“ die einzige Quelle nachhaltiger Wettbewerbsvorteile dar, da sie nur schwer substituierbar und imitierbar ist.

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über grundlegende Theorien, Konzepte und Modelle für das Wissensmanagement. Der Versuch einer besseren Handhabung der Ressource „Wissen“ sollte auf einer klaren Definition des Wissensbegriffs basieren. Daher wird zunächst in Abschnitt 2.1 eine Darstellung und Abgrenzung des Wissensbegriffs gegeben bevor häufig thematisierte Wissensarten (Abschnitt 2.1.3) vorgestellt werden.

Nach unserer Auffassung kann nur der Mensch Wissen besitzen und anwenden. Dies bedeutet, dass Wissensprozesse sich nicht per Dekret einführen oder in Gang halten lassen. Vielmehr müssen Unternehmen ihre Mitarbeiter als Partner im Wissensmanagement gewinnen, sie dazu motivieren, zweckmäßig mit dieser wertvollen Ressource umzugehen, und Widerstände gegen der Wissensnutzung und -lieferung abbauen. Diese Gestaltungsaspekte des Wissensmanagements werden in Abschnitt 2.2 erläutert.

Obwohl Wissensmanagement eine relativ junge Forschungsdisziplin ist, existiert mittlerweile eine Fülle von Konzepten und Ansätzen. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, verzichten wir auf eine Darstellung der einzelnen Ansätze und stellen stattdessen im Abschnitt 2.4 das Modell der Wissenserzeugung von Nonaka und das Bausteine-Modell von Probst vor, zwei Ansätze, die eine starke Resonanz in der Literatur gefunden haben.

2.1 Grundbegriffe

2.1.1 Was ist Wissen?

Der Wissensbegriff wird schon seit langer Zeit in unterschiedlichen Forschungsgebieten diskutiert, beispielsweise in der Philosophie, Psychologie, Informatik und seit neuesten im Forschungsgebiet Wissensmanagement. Bislang konnte jedoch keine allgemein gültige und anerkannte Definition des Wissensbegriffs gefunden werden.

Im Bereich der Philosophie wird Wissen traditionellerweise als untrennbar verbunden mit der Wahrheit und der Begründung des Gewussten angesehen. In [Str96] wird Wissen als

> *„wahrer, mit Begründung versehener Glauben“*

verstanden und vom bloßen Glauben oder Meinen abgegrenzt, die anders als Wissen auf unsicheren und subjektiven Erkenntnissen basieren.Der Besitz von Kenntnissen allein stellt nach Strube ([Str96]) kein Wissen dar.

Die Psychologie hingegen verzichtet beim Wissensbegriff auf absolute Wahrheit und definiert Wissen als den (relativ) stabilen Inhalt des Langzeitgedächtnisses ([Str96]).

Im Bereich der KI, der Wissensdisziplin par excellence, wurde – möglicherweise bewusst – auf eine explizite Festlegung des Wissensbegriffs verzichtet. Die meistzitierte Definition geht auf Newell ([New82]) zurück, der in seiner Wissenskonzeption von Wissensträgern (Agenten) ausgeht, die Ziele besitzen und Handlungen zur Zielerreichung ausführen können. Dabei setzt Newell voraus, dass sie sich bei der Handlungsauswahl rational[1] verhalten. Wissen wird nach Newell als

> *„das, was einem Agenten zuzuschreiben ist, damit sein Verhalten nach dem Rationalitätsprinzip erklärbar ist“*

definiert.

In der betriebswirtschaftlich-orientierten Literatur basieren zahlreiche Definitionsversuche auf einer Unterscheidung der Begriffe „Zeichen“, „Daten“, „Information“ und „Wissen“ und stellen Wissen an die Spitze einer Begriffshierarchie ([Dav98a], [Reh96], [Pro97]), wobei die jeweils nächste Stufe dieser Hierarchie über einen „Anreicherungsprozess“ erreicht wird.

Gemäß Probst ([Pro97]) werden Zeichen durch Syntaxregeln zu Daten, welche in einem gewissen Kontext interpretierbar sind und damit für den Empfänger Information darstellen. Durch den Prozess der Vernetzung von Informationen wird deren Nutzung in einem spezifischen Handlungsfeld ermöglicht, was als Wissen bezeichnet wird. Mit dieser Begriffshierarchie soll zum Ausdruck kommen, dass Wissen wesentlich mehr umfasst als Daten und Informationen, und dass für ein effiziente Handhabung der Ressource Wissen spezielle Assistenzsysteme notwendig sind, die ein anderes Aufgabenspektrum abdecken als die gewohnten Unterstützungssysteme für das Daten- bzw. Informationsmanagement.

Diese Auslegung des Wissensbegriffs ist insofern problematisch, als sie auf einer fehlerhaften Definition der einzelnen Elemente der Begriffshierarchie basiert. Denn Daten werden nicht erst zu Information, sondern stellen bereits eine spezielle Form elementarer, Sender-, Empfänger- und darstellungsinvarianter Information ([Sto02]) dar. Informationen wiederum dienen als sprachliche Mitteilungen der Wissensübermittlung und können beim Empfänger den Aufbau eines eigenen, privaten Wissensbestands bewirken.

Die mangelnde Klarheit in Bezug auf den Wissensbegriff wird auch daran ersichtlich, dass in einigen Definitionen keine eindeutige Festlegung getroffen wird, ob Wissen sich in Dokumenten oder Datenspeichern verorten lässt. In diesem Zusammenhang definiert beispielsweise Davenport ([Dav98a]) Wissen als

> *„eine fließende Mischung aus strukturierten Erfahrungen, Wertvorstellungen, Kontextinformationen und Fachkenntnissen, die in ihrer Gesamtheit einen Strukturrahmen zur Beurteilung und Eingliederung neuer Erfahrungen und Informationen bieten. Entstehung und Anwendung von Wissen vollzieht sich in den Köpfen*

[1] Das Rationalitätsprínzip bedeutet, dass ein Agent stets eine ihm mögliche Handlung ausführen wird, wenn er weißt, dass diese zum Erreichen seiner Ziele führt.

der Wissensträger. In Organisationen ist Wissen häufig nicht nur in Dokumenten oder Speichern enthalten, sondern erfährt auch eine allmähliche Einbettung in organisatorische Routinen, Prozesse, Praktiken und Normen.

Für diese Arbeit verwenden wir die Auslegung von Puppe et al., die in [Pup03] Wissen als

„ein Potential des Menschen, das ihn zum Treffen richtiger Urteile und zum zweckmäßigen Handeln befähigt“

definiert haben. Diese Definition betrachtet Wissen im Kontext von Handlungen und Entscheidungen von Menschen, beispielsweise in Unternehmen und impliziert – und dies ist eine für die vorliegende Arbeit fundamentale Festlegung –, dass nur Menschen Wissen besitzen können. Wissen lässt sich nicht direkt weitergeben. Es kann allerdings teilweise in Information transformiert werden, die bei der Interpretation durch einen Empfänger zu einer Wissenserzeugung führt. Dabei ist zu beachten, dass Wissen nicht aus dem Nichts entsteht. Vielmehr setzt ein erfolgreicher Lernprozess nicht nur das Vorhandensein von Vorwissen voraus, sondern auch die Fähigkeit, das neu erworbene Wissen in eigene mentale Modelle zu integrieren.

Diese Definition impliziert zudem, dass Anstrengungen im Wissensmanagement nicht am Faktor „Mensch“ vorbei durchgeführt werden können. Denn dieser neuartige Produktionsfaktor befindet sich, anders als die traditionellen, nicht im Besitz der Unternehmen, sondern in den Köpfen der Mitarbeiter. Unternehmen stehen damit vor der Herausforderung, ihre Wissensarbeiter zur zielgerichteten *Wissensarbeit* zu motivieren und eventuelle Vorbehalte gegen die Wissensnutzung und -preisgabe abzubauen.

2.1.2 Wissensarbeit

Wie bereits in der Einleitung erläutert wurde, konzentriert sich die Arbeitstätigkeit von Wissensarbeitern nicht mehr auf die Produktion materieller Güter. Vielmehr liegt der Fokus der Wissensarbeit auf der Handhabung und Verarbeitung von Information und Wissen, die gleichzeitig Voraussetzung (bzw. Rohstoff) und Ergebnis der Wissensarbeit sind. Anders als in der Industriegesellschaft erhält der Wissensarbeiter eine tiefgreifende Aufwertung, da er sich nicht nur im Besitz der Arbeitsmittel befindet, sondern zugleich das Ergebnis seiner wertschöpfenden Tätigkeit in seinem Kopf trägt ([Ste98]).

Der Begriff Wissensarbeiter ist streng genommen irreführend, da bei der Durchführung jeder menschlichen Tätigkeit Erfahrung und Wissen zwangsläufig eine Rolle spielen. Wissensarbeit ist gemäß Willke ([Wil01]) eine Art von Tätigkeit, bei der das erforderliche Wissen

- nicht einmal durch Erfahrung, Initiation oder Fachausbildung erworben wird,
- nie sicher ist und zudem
- kontinuierlichen Revisionen unterworfen ist.

Gemäß Stoyan ([Sto00]) können bei der Wissensarbeit die in [Pro97] definierten Bausteine „Wissensnutzung“, „Wissensentwicklung“, „Wissensbewahrung“ und „-verteilung“ unterschieden werden (siehe Abbildung 2).

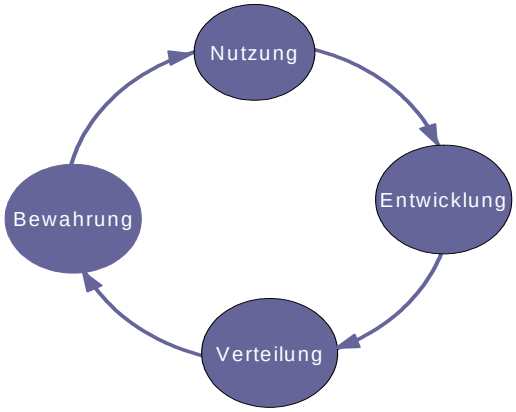


Abbildung 2: Kernprozesse der Wissensarbeit ([Sto00])

Diese Kernprozesse der Wissensarbeit (*Wissensprozesse*) weisen eine hohe Vernetzung auf und dürfen nicht isoliert voneinander betrachtet werden. Denn bei jeder Wissensnutzung muss der Wissensnutzer Informationen aufnehmen und verarbeiten, wodurch er neues Wissen konstruiert. Dabei kommt das neu erzeugte Wissen stets in einer einmaligen Form und ist mit den unbewussten Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten des Wissenden verwoben ([Sto00]). Die Wissensverteilung, die darauf abzielt, Wissen an eine festgelegte Gruppe zu vermitteln, ist wiederum stets mit der Wissensbewahrung gekoppelt.

2.1.3 Wissensarten

Analog zum Wissensbegriff gibt es in der Literatur unzählige Auffassungen über mögliche Wissensarten ([Non95], [Ame02], [And96]). Im Wörterbuch für Kognitionswissenschaft ([Str96]) werden allein vierzig verschiedene Spezialisierungen von Wissen aufgelistet.

Eine häufig vorgenommene Ausdifferenzierung des Wissensbegriffs bezieht sich auf die Explizitheit des Wissens und betrachtet das Begriffspaar **implizites** und **explizites Wissen**. Während weitgehend Konsens über das Wesen von explizitem Wissen besteht, bleibt das implizite Wissen ein schwer fassbarer Begriff.

2.1.3.1 Implizites Wissen

Das implizite Wissen (*tacit knowledge*) ist im Grunde kein Wissen, sondern umfasst Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Es tritt meist als etwas, das der Wissende zwar demonstrieren, jedoch kaum vollständig in Worte fassen kann, in Erscheinung. Ein häufig zitiertes Beispiel für das implizite Wissen ist das Fahrrad fahren. Der Fahrradfahrer kann uns zwar sein Können vorführen, ist aber kaum in der Lage zu erklären, wie er beim Fahren das Gleichgewicht hält. Ähnlich sind wir in der Lage, Gespräche so zu führen, dass weder überlange Pausen entstehen noch Simultansprechphasen eintreten. Beim Sprechen wenden wir also sehr subtile Regeln des Sprecherwechsels an, ohne dass diese jedem Teilnehmer als explizit ausformulierter Gesprächsleitfaden vorliegen ([Neu99]).

Nach Nonaka ([Non95]) ist das implizite Wissen tief in persönlichen Erfahrungen, subjektiven Meinungen, Werten und Gefühlen verwurzelt und stützt sich auf eine technische und eine kognitive Dimension. Während die technische Dimension Fähigkeiten und Fertigkeiten

(*Know-how*) umfasst, beinhaltet die kognitive Dimension mentale Modelle, bestehend aus unseren Glauben, Werten und Überzeugungen, die unsere Wahrnehmung der Welt beeinflussen. Gemäß Neuweg ([Neu99]) besitzt das implizite Wissen die folgenden Merkmale:

- **Schwierige Verbalisierbarkeit:** Das implizite Wissen tritt durch die Handlungen des Wissenden in Erscheinung. Dieser muss aber weder wissen, dass er dieses Wissen besitzt, noch muss er in der Lage sein, alle Facetten seines Wissens vollständig zu beschreiben. Polanyi in [Pol67] spricht in diesem Zusammenhang davon, dass *„der Wissende mehr weiß, als er zu sagen weiß.“*
- **Schwierige Formalisierbarkeit:** Diese Eigenschaft ist eine direkte Folge der vorherigen. Das implizite Wissen lässt sich nur schwer formalisieren, weil es sich erst gar nicht vollständig verbalisieren lässt. Durch Beobachtung des Wissenden kann zwar das implizite Wissen in Form eines Regelwerks abgebildet werden, jedoch kann das dabei erstellte Regelwerk wegen der Komplexität, Flexibilität und Situiertheit menschlichen Wissens nur unvollständig bleiben.
- **Erfahrungsgebundenheit:** Für das implizite Wissen gilt, dass das bloße Kennen der für die Durchführung einer Handlung notwendigen Regeln uns nicht unmittelbar in die Lage versetzt, diese Handlung durchzuführen. Der Erwerb von implizitem Wissen erfolgt meist durch „*Learning by doing*“, d.h. im Verlauf der Tätigkeit, während der es gebraucht wird. Nicht selten kann dieses Wissen nur im Rahmen einer langjährigen Meister-Lehrling-Beziehung weitergegeben werden.

2.1.3.2 Explizites Wissen

Gemäß Nonaka ([Non95]) ist das explizite Wissen (*disembodied, encoded knowledge*) anders als das implizite Wissen ein Wissen, von dem der Wissende weiß und über das er sprechen kann. Es lässt sich problemlos in Form von Tabellen, Formeln oder Programmen ausformulieren und kann in Dokumenten, Datenbanken und Archiven gespeichert, verteilt und mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie verarbeitet werden.

Diese Auffassung des expliziten Wissens widerspricht unserer, in Abschnitt 2.3 vorgestellten Definition, die besagt, dass Wissen immer an Menschen gebunden ist. Sobald Wissen in ein Medium übertragen wird, wird es zu Information. Diese kann allerdings von anderen Menschen aufgenommen, verarbeitet und durch Vernetzung in eigene Wissensstrukturen zu neues, individuelles Wissen veredelt werden. Diese Wissenserzeugung vollzieht sich freilich nicht im luftleeren Raum, vielmehr kann nur derjenige neues Wissen erzeugen, der bereits über entsprechendes Vorwissen verfügt und in der Lage ist, das neue Wissen in eigene mentale Modelle zu integrieren.

2.1.3.3 Kollektives Wissen

Eine weitere Kategorisierung des Wissensbegriffs unterscheidet individuelles und kollektives Wissen. Das individuelle Wissen entspricht prinzipiell der in Abschnitt 2.1.1 vorgestellten Definition und soll daher nicht weiter erläutert werden. Stattdessen wollen wir uns im Folgenden mit dem kollektiven Wissen auseinandersetzten.

Streng genommen können Kollektive kein Wissen besitzen. Gleichwohl lassen sich viele ihrer Leistungen nicht auf die individuellen Fähigkeiten der einzelnen Organisationsmitglieder zurückführen. Das kollektive Wissen bezeichnet Wissen, das sich in den Operationsformen einer Organisation manifestiert. Es basiert auf Wissen einzelner Mitglieder einer Gruppe, die auf der Grundlage von gemeinsam geteilten Wissen, geteilten Wertvorstellungen, Routinen und Normen eine Gesamtleistung erreichen. Als Beispiele für kollektives Wissen führt Paw-

lowky ([Paw98]) die Leistungen eines (guten) Orchesters oder einer Fußballmannschaft an, die nur durch das Team als Ganzes erreichbar sind und mehr als die Summe der Einzelleistungen darstellen. Isolierte Individuen mutieren freilich nicht über Nacht zu kooperativen Teamplayern; eine Erfahrung, die Unternehmen häufig nach Restrukturierungsmaßnahmen schmerzhaft machen müssen. Jedes gut funktionierende Team stellt ein sensibles Gleichgewicht dar, das sich erst nach einer Reihe zum Teil turbulenter Phasen einstellt. Der Weg dorthin wurde im Bereich der Sozialpsychologie ([Tuc65], [Sad91]) durch ein 4-Phasenmodell beschrieben:

- **Forming**: In dieser Phase machen sich die Beteiligten untereinander bekannt und gewinnen ein Bild der gemeinsam zu lösenden Aufgabe.
- **Storming**: Dies ist die kritische Phase der Gruppenbildung. Hier werden Status und Rollen innerhalb der Gruppe (nicht immer einvernehmlich) ausgehandelt, was mitunter zu Konflikten führen kann.
- **Norming**: In dieser Phase bilden sich Gruppennormen, Einstellung und Rollendefinitionen heraus, welche die Grundlage einer funktionierenden Gruppe bilden.
- **Performing**: In dieser Phase hat die Gruppe mittlerweile ein stabiles Muster und hat Strategien zur Erreichung der Gruppenziele erarbeitet.

Die Leistung einer Gruppe ist in der Performing-Phase stets mehr als die Summe der Einzelleistungen der Gruppenmitglieder. Das kollektive Wissen der Gruppe manifestiert sich beispielsweise darin, dass jedes Mitglied Kenntnis über die Stärken seiner Teamkollegen besitzt und Rollen in der Gruppe bereits ausgehandelt sind. Unternehmen müssen Aspekte der Gruppenbildung stets berücksichtigen, da z.B. Restrukturierungsmaßnahmen zur Auflösung eingespielter Teams und damit einhergehend zu Wissensverlust und Leistungseinbußen führen können.

2.1.4 Wissensbasis

Um die Gesamtheit aller im Unternehmen verfügbaren Wissensbestände zu charakterisieren, hat sich in der Wissensmanagement-Literatur der Begriff „Wissensbasis“ etabliert. Die Wissensbasis umfasst die Gesamtheit aller Wissensbestände, auf die eine Organisation bei der Durchführung ihrer Aufgaben zurückgreifen kann. Gemäß Probst ([Pro97]) setzt sich die Wissensbasis aus

> *„individuellen und kollektiven Wissensbeständen zusammen, auf die eine Organisation zur Lösung ihrer Aufgaben zurückgreifen kann und umfasst darüber hinaus die Daten und Informationsbestände, auf welchen individuelles und organisationales Wissen aufbaut“.*

Analog zum Wissensbegriff werden unter den Begriff „Wissensbasis“ sämtliche für die Problemlösung potentiell relevanten Ressourcen subsumiert, darunter Daten und Informationsbestände.

Aufgrund kultureller, persönlicher oder politischer Barrieren können Organisationen allerdings nicht immer auf alle Inhalte ihrer Wissensbasis zurückgreifen. Pautzke ([Pau89]) hat

hierfür ein Schichtenmodell vorgestellt, das eine Aufteilung der organisationalen Wissensbasis in fünf Schichten definiert (siehe Abbildung 3).

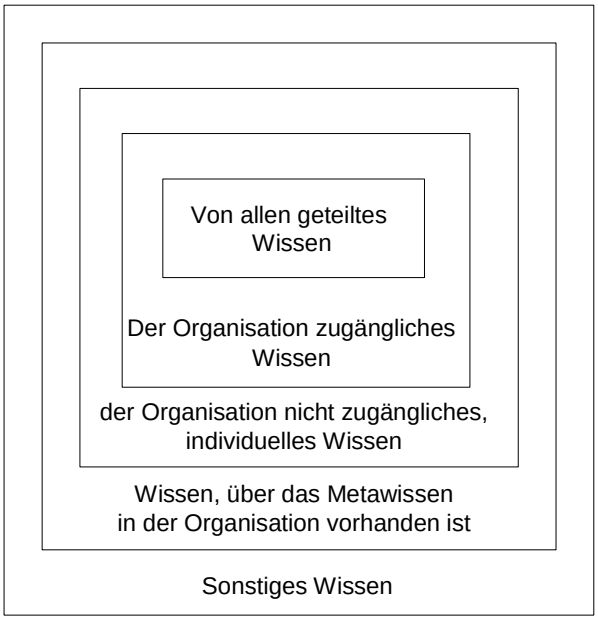


Abbildung 3: Schichtenmodell der organisationalen Wissensbasis (in Anlehnung an Pautzke [Pau89])

Die Anordnung der einzelnen Schichten hängt von der Wahrscheinlichkeit ab, dass das in der jeweiligen Schicht befindliche Wissen in organisationalen Entscheidungsprozessen zur Anwendung kommt. In der innersten Schicht befindet sich das von allen Organisationsmitgliedern geteilte Wissen. Die nächste Schicht umfasst die Wissensbestände, welche die Organisationsmitglieder auch der Organisation zur Verfügung stellen. Im Gegensatz dazu besteht die nächste Ebene aus dem Wissen der Mitglieder, das der Organisation nicht verfügbar gemacht wird. Die vierte Ebene besteht aus Wissen, über das „Metawissen“ in der Organisation vorhanden ist. Dieses Metawissen umfasst beispielsweise die Kenntnis über relevante Fachexperten oder Informationssysteme. Die fünfte Schicht schließlich umfasst das sonstige, insgesamt vorhandene Wissen.

2.1.5 Wissensmanagement

Mit dem Thema Wissensmanagement beschäftigen sich unterschiedliche Forschungsdisziplinen mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Erkenntniszielen. Dementsprechend heterogen gestalten sich die zahlreichen Auslegungen des Begriffs „Wissensmanagement“.

Im Bereich der Künstlichen Intelligenz definieren Puppe et al. ([Pup03]) Wissensmanagement als ein (interdisziplinäres)

> *„Forschungsthema, das sich mit der Organisation und Führung aller Vorgänge in einem Unternehmen, die mit der Nutzung, Beschaffung, Neubildung, Verteilung*

und Sicherung von Wissen zu tun haben".

Eine der kritischen Eigenschaften der Wissensgesellschaft ist die zunehmende Dynamisierung und Unvorhersagbarkeit des Umfeldes heutiger Unternehmen. Um dauerhaft erfolgreich am Markt zu bestehen, müssen sich Unternehmen ständig den Herausforderungen der Umwelt anpassen ([Pro97], [Sch96]). Nach Schüppel ([Sch96]) bedeutet Management mehr denn je „Management des Wandels". Anpassungsprozesse eines Unternehmens werden in der Literatur als „organisationale Lernprozesse" angesehen.

Mit dem Begriff „organisationales Lernen" ist nicht etwa das Lernen einzelner Individuen gemeint, sondern das Lernen einer Organisation als Ganzes. Organisationales Lernen bezieht sich auf die Fähigkeit einer Organisation, auf eine sich verändernde Umgebung zu reagieren, ihre Fehler zu entdecken, zu korrigieren und eine verbesserte Handlungskompetenz zu erreichen. Nach Probst ([Pro97]) ist organisationales Lernen

> *„ein Prozess der Erhöhung und Veränderung der organisationalen Wert- und Wissensbasis, die Verbesserung der Problemlösungs- und Handlungskompetenz sowie der Veränderung des gemeinsamen Bezugsrahmen von und für Mitglieder innerhalb der Organisation."*

Aus dieser Perspektive wird Wissensmanagement als ein Instrument zur Steuerung und Umsetzung organisationaler Lernprozesse angesehen, welche die unabdingbare Reaktion auf eine sich stets wandelnde Umgebung darstellen. Dementsprechend definiert Probst in [Pro97] Wissensmanagement als

> *„ein integriertes Interventionskonzept, das der Gestaltung der organisationalen Wissensbasis dient."*

Einige Autoren sehen allerdings Wissensmanagement nicht unter der Lernperspektive, sondern in Verbindung mit der Erreichung von Unternehmenszielen. Wissensmanagement kann demnach nicht lediglich auf eine zweckfreie Anhäufung von Wissensbeständen abzielen, sondern die effiziente Erreichung von Unternehmenszielen ermöglichen. In diesem Sinne definiert beispielsweise Wiig in [Wii99] Wissensmanagement als

> *„the systematic, explicit, and deliberate building, renewal, and application of knowledge to maximize an enterprise's knowledge-related effectiveness and returns from its knowledge assets."*

Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, verzichten wir auf eine vertiefende Darstellung aller unterschiedlichen Auslegungen des Begriffs Wissensmanagement. Eine umfassende Zusammenstellung unterschiedlicher Definitionen findet der interessierte Leser beispielsweise in [Ame02].

2.2 Gestaltungsaspekte

Die Einführung von Wissensmanagement erfordert eine sorgfältige Vorbereitung. Die gewählten Maßnahmen sollten nicht auf die Verbesserung in einzelnen Bereichen, wie z.B. die Optimierung der IT-Infrastruktur, abzielen. Zudem sollten Wissensprozesse in die tägliche Arbeit integriert sein. Gemäß Bullinger ([Bul97]) können die Potentiale, die das Wissensmanagement bietet, nur dann vollständig ausgeschöpft werden, wenn eine ganzheitliche Strategie verfolgt

wird, welche die wesentlichen Dimensionen Mensch, Organisation und Informations- und Kommunikationstechnologie berücksichtigt.

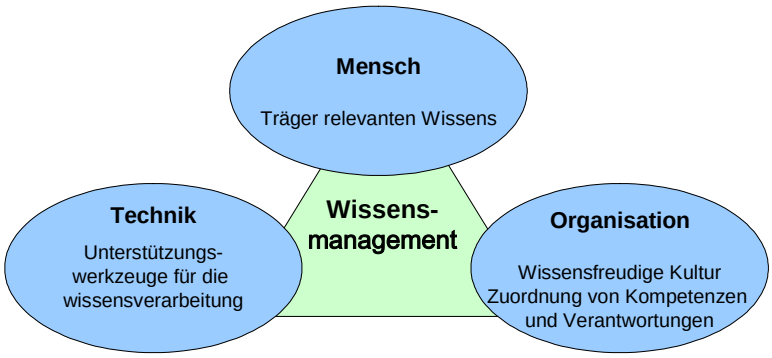


Abbildung 4: Dimensionen eines ganzheitlichen Wissensmanagement
(In Anlehnung an [Bul97])

2.2.1 Grundsätzliche Strategien

Gemäß Hansen und Nohria ([Han98]) lassen sich im Wissensmanagement zwei grundsätzliche Strategien unterscheiden, die durch entsprechende IT-Systeme unterstützt werden können.

In der „*Kodifizierungsstrategie*“ steht die Explizierung wichtiger Wissensbereiche im Vordergrund. Das erhobene Wissen, beispielsweise Handlungsanweisungen, *lessons learned* oder *best practices*, wird in elektronischen Dokumenten oder Datenbanken abgelegt. In dieser Strategie hat die Informationstechnologie die Aufgabe, das explizierte Wissen zu speichern und Nutzern einen möglichst effizienten Zugriff zu ermöglichen.

Die Strategie der „*Personalisierung*“ geht einen anderen Weg und verzichtet auf die Wissenserfassung. Bei der Personalisierung steht die Förderung der Kommunikation zwischen Wissensträgern im Vordergrund und kann beispielsweise durch elektronische Foren unterstützt werden.

2.2.2 Der Faktor Mensch im Wissensmanagement

Der Erfolg von Wissensmanagement hängt entscheidend von der Teilnahme der Mitarbeiter als Träger des Wissens ab. Wissensmanagement lässt sich nicht einseitig von der Unternehmensführung per Dekret einführen oder in Gang halten. Es sind Bedingungen zu schaffen, die Mitarbeiter zur Wissensnutzung, -entwicklung, -bewahrung und -verteilung ermutigen.

Ein wesentlicher Faktor für die Akzeptanz von Wissensmanagement ist die in der Organisation herrschende Kultur. Die Unternehmenskultur bezeichnet gemäß Schein ([Sch95]) die Gesamtheit der Normen und Wertvorstellungen, welche die Denkhaltung und damit das Verhalten der Mitarbeiter prägen. Die Unternehmenskultur stellt in diesem Zusammenhang das Ergebnis des Zusammenspiels dreier Kulturebenen, „Artefakte“, „Normen“ und „Grundannahmen“ dar.

- **Artefakte** sind beobachtbare, selten klar deutbare Verhaltensmuster in einer Organisation.
- **Normen** definieren das in einer Organisation herrschende Weltbild.
- **Grundannahmen** umfassen grundsätzliche, als selbstverständlich wahrgenommene

Ansichten über eine Kultur und sind meist unsichtbar.

Die Entstehung und Übertragung einer Unternehmenskultur vollzieht sich im Rahmen von zum Teil langen Sozialisationsprozessen. Daher lässt sich die in einer Organisation gewachsene Kultur auch nicht über Nacht ändern; dazu sind langfristige Maßnahmen notwendig.

Für einen effizienten Wissenstransfer muss im Unternehmen eine von Vertrauen geprägte Kultur herrschen. Zudem dürfen die Wissensträger nicht befürchten, sich durch die Wissenspreisgabe „ersetzbar“ zu machen oder ihre Position zu schwächen. Durch die Aufwertung der Ressource Wissen können sich Verschiebungen in etablierten Machtverhältnissen ergeben, denen sich Mitarbeiter (bewusst oder unbewusst) aufgrund ihrer Eigeninteressen entgegenstellen können.

Gemäß Davenport ([Dav98a]) können die folgenden kulturellen Faktoren einen effektiven Wissenstransfer im Unternehmen beeinträchtigen:

- **Mangel an Vertrauen:** Der Wissensaustausch setzt voraus, dass alle Teilnehmer im Wissensmanagement sich gegenseitig vertrauen. Bei geographisch verteilten Unternehmen ist zu beachten, dass der elektronische Austausch zwar unkompliziert ist, zum Aufbau einer guten Arbeitsbeziehung ist aber der direkte Kontakt unabdingbar.
- **Unterschiedliche Kulturen, Sprachgewohnheiten, Bezugrahmen:** Ein wichtiger Erfolgsfaktor beim Wissenstransfer ist eine gemeinsame Fachsprache der Teilnehmer sowie gemeinsame Werte und Normen.
- **Zeitmangel und Fehlen von Begegnungsstätten sowie enge Auffassung von “produktiver Arbeit”:** Austausch und Kommunikation sind wichtige Komponenten im Wissensmanagement, da sie die Grundlage für innovative und kreative Ideen bilden. Daher müssen Wissensmanager den Mitarbeitern auch Freiräume für den Austausch mit anderen gewähren.
- **Intoleranz gegenüber Fehlern und Hilfsbedürftigkeit:** Eine wichtige Voraussetzung für das organisationale Lernen und die kontinuierliche Verbesserung des Unternehmens ist die Offenheit im Umgang mit Fehlern. Diese sollten nicht bestraft werden, sonst werden Fehler im Arbeitsprozess vertuscht und Wissenslücken nicht zugegeben.

2.2.3 Organisation

Die Einführung und der Betrieb von Wissensmanagement sind ohne explizite Zuweisung dedizierter Rollen und Funktionen stark gefährdet. Allerdings reicht die Gründung einer Wissensmanagement-Abteilung nicht aus, um den Erfolg des Wissensmanagements zu garantieren. Eine fehlende Einbettung der Wissensprozesse in der täglichen Arbeit kann eine kritische Barriere für das Wissensmanagement darstellen.

2.2.3.1 Rollen im Wissensmanagement

Bei der Planung von Wissensmanagement-Maßnahmen müssen explizite Rollen und Funktionen für das Wissensmanagement vorgesehen werden. In der Literatur wurden mittlerweile einige Rollenmodelle vorgestellt ([Sto00], [Dav98a]). Nach Stoyan ([Sto00]) können im Wissensmanagement die folgenden Rollen unterschieden werden:

- **Wissensmanager** (Wissensdirektor, **C**hief **K**nowledge **O**ffice): Der Wissensmanager hat die Aufgabe, Unternehmensziele auf Ziele des Wissensmanagements abzubilden, Maßnahmen des Wissensmanagements zu planen, deren Durchführung anzustoßen und zu überwachen sowie die Erreichung der Ziele zu kontrollieren, Plan-Soll-Abweichungen zu analysieren und gegebenenfalls Maßnahmen zur Gegensteuerung einzuleiten.

- **Wissenslieferant** (Fachexperte): Unabhängig von der jeweiligen Wissensmanagement-Maßnahme (z.B. Einrichtung einer Community, Aufbau eines Informationssystems zur Wissenssicherung) hat der Wissenslieferant eine herausragende Rolle. Wissenslieferanten stellen ihr Wissen einer Community oder einem Informationssystem zur Verfügung. Üblicherweise sind Wissenslieferanten sehr gefragte Spezialisten, die wenig Zeit für die Wissenslieferung haben. Daher sollten Wissensmanagement-Maßnahmen auf eine zeitsparende Art der Wissenslieferung abzielen, sonst stellen die vorgesehenen Maßnahmen eine erhebliche Mehrbelastung dar, die von den Fachexperten gemieden wird.
- **Wissensnutzer**: Wissensnutzer sind Mitarbeiter, die das vorhandene Wissen zur besseren Lösung ihrer Aufgaben verwenden. Sie werden selbst nach der Bearbeitung ihrer Aufgaben zu Lieferanten, in dem sie ihre gemachten Erfahrungen dem System bekannt geben. D.h. die zwei Rollen (Wissensnutzer und Wissenslieferant) sind eng miteinander verzahnt.
- **Wissensmediator**: Der Wissensmediator hat die Aufgabe, Unterschiede zwischen Wissens-) Angebot und (Wissens-) Nachfrage aufzudecken und zwischen den Wissensnutzern und -lieferanten zu vermitteln. Der Wissensmediator strukturiert und beschreibt das Wissen in der Wissensbasis, so dass Wissensnutzer relevantes Wissen finden können. Zudem ist der Wissensmediator für die Qualität des Wissens zuständig, und zwar für die Relevanz, Aktualität, Korrektheit und Vollständigkeit.

2.2.3.2 Organisationale Einbettung

Die Kultur ist anerkanntermaßen ein kritischer Erfolgsfaktor im Wissensmanagement. Nach einer empirischen Untersuchung des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation ([Bul98]) stellt allerdings die Zeitknappheit eine der größten Barrieren im Wissensmanagement dar. Dieser Befund, der in weiteren Untersuchungen ([KPM01]) bestätigt wurde, deutet darauf hin, dass Wissensmanagement-Maßnahmen bislang als Zusatzaufgabe von den Mitarbeitern wahrgenommen und daher gemieden werden.

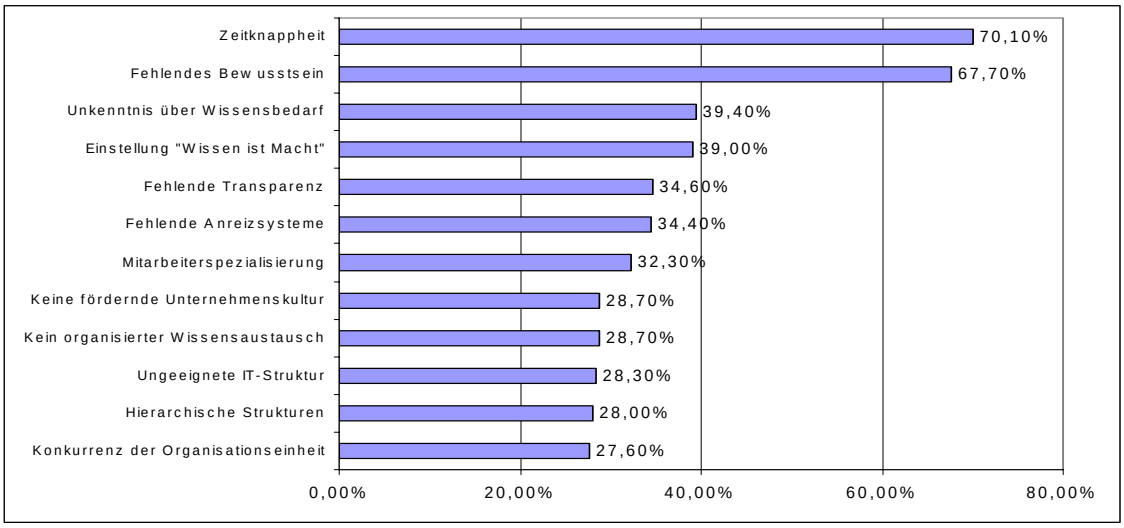


Abbildung 5: Barrieren im Wissensmanagement ([Bul98])

Falls Wissensmanagement erfolgreich sein soll, muss jedes Unternehmen nicht nur explizit Zeit für die Wissensprozesse ([Sto00]) einplanen, sondern auch festlegen, nach welcher Strategie diese wahrzunehmen sind. Dabei sind zwei Extrempositionen denkbar:

- **Selbstorganisierte Wissensprozesse:** Hier entscheidet der Mitarbeiter selbst, wann er die Wissensprozesse durchführt. Diese Strategie ist besonders bei motivierten Mitarbeitern sinnvoll. Bei einer hohen Arbeitsbelastung kann sie allerdings dazu führen, dass diese Prozesse häufig übersehen werden.
- **Kontrollierte Wissensprozesse:** Hier soll der Mitarbeiter in festgelegte Zeitabständen oder nach definierten Ereignissen (z.B. nach jedem Projektschritt) die Wissensprozesse (z.B. gemachte Erfahrungen dokumentieren) durchführen.

2.2.3.3 Informations- und Kommunikationstechnologie

Obwohl der Mensch im Wissensmanagement eine herausragende Rolle spielt, kann auf die Unterstützung durch die Informations- und Kommunikationstechnologie nicht gänzlich verzichtet werden. Dies bedeutet freilich nicht, dass die Einführung von Wissensmanagement dazu führen sollte, lange zurückgehaltene Investitionen in die IT-Infrastruktur – wie es häufig in vielen Wissensmanagement-Projekten der Fall war –, zu tätigen. Vielmehr sollte die IT-Infrastruktur überprüft und an die jeweilige Wissensmanagement-Strategie angepasst werden.

Die Frage nach der adäquaten IT-Unterstützung im Wissensmanagement lässt sich allerdings nicht ohne weiteres beantworten. Zur herrschenden Verwirrung in Bezug auf Werkzeuge im Wissensmanagement haben nicht zuletzt Software-Hersteller geführt, die angesichts des steigenden Interesses bezüglich des neuen Gebiets ihre Werkzeuge umgetauft haben. Daher erscheint eine Beschreibung der Werkzeuge, die im Kontext des Wissensmanagements thematisiert werden, nicht zweckmäßig.

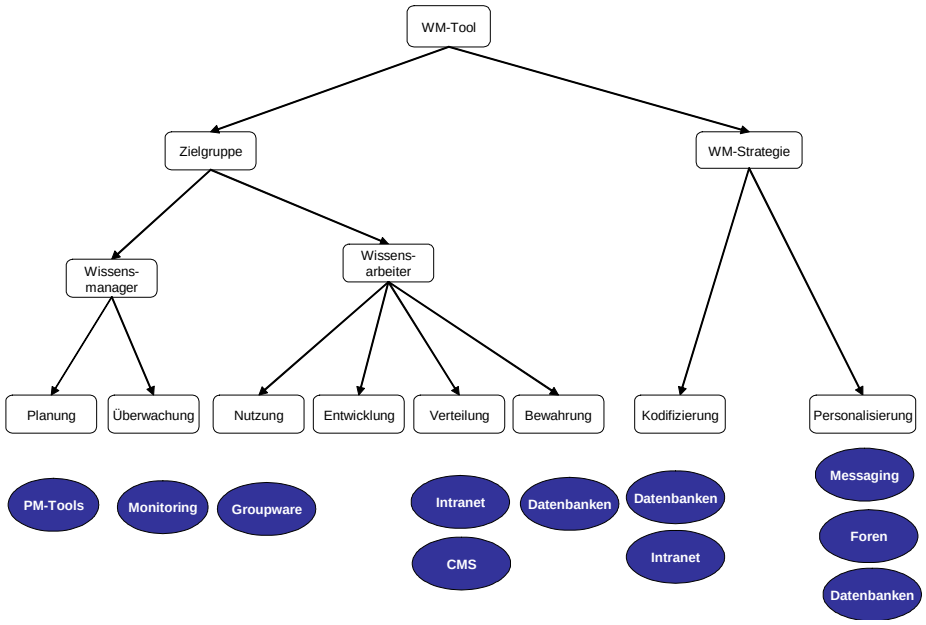


Abbildung 6: Klassifizierung von Wissensmanagement-Werkzeugen

Zur groben Orientierung für den interessierten Leser lassen sich Software-Werkzeuge im Wissensmanagement nach den Dimensionen Zielgruppe und Strategie unterteilen (Abbildung

6). Bei der Zielgruppe können jeweils Werkzeuge für den Wissensmanager und für den Wissensarbeiter unterschieden werden. Werkzeuge der ersten Kategorie können beispielsweise Wissensmanager bei der Planung von WM-Projekten unterstützen oder bei der Überwachung der im Betrieb befindlichen Maßnahmen (z.B. Verfolgung der Fragen in Communities) unterstützen. Bei der Unterstützung des Wissensarbeiters kann die weitere Unterteilung anhand der im Abschnitt 2.1.2 definierten Wissensprozesse vorgenommen werden.

Bei der Einteilung in Abhängigkeit von der verfolgten Strategie lassen sich Werkzeuge zur Unterstützung der Kodifizierung von solchen für die Personalisierung unterscheiden.

2.3 Was ist Wissen wert?

Obwohl die Notwendigkeit von Investitionen in die Ressource Wissen intuitiv einleuchtend ist, muss in wirtschaftlich schwierigen Zeiten jede Maßnahme ihren Beitrag zum Unternehmenserfolg unter Beweis stellen.

Während die Effekte von Investitionen in klassischen Ressourcen sich mit Hilfe etablierter Messkriterien nachweisen lassen, ist dies mangels anerkannter und bewährter Messverfahren für Wissensmanagement-Maßnahmen ein schwieriges Unterfangen ([Pro97]). Wissensmanager sind damit einem zunehmenden Rechtfertigungsdruck ausgesetzt und stehen vor der Herausforderung, den Gegenwert ihrer Investitionen in Euro und Cent zu beziffern. Dieser Druck, der auf Wissensmanagern lastet, ist angesichts der Potentiale, die mit der Ressource Wissen assoziiert werden, erstaunlich. Gemäß Herbst ([Her00]) wird die Fähigkeit, am Markt herausragende Erfolge zu verbuchen, für besonders wissensintensive Unternehmen allgemein als sehr hoch eingeschätzt. Diese Einschätzung spiegelt sich in den Börsennotierungen mancher Unternehmen wider. Während der Unternehmenswert klassischer Industrieunternehmen im Wesentlichen von materiellen Vermögenswerten abhängt (z.B. Kapital, Umsatz, Immobilienbesitz), erreichen wissensintensive Unternehmen eine Börsenkapitalisierung, der keine entsprechenden Vermögenswerte gegenüber stehen. Als Beispiel für diese Abweichung nennt Herbst ([Her00]) die Softwarehäuser SAP und Microsoft, die mit dem zehnfachen ihres Buchwertes an der Börse notiert werden.

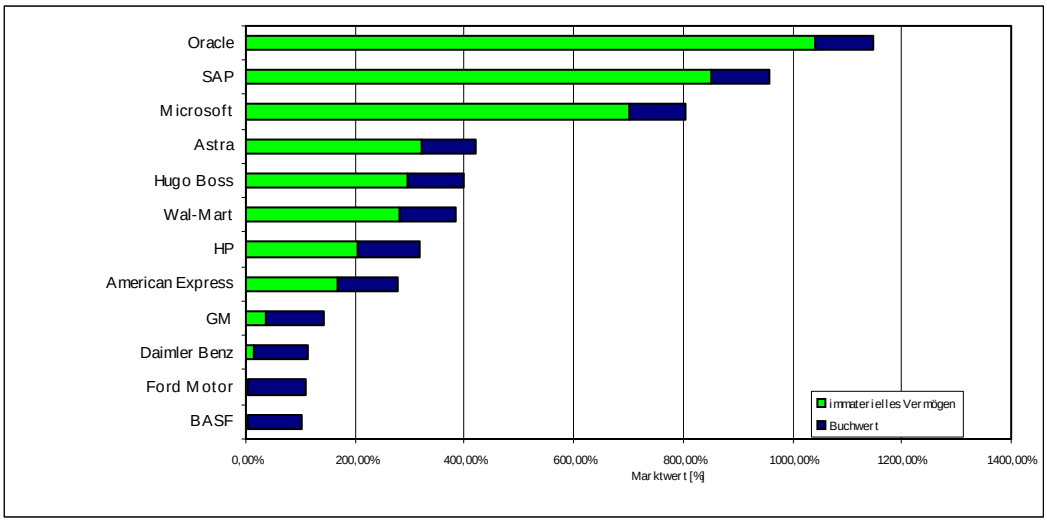


Abbildung 7: Diskrepanz zwischen Buchwert und Marktwert

Aufgrund dieser Diskrepanz zwischen Markt- und Buchwert stellt sich die Frage nach Herkunft und Größe dieses unsichtbaren Vermögens. Zur Erklärung dieser Abweichung hat sich mittlerweile in der Literatur der Begriff „*intellektuelles Kapital*“ eingebürgert. Intellektuelles Kapital umfasst nach ([Nor98]) das gesamte Wissen eines Unternehmens und seiner Mitarbeiter sowie das Potential, dieses Wissen für die nachhaltige Erfüllung der Kundenerwartungen einzusetzen. Intellektuelles Kapital umfasst ausserdem scheinbar profane Faktoren, wie z.B. Markenwerte, der Kundenstamm oder das Image des Unternehmens.

Das intellektuelle Kapital stellt bislang ein für Unternehmen unsichtbares Vermögen dar, das mit den aktuellen Methoden der Unternehmensbewertung nicht gemessen wird. Während heutige Unternehmen bereits den Herausforderungen der Wissensgesellschaft standhalten müssen, gehören die Verfahren zur Bewertung ihres Potentials noch dem Industrie-Zeitalter an. Dies offenbart sich beispielsweise darin, dass bei der Unternehmensbewertung das intellektuelle Kapital als Quelle der Wertschöpfung bislang keine Berücksichtigung findet. Gemäß Herbst ([Her00]) fehlen bis zu 40% des Marktwertes in der Bilanz heutiger Unternehmen.

Als ein Potential des Menschen lässt sich Wissen streng genommen nicht messen. Ansätze zur Wissensmessung können nur mittelbar (über Indikatoren) und ungenau diese wertvolle Ressource quantifizieren. Dennoch kann der Verzicht auf die Wissensmessung zu Fehlentscheidungen führen.

Ansätze zur Messung und Bewertung des intellektuellen Kapitals lassen sich gemäß North ([Nor98]) in deduktiv-summarische und induktiv-analytische unterscheiden (Abbildung 8).

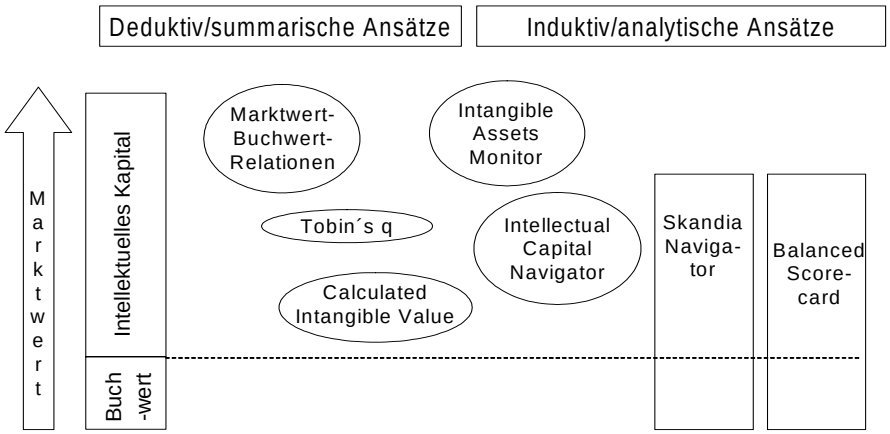


Abbildung 8: Ansätze zur Wissensbewertung ([Nor98])

- **Deduktiv-summarische** Ansätze bewerten das intellektuelle Kapital als die Differenz zwischen Markt- und Buchwert eines Unternehmens. Diese Verfahren sind aufgrund ihrer Einfachheit bestechend. Wegen der Volatilität von Börsenkursen und der Ungenauigkeit des Buchwertes (z.B. durch die Nutzung von Abschreibungsmöglichkeiten oder Aufnahme von Schulden) haben sie allerdings eine nur eingeschränkte Aussagekraft. Zu dieser Familie von Ansätzen gehören Ansätze wie die *Markt-/Buchwert-Relation*, *Tobin'q* oder der *calculated Intangible Value*-Ansatz ([Nor98]).
- **Induktiv-analytische Ansätze** versuchen im Unterschied zu summarischen Ansätzen verschiedene Elemente des intellektuellen Kapitals zu identifizieren und getrennt voneinander zu behandeln. Der Skandia-Navigator beispielsweise identifiziert die Kriterien „Finanzkapital“ und „Intellektuelles Kapital“ als zentrale Einflussfaktoren des Markt-

wertes. Intellektuelles Kapital lässt sich wiederum in Kundenkapital, organisatorisches Kapital und Humankapital unterscheiden. Zu dieser Familie von Ansätzen gehören Ansätze wie der *Skandia-Navigator*, der*Intangible Assets Monitor*, der *Intellectual Capital Navigator* oder die *Balanced Scorecard*.
Induktiv-analytische Verfahren haben prinzipiell eine dreistufige Vorgehensweise, die folgende Schritte beinhaltet:

(a) **Identifikation der Werttreiber und Wertfaktoren**: In diesem Schritt werden auf der Grundlage der Geschäftsstrategie des Unternehmens die Werttreiber und kritischen Erfolgsfaktoren ermittelt, die für den Unternehmenserfolg unabdingbar sind in Form eines Kennzahlensystems erfasst.

(b) **Operationalisierung mit Hilfe geeigneter Indikatoren:** In diesem Schritt werden unter Berücksichtigung der jeweiligen Branchenspezifika die entwickelten Kategorien mit geeigneten Indikatoren operationalisiert.

(c) **Klassifizierung und Monitoring der ausgewählten Größen:** In diesem Schritt werden die gefundenen Indikatoren zu einem aussagekräftigen Berichtssystem verdichtet, das überwacht und regelmäßig aktualisiert werden soll.

Die Messung und Bewertung der Ressource Wissen sind unabdingbare Schritte im Wissensmanagement, da sie Ansätze zur Steuerung von Wissensmanagement-Maßnahmen liefern. Allerdings liefert die Wissensmessung keine absoluten Werte sondern nur grobe Anhaltspunkte.

2.4 Ausgewählte Modelle im Wissensmanagement

In der Forschungslandschaft um das Thema Wissensmanagement existiert mittlerweile eine Fülle an Wissensmanagement-Modellen. In [Leh00] wurde basierend auf dem von Schüppel ([Sch96]) vorgestellten Rahmen eine Kategorisierung der bislang bekannten Wissensmanagement-Modelle vorgeschlagen. Demnach lassen sich humanorientierte, technologische und integrative Ansätze im Wissensmanagement unterscheiden.

- **Humanorientierte Ansätze:** Diese Ansätze stellen das Individuum ins Zentrum der Wissensmanagement-Aktivitäten. Sie befassen sich damit, wie ein verhaltensorienter, kultureller und organisatorischer Wandel des Unternehmens zur Verankerung und Förderung einer Kultur des organisationalen Wissensmanagements beitragen kann und wie Individuen dazu bewegt werden können, am allgemeinen Lernprozess teilzunehmen und Wissen mit anderen Organisationsmitgliedern zu teilen ([Leh00]).

- **Technologische Ansätze:** Diese Ansätze stellen im Gegensatz zu humanorientierten Ansätzen technische Systeme ins Zentrum der Wissensmanagement-Aktivitäten mit dem Ziel, Mitarbeiter durch IT-Systeme dabei zu unterstützen, Wissen zu sammeln, aufzubereiten, zu klassifizieren und zu verdichten ([Leh00]). Technologische Ansätze des Wissensmanagements lassen sich im Grunde nicht von klassischen Softwareprojekten unterscheiden. Dass Mitarbeiter zur Wissensnutzung und -preisgabe motiviert werden müssen und dass die Unternehmenskultur sich als Hemmnis im Wissensmanagement erweisen kann, wird nicht weiter thematisiert.

- **Integrative Ansätze:** Integrative Ansätze stellen eine Ergänzung der vorgenannten Ansätze dar. Sie zielen nicht nur auf die Etablierung einer wissensfreundlichen Kultur im Unternehmen ab, sondern auch auf die bestmögliche Unterstützung durch IT-Systeme.

Für die vorliegende Arbeit müssen wir darauf verzichten, alle der zahlreichen Wissensmanagement-Modelle eingehend zu erläutern. Der interessierte Leser sei aber an dieser Stelle an Willke ([Wil01]) verwiesen. Nachfolgend werden zwei integrative Ansätze vorgestellt, die eine hohe Resonanz im Forschungsbereich Wissensmanagement erfahren haben.

2.4.1 Bausteine des Wissensmanagements

Durch das Bausteine-Modell von Probst ([Pro97]) wird ein klassischer Managementkreislauf mit den Komponenten „Zielsetzung“, „Umsetzung“ und „Bewertung“ realisiert. Diese werden in einem „inneren“ und einem „äußeren“ Kreislauf (Abbildung 9) angeordnet.

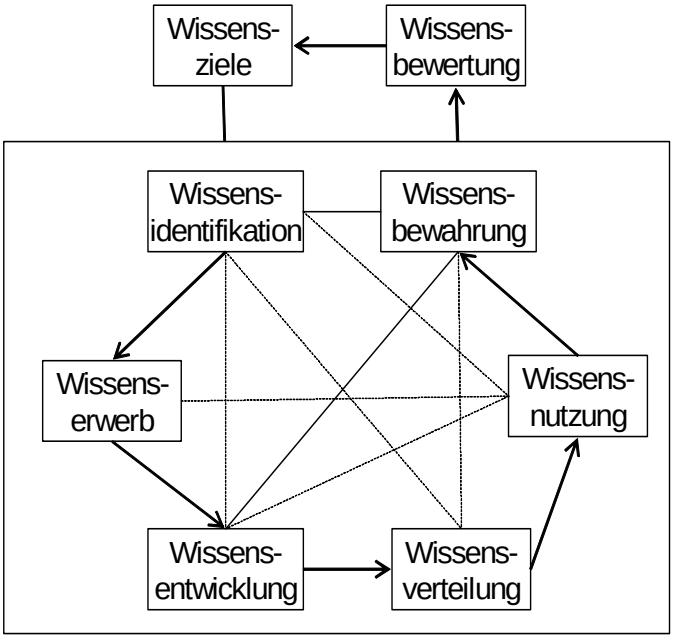


Abbildung 9: Bausteine des Wissensmanagements ([Pro97])

Während die Bausteine des inneren Kreises (*Wissensidentifikation, Wissenserwerb, Wissensentwicklung, Wissens(ver)teilung, Wissensnutzung* und *Wissensbewahrung*) mögliche Interventionsfelder bei der Umsetzung von Wissensmanagement beschreiben, bilden die Bausteine des äußeren Kreises (*Wissensziele, Wissensbewertung*) den strategischen Rahmen ([Leh00]). Durch die Definition dieser Bausteine wird nach Probst der Managementprozess in mehreren Phasen aufgeteilt, die Suche nach Ursachen von Wissensproblemen ermöglicht und Ansätze für Interventionen definiert. Diese Bausteine weisen zudem eine enge Verzahnung untereinander auf und sollten bei der Planung von Wissensmanagement-Maßnahmen nicht voneinander isoliert betrachtet werden. Im Folgenden werden die Bausteine dieses Modells in Anlehnung an [Pro97] erläutert.

Wissensziele

Wissensziele geben den Aktivitäten des Wissensmanagements eine Richtung und legen fest, auf welchen Ebenen welche Fähigkeiten benötigt bzw. aufgebaut werden sollen.
Wissensziele zerfallen in normative, strategische und operative Wissensziele. Während normative Ziele auf die Schaffung einer wissensbewussten Unternehmenskultur abzielen, beschreiben

strategische den künftigen Wissensbedarf eines Unternehmens. Operative Wissensziele sorgen für eine Umsetzung normativer und strategischer Ziele im täglichen Arbeitsprozess.

Wissensidentifikation

Die Wissensidentifikation bedeutet die Schaffung von Transparenz über internes und externes Wissen. Intransparenz entsteht beispielsweise durch Dezentralisierung, Restrukturierung oder Mitarbeiterfluktuation. Durch die Wissensidentifikation können vorhandene Potentiale, z.B. spezielle Fähigkeiten von Fachexperten oder Kooperationsmöglichkeiten, genutzt werden.

Wissenserwerb

Die zunehmende Wissensfragmentierung führt dazu, dass Unternehmen kaum mehr in der Lage sind, selbst sämtliches erfolgsrelevante Wissen intern zu entwickeln. Zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit muss Wissen häufig importiert werden. Der Wissenserwerb kann auf unterschiedlichen Arten ablaufen, z.B. über die Beschäftigung von Fachexperten oder die Kooperation mit anderen Unternehmen.

Wissensentwicklung

Wissensentwicklung ist als komplementärer Baustein zum Wissenserwerb zu sehen. Anders als beim Wissenserwerb hat dieser Baustein das Ziel, benötigte Fähigkeiten intern aufzubauen.

Auf der individuellen Ebene wird neues Wissen über Lernprozesse gewonnen. Um Wissen zu entwickeln, das für das Unternehmen eine Innovation darstellt, ist die Kreativität und Problemlösefähigkeit des Mitarbeiters gefordert. Diese sind allerdings Faktoren, die sich kaum unmittelbar beeinflussen lassen. Durch die Schaffung eines innovationsfreundlichen Umfelds können allerdings Organisationen die Kreativität und Innovationsfähigkeit ihrer Mitarbeiter fördern. Möglichkeiten dieser „Kontextsteuerung“ sind beispielsweise die Entlastung von der operativen Arbeit oder die Etablierung einer fehlerfreundlichen Kultur.

Wissensverteilung

Die Wissens(ver)teilung beschäftigt sich mit der Frage, wer was in welchem Umfang wissen sollte und wie ihm das benötigte Wissen zu vermitteln ist. Die Wissensverteilung kann sowohl im Sinne einer zentral gesteuerten Weitergabe von Wissens auf eine festgelegte Gruppe von Mitarbeitern oder im Sinne des individuellen Mitteilens von Wissen verstanden werden.

Wissensbewahrung

Einmal erworbene Fähigkeiten stehen dem Unternehmen nicht für unbegrenzte Zeit zur Verfügung. Reorganisationen oder Mitarbeiterfluktuationen (durch Pensionierung oder Kündigung) können zu Wissensverluste führen, welche die Funktionsfähigkeit des Unternehmens beeinträchtigen können. Nach Probst umfasst die Wissensbewahrung die Prozesse der Selektion des Bewahrungswürdigen, der angemessenen Speicherung und der regelmäßigen Aktualisierung.

Die Wissensbewahrung ist keine punktuelle Aktivität, sondern ein kontinuierlicher Prozess. Gerade die bereits erwähnte sinkende Halbwertzeit des Wissens führt dazu, dass Wissen in immer kürzeren Abständen ihre Gültigkeit verliert. Daher hat der Prozess der Aktualisierung die Aufgabe, veraltete Wissensbestände aus der organisationalen Wissensbasis zu entfernen.

Falls dieser Schritt nicht gelingt, kann ein Wissenssystem in die viel zitierte Abwärtsspirale (siehe Abbildung 10) geraten, die u.a. in vielen Intranet-Projekten beobachtet wurde.

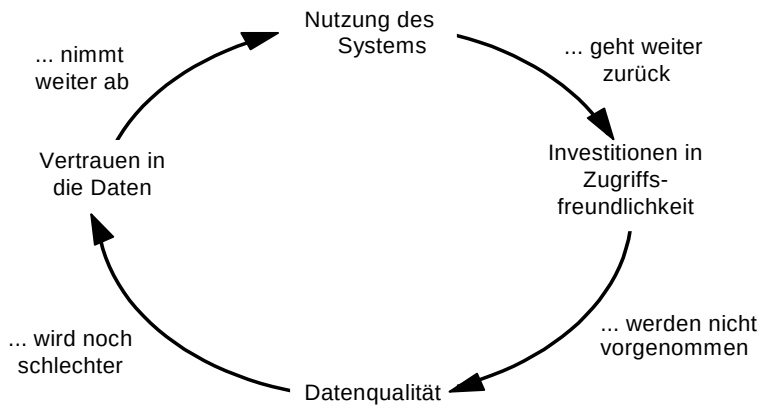


Abbildung 10: Abwärtsspirale einer elektronischen Wissensbasis ([Pro97])

Wissensnutzung

Das Identifizieren eigener Potentiale oder die Anhäufung von Wissen sind verlorene Investitionen, falls keine Wissensnutzung stattfindet. Daher müssen Unternehmen Kontexte schaffen, in denen das erworbene Wissen auch tatsächlich genutzt wird.

Wissensbewertung

Entsprechend der definierten Wissensziele auf normativer, strategischer und operativer Ebene müssen Methoden zur Messung vorhanden sein, um den Erfolg oder Misserfolg des Wissensmanagements aufzuzeigen. Im Abschnitt 2.3 wurde auf die Problematik der Wissensbewertung eingegangen. Als Instrument der Wissensbewertung sieht das Bausteine-Modell die Balance-score-Card von Kaplan und Norton vor ([Kap97]).

2.4.2 Theorie der Wissensgenerierung

Das Modell von Nonaka ([Non95]) hebt als eines der wenigen die besondere Bedeutung vom impliziten Wissen für das Unternehmen hervor. Anders als das Bausteine-Modell von Probst ([Pro97]), das auf einer Betrachtung aller wissensbezogenen Prozesse basiert, zielt das Modell von Nonaka lediglich auf die Wissensgenerierung im Unternehmen ab.

Grundlage von Nonakas Ansatz ist ein Vergleich der westlichen und japanischen philosophischen Tradition. Während die westliche Tradition, geprägt durch die Subjekt-Objekt-Spaltung und den Körper-Geist-Dualismus, Wissen als eine statische Entität und vom Wissensträger entkoppelt betrachtet, vertritt nach Nonaka die japanische philosophische Tradition mit ihren Bestimmungsstücken

- Einheit von Mensch und Natur,
- Einheit von Körper und Geist und
- Einheit von Individuum und Kollektiv

ein ganzheitliches Wissensverständnis, bei dem das implizite Wissen eine starke Betonung erfährt ([Non95]). Gleichwohl ist explizites Wissen in Nonakas Modell eine wichtige Komponente. Gemäß Nonaka bildet das dynamische Wechselspiel zwischen implizitem und explizitem Wissen, insbesondere die Umwandlung von implizitem in explizites Wissen (Externalisierung), eine wichtige Voraussetzung für die Wissenserzeugung im Unternehmen.

Das Modell von Nonaka fußt auf zwei wesentlichen Elementen, der epistemologischen und der ontologischen Ebene. Die epistemologische Ebene beschreibt die unterschiedlichen Arten von Wissen (implizites und explizites Wissen), während die ontologische Ebene die Schichten (Individuum, Gruppe, Unternehmen und Interaktion zwischen Unternehmen) der Wissenserzeugung charakterisiert ([Non95]).

Die Wissenserzeugung im Unternehmen vollzieht sich nach Nonaka sowohl auf der ontologischen als auch auf der epistemologischen Ebene. Auf der ontologischen Ebene beginnt die Wissenserzeugung beim Individuum, da Organisationen streng genommen weder Wissen besitzen noch welches erzeugen. Das individuelle Wissen ist allerdings zunächst implizit und nicht direkt nutzbar. Organisationen können allerdings kreative Prozesse ihrer Mitglieder unterstützen und geeignete Kontexte bereitstellen, die der Wissensschaffung zuträglich sind. Dazu gehören Arbeitsgruppen, in denen sich Wissen der Gruppenmitglieder durch besondere Formen der sozialen Interaktion (Dialog, Diskussion, Erfahrungsaustausch und Beobachtung) verstärken und herauskristallisieren kann. Die Prozesse der Verstärkung und Kristallisation des individuellen Wissens sollen nach Nonaka immer größere Kreise ziehen, angefangen beim Individuum, über Gruppen bis hin zu Interaktion zwischen Unternehmen. Dadurch wird das ehemals individuelle Wissen zum Unternehmenswissen transformiert.

Auf der epistemologischen Ebene basiert die Theorie der Wissenserzeugung auf einer starken Betonung des impliziten Wissens. Dabei wird angenommen, dass neues Wissen durch das dynamische Zusammenspiel zwischen impliziten und expliziten Wissen generiert wird. Insgesamt postuliert Nonaka vier verschiedene Formen der Wissensumwandlung (siehe Abbildung 11).

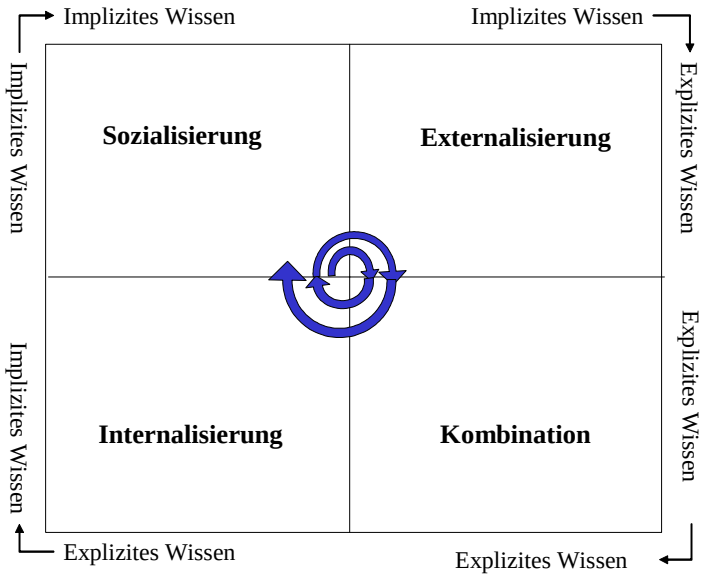


Abbildung 11: Die vier Formen der Wissensumwandlung ([Non95])

- **Sozialisation**: Sozialisation beschreibt den direkten Wissensaustausch zwischen Personen, wobei keine Explizierung des Wissens stattfindet. Voraussetzung für die Sozialisation ist ein gemeinsamer Interaktionskontext, beispielsweise im Sinne einer Meister-Lehrling-Beziehung, in welcher der Lehrling durch Beobachtung, Nachahmung und Anwendung des Beobachteten lernt.
- **Externalisierung**: Im Gegensatz zur Sozialisation ist Externalisierung der Prozess der Formulierung von implizitem Wissen als explizite Konzepte. Die Externalisierung ist gemäß Nonaka Wissensschaffung par excellence. Da das implizite Wissen sich weitgehend dem sprachlichen Ausdruck entzieht, müssen bei den Formulierungsversuchen Metaphern, Analogien und Modelle geschaffen und verwendet werden, um es in eine austauschbare und kommunizierbare Form zu bringen.
- **Kombination**: Die Kombination ist die Systematisierung von expliziten Konzepten. Bei der Kombination werden explizite Wissenseinheiten in komplexere Pakete überführt. Der Einsatz von Informationstechnologie kann diese Art der Wissensumwandlung wesentlich begünstigen.
- **Internalisierung**: Die Internalisierung ist ein Prozess bei dem das explizite in implizites Wissen umgewandelt wird. Die Internalisierung vollzieht sich durch wiederholte Anwendung des dokumentierten Wissens, die dazu führt, dass das explizite Wissen kontinuierlich in die individuellen Routinen einfließt und so von den Individuen verinnerlicht wird.

Nach Nonaka kann der Wissensgenerierungsprozess durch ein Spiralmodell mit den Hauptprozessen Sozialisation, Externalisierung, Kombination und Internalisierung beschrieben werden. Die Wissensgenerieung erfolgt in einem 4-stufigen Zyklus, beginnend mit der Sozialisation, gefolgt von Externalisierung und Kombination, den Abschluss bildet die Internalisierung. Im Ablauf dieser Spirale werden immer mehr Schichten der ontologischen Ebene beteiligt, beginnend beim Individuum, über die Gruppenebene bis hin zur Interaktion zwischen Unternehmen. Die Wissenserzeugung wird nach Nonaka durch die folgende Voraussetzungen begünstigt:

- **Intention:** Die Intention bezeichnet die feste Absicht eines Unternehmens, bestimmte Ziele zu erreichen. Aus der Intention lassen sich dann Strategien, Maßstäbe und Visionen ableiten. Die Intention dient nicht nur als Beurteilungskriterium für die geschaffenen Kenntnisse, sondern auch als Orientierungsrahmen für die Mitarbeiter.
- **Autonomie:** Die Mitarbeiter sollten im Unternehmen möglichst autonom agieren, weil sie dadurch motiviert arbeiten und ihre Kreativitätspotentiale ausschöpfen können.
- **Fluktuation und kreatives Chaos:** Für Schüppel ([Sch96]) bedeutet Management mehr denn je Beherrschung des Wandels. Änderungen im Umfeld, z.B. verschärfte Konkurrenz oder Wechsel der Markbedingungen, versetzen Mitarbeiter in eine Krisensituation, die aber dazu führt, dass sie ihre Grundanschauungen in Frage stellen und mögliche Lösungswege oder neues Wissen entwickeln. Die künstliche Erzeugung solcher „Krisensituationen“ kann Mitarbeiter aktivieren und ihre Kreativität hervorlocken.
- **Redundanz:** Durch die Verfügbarmachung zusätzlicher, für die aktuelle Problemstellung nicht benötigter Informationen wird die Redundanz erzeugt. Redundanz sollte allerdings nicht mit Ineffizienz gleichgesetzt werden. Vielmehr ermöglicht Redundanz Mitarbeiter über Abteilungsgrenzen hinweg mit anderen Wissen auszutauschen und dadurch ganzheitliche Lösungen für Probleme zu entwickeln.
- **Interne Vielfalt:** Um rasch und flexible auf den Herausforderungen der Umwelt reagie-

ren zu können muss das Unternehmen über eine ausreichende interne Vielfalt verfügen. Diese lässt sich beispielsweise durch den gleichberechtigten Zugang zu Informationen, Maßnahmen zur Personalrotation oder den Abbau von Hierarchien erreichen.

2.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel haben wir basierend auf eine Diskussion wichtiger Grundbegriffe des Wissensmanagements das Bausteine-Modell von Probst sowie das Modell der Wissenserzeugung von Nonaka vorgestellt. In Bezug auf die Wissensbewahrung bieten die thematisierten Modelle allerdings keine Lösungen. Denn das Bausteine-Modell, das bereits auf einer problematischen Auslegung des Wissensbegriffs basiert, gibt keine konkrete Schritte an, wie das Wissen erfahrener Fachexperten zu erheben ist.

Das Modell von Nonaka basiert im Gegensatz zum Bausteine-Modell auf einer starken Betonung des personengebundenen Wissens, zielt allerdings nur auf die Wissensschaffung im Unternehmen ab. Erstaunlich an diesem Modell ist allerdings, dass die Rolle der Wissensnutzung als wesentlicher Faktor der Wissenserzeugung übersehen wurde.

KAPITEL 3 EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG ZUM STATUS QUO DES WISSENSMANAGEMENTS

Im Rahmen dieses Kapitels wird eine empirische Untersuchung zum Status Quo des Wissensmanagements in deutschen Unternehmen vorgestellt. Übergeordnetes Ziel dieser Befragung war die Ermittlung der aktuellen Praxis deutscher Unternehmen in Bezug auf die Wissensbewahrung und -verteilung.

Zunächst wird die Motivation für die Auseinandersetzung mit dem Problem der Wissensbewahrung und -verteilung erläutert (Abschnitt 3.1) bevor auf die Methodik der Befragung eingegangen wird. In Abschnitt 3.2 werden ausgewählte Ergebnisse der Umfrage diskutiert. Abgeschlossen wird das Kapitel durch eine Zusammenfassung, in der wesentliche Komponenten möglicher Lösungsansätze identifiziert werden.

3.1 Motivation

Der Wandel von der bisherigen Industriegesellschaft hin zu einer Wissensgesellschaft wird von einer Reihe von Trends begleitet, auf die Unternehmen mit geeigneten Lösungen reagieren müssen. Eine dieser Entwicklungen ist die zunehmende Dynamisierung der Arbeitswelt, die Unternehmen und öffentliche Behörden gleichermaßen vor die Herausforderung stellt, wertvolle Expertise zu bewahren und sie möglichst effizient an neue Mitarbeiter zu vermitteln.

Beazley et al. ([Bea02]), Casher ([Cas03]) sowie Xiaoming et al. ([Xia04]) haben bereits auf das Problem der Wissensbewahrung hingewiesen. Casher befürchtet in diesem Zusammenhang sogar eine Wissensbewahrungskrise (engl. „*Knowledge Retention crisis*“) für den amerikanischen Raum. Als Auslöser dieser Krise führt er die folgenden Gründe an:

- Zu schnelle und unüberlegte Anpassung der Belegschaftsgröße an wirtschaftliche Bedingungen
- Sehr hohe Mobilität und Fluktuation im Berufsleben
- Baldiges Ausscheiden der geburtenstarken Jahrgänge aus dem Berufsleben

Dass die Fluktuationsraten alarmierende Ausmaße erreicht haben, konnte eine Untersuchung der amerikanischen Behörde für Arbeitsstatistik belegen. Nach dieser Untersuchung (zitiert aus [Cas03]), wiesen vom Jahr 2002 bis 2003 amerikanische Behörden und Unterneh-

men eine Fluktuationsrate von durchschnittlich 40% der Gesamtbelegschaft auf (Abbildung 12).

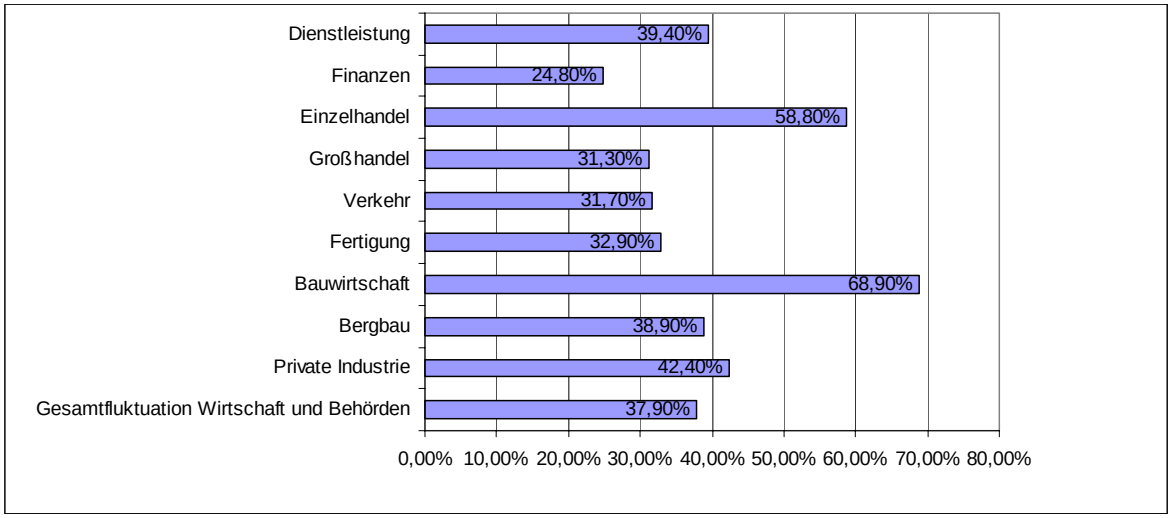


Abbildung 12: Fluktuationsrate zwischen 2002 und 2003 ([Cas03])

Während das Problem der gestiegenen Fluktuation in der Arbeitswelt allzu leicht als charakteristisch für die hohe Dynamik der amerikanischen Arbeitswelt abgetan werden könnte, dürfen die drohenden Wissensverluste aufgrund bevorstehender Pensionierungen in europäischen Ländern nicht übersehen werden. Für den europäischen Raum hat die OECD auf die Überalterung des Arbeitskräftepotenzials in einigen Ländern wie Großbritannien ([OEC04a]) oder Italien ([OEC04b]) hingewiesen, die langfristig nicht nur zu immensen Wissensverlusten führen wird, sondern gar die Leistungsfähigkeit ganzer Volkswirtschaften beeinträchtigen wird. Dabei werden öffentliche Behörden gleichermaßen mit Wissensverluste zu kämpfen haben wie wirtschaftliche Unternehmen. Dies konnte durch eine weitere Studie der amerikanischen Behörde für Arbeitsstatistik ([GAO01a]) nachgewiesen werden. Diese hat im Jahr 2001 die Altersstruktur der Mitarbeiter einzelner öffentlicher Behörden untersucht und kam zum Ergebnis, dass bis zum Jahr 2006 zwischen 24% und 50% der Mitarbeiter in einzelnen Behörden pensioniert werden (Abbildung 13).

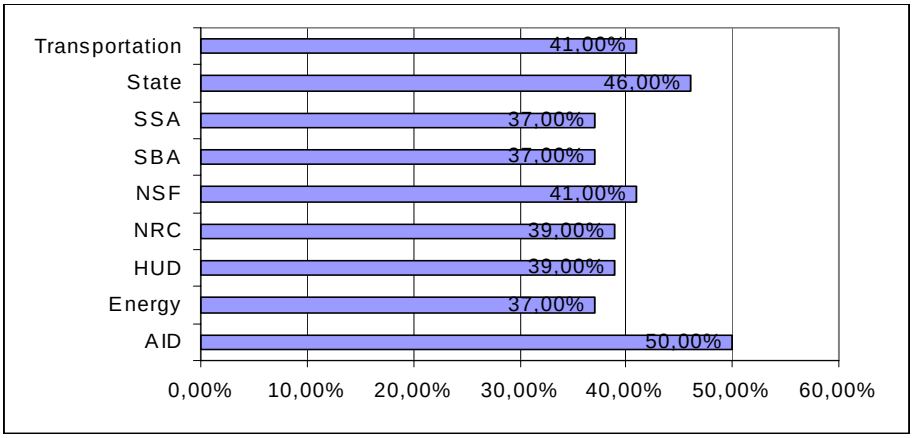


Abbildung 13: Pensionierungen bis zum Jahr 2006

Für deutsche öffentliche Verwaltungen hat das statistische Bundesamt eine Personalstandstatistik für das Jahr 2003 veröffentlicht ([Sta05]), die auf Personalstandsdaten aus dem unmittelbaren und mittelbaren öffentlichen Dienst[2] basiert.

Nach dieser Statistik waren im Jahr 2003 in einzelnen Bereichen des öffentlichen Dienstes über ein Fünftel (22,45%) der beschäftigten älter als 55 Jahre (Abbildung 14).

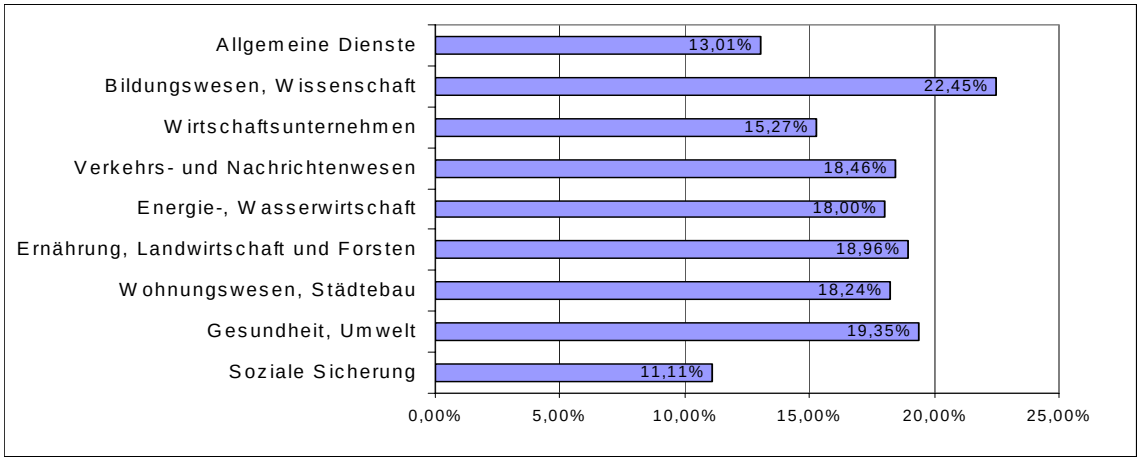


Abbildung 14: Personalstandstatistik des öffentlichen Dienstes für das Jahr 2003 ([Sta05])

Aufgrund dieser zum Teil alarmierenden Befunde, stellt sicht die Frage, wie Unternehmen in Bezug auf die Wissensbewahrung vorgehen, und aufgrund der gestiegenen Fluktuation, welche Strategien zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter verfolgt werden.

Um die aktuelle Praxis in Bezug auf die Wissensbewahrung und -verteilung zu ermitteln, haben wir eine Umfrage zum Status Quo des Wissensmanagements in deutschen Unternehmen durchgeführt. Im Folgenden stellen wir zunächst die dabei verwendete Methodik und hieran anschließend die für diese Arbeit wesentlichen Ergebnisse vor. Eine vollständige Auswertung der Befragung befindet sich in Anhang A.

3.2 Methodik der Befragung

Im Zeitraum von April 2004 bis September 2004 haben wir eine Befragung zum Status Quo des Wissensmanagements in deutschen Unternehmen durchgeführt. Dazu haben wir in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Wissensmanagement Mittelfranken einen Fragebogen mit 21 Fragen entworfen. Dieser wurde über die Website des Arbeitskreises (*www.wissenserwerb.de*) zugreifbar gemacht. Im nächsten Schritt wurden 300 Firmen angeschrieben und um ihre Teilnahme an der Online-Untersuchung gebeten. Mit 35 Beantwortungen konnte eine Beantwortungsquote von über 10% erreicht werden. Zusätzlich wurden durch Interviews mit ausgewählten Firmenvertreter weitere 25 Beantwortungen gewonnen. Dabei wurden fast zwei Drittel der Fragebögen von Führungskräften beantwortet (20% Mitglieder der Geschäftsführung, 24% Abteilungsleiter, 17% Projektleiter).

[2]Zum unmittelbaren öffentlichen Dienst gehören Ämter, Behörden, Gerichte und rechtlich unselbständige Einrichtungen des Bundes und der Länder, Gemeinden/Gemeindeverbände, Zweckverbände und Bundeseisenbahnvermögen. Der mittelbare öffentliche Dienst umfasst die Bundesanstalt für Arbeit, die Deutsche Bundesbank, Sozialversicherungsträger unter Aufsicht des Bundes bzw. der Länder und rechtlich selbständige Einrichtungen in öffentlich-rechtlicher Rechtsform.

Die Befragten Firmen stammen aus unterschiedlichen Branchen, wobei die größte Gruppe (36%) im Bereich Maschinen/Anlagenbau tätig ist (Abbildung 15).

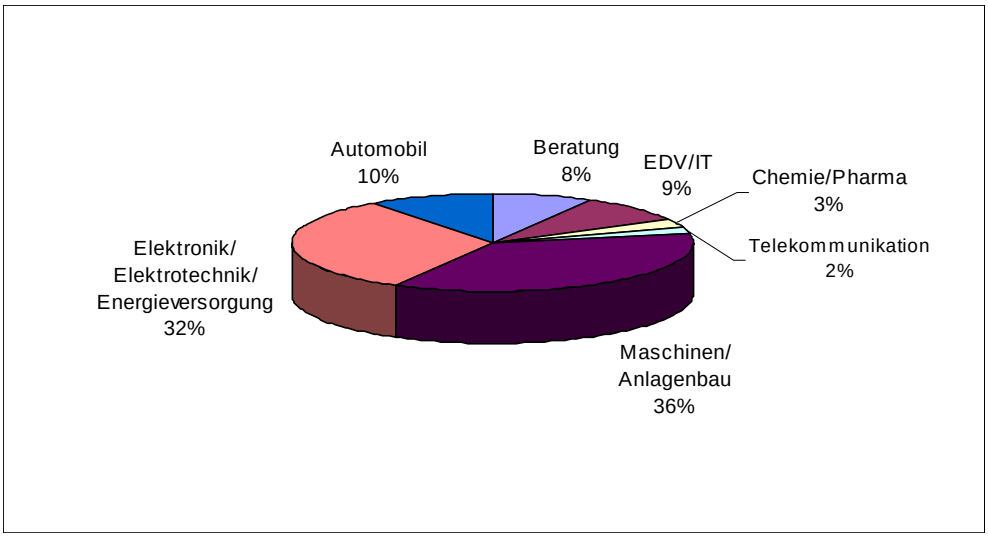


Abbildung 15: Branchenaufteilung der befragten Firmen

Der Fragebogen umfasste folgende Schwerpunktbereichen:

- **Aktueller Stand des Wissensmanagements:** In diesem Bereich sollte ermittelt werden, inwiefern Unternehmen bereits Wissensmanagement-Maßnahmen eingeführt oder geplant haben. Bei den Unternehmen, die bereits Wissensmanagement-Maßnahmen implementiert haben, sollte zudem erfragt werden, welche Strategie dabei verfolgt wird und in welchem Maß Wissensmanagement im Unternehmen verankert ist. Als Indiz für die Verankerung im Unternehmen haben wir unter anderem die Einplanung expliziter Funktionen für die Vorbereitung, Durchführung und Überwachung der gewählten Wissensmanagement-Maßnahmen gewertet.
- **Organisation des Wissenstransfers:** In diesem Schwerpunktbereich sollte ermittelt werden, wie die Wissenslieferung im Unternehmen organisiert wird und inwiefern Ressourcen (Zeit) für die Durchführung der Wissensmanagement-Aktivitäten explizit vorgesehen werden. Ein weiterer Aspekt des Wissenstransfers war die verfolgte Strategie bei der Einarbeitung neuer Mitarbeiter.
- **Eingesetzte Wissensmanagement-Instrumente und IT-Tools:** In diesem Bereich sollte ermittelt werden, welche Wissensmanagement-Instrumente, z.B. Instrumente zur Wissensbewertung oder -identifikation, im Unternehmen eingesetzt werden. Ein weiterer Aspekt war die Frage, welche IT-Tools im Wissensmanagement-Kontext verwendet werden. Dabei haben wir eine Differenzierung in Tools zur Unterstützung der Wissensverarbeitung (diese sind damit primär zur Unterstützung der Wissensnutzer gedacht) und Tools für den Wissensmanager vorgenommen.
- **Aktuelle Barrieren im Wissensmanagement:** Im letzten Teil des Fragebogens sollte ermittelt werden, welche Barrieren als besonders kritisch für den Erfolg des Wissensmanagements angesehen werden.

3.3 Ergebnisse der Untersuchung

In diesem Abschnitt werden die für diese Arbeit wesentliche Ergebnisse der Befragung vorgestellt. Insbesondere werden die jeweils implementierte Wissensmanagement-Strategie (Abschnitt 3.3.1), die Verankerung des Wissensmanagements in den Unternehmen (Abschnitt 3.3.2) sowie die Vorgehensweise bei der Wissensbewahrung und -verteilung fokussiert (Abschnitt 3.3.3).

3.3.1 Strategien im Wissensmanagement

In diesem Bereich sollte ermittelt werden, welche Wissensmanagement-Strategie verfolgt wird. Dazu wurde die *Frage 1* gestellt.

Frage 1: Welche Wissensmanagement-Strategie wird aktuell in Ihrem Unternehmen verfolgt?

Zur Beantwortung dieser Frage standen die folgende Optionen zur Auswahl:

- Zugang zum dokumentierten Wissen verbessern
- Expertenwissen dokumentieren und im Unternehmen verfügbar machen
- Kommunikation unter den Mitarbeitern verbessern
- Schaffung von Transparenz über Experten und Ansprechpartner für Themenbereiche
- Mitarbeiter beim Wissenserwerb unterstützen
- Förderung der Kreativität und Innovationsfähigkeit der Mitarbeiter

Das Ergebnis der Beantwortungen wird in Abbildung 16 dargestellt. Es zeigt sich, dass die befragten Unternehmen ganz unterschiedliche Schwerpunkte im Wissensmanagement setzen. Allerdings verfolgt die Mehrheit der befragten Unternehmen (60%) das Ziel, den Zugang zum kodifizierten Wissen zu verbessern. Mit dieser Strategie lassen sich zwar schnell Erfolge (z.B. verkürzte Suchzeiten für wichtige Dokumente) verbuchen, die Wissensbewahrung ist allerdings damit immer noch ein ungelöstes Problem.

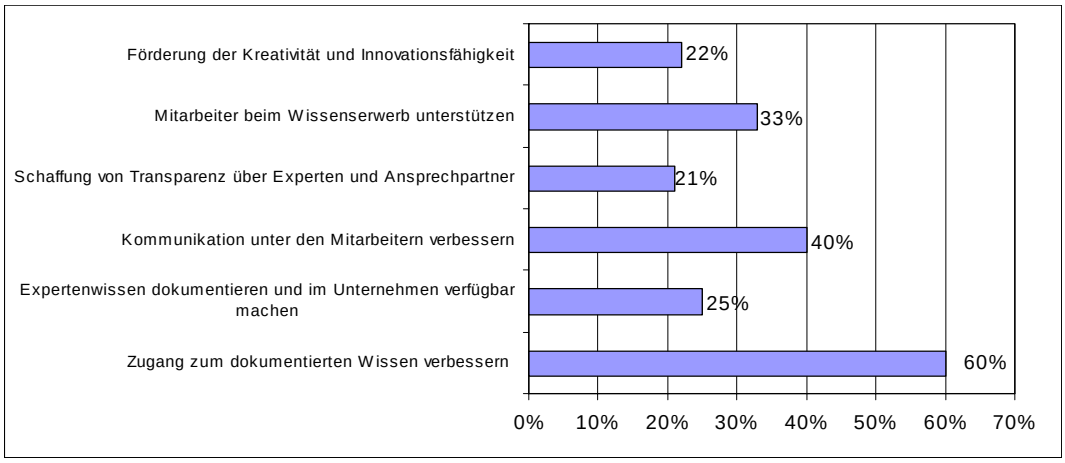


Abbildung 16: Aktuelle Strategien im Wissensmanagement

3.3.2 Verankerung im Unternehmen

In diesem Bereich sollte die Verankerung des Wissensmanagements im jeweiligen Unternehmen ermittelt werden. Diese zeigt sich dadurch, dass für die Planung und Durchführung von Wissensmanagement-Maßnahmen bestimmte Funktionen im Unternehmen vorgesehen und explizit Zeit für die Wissensmanagement-Aktivitäten eingeplant wird. Dazu wurden die *Frage 2* und *3* gestellt.

Frage 2: Werden dedizierte Personalressourcen für die Durchführung und Steuerung von Wissensmanagement-Maßnahmen vorgesehen?

Mit dieser Frage sollte ermittelt werden, inwiefern im Unternehmen explizite Funktionen, z.B. die Funktion eines Wissensmanagers für die Planung, Durchführung und Steuerung von Wissensmanagement-Maßnahmen vorgesehen werden.

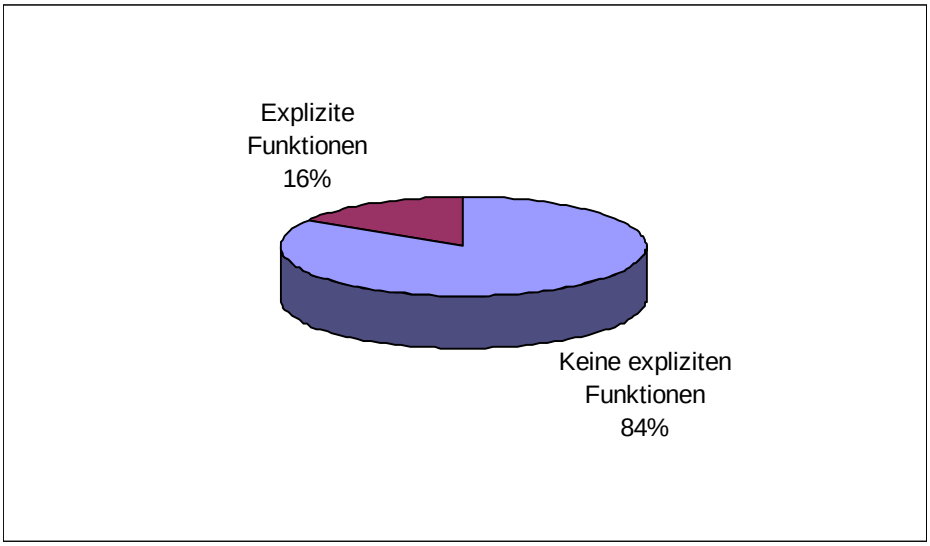


Abbildung 17: Anteil der Unternehmen, die Funktionen im Wissensmanagement vorsehen

Abbildung 17 zeigt das Ergebnis der erhobenen Beantwortungen. Die Mehrheit der befragten Unternehmen (84%) sehen keine expliziten Funktionen (z.B. die Stelle eines Wissensmanagers) für die Planung und Durchführung von Wissensmanagement-Maßnahmen vor. Dies bedeutet, dass beispielsweise diese Funktionen als zusätzliche Aufgabe von bestimmten Unternehmensbereichen ausgeübt wird, was zu einer Mehrbelastung und damit einhergehend zu Akzeptanzproblemen für das Wissensmanagement führen kann.

Frage 3: Werden Ressourcen für Wissensmanagement-Aktivitäten vorgesehen?

Frage 3 diente der Ermittlung des Anteils der Unternehmen, die explizit Ressourcen (in der Form von Zeit) für die Durchführung von Wissensmanagement-Aktivitäten einplanen. Zur Beantwortung dieser Frage hatten die Teilnehmer folgende Optionen zur Auswahl:

- Ressourcen für Wissensmanagement-Aktivitäten werden nicht explizit eingeplant
- Experten bekommen Zeit für tägliche Wissensmanagement-Aktivitäten (z.B. für die Mitwirkung in Communities)

- Ressourcen (z.B. Zeit für die Dokumentation der Projekterfahrungen) werden in jedem Projekt geplant
- Sonstiges

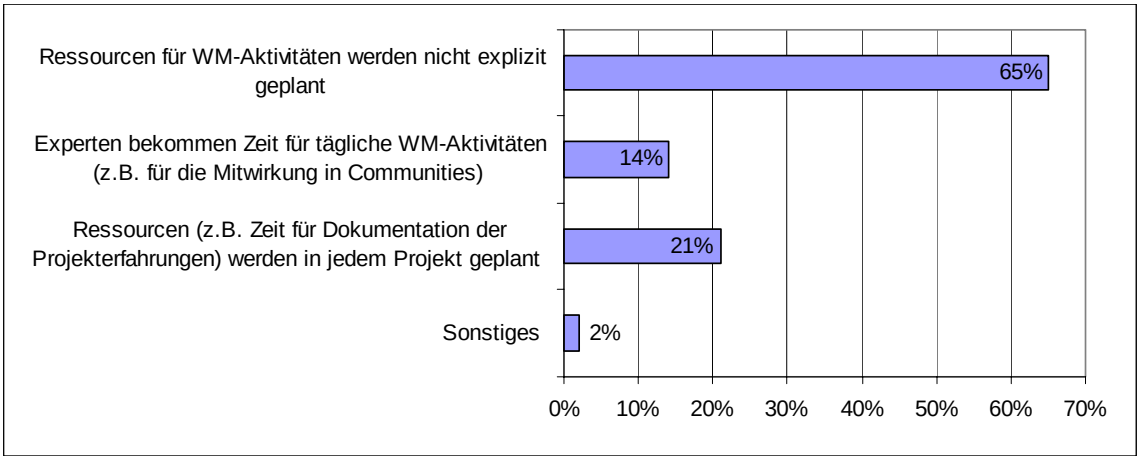


Abbildung 18: Anteil der Unternehmen, die Ressourcen für die Durchführung von Wissensmanagement-Aktivitäten einplanen

In Abbildung 18 wird das Ergebnis der Beantwortungen dargestellt. Fast zwei Drittel (65%) der befragten Unternehmen gewähren den Mitarbeitern keine Zeit für die Durchführung von Wissensmanagement-Aktivitäten. Der Verzicht auf eine explizite Zuweisung von Ressourcen für die Durchführung der Wissensmanagement-Aktivitäten deutet auf eine problematische Unternehmenskultur und auf eine zu enge Auffassung der produktiven Arbeit hin.

3.3.3 Wissensbewahrung und -verteilung

In Abschnitt 3.1 haben wir auf das Problem der steigenden Fluktuation hingewiesen, die für erhebliche Wissensverluste sowohl in Unternehmen als auch in öffentlichen Verwaltungen verantwortlich ist. Die zunehmende Verschärfung des Konkurrenzdrucks zwingt gleichzeitig Unternehmen dazu, nach effizienten Wegen der Einarbeitung neuer Mitarbeiter zu suchen.

In diesem Bereich sollte ermittelt werden, welche Strategien Unternehmen verfolgen, damit das personengebundene Wissen im Unternehmen verfügbar gemacht wird mit dem Ziel, wertvolle Expertise bei einer Fluktuation nicht gänzlich zu verlieren (Frage 4). Im Falle einer Fluktuation stellt sich zudem die Frage, welche konkreten Maßnahmen die Unternehmen ergreifen, um die Auswirkung der Abwanderung erfahrener Mitarbeiter zu mildern (Frage 5). Darüber hinaus sollte in diesem Bereich in Erfahrung gebracht werden, wie das Problem der Wissensverteilung angegangen wird. Einen besonderen Fall der Wissensverteilung stellt die Einarbeitung neuer Mitarbeiter, eine Aufgabe im Wissensmanagement, die aufgrund der steigenden Fluktuationsraten zunehmend an Relevanz gewinnt (Frage 6).

Frage 4: Welche Strategie wird beim Wissenstransfer in Ihren Unternehmen verfolgt?

Frage 4 diente der Ermittlung der jeweils eingesetzten Strategie in Bezug auf den Wissenstransfer. Für die Antwort standen zur Auswahl:

- Selbstständige Wissenskodifizierung

- Wissenslieferung auf Anfrage
- Mitwirkung in Communities
- Wissenslieferung durch regelmäßige Experteninterviews
- Regelmäßige Treffen
- Dokumentation der Projekterfahrungen

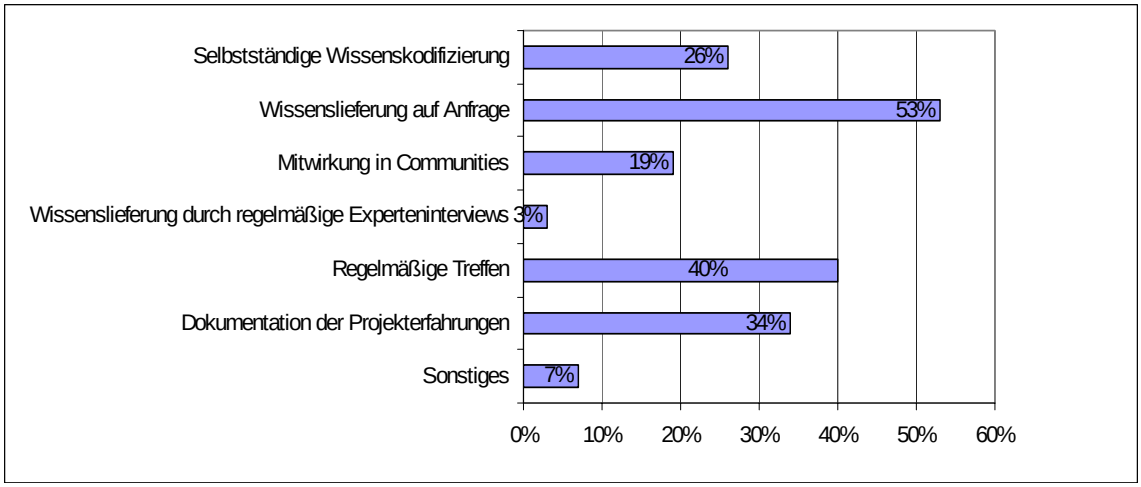


Abbildung 19: Organisation des Wissenstransfers im Unternehmen

In Abbildung 19 wird das Ergebnis der erhobenen Beantwortungen dargestellt. Mechanismen für den Wissenstransfer sollen dafür sorgen, dass Wissen im Unternehmen ausgetauscht wird. Insbesondere soll dadurch das personengebundene Wissen im Unternehmen verfügbar gemacht werden. Es zeigt sich, dass über die Hälfte (53%) der befragten Unternehmen keine geplante Interaktion für den Wissenstransfer vorsehen und auf die selbstorganisierte Wissensweitergabe setzen, bei der Fachexperten erst auf explizite Anfragen (z.B. telefonisch oder über E-Mail) ihr Wissen weitergeben sollen.

Die Strategie des Selbstlaufs im Wissenstransfer setzt zwar keine organisatorische Maßnahmen voraus und kann in Unternehmen, in denen keine Barrieren zur Wissenspreisgabe zu erwarten sind, funktionieren, allerdings stehen ihr gravierende Nachteile gegenüber:

- Fachexperten haben üblicherweise wenig Zeit und stehen damit selten für die Wissenslieferung zur Verfügung. Erschwerend kommt hinzu, dass die Mehrheit der befragten Unternehmen Zeiten für die Wissensprozesse erst gar nicht einplanen.
- In vielen Fällen kann es dazu kommen, dass Fachexperten mehrfach die gleichen Anfragen beantworten müssen, was zu Ineffizienzen führt.
- Das auf Anfrage mitgeteilte Wissen hebt den Wissensnutzer nicht in den Status eines Fachexperten. Dies hat zur Folge, dass bei einer Fluktuation nicht unmittelbar ersetzbare Expertise verloren geht.
- Persönliche Barrieren, z.B. die Angst Wissenslücken preiszugeben, können einen effektiven Wissenstransfer hemmen.

Frage 5: Welche Maßnahmen zur Verhinderung von Wissensverlusten werden bei der Mitarbeiterfluktuation ergriffen

Mit Frage 5 sollte ermittelt werden, welche Maßnahmen Unternehmen zur Verhinderung von Wissensverlusten im Falle einer Mitarbeiterfluktuation treffen. Folgende Optionen standen zur Auswahl:

- Selbstständige Wissensdokumentation durch Fachexperten
- Freie Gespräche zwischen Experte und Nachfolger
- Moderierte Übergabegespräche zwischen Experte und Nachfolger
- Experteninterviews zur Wissenssicherung
- Frühzeitiger Kompetenzaufbau beim Nachfolger
- Sonstiges

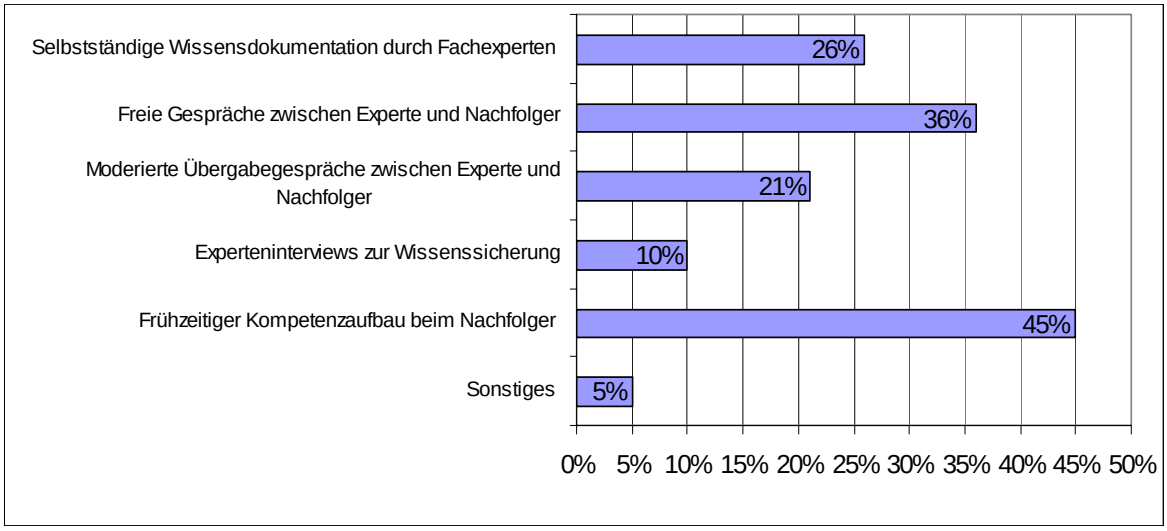


Abbildung 20: Maßnahmen zur Verhinderung von Wissensverlusten

In Abbildung 20 wird das Ergebnis der Beantwortungen dargestellt. Um Wissensverluste zu vermeiden, setzt ein großer Teil der befragten Unternehmen (45%) auf einen frühzeitigen Kompetenzaufbau beim Nachfolger. Diese Vorgehensweise versagt allerdings bei einer unerwarteten bzw. nicht geplanten Fluktuation. Die verbleibenden praktizierten Methoden sind auch wenig erfolgsversprechend. Freie Gespräche zwischen Fachexperte und Nachfolger (wird von 36% der befragten Unternehmen favorisiert), die sich sowohl bei einer geplanten als auch ungeplanten Fluktuation durchführen lassen, sind nur wenig kontrollierbar und können aufgrund persönlicher Barrieren, wie der Angst, Wissenslücken preiszugeben, im Sande verlaufen. Die selbständige Wissensdokumentation im täglichen Arbeitsprozess (wird von 26% der befragten Unternehmen favorisiert) stellt ebenfalls keine Lösung dar, da Fachexperten aufgrund der hohen Arbeitsbelastung sich keine Zeit dafür nehmen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob Fachexperten stets die Kompetenz besitzen, Inhalte für die Wissensvermittlung nutzergerecht und ansprechend zu gestalten.

Frage 6: Welche Konzepte für die Einarbeitung neuer Mitarbeiter setzen Sie in Ihrem Unternehmen ein?

Mit Frage 6 sollte ermittelt werden, welche Konzepte Unternehmen bei der Einarbeitung neuer Mitarbeiter einsetzen. Folgende Optionen standen zur Auswahl:

- Training on the job
- Schulungen
- Spezielle Informationssysteme
- Patenkonzepte
- Sonstiges

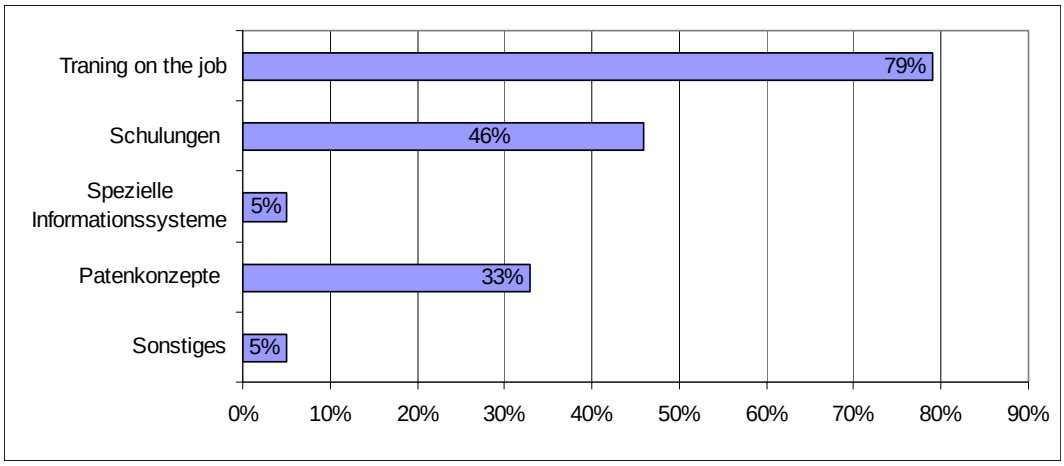


Abbildung 21: Vorgehensweise bei der Einarbeitung neuer Mitarbeiter

Das Ergebnis dieser Frage zeigt Abbildung 21. Die Mehrheit der befragten Unternehmen (79%) setzt auf Training on the job bei der Einarbeitung neuer Mitarbeiter. Diese Vorgehensweise setzt allerdings voraus, dass sich stets einfache Aufgaben für die Einarbeitung finden lassen. Bei einer hohen Anzahl einzuarbeitender Mitarbeiter ist diese Methode allerdings kaum geeignet, da sie sich nicht immer parallelisieren lässt. Die anderen Strategien wie Schulungen (46% der befragten Unternehmen) oder Patenkonzepte (33% der befragten Unternehmen) sind nicht flexibel genug und binden zudem wertvolle Expertenkapazität.

Aufgrund der steigenden Mitarbeiterfluktuation müssen Unternehmen viel häufiger als früher neue Mitarbeiter einarbeiten. Dabei stehen sie aufgrund des zunehmenden Wettbewerbsdrucks vor der Herausforderung, ihre Einarbeitungskosten zu minimieren.

Hinzu kommt, dass betriebliche Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen nicht länger als punktuelle Aktivitäten aufgefasst werden sollten. Denn aufgrund des beschleunigten Wandels in der Wissensgesellschaft sind Unternehmen zunehmend darauf angewiesen, ihre Mitarbeiter kontinuierlich zu schulen, um so ihre Kenntnisse an die Erfordernisse des Marktes anzupassen. Spezielle Informationssysteme, die den Vorteil einer leichten Aktualisierbarkeit bieten, scheinen

dafür prädestiniert zu sein, das verschärfte Qualifizierungsproblem im Unternehmen zu lösen. Allerdings greifen lediglich 5% der befragten Unternehmen auf diese Möglichkeit zurück.

3.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieser Umfrage lassen den Schluss zu, dass in den Unternehmen derzeit vornehmlich Strategien eingesetzt werden, die nicht dazu geeignet sind, die Probleme der Wissensbewahrung und effizienten Einarbeitung neuer Mitarbeiter zu lösen.

Obwohl die Mehrheit der befragten Unternehmen das Management der Ressource Wissen als unabdingbar für den Unternehmenserfolg ansieht, scheint Wissensmanagement immer noch nicht fest im Unternehmen verankert zu sein. Denn die meisten Unternehmen sehen weder dedizierte Funktionen im Wissensmanagement vor noch werden explizit Ressourcen für die Durchführung der Wissensprozesse geplant. Dies deutet auf Defizite in der Unternehmenskultur, da Wissensmanagement-Aktivitäten nicht als wichtige Voraussetzung für die Wertschöpfung angesehen werden.

Ein weiteres Problem, das durch unsere Umfrage aufgedeckt wurde, ist die fehlende Wissensidentifikation, die dazu führt, dass fast zwei Drittel der befragten Unternehmen unter Umständen keine Transparenz über wichtige Wissensträger haben oder erst erlangen, wenn diese das Unternehmen längst verlassen haben.

Das aus der Sicht des Autors kritischste Problem ist allerdings die derzeit überwiegend verfolgte Strategie im Wissensmanagement. Die Mehrheit der befragten Unternehmen setzt auf die bessere Handhabung des kodifizierten Wissens und vernachlässigt das personengebundene Wissen. Hier muss befürchtet werden, dass die Abwanderung von Fachexperten stets zu Wissensverlusten führt. Selbst bei bekannter Fluktuation scheinen die vorgesehenen Maßnahmen (freie Gespräche zwischen Fachexperte und Nachfolger) nicht dazu geeignet, das Ausmaß des Wissensverlustes zu vermindern.

Aufgrund der gestiegenen Fluktuationsrate stehen Unternehmen häufiger vor der Herausforderung, neue Mitarbeiter einzuarbeiten. Dabei können in der Wissensgesellschaft die betrieblichen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen nicht mehr als punktuelle Aktivitäten durchgeführt werden. Ständige Änderungen im Unternehmensumfeld machen eine kontinuierliche Weiterbildung erforderlich, die sich mit traditionellen Weiterbildungsinstrumenten nur schwer umsetzen lässt. Der Einsatz flexibler und leicht aktualisierbarer Informationssysteme

kann dabei helfen, den gestiegenen Qualifizierungsanforderungen Herr zu werden. Diese Möglichkeit wird allerdings von lediglich 5% der befragten Unternehmen wahrgenommen.

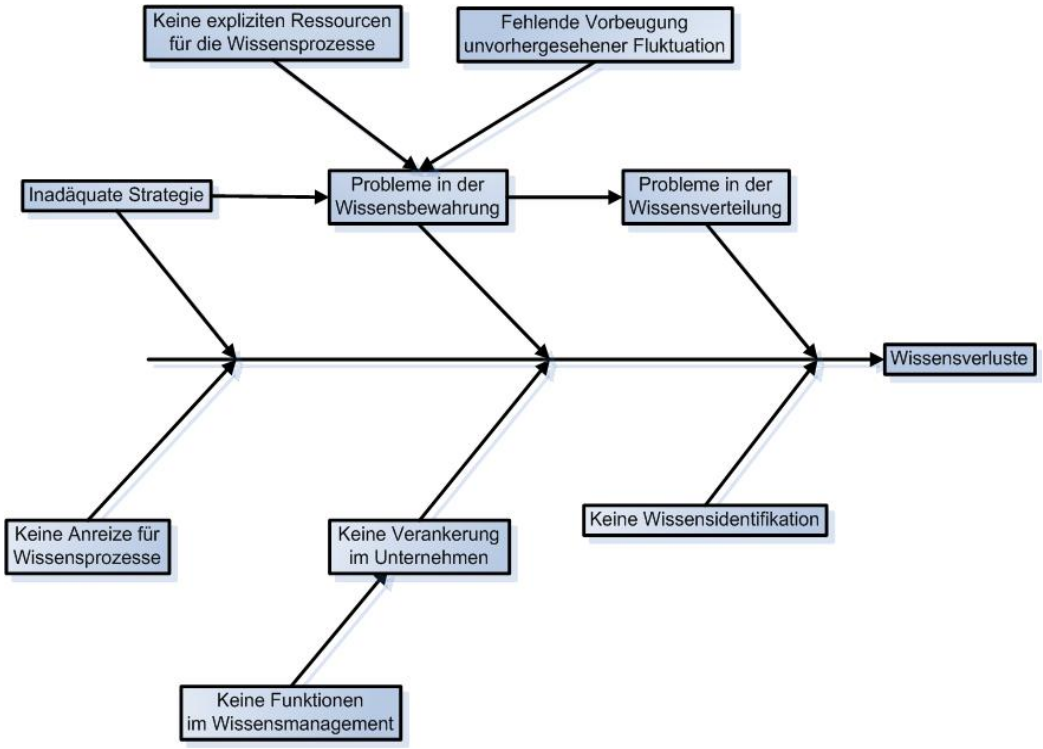


Abbildung 22: Wissensverluste in Unternehmen

In Abbildung 22 wird ein Ursache-Wirkungsdiagramm mit den möglichen Faktoren, die zu Wissensverlusten im Unternehmen führen, dargestellt.

Zur Lösung dieses Problems der Wissensbewahrung und -verteilung, schlagen wir die Berücksichtigung folgender Aspekte bei der Entwicklung von Lösungen vor:

- **Strategie**: Die zunehmende Informationsmenge legt nahe, dass Methoden und Werkzeuge für die Handhabung des kodifizierten Wissens zunehmend an Relevanz gewinnen. Dennoch darf nicht übersehen werden, dass der wichtigste Wissensträger im Unternehmen der Fachexperte ist. Aus dieser Perspektive kann die Wissensbewahrung nur in Zusammenarbeit mit den Fachexperten erfolgen. Daher muss eine angemessene Strategie zur Bewahrung von Expertenwissen „expertenzentriert“ sein und Lösungen zur Lokalisierung des kritischen Expertenwissens bereitstellen (z.B. durch die Verwendung von Wissenslandkarten) und Maßnahmen zur Verhinderung von Wissensverlusten (proaktive und reaktive) vorsehen.
- **Wissenstransfer**: Im täglichen Arbeitsleben machen Mitarbeiter Erfahrungen und gewinnen neue Erkenntnisse, die im Unternehmen weitergegeben werden sollten, damit das Rad nicht jedes Mal neu erfunden wird und Fehler nicht wiederholt werden. Ein Ansatz für die Wissensverteilung muss Lösungen bieten, um das personengebunden Wissen möglichst zeitsparend im Unternehmen zu erheben und zu verteilen.
- **Effiziente Einarbeitung**: Der gestiegene Qualifizierungsbedarf lässt sich nicht mehr gänzlich mit traditionellen Einarbeitungsinstrumenten wie Patenkonzepten oder Schulungen bewerkstelligen. Um diesen Qualifizierungsbedarf zu decken, sind Lösungen

erforderlich, die eine schnelle Aktualisierung und Anpassung der Lerninhalte ermöglichen. Zudem sollte die Erstellung dieser Inhalte möglichst geringe Expertenkapazitäten binden.

KAPITEL 4 KNOWLEDGE ENGINEERING

Nachdem im vorhergehenden Kapitel (Kapitel 3) auf das Problem der Wissensbewahrung und -verteilung hingewiesen wurde, stellen wir im Folgenden notwendige Grundlagen für unser Vorgehensmodell zur Wissensbewahrung und -verteilung vor, das auf der Verwendung von Experteninterviews als effizienter Methode zur Erhebung von Expertenwissen basiert.

Methoden der Wissensakquisition, wie z.B. Experteninterviews werden üblicherweise im Kontext des Knowledge Engineering betrachtet. Bislang wurde ihre Eignung zur Lösung von Problemen des Wissensmanagements nur wenig thematisiert.

In diesem Kapitel werden Grundbegriffe des Knowledge Engineering eingeführt und erläutert. Nach einer Betrachtung der historischen Entwicklung des Forschungsgebiets (Abschnitt 4.2) werden Methoden der Wissensakquisition (Abschnitt 4.4) vorgestellt. Dabei gehen wir auf psychologische Aspekte ein, die bei der Erhebung von Expertenwissen eine Rolle spielen (Abschnitt 4.4.3.1). Neben psychologischen Aspekten können Verständigungsprobleme eine Barriere im Knowledge Engineering aber auch im Wissensmanagement darstellen. Aus diesem Grund werden mögliche Ansätze zur terminologischen Normierung (Abschnitt 4.5) eingehend erläutert.

4.1 Grundbegriffe

In der Literatur wurden bislang zahlreiche Definitionen des Begriffs Knowledge Engineering vorgeschlagen. Puppe et al. ([Pup03]) beispielsweise verstehen unter Knowledge Engineering

> *„alle Tätigkeiten und Überlegungen zur Erfassung, Verwaltung, Verwendung und Transformation von Wissen“.*

Karbach und Linster ([Kar90]) hingegen betrachten Knowledge Engineering ausschließlich unter dem Aspekt der Entwicklung von Expertensystemen. Demnach ist Knowledge Engineering

> *„der gesamte Erstellungs- und Wartungsprozess eines Wissensbasierten Systems, von ersten Vorstudien über die Machbarkeit des Systems, der Auswahl von geeigneten Werkzeugsystemen, über die Wissensakquisition bis hin zur Integration des Systems und zur späteren Wartung und Erweiterung der Wissensbasis.“*

Nach dieser Auslegung gehören zum Knowledge Engineering die Phasen „Wissensakquisition“, „Wissensintegration“ und „Wartung der Wissensbasis“. Dabei ist zu beachten, dass die Wissensakquisition und die Wartung der Wissensbasis nicht unabhängig voneinander betrachtet werden sollten. Daher müssen bereits in frühen Phasen der Entwicklung von Expertensystemen Aspekte der Wartung und Erweiterung der Wissensbasis berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die Begriffe Wissensakquisition, Wissenserhebung, Wissensinterpretation und Wissensformalisierung in Anlehnung an [Kar90] erläutert.

Wissensakquisition

Die Wissensakquisition ist der Kernprozess des Knowledge Engineering. Sie umfasst die Prozesse der *Wissenserhebung*, *Wissensinterpretation* und *Wissensformalisierung*.

Wissenserhebung

Die Wissenserhebung ist der initiale Prozess der Wissensakquisition und hat zum Ziel, das Wissen, das in einem Expertensystem abgebildet werden soll, ans Licht zu bringen und zu dokumentieren. Wissensquellen sind dabei Literatur über den Anwendungsbereich (Dokumente, Bücher, etc.) und Fachexperten. Bei der Wissenserhebung fallen große Mengen heterogener Informationen an, die so genannten Wissensprotokolle. Wissensprotokolle können Protokolle von Experteninterviews, Tonbandmitschnitte, Exzerpte aus Büchern, Zeichnungen oder Systemmodellen sein. Methoden der Wissenserhebung werden in Abschnitt 4.4 erläutert.

Wissensinterpretation

Bei der Wissensinterpretation werden die bei der Wissenserhebung gewonnenen Informationen vom Wissensingenieur analysiert und interpretiert. In dieser Phase macht sich der Wissensingenieur ein eigenes Bild des Expertenwissens. Dazu versucht er Strukturen des Bereichswissens, grundlegende Konzepte des Schlussfolgerungsprozesses, Inkonsistenzen in den Wissensprotokollen und Beziehungen zwischen einzelnen Wissensprotokollen zu identifizieren. Als Ergebnis dieser Interpretation baut der Wissensingenieur ein Modell der Expertise auf, das sogenannte mentale konzeptionelle Modell. Der Aufbau eines adäquaten Modells setzt beim Wissensingenieur viel Vorwissen und Verständnis des Anwendungsbereichs voraus.

Ein Problem bei der Wissensinterpretation ist nicht nur der große Umfang der erhobenen Informationen, deren Unverständlichkeit und Unvollständigkeit, sondern auch deren Intransparenz, denn es ist selten offensichtlich, welche Informationen relevant sind. Die Phase der Wissensinterpretation wurde bisher, wie auch in [Jon96] betont wird, vernachlässigt und nur in Ansätzen untersucht.

Das weitere Vorgehen bei der Wissensinterpretation wurde im Knowledge Engineering bislang nicht einheitlich festgelegt. Während transferbasierte Ansätze eine direkte Überführung des erhobenen Wissens in Repräsentationsformalismen (z.B. Regeln oder Programmcode) vorsehen, zielen modellbasierte Ansätze hingegen zunächst darauf, eine Reihe von Modellen zur Beschreibung des Expertenwissens zu konstruieren. Modellbasierte Ansätze werden in Abschnitt 4.3 behandelt.

Wissensformalisierung

In dieser Phase wird das analysierte und interpretierte Wissen in einem operationalen Formalismus umgesetzt. Die Auswahl eines geeigneten Formalismus sollte dabei nicht als unwichtiges Detailproblem abgetan werden. Denn die Mittel der Standard-Formalismen (z.B. Prädikatenlogik oder Produktionsregeln) reichen häufig nicht aus, um alle Aspekte einer Anwendung zu beschreiben. In manchen Fällen muss eigens für die Anwendung ein neuer Formalismus entwickelt werden, falls Standard-Formalismen zu umständlich oder unangemessen sind. Für solche Fälle schlägt Stoyan ([Sto89]) die V-P-P-Methode vor, die folgende Schritte vorsieht:

(1) Geeignetes Verarbeitungsmodell bestimmen

(2) Zugehöriges Programmierstil bestimmen

(3) Entsprechende Programmier-/Repräsentationssprache definieren

(4) Programmier-/Repräsentationssprache implementieren

(5) Definition und Implementation bewerten

4.2 Vom Transfer- zum Modellierungsansatz

Im Knowledge Engineering wurde lange Zeit angenommen, dass das für die Entwicklung eines Expertensystems erforderliche Wissen als eine Sammlung fertiger Pakete im Kopf des Fachexperten vorliegt und nur noch geschickt und systematisch abzufragen ist. Dieser Auffassung folgend definierte beispielsweise Buchanan ([Buc83]) die Wissensakquisition als

> *„the transfer and transformation of potential problem-solving expertise from some knowledge source to a program.“*

Das so erhobene Wissen wurde direkt in Wissensrepräsentationsformalismen, meist als Produktionsregeln, übertragen.

Mit dem Transferansatz konnten schnell kleine prototypische Anwendungen erstellt werden, die so zur anfänglichen Euphorie im Forschungsgebiet der Expertensysteme führten. Allerdings versagte das Transferparadigma bei der Entwicklung großer, zuverlässiger kommerzieller Systeme, da die entwickelten Systeme sich nicht mit einem vertretbaren Aufwand warten und erweitern ließen.

Anhand einer Analyse von MYCIN, eines der ersten Expertensysteme, konnte Clancey ([Cla83]) nachweisen, dass in der Wissensbasis wichtige anwendungsspezifische Eigenschaften des Schlussfolgerungsprozesses und der Struktur des Wissens der zugrunde liegenden Domäne verborgen waren. Dies hatte zur Folge, dass die MYCIN Wissensbasis unübersichtlich organisiert war. Dadurch war eine Wiederverwendung ausgewählter Teile der Wissensbasis nahezu unmöglich und die Wartung sehr aufwändig. Weitere Nachteile des Transferparadigmas sind unter anderem:

- **Hohe Komplexität:** Im Entwicklungsprozess muss der Wissensingenieur eine Vielzahl von Aufgaben gleichzeitig leisten. Dazu gehören z.B. die Wissensinterpretation, Strukturierung des erhobenen Wissens sowie die Implementierung und Evaluierung des endgültigen Systems.
- **Unstrukturiertes Vorgehen:** Es gibt keine eindeutige Phaseneinteilung des Entwurfsprozesses und keine definierten Meilensteine: Die Funktionalität des Systems wird schrittweise erweitert, bis der geforderte Umfang erreicht ist. In der gleichen Weise entwickelt sich die Architektur des Systems, ohne dass sie vorher geplant wurde.
- **Frühe Fokussierung auf Implementierung:** Der Wissensingenieur konzentriert sich zu früh auf Implementierungsdetails. Dadurch wird die Interpretation der Daten durch die gewählten Repräsentationsformalismen beeinflusst und eingeengt. Zudem werden häufig unterschiedliche Aspekte des Expertensystems (z.B. Funktionale Anforderungen, Aspekte der Realisierung) gleichzeitig betrachtet und somit im endgültigen System miteinander vermischt, was die Erweiterbarkeit und Wartbarkeit des Systems bei zunehmender Größe stark beeinträchtigt.
- **Fehlende Kommunikationsbasis:** Die Repräsentation der Expertise in der Wissensbasis wird in Repräsentationsformalismen vorgenommen, die nicht der Begriffswelt des Fachexperten entsprechen. Dadurch wird die Rolle des Fachexperten aufgrund von Kommunikationsbarrieren stark eingeschränkt.

Aufgrund dieser Defizite wurde bald erkannt, dass der Transferansatz der Komplexität von Expertenwissen nicht gerecht wird und dass die Wissensakquisition neu überdacht werden sollte. Feigenbaum ([Fei77]) prägte die Metapher des Wissenserwerbs als den Flaschenhals bei

der Entwicklung von Expertensystemen. Damit sollte zum Ausdruck gebracht werden, dass die Wissensakquisition mehr Beachtung im Knowledge Engineering finden sollte.

Als Lösung für die mit dem Transferansatz verbundenen Probleme wurde das Modellierungsparadigma (siehe Abbildung 23) entwickelt. Dieses betrachtet den Wissenserwerb nicht mehr als einen Transferprozess bereits existierenden Wissens, sondern als einen Prozess, bei dem ein Modell, das die Funktionalität des zu entwickelten Systems repräsentiert, entwickelt wird. Da der Wissensingenieur die Fachsprache erst lernen und sich in das Fachgebiet einarbeiten muss und der Fachexperte sein Wissen selten genau ausformulieren kann, sind die erstellten Modelle anfänglich fehlerhaft und müssen in späteren Arbeitsschritten korrigiert, verfeinert und weiterentwickelt werden.

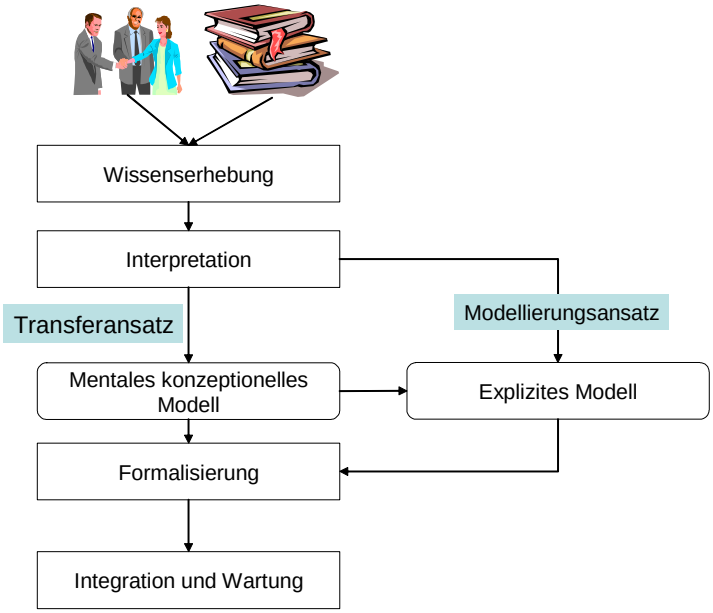


Abbildung 23: Transfer- vs. Modellierungsansatz

Einige Modellierungsansätze wurden entwickelt, darunter KADS ([Wie92a]), MIKE ([Neu94]), VITAL ([Dom93]) und andere.

Eine detaillierte Behandlung dieser Ansätze würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Statt dessen gehen wir in Abschnitt 4.3.2 auf CommonKADS ([Sch00]) ein, einer der prominentesten Modellierungsansätze im europäischen Raum.

4.3 Modellbasierte Wissensakquisition

Die modellbasierte Wissensakquisition betrachtet im Gegensatz zum Transferansatz die Wissensakquisition als einen Prozess der Konstruktion geeigneter Modelle zur Beschreibung des für das Expertensystem benötigten Wissens. Neben dem Prinzip der Verwendung multipler Modelle bildet die von Newell ([New82]) eingeführte Modellierung auf der sogenannten „Wissensebene“ (engl. *Knowledge Level*) ein zentrales Prinzip modellbasierter Ansätze.

Mit der Definition der Wissensebene hat Newell die Notwendigkeit unterstrichen, im Knowledge Engineering Wissen auf einem abstrakten Niveau zu beschreiben, auf dem Implementierungsdetails zunächst keine Rolle spielen. Die Wissensebene stellt nach Newell die höchste Stufe einer Hierarchie von Beschreibungsebenen für Computersysteme dar. In dieser

Hierarchie sieht er, beginnend mit der physikalischen Ebene, über eine Logik- und Registertransferebene, schließlich die Symbolebene vor, welche den üblichen Programmiersprachen entspricht. Die Wissensebene ist über der Symbolebene angesiedelt und beschreibt das gewünschte Systemverhalten in Form von Zielen, Operationen und Wissen, welches den Zusammenhang zwischen Zielen und Operationen enthält. Diese Beschreibung ist dabei unabhängig von einer konkreten Implementierung, die erst auf der Symbolebene realisiert wird. Die Modellierung auf der Wissensebene erlaubt einerseits die strikte Trennung der Analyse und Interpretation des Wissens von der Repräsentation in operationalen Formalismen. Andererseits erlaubt sie, anders als im Transferansatz, die Beschreibung der Expertise in der Begriffswelt des Fachexperten. Damit wird die notwendige Grundlage für die Kommunikation zwischen Fachexperten und Wissensingenieuren gelegt.

Bei der Verwendung mehrerer Modelle beschreibt jedes Modell durch Abstraktion von Details ausgewählte Merkmale des betrachteten Systems (in dessen realer Umgebung). Da jedes Modell auf bestimmten Aspekte ausgerichtet ist, kann sich der Wissensingenieur auf die jeweils relevanten Aspekte konzentrieren, wodurch die Komplexität im Wissensakquisitionsprozess reduziert wird. Zusätzlich stellt die Verwendung mehrerer Modelle eine wesentliche Voraussetzung für die Wiederverwendbarkeit von Teilen der Wissensbasis dar.

4.3.1 Grundprinzipien

Nach den Ausführungen von Van Heijst et al. ([vHe97]) basieren modellbasierte Ansätze im Knowledge Engineering auf drei Grundprinzipien:

- **Role-limiting:** Das *Role-limiting*-Prinzip ist ein Verfahren zur Wissensorganisation, bei dem die unterschiedlichen Rollen, die ein „Wissenselement“ im Inferenzprozess spielen kann, festgelegt werden.
- **Knowledge Typing:** Das *Knowledge-Typing*-Prinzip folgt aus dem *Role-Limiting*-Prinzip und fordert die Typisierung von Wissenselementen in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Rolle im Inferenzprozess.
- **Reusability**: Die Wiederverwendung spielt in modellbasierten Ansätzen eine große Rolle. Diese wird durch die Verfügbarkeit und Bereitstellung validierter und dokumentierter Wissensmodelle angestrebt.

Modellierungsansätze wie z.B. CommonKADS (siehe Abschnitt 4.3.2) beschränken sich aber nicht nur auf eine methodische Unterstützung der Wissensmodellierung, sondern versuchen, durch die Unterteilung der Systementwicklung in definierte Schritte, den gesamten Entwicklungsablauf von Expertensystemen zu strukturieren.

4.3.2 CommonKADS

CommonKADS ist einer der prominentesten modellbasierten Knowledge-Engineering-Ansätze im europäischen Raum. CommonKADS ist eine Weiterentwicklung von KADS-II ([Bre94], [Sch93]). In CommonKADS spielt die organisatorische Einbettung des zu entwickelnden wissensbasierten Systems eine besondere Rolle. Genauso wie KADS basiert der CommonKADS-Ansatz auf einer vielfältigen Kollektion von Modellen, die jeweils spezifische Aspekte des wissensbasierten Systems abdecken. Der Entwicklungsprozess eines Expertensystems wird dadurch in Schritte zum Aufbau der einzelnen Modelle unterteilt, die zum Teil parallel entwickelt werden können.

Schreiber et al. ([Sch00]) unterscheiden in CommonKADS das Organisations-, Aufgaben-, Agenten-, Kommunikations-, das Wissens- und das Designmodell (Abbildung 24)

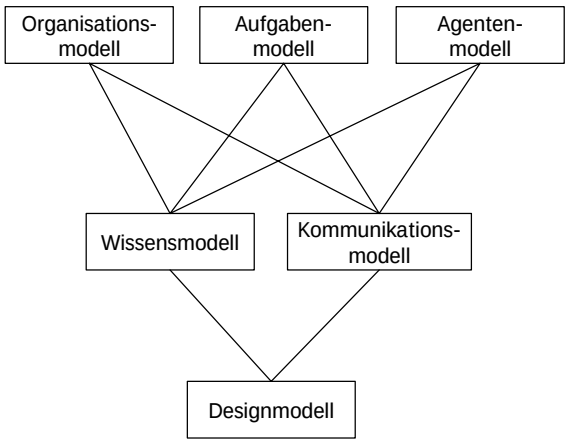


Abbildung 24: Modelle im CommonKADS-Ansatz

- **Organisationsmodell**: Das Organisationsmodell beschreibt die Organisationsstruktur des Unternehmens sowie die Aufgaben, die von den unterschiedlichen Organisationseinheiten durchgeführt werden. Eine wichtige Aufgabe des Organisationsmodells ist die Analyse der sozialen und organisationalen Umgebung, in der das wissensbasierte System eingeführt wird, damit Chancen, Risiken (z.B. Akzeptanzprobleme) und Auswirkungen des wissensbasierten Systems für das Unternehmen frühzeitig erkannt werden.
- **Aufgabenmodell:** Das Aufgabenmodell beschreibt die Aufgaben, die im Unternehmen auszuführen sind. Dabei werden die Aufgaben hierarchisch in Teilaufgaben zerlegt. Zudem wird spezifiziert, welche Agenten für die Durchführung dieser Aufgaben zuständig sind.
- **Agentenmodell:** Das Agentenmodell umfasst eine Beschreibung aller in die Durchführung von Aufgaben involvierten Agenten und ihre Fähigkeiten und Berechtigungen gewisse Aufgaben auszuführen. Mit dem Begriff „Agent“ werden gleichermaßen Menschen und Softwaresysteme bezeichnet.
- **Kommunikationsmodell:** Das Kommunikationsmodell enthält eine Beschreibung aller Kommunikationsvorgänge und der dabei ausgetauschten Nachrichten zwischen den an der Lösung einer Aufgabe beteiligten Agenten.

Eine besondere Rolle spielt im CommonKADS-Ansatz das Wissensmodell, das das problemlösungsrelevante Wissen beschreibt. Im Wissensmodell wird zwischen drei Arten von Wissen für die Lösung von Aufgaben unterschieden. Für jede dieser Wissensarten wird eine entsprechende Beschreibungsebene vorgesehen, wodurch drei Perspektiven auf das zu entwikkelnde wissensbasierte System ermöglicht werden: Eine statische (Domänenwissen), eine dynamische (Inferenzwissen) und eine funktionale (Aufgabenwissen) Sicht.

- **Domänenwissen**: Das Domänenwissen stellt eine Beschreibung des zur Lösung der Aufgaben benötigten Fachwissens bereit. Das Domänenwissen umfasst eine Ontologie

(siehe Abschnitt 4.5.2), die eine Konzeptionalisierung der Domäne darstellt, sowie die in der Domäne gültigen Fakten und Axiome ([Pup03]).

- **Inferenzwissen**: Das Inferenzwissen beschreibt, basierend auf einer generischen Problemlösungsmethode, den Schlussfolgerungsprozess zum Finden einer Problemlösung. Dazu werden in einer so genannten Inferenzstruktur die einzelnen Inferenzaktionen sowie die als Ein- und Ausgabe verwendeten Rollen beschrieben. Mit Rollen wird die jeweilige Funktion beschrieben, in die das Domänenwissen im Schlussfolgerungsprozess eingeht ([Pup03]).
- **Aufgabenwissen:** Das Aufgabenwissen spezifiziert eine Top-down-Zerlegung von Aufgaben in Teilaufgaben bzw. in elementare Inferenzaktionen. Für jede (Teil-) Aufgabe wird beschrieben, welches Ziel mit der Durchführung der Aufgabe erreicht werden soll und auf welche Art und Weise dieses Ziel erreicht wird. Der dazugehörige Kontrollfluss legt fest, in welcher Reihenfolge die einzelnen Aufgaben und Inferenzaktionen, die in der entsprechenden Inferenzstruktur enthalten sind, ausgeführt werden ([Pup03]).

Durch die Verwendung unterschiedlicher Ebenen im Wissensmodell wird nicht nur eine Vereinfachung im Knowledge Engineering angestrebt, sondern auch zwei Arten von Wiederverwendung: Zum einen kann dasselbe Domänenwissen für die Lösung verschiedener Aufgaben mit unterschiedlichen Problemlösungsmethoden eingesetzt werden, zum anderen kann eine Problemlösungsmethode in unterschiedlichen Domänen eingesetzt werden ([Pup03]).

Der Annahme, dass die getrennte Repräsentation des Domänen- und Problemlösewissen eine Wiederverwendung der beiden Wissensarten ermöglichen würde, wird im Knowledge Engineering allerdings gegensätzlich diskutiert. Bylander und Chandrasekaran haben mit dem *Interaktionsproblem* auf das zu erwartende Wechselspiel (Abhängigkeit) zwischen Domänenwissen in der Ontologie und Aufgaben des wissensbasierten Systems hingewiesen ([vHe97]):

> *Representing knowledge for the purpose of solving some problem ist strongly affected by the nature of the problem and the inference stategy to be applied to the problem.*

Damit lassen sich zwei grundlegende Probleme ausmachen, die eine Wiederverwendung der Wissensbasis erschweren:

- Die Aufgabe des wissensbasierten Systems bestimmt, welche Art von Wissen erhoben wird. Das Expertenwissen wird zielgerichtet erhoben, da es weder machbar noch ökonomisch sinnvoll wäre, das gesamte Expertenwissen zu erheben. Somit können nur (kleine) Teile der Wissensbasis wieder verwendet werden.
- Das erhobene Wissen muss in einer Art und Weise repräsentiert werden, dass Inferenzen effizient durchführt werden können.

Im Folgenden werden Methoden der Wissensakquisition beschrieben.

4.4 Methoden der Wissensakquisition

Bevor das problemlösungsrelevante Wissen vom Wissensingenieur interpretiert und formalisiert werden kann, muss es erhoben werden. Hauptquelle für das zu erhebende Wissen sind Fachexperten. Weitere Quellen sind Texte aus dem Fachgebiet (aus Büchern, speziellen Informationssystemen) und Datenbanken.

Methoden der Wissensakquisition lassen sich gemäß Puppe ([Pup91]) in automatische, direkte und indirekte unterteilen.

- **Automatische Wissensakquisition:** Bei diesen Methoden extrahiert das Expertensystem selbständig Wissen aus Falldaten oder Beispielen.
- **Direkte Wissensakquisition:** Bei direkten Methoden der Wissensakquisition formalisiert der Fachexperte sein Wissen mit Hilfe einer leistungsfähigen Wissenserwerbskomponente selbst.
- **Indirekte Wissensakquisition:** Bei indirekten Methoden der Wissensakquisition befragt oder beobachtet der Wissensingenieur den Fachexperten und formalisiert das erhobene Wissen.

4.4.1 Automatische Wissensakquisition

Während bei der direkten und indirekten Wissensakquisition die Mitwirkung von Fachexperten unabdingbar ist, geht die automatische Wissensakquisition einen anderen Weg: Das wissensbasierte System soll Wissen, das in Falldaten oder Texten vorliegt, selbständig auswerten und formalisieren. Die Erstellung solcher lernfähigen Systeme ist aber keine leichte Aufgabe, da die Lernfähigkeit das Vorhandensein von Vorwissen voraussetzt.

Bei der automatischen Wissensakquisition kommen Techniken des maschinellen Lernens zum Einsatz, die sich gemäß Hermann ([Her97]) nach der verwendeten Lernstrategie und der vom System aufzubringenden Inferenzleistung unterscheiden:

(a) Auswendiglernen oder direkte Eingabe neuen Wissens: Diese Lernform erfordert keine Schlussfolgerung oder Transformation des Wissens. Typische Beispiele hierfür sind das Lernen durch Einprogrammierung oder durch Speicherung von Informationen.

(b) Lernen nach Anweisung: Bei dieser Lernform wird externes Wissen, (z.B. Anweisungen eines Lehrers) erworben. Dabei ist eine Umformung in eine interne Darstellung erforderlich.

(c) Lernen durch Analogie: Neues Wissen wird durch Transformation bereits akquirierten Wissens, das einer aktuellen Situation sehr ähnlich ist, erzeugt.

(d) Lernen durch Beispiele: Diese Lernform hat das Ziel, aus einer Menge von Beispielen und Gegenbeispielen eine allgemeine Konzeptbeschreibung zu generieren.

(e) Lernen durch Beobachtung und Entdeckung: Dies ist die allgemeinste Form des Lernens, bei der das Lernsystem selbstständig die Umgebung beobachtet und analysiert. Bei dieser Lernform hat das System die größte Inferenzleistung zu erbringen, da hier eine übergeordnete Instanz in der Form eines Lehrers, der den Lernprozess beispielsweise durch vorklassifizierte Beispiele steuert, wegfällt.

4.4.2 Direkte Wissensakquisition

Die direkte Wissensakquisition (Selbstakquisition) sieht im Gegensatz zur indirekten Wissensakquisition keine Interaktion zwischen Fachexperten und Wissensingenieuren vor: Der Fachexperte hat die Aufgabe, sein Wissen mit Hilfe der Wissenserwerbskomponente des wissensbasierten Systems selbst zu formalisieren. Auf den ersten Blick erscheint diese Methode sehr viel versprechend:

- Fachexperten müssen ihr Wissen keinen fachfremden Personen mitteilen, da dies üblicherweise zu Verständnis- und Interpretationsproblemen führt.

- Fachexperten identifizieren sich stärker mit dem zu erstellenden wissensbasierten System.
- Die Wissensakquisition ist kostengünstiger, da dadurch hochbezahlte Wissensingenieure eingespart werden können.

Allerdings stehen dieser Vorgehensweise erhebliche Nachteile gegenüber. Fachexperten haben üblicherweise wenig Zeit, so dass hier auch die im Wissensmanagement thematisierte Barriere der Zeitknappheit zu überwinden ist. Es bleibt außerdem fraglich, ob Fachexperten zur Formalisierung ihres Wissens in der Lage sind, ohne dass sie vorher zu Wissensingenieuren ausgebildet werden.

4.4.3 Indirekte Wissensakquisition

Bei der indirekten Wissensakquisition nimmt der Wissensingenieur die Rolle eines Übersetzers zwischen Fachexperten und wissensbasiertem System ein: Der Wissensingenieur befragt den Fachexperten oder beobachtet ihn beim Lösen typischer Probleme. Später formalisiert der Wissensingenieur das so erhobene Wissen. Folgende Methoden können bei der indirekten Wissensakquisition eingesetzt werden:

- Interview-Techniken
- Laut-denken-Protokolle
- Erhebungstechniken aus der Psychologie

Im Folgenden werden zunächst psychologische Aspekte von Expertenbefragungen vorgestellt und anschließend ausgewählte Methoden der Expertenbefragung erläutert.

4.4.3.1 Psychologische Aspekte

Methoden der Befragung und Beobachtung von Fachexperten basieren auf Annahmen über das Expertenwissen und die mentalen Prozesse von Fachexperten bei der Problemlösung. Sie stellen eine Reihe von Instrumenten bereit, um Fachexperten zur Verbalisierung ihres Wissens oder Gedankengänge bei der Problemlösung zu animieren.

Allzu oft wird aber übersehen, dass es sich bei diesen Methoden um besondere Arten von Gesprächen handelt: Der Verlauf oder Erfolg von Gesprächen hängt mitunter von Faktoren ab, die nicht notwendigerweise sprachlicher Natur sein müssen. Im Folgenden werden Merkmale der Expertise erläutert und anschließend Aspekte der menschlichen Kommunikation vorgestellt.

Merkmale menschlicher Expertise

Bei der Anwendung von Befragungstechniken stellt sich die Frage, was das Wesen von Expertise ausmacht und was Experten von Anfängern unterscheidet. Reimann ([Rei04]) beschreibt einen Experten als einen

> *„Spezialist, der über etwas alles weiß und über alles andere nichts.“*

In Zeiten zunehmender Wissensfragmentierung und damit einhergehender Spezialisierung erlangen solche Zitate hohe Relevanz, da es anders als vor einigen Jahrhunderten, kaum noch möglich ist, eine Expertise über weit gestreute Wissensbereiche zu haben.

Aus wissenschaftlicher Perspektive darf gemäß Strube ([Str00]) derjenige als Experte

> *„bezeichnet werden, der über umfassendes Wissen in einem Bereich verfügt, so dass er bereichtypische Probleme auch höchsten Schwierigkeitsgrades lösen kann.“*

Reimann in [Rei04] hat Expertise aus alltagspsychologischer Perspektive anhand der folgenden Merkmale charakterisiert:

- **Effizienz:** Experten heben sich u.a. dadurch hervor, dass sie innerhalb eines längeren Zeitraums eine überdurchschnittliche Anzahl von Aufgaben mit unterdurchschnittlichem Aufwand (Zeit, Kosten, Fehlerquote usw.) bewältigen können.
- **Bereichsspezifisches Wissen und Können:** Experten besitzen ein umfangreiches Wissen sowohl über Sachverhalte und Gesetzmäßigkeiten in einem definierten Sachgebiet als auch über Methoden zur Bewältigung sachgebietsbezogener Aufgaben.
- **Erfahrung:** Expertise wird nicht über Nacht erlangt, sondern setzt eine (langjährige) intensive Praxis und Vorbereitungszeit voraus. Einige Autoren ([Cha73], [Eri96]) postulieren eine Vorbereitungszeit von bis zu zehn Jahren.

Die Erbringung einer einmaligen Spitzenleistung nicht aus, um als Experte bezeichnet zu werden. Vielmehr zeichnen sich Experten dadurch aus, dass sie andere regelmäßig und nicht zufällig bei der Problemlösung übertreffen ([Rei04]).

Das Expertenwissen hebt sich im Vergleich zum Wissen von Anfängern nicht nur durch quantitative Aspekte (Experten haben ein umfangreiches Wissen) hervor, sondern auch durch qualitative Merkmale. Gemäß ([Chi81]) klassifizieren beispielsweise Physikexperten Aufgaben nach bereichsspezifischen Lösungsprinzipien, was zu einer effektiven Problemlösung führt. Novizen hingegen neigen dazu, nur Oberflächeneigenschaften zu beachten und Probleme nur nach den Merkmalen zu sortieren, die in der Problemstellung dargeboten wurden ([Rei04]).

Bei der Problemlösung zeichnen sich Experten dadurch aus, dass sie mit unvollständigen und unsicheren Informationen umgehen können und in der Lage sind, auf der Grundlage vager Daten, relativ genaue Hypothesen zu bilden. Ein weiteres Merkmal der Expertenkompetenz ist die Flexibilität der Fachexperten bei der Verfolgung bestimmter Lösungshypothesen bzw. -schritte. Anders als Anfänger, die häufig dazu neigen, inkonsistente Fakten zu übersehen oder ihre Relevanz für den eingeschlagenen Weg falsch einzuschätzen, sind Fachexperten eher in der Lage, ihre Hypothesen oder eingeleiteten Schritte zu revidieren, sobald widersprüchliche Informationen auftauchen. Im Problemlöseprozess zeigen Experten gemäß Strube ([Str00]) zudem „metacognitive“ Fähigkeiten: Sie überwachen ihre eigene Tätigkeit und können somit gut einschätzen, wie nahe sie der Lösung sind.

Auch Experten treffen auf Problemstellungen, bei denen sie an ihre Grenzen stoßen und zunächst keine Lösung finden. Bei einem neuen, unbekannten Problem können Fachexperten nicht nur auf ihr breites Grundlagenwissen, sondern auch auf ihr normales Alltagswissen zurückgreifen. Dieser Rückzug auf den „gesunden Menschenverstand“ muss nicht automatisch

zu schlechten Lösungen führen. Diese ultima Ratio bietet häufig die Chance für kreative Ideen und Innovationen, da bekannte Lösungswege nicht zur Verfügung stehen.

Kommunikation in Expertenbefragungen

Nichtsprachliche Aspekte in der menschlichen Kommunikation werden seit längerer Zeit untersucht. Obwohl zahlreiche Veröffentlichungen die Bedeutung dieser Aspekte in der menschlichen Kommunikation nachgewiesen haben, wird diese Ausdrucksform immer noch unterschätzt.

Bis Kinder sprechen können kommunizieren sie – durchaus erfolgreich – nonverbal mit ihrer Umgebung. Gemäß Devlin ([Dev04]) ließe sich sogar die gesamte direkte Alltagskommunikation durch die Kombination von zwei bis drei Wörtern in Verbindung mit Gestik und Mimik bewältigen. Nach Argyle ([Arg96]) ist das menschliche Sozialverhalten ohne Einbeziehung nonverbaler Aspekte nicht zu verstehen. Gemäß Helfrich und Wallbott ([Hel80]) kann die nonverbale Kommunikation als

> *„die Gesamtheit der im Kommunikationskontext auftretenden nicht–sprachlichen Phänomene, unabhängig davon, ob ein geteilter Kode und Intentionalität des Senders gegeben sind“*

definiert werden. Diese Definition impliziert, dass nonverbale Nachrichten nicht notwendigerweise vom Sender beabsichtigt oder vom Empfänger richtig interpretiert werden müssen.

Nonverbale Botschaften werden im Allgemeinen auf mehreren Informationskanälen gleichzeitig gesendet und empfangen. Wir kommunizieren gleichermaßen mit Blick, Gesichtsausdruck, Haltung, Gestik, Stimmqualität, Kleidung und räumlichem Distanzverhalten zum Gegenüber ([Sta04]). Im Gegensatz zu sprachlichen Äußerungen, die durch eine genau bestimmbare Dauer gekennzeichnet sind, erstreckt sich die nonverbale Kommunikation über den gesamten Zeitraum der Begegnung zweier Kommunikationspartner. Daher spricht Watzlawick ([Wat69]) in diesem Zusammenhang davon, dass es für Menschen unmöglich ist, nicht zu kommunizieren.

Verbale und nonverbale Anteile sind in der menschlichen Kommunikation eng miteinander verwoben und können auf vielfältiger Weise interagieren, sich gegenseitig verstärken, ersetzen, ergänzen oder gar widersprechen. Sie spielen eine besondere Rolle beim ersten Eindruck, den wir von jemanden haben. Gemäß Stangl ([Sta04]) wird dieser Eindruck bis zu 95% durch Faktoren wie Aussehen, Kleidung, Haltung, Gestik und Mimik, Sprechgeschwindigkeit, Stimmlage, Betonung und Modulation (Dialekt) bestimmt, während das Gesagte eine Gewichtung von ca. 3% ausmacht.

Nonverbale Signale sind aber nicht nur beim ersten Eindruck wichtig. In vielen Gesprächsituationen sind sie sogar wichtiger als die sprachlichen Inhalte. Denn anders als sprachliche Äußerungen, bei denen Form und Inhalt mitunter durch soziale Normen und Regeln beeinflusst werden, sind nonverbale Signale unmittelbarer und vor allem unzensierter mit unseren tatsächlichen Empfindungen verbunden und sind dann besonders relevant, wenn sie den verbalen Inhalten widersprechen ([Sta04]).

Für die Durchführung von Expertenbefragungen müssen Wissensingenieure sich nicht nur inhaltlich vorbereiten, sondern auch ein besonders ausgeprägtes Einfühlungsvermögen mit-

bringen, das sie in die Lage versetzt, nonverbale Botschaften wahrzunehmen, richtig zu deuten und angemessen darauf zu reagieren.

4.4.3.2 Experteninterviews

Obwohl die Literatur im Knowledge Engineering oder Wissensmanagement den Eindruck erweckt, Expertenwissen stünde bereit und fertig verpackt in ausgefeilten Dokumenten, die nur noch ausgewertet werden müssen, stellen Gespräche mit Fachleuten immer noch die wirkungsvollste Art der Informationsbeschaffung dar.

Im Bereich der KI haben sich Methoden der Expertenbefragung als Mittel zur Erhebung von Expertenwissen etabliert. Die Gründe für die Beliebtheit dieser Methode sind vielfältig. Methoden der Expertenbefragungen, wie z.B. Experteninterviews stellen eine für Fachexperten konzeptionell einfache Methode der Wissensakquisition dar, da sie üblichen Gespräche zur Informationsbeschaffung ähnlich sind. Zudem erlaubt die Aufgabenteilung den beteiligten Akteuren, sich auf ihre Kernkompetenzen zu konzentrieren. Der Fachexperte übernimmt die Rolle des Wissenslieferanten, während der Wissensingenieur die Aufgabe hat, das erhobene Wissen zu strukturieren und zu formalisieren.

Das Experteninterview ist im Allgemeinen ein Gespräch, das durch eine Asymmetrie gekennzeichnet ist. Während der Wissensingenieur durch Fragen und Anregungen das Gespräch aktiv steuert, ist der Fachexperte in einer eher passiven Rolle zu sehen, indem er lediglich auf die Fragen des Wissensingenieurs reagiert.

Die Hauptschwierigkeit bei Experteninterviews liegt darin, dass die Gesprächspartner aus unterschiedlichen Fachdisziplinen stammen, die auch verschiedene Umgangsformen pflegen und unterschiedliche Fachsprachen sprechen.

Experteninterviews können allgemein in strukturierte und unstrukturierte Interviews klassifiziert werden.

- **Unstrukturierte Experteninterviews:** Diese sind eher informellen Gesprächen zwischen Wissensingenieur und Fachexperte ähnlich und haben das Ziel, einen Überblick über das Wissensgebiet zu erlangen. Unstrukturierte Interviews bieten den Vorteil, dass der Vorbereitungsaufwand für den Wissensingenieur eher niedrig ist. Zudem kann der Fachexperte wegen der informellen Atmosphäre mehr Wissen darbieten. Auf der anderen Seite besteht die Gefahr, dass der Experte nicht beim Thema bleibt, sondern abschweift oder sich in Details verliert, die im jeweiligen Interview irrelevant sind.

- **Strukturierte Experteninterviews:** Im Gegensatz zu unstrukturierten Interviews finden strukturierte Interviews nach einem vom Wissensingenieur aufgestellten Plan statt, dem er während des Interviews folgt. Strukturierte Interviews dienen dazu, Teile des Anwendungsgebiets auf systematische Weise zu durchdringen. Da bei strukturierten Interviews der Wissensingenieur einen stärkeren Einfluss auf den Gesprächsverlauf hat, wird das Abschweifen des Fachexperten verhindert. Allerdings kann die dadurch entstehende formelle Atmosphäre zu Störungen führen und somit den Erfolg des Interviews gefährden. Zudem kann die starke Kontrolle und Steuerung durch den Wissensingenieur dazu führen, dass assoziative Wege und nicht vorgeplante Wissensgebiete übersehen werden, obwohl diese eine hohe Relevanz für den Wissenserwerb haben.

In der Regel sollten strukturierte oder unstrukturierte Experteninterviews nicht in Reinform durchgeführt werden.

4.4.3.3 Beobachtungstechniken

Beobachtungstechniken haben das Ziel, die Vorgehensweise von Fachexperten bei der Problemlösung möglichst unverfälscht aufzudecken. Dazu werden Fachexperten bei der Lösung typischer Probleme beobachtet und ihr Vorgehen beispielsweise mit Hilfe eines Protokolls, Tonbands oder einer Videoaufzeichnung dokumentiert und anschließend analysiert.

Bei der Protokollanalyse wird der Experte mit typischen Fällen konfrontiert, die er lösen soll. Dabei soll er gleichzeitig „laut“ nachdenken, d.h. er sagt, was er sieht, denkt und tut. Mit Hilfe der Protokollanalyse kann gemäß Karbach und Linster ([Kar90]) implizites Wissen, das sich sonst der Verbalisierung entzieht, erhoben werden. Vorteil dieser Methode ist, nach Meinung der Autoren, dass der Experte keine Zeit hat, über seine Handlung zu theoretisieren und insbesondere keine Begründungen für sein Vorgehen erfinden kann ([Kar90]).

Bei der Schilderung seines Vorgehens benennt der Fachexperte Schritte, die mit Daten, Fakten oder Wissensbestandteilen umgehen und Zwischenergebnisse produzieren. Aus der Abfolge dieser Schritte lässt sich einerseits ein Problemlösungsmodell erstellen, andererseits werden die Bereiche des beim Problemlösungsprozess verwendeten Wissens sichtbar.

Methoden der Protokollanalyse sind allerdings nicht ganz unumstritten. Zum einen stellt sich die Frage, inwieweit der Fachexperte in der Lage ist, seine mentalen Prozesse zu verbalisieren. Zum anderen können nacheilende Beschreibungen den Denkprozess verzerrt darstellen. Schließlich neigen Fachexperten dazu, ihre Denkprozesse möglichst plausibel darzustellen, was zu einer verfälschung führen kann.

Die wichtigste Technik der Expertenbeobachtung ist die Protokollanalyse. Weitere Techniken sind die Introspektion und die Beobachtung des Fachexperten im Dialog mit Kunden.

4.5 Fachsprachen und Ontologien

Die Schwierigkeit der Wissensakquisition liegt nicht nur in der Komplexität des jeweiligen Wissensgebiets, sondern auch darin, dass Fachexperten üblicherweise eine Fachsprache verwenden, welcher der Wissensingenieur nicht von Anfang an mächtig ist, sondern die er erst im Verlauf der Wissensakquisition erlernt.

Verständigungsprobleme kommen aber nicht nur in der Kommunikation zwischen Fachexperten und Wissensingenieuren vor. Die viel zitierte Wissensfragmentierung im Wissensmanagement geht mit einer Zunahme der Fachwortbestände einher, die die fachbezogene Kommunikation, selbst zwischen Fachexperten des gleichen Wissensgebiets erschwert. Die Reduzierung begrifflicher Verwirrung und die Schaffung einer gemeinsamen Terminologie ist eine wichtige Voraussetzung für eine effektive Kommunikation, ohne die Knowledge-Engineering-Aktivitäten oder Wissensmanagement-Projekte undenkbar sind. Puppe et al. ([Pup03]) haben beispielsweise vor Projekten in Wissensgebieten ohne Fachsprache gewarnt:

> *„Projekte, in denen unfertige Wissensgebiete zu formalisieren sind, enden entweder nie - weil der Wissensingenieur erst Fachwissenschaftler werden muss - oder schnell, weil Geld und Geduld der Projektorganisatoren zu Ende sind.“*

Gemäß Davenport ([Dav98b]) stellen divergierende (Fach-)Sprachen eine Barriere im Wissensmanagement dar (siehe Abschnitt 2.2.1). Ein Wissensaustausch ist nur dann möglich, wenn die Beteiligten auch die gleiche Fachsprache verwenden:

„People can't share knowledge if they don't speak a common language."

Die Wichtigkeit einer gemeinsamen Fachsprache wurde aber nicht erst im Knowledge Engineering oder im Wissensmanagement entdeckt. Über die Jahrhunderte hinweg haben sich Forscher immer wieder um eine Systematisierung ihres Fachgebiets (wie z.B. in der Biologie oder Medizin) bemüht und abgeklärte Begriffssysteme erstellt. Wüster (zitiert aus [Arn89]) beispielsweise hat bereits 1931 auf die Wichtigkeit der Sprachnormung für eine reibungslose Kommunikation unter Fachleuten hingewiesen (siehe Tabelle 1).

Nach der Normung	**Vor der Normung**					
Treibkeil	**Keil**	**Einlegekeil**	**Federkeil**	**Nutenkeil**	**Achskeil**	**Versenkter Keil**
Paßfeder	**Keil**	**Federkeil**	**Fachkeil**	**Flachkeil**	**Feder**	**Einlegfeder**
Gleitfeder	**Keil**	**-**	**Federkeil**	**Flachkeil**	**Feder**	**Führungskeil**
Flachkeil	**-**	**-**	**-**	**Flachkeil**	**-**	**Flächenkeil**

Tabelle 1: Benennungen von Keil- und Federarten vor und nach der Sprachnormung ([Arn89]).

Die terminologische Normierung ist aber nicht nur aus der Sicht des Wissensmanagements notwendig. Im Bereich der Betriebswirtschaft geht nach Helmut ([Hel97]) die Transaktionskostentheorie[1] davon aus, dass bei jeder Leistungserstellung Kommunikationsprobleme zu bewältigen sind. Diese Kosten fallen erwartungsgemäß kleiner aus, wenn alle Transaktionspartner sich auf Begriffe beziehen können, deren Bedeutung festgelegt wurde.

4.5.1 Fachsprache

Wie bereits im vorigen Abschnitt erläutert, bezieht sich die Fachsprache auf die Kommunikation in einem Fachgebiet. Im engen Zusammenhang mit der Fachsprache stehen die Begriffe „Terminologie", „Begriff", „Benennung" und „Fachterminus" bzw. „Fachbegriff". Im Folgenden werden diese Begriffe in Anlehnung an Arntz et al. ([Arn89]) definiert.

Fachsprache

Die Fachsprache wird als der Bereich der Sprache definiert, der auf eine eindeutige und widerspruchsfreie Kommunikation im jeweiligen Fachgebiet gerichtet ist und dessen Funktionieren durch eine festgelegte Terminologie entscheidend unter-

[1] Unter Transaktion wird der Austausch von Informationen im Kontext einer Leistungserstellung, z.B. Informationen zur Vereinbarung oder Klärung des Leistungsaustausches verstanden. Transaktionskosten umfassen sämtliche Kosten, die bei der Erzielung und Verwicklichung von Vereinbarungen über einen Leistungsaustausch anfallen ([Hel97]).

stützt wird.

Terminologie

Die Terminologie ist der Gesamtbestand der Begriffe und ihrer Benennung in einem Fachgebiet.

Benennung

Eine Benennung ist eine aus einem oder mehreren Wörtern bestehende Bezeichnung für materielle oder immaterielle Gegenstände.

Begriff

Der Begriff ist eine Denkeinheit, die aus einer Menge von Gegenständen unter Ermittlung ihrer gemeinsamen Eigenschaften mittels Abstraktion gebildet wird.

Fachbegriff

Das zusammengehörige Paar aus Begriff und Benennung als Element einer Terminologie wird Fachbegriff genannt.

Der Zusammenhang zwischen Begriffen, Benennungen und Gegenständen wird durch das sogenannte semiotische Dreieck von Ogden und Richards ([Ogd23]) anschaulich dargestellt (Abbildung 25).

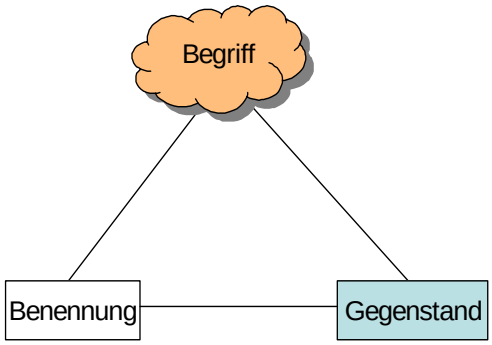


Abbildung 25: Das Semiotische Dreieck ([Ogd23])

Nach dem semiotischen Dreieck werden durch Benennungen Gegenstände bezeichnet, wobei diese keineswegs zwingend materieller Natur sein müssen. Begriffe, auf der anderen Seite, bilden die Denkeinheit, die dadurch zustande kommt, dass wir mehrere Gegenstände aufgrund ihrer gemeinsamen Eigenschaften zusammenfassen ([Arn89]). Die Beziehung zwischen Benennung und Gegenstand ist dabei nicht direkt, sondern wird erst hergestellt, wenn (in der Kommunikation) der Gesprächspartner aus einer Benennung - den von uns gemeinten - Begriff ableitet, der sich wiederum auf einen Gegenstand bezieht.

In der Kommunikation treten die folgenden Mehrdeutigkeiten (*Sprachdefekte*) auf, die es zu erkennen und besonders zu behandeln gilt, um eine reibungslose Verständigung zu erreichen:

- **Synonyme**: Bei Synonymen handelt es sich um unterschiedliche Benennungen für den gleichen Begriff. Kommunikationsprobleme können dadurch entstehen, dass Gesprächs-

partner nicht alle mögliche Benennungen kennen und somit den gemeinten Gegenstand nicht ermitteln können. Das Problem der Synonymie kann dadurch gelöst werden, dass ein Konsens über Vorzugsbenennungen geschaffen wird.

- **Homonyme**: Bei Homonymen bezeichnen gleiche Benennungen unterschiedliche Begriffe. Beispiele für Homonyme sind Ton (Musik, Farblehre) oder Bank (Geldinstitut, Sitzgelegenheit). Zur sprachlichen Präzisierung müssen bei Homonyme unterschiedliche Benennungen vergeben werden.

Weitere Sprachdefekte sind nach Hellmuth ([Hel97]) Äquipollenzen, Vagheiten und falsche Bezeichner.

Als Lösung auf die im vorhergehenden Abschnitt thematisierten Kommunikationsprobleme haben sich im Knowledge Engineering und mittlerweile im Wissensmanagement Ontologien als Mittel zur Lösung begrifflicher Unstimmigkeiten etabliert. Im nächsten Abschnitt werden daher Ontologien erläutert.

4.5.2 Ontologien

Der Ontologiebegriff stammt aus der Philosophie und bezeichnet gemäß Strube ([Str96])

> *„die Lehre von dem Existenten (Seienden), die nach den Grundeigenschaften des Existierens fragt.“*

Aus dieser Perspektive beschäftigt sich die Ontologie als philosophische Disziplin mit der Beschaffenheit und Organisation der realen Welt oder zumindest mit Teilen davon. Das Ergebnis einer „ontologischen“ Betrachtung (im philosophischen Sinne) muss notwendigerweise auch von kulturellen und sprachlichen Aspekten unabhängig sein. Im Gegensatz dazu werden Ontologien in der Informatik dazu verwendet, einen eingeschränkten Bereich und die darin vorkommenden Konzepte bzw. Terme gemäß einem gemeinsamen Verständnis zu spezifizieren.

Dabei zielt eine Ontologie in der Informatik nicht nur auf eine Verbesserung der menschlichen Kommunikation in einem Anwendungsgebiet. Die terminologische und konzeptionelle Präzisierung, die durch eine Ontologie erreicht wird, bietet gemäß Ushold und Gruninger ([Ush96]) Vorteile in den folgenden Bereichen:

- **Kommunikation**: Durch die Festlegung der Bedeutung eines gemeinsamen Vokabulars können Ontologien inkonsistente Interpretationen von Begriffen in unterschiedlichen Kontexten verringern.
- **Interoperabilität zwischen technischen Systemen**: Eine Ontologie kann, durch eindeutige Definition von Konzepten als „Interlingua“ zur semantischen Mediation zwischen unterschiedlichen Modellierungsmethoden, -paradigmen, -sprachen und Softwarewerkzeugen dienen.
- **Systementwicklung**: Ontologien können den Systementwickler dabei unterstützen, die Anforderungen an das System zu identifizieren und die Verflechtungen der Systemkomponenten untereinander nachzuvollziehen. Zudem können Ontologien die Zuverlässigkeit der entwickelten Softwaresysteme steigern, da sie die Grundlage für den Abgleich von Systemanforderungen und Entwurf bieten. Ein weiterer Vorteil von Ontologien ist die Offenlegung impliziter Annahmen über das Wissensgebiet, die gemäß Ushold ([Ush96]) die Integration der einzelnen Systemkomponenten erleichtert. Schließlich werden durch die Ontologie Module zur Modellierung von Problemen oder Anwendungsgebieten realisiert, die für spätere Entwicklungen wieder verwendet werden kön-

nen.

Wenngleich das Ziel (Festlegung der Bedeutung eines gemeinsamen Vokabulars) und die Vorteile einer Ontologie in der Informatik klar zu sein scheinen, existiert in der Literatur keine einheitliche Definition des Ontologiebegriffs.

Eine der früheren Definitionen geht auf Neches ([Nec91]) zurück. Nach dieser Definition werden durch eine Ontologie

> *"die Grundbegriffe und Beziehungen des Vokabulars eines Anwendungsgebiets sowie die Regeln für das Kombinieren von Begriffen und Beziehungen zur Erweiterung des Vokabulars"*

festgelegt. Aus dieser Definition geht hervor, dass eine Ontologie nicht nur Domänenwissen enthalten, sondern auch Mechanismen spezifizieren sollte, um aus dem Domänenwissen schlussfolgern zu können. Die meistzitierte Definition wurde von Gruber in [Gru93] vorgeschlagen, der eine Ontologie als eine

> *„explizite Spezifikation einer Konzeptionalisierung"*

definiert. Diese sehr allgemein gehaltene Definition wurde von Borst erweitert, der zusätzlich fordert, dass eine Ontologie formal zu sein hat. In [Bor97] wird eine Ontologie als

> *„eine explizite, formale Spezifikation einer geteilten Konzeptionalisierung"*

definiert. Die dieser Definition zugrunde liegenden Begriffe wurden von Studer in [Stu98] erläutert:

- **Konzeptionalisierung** bezieht sich auf die Identifizierung relevanter Konzepte und ihre Beziehungen in einem Anwendungsgebiet.
- **Explizit** bedeutet, dass Konzepte, ihre Beziehungen zueinander sowie die Einschränkungen in Bezug auf ihre Benutzung explizit formuliert sein müssen.
- **Formal** bedeutet, dass die Ontologie in einer maschinell verarbeitbaren Sprache spezifiziert sein muss..
- **Geteilte Konzeptionalisierung** ist der wichtigste Aspekt in dieser Definition. Damit wird die Forderung gestellt, dass die Ontologie nicht nur die Sicht einer Einzelperson widerspiegeln sollte, sondern eine zwischen Personen, Gruppen und Anwendungssystemen geteilte Sicht darstellen muss.

Im Folgenden werden unterschiedliche Klassifikationen für Ontologien vorgestellt.

4.5.3 Klassifikationen von Ontologien

Aufgrund divergierender Interpretationen des Ontologiebegriffs werden in der Literatur zum Teil sehr heterogene Artefakte als Ontologie bezeichnet. Daher versuchen einige Autoren allgemeine Kriterien zur Einteilung von Ontologien festzulegen. Im Folgenden werden unterschiedliche Vorschläge zur Klassifizierung von Ontologien behandelt.

4.5.3.1 Subjekt der Konzeptionalisierung

Eine erste Klassifikation stammt von Guarino ([Gua98]), der Ontologien nach dem Subjekt der Konzeptionalisierung klassifiziert. Nach Guarino lassen sich folgende Arten von Ontologien unterscheiden:

- **Generelle Ontologien** (*Top-Level Ontologies*) stellen Begriffe bereit, die über Domänengrenzen hinweg gültig und von Bedeutung sind. Solche Ontologien definieren unter anderem Konzepte wie „Zeit“, „Raum“ und „Ereignis“, die domänen- und problemunabhängig sind.
- **Domänenontologien** umfassen das Vokabular für ein bestimmtes Anwendungsgebiet, wie beispielsweise die Automobilindustrie.
- **Aufgabenontologie** umfassen das Vokabular für bestimmte Typen von Aufgaben, beispielsweise Diagnoseaufgaben.
- **Anwendungsontologie** bilden die Basis für die Implementierung von Softwaresystemen. Sie stellen üblicherweise eine Spezialisierung der Domänen- und Aufgabenontologie dar und beschreiben, welche Rolle bestimmte Domänenobjekte in der Durchführung von Aufgaben übernehmen.

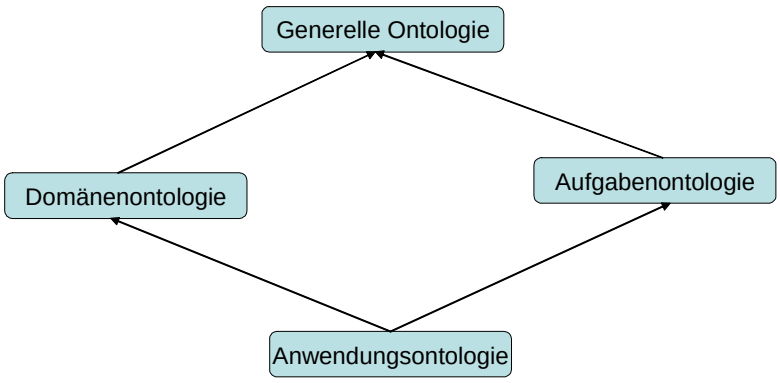


Abbildung 26: Klassifizierung von Ontologien nach Guarino [Gua98]

4.5.3.2 Struktur der Konzeptionalisierung

Gemäß Van Heijst et al. ([vHe97]) lassen sich Ontologien anhand der Dimensionen „Subjekt der Konzeptionalisierung“ und „Struktur und Umfang der Konzeptionalisierung“ einordnen. Während die erste Dimension weitgehend der von Guarino vorgeschlagenen Klassifizierung entspricht, lassen sich nach der zweiten Dimension (Granularität der Konzeptionalisierung) die folgenden Arten von Ontologien unterscheiden:

- **Terminologische Ontologien** spezifizieren Begriffe, die zur Wissensrepräsentation im Anwendungsgebiet verwendet werden. Beispiel einer solchen Ontologie ist UMLS (Unified Medical Language System).

- **Informationsontologien** beschreiben im Sinne eines Datenbankschemas die Struktur von Datenbanken.

4.5.3.3 Formalisierungsgrad

Uschold und Grüninger ([Ush96]) haben eine Klassifizierung anhand des Formalisierungsgrads vorgeschlagen. Nach dieser Auffassung wird eine Ontologie notwendigerweise ein Vokabular von Begriffen und ihre Definitionen umfassen. Bei ihrer Spezifikation kann der Formalisierungsgrad je nach geplantem Anwendungsgebiet stark variieren. Es lassen sich die folgenden Formen einer Ontologie unterscheiden:

- **Sehr informal:** Die Ontologie wird in natürlicher Sprache formuliert. Begiffsdefinitionen können hier noch mehrdeutig sein.
- **Semi-informal:** Die Ontologie wird in einer kontrollierten und strukturierten Form der natürlichen Sprache verfasst, welche die Klarheit erhöht und Mehrdeutigkeiten minimiert.
- **Semi-formal:** Die Ontologie wird in einer formalen Sprache verfasst.
- **Streng formal:** Die Ontologie umfasst sorgfältig definierte Begriffe mit formaler Semantik, Theoremen und Beweisen ausgewählter Eigenschaften wie beispielsweise der Vollständigkeit.

Eine ähnliche Klassifizierung wurde von Lassila und McGuinness [Las01] vorgenommen. Nach Auffassung der Autoren lassen sich Ontologien in einem Kontinuum einordnen.

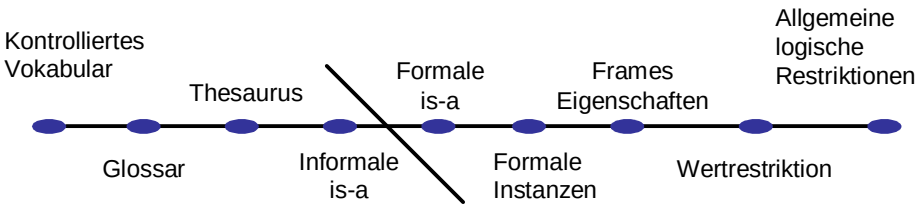


Abbildung 27: Klassifizierung von Ontologien nach dem Formalisierungsgrad ([Las01])

Die einfachste Art einer Ontologie ist ein kontrolliertes Vokabular, das lediglich eine Begriffsliste beinhaltet. Die nächste Stufe in dieser Einteilung ist ein Glossar, das Begriffe und entsprechende Definitionen umfasst. Am anderen Ende des Kontinuums lassen sich wiederum Ontologien einordnen, die in einer formalen Sprache kodiert sind und logische Axiome, Regeln und Restriktionen auf Konzepten und Eigenschaften beinhalten.

4.5.4 Entwicklung von Ontologien

Die Entwicklung von Ontologien ist ein aufwendiger Prozess für den noch keine anerkannte methodische Vorgehensweise existiert. Die meisten Ansätze in diesem Bereich sind mehr oder weniger Erfahrungsberichte einzelner Forschungsarbeiten, die demzufolge nur einzelne Aspekte der Ontologie-Entwicklung berücksichtigen. Im Folgenden werden einige Methodologien beschrieben.

4.5.4.1 Enterprise-Methodologie

Ushold und King haben als erstes den Mangel an Vorgehensmodellen zur Entwicklung von Ontologien thematisiert. Auf der Grundlage der Erfahrungen, die sie bei der Entwicklung der „*Enterprise Ontology*“ gemacht haben, stellen Ushold und King ([Ush95], [Ush96]) ein Vorgehensmodell vor, das als „Grundgerüst“ für weitere Vorgehensmodelle dienen soll.

Die Enterprise-Methodologie identifiziert fünf Kernschritte als notwendige Bestandteile einer Entwicklungsmethodologie. Nach der Bestimmung eines möglichst präzisen Ziels der Ontologie beginnt die Ontologie-Entwicklung, bei der werden wichtige Begriffe erhoben, in eine formale Sprache kodiert und durch die Integration bereits existierender Ontologien erweitert werden. Abschließend wird die erstellte Ontologie evaluiert und dokumentiert.

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen des Enterprise-Methodologie (siehe Abbildung 28) kurz vorgestellt.

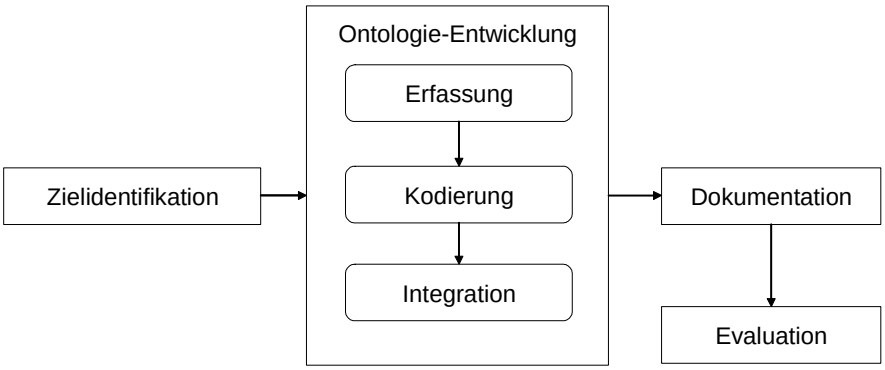


Abbildung 28: Enterprise-Methodologie ([Ush95])

(1) Zielidentifikation: Bevor die Ontologie entwickelt wird, sollte zunächst geklärt werden, welche Anforderungen sie erfüllen soll. Zudem müssen die unterschiedlichen Anwender der Ontologie identifiziert werden, damit ihre Eigenschaften, Wünsche und Erwartungen berücksichtigt werden.
Mit einer Ontologie-Entwicklung werden üblicherweise ganz unterschiedliche Ziele verfolgt. Das oberste Ziel ist meist die Wiederverwendung von Wissen. Allerdings müssen vor der Ontologie-Entwicklung zusätzlich einige Faktoren beachtet werden. So muss die Art und Anzahl der Softwaresysteme, in denen die Ontologie eingesetzt werden soll ebenfalls in die Planung einbezogen werden.

(2) Erfassung: In diesem Schritt werden die wichtigsten Konzepte und ihre Beziehungen ermittelt, möglichst eindeutige, textuelle Definitionen für die identifizierten Konzepte und Relationen erarbeitet und Benennungen für die Konzepte und Beziehungen festgelegt.

(3) Kodierung: In diesem Schritt wird die im vorherigen Schritt (Erfassung) erstellte Konzeptionalisierung in einer formalen Sprache formuliert.

(4) Integration: Bei der Durchführung der vorangegangenen Schritte muss überprüft werden, inwiefern bereits existierende Ontologien integriert werden können. Wie die Autoren auch betonen, stellt die Wiederverwendung und Integration bereits existierender Ontologien ein schwieriges Problem dar. Zur Unterstützung der Integration ist es dem-

nach wichtig, dass alle der Ontologie zugrunde liegende Annahmen explizit formuliert werden.

(5) Evaluation: In dieser Phase muss die Ontologie in Bezug auf ihre konzeptionelle Korrektheit überprüft werden. Dazu schlagen die Autoren unter anderem den Einsatz von Kompetenzfragen vor (siehe Abschnitt 4.5.4.2).

(6) Dokumentation: Um eine effektive gemeinsame Nutzung und Wiederverwendung zu erlauben, müssen alle relevanten Annahmen dokumentiert werden. Daher sollte eine Methodologie zur Ontologie-Entwicklung Richtlinien zur Dokumentation vorsehen, die je nach Typ und Zweck der Ontologie unterschiedlich aussehen können.

4.5.4.2 TOVE-Methodologie

Ziel des Projekts TOVE (Toronto Virtual Enterprise), das von Grüninger und Fox durchgeführt wurde, war die Entwicklung eines auf Ontologien basierenden „*common sense*“ Unternehmensmodells ([Grü95]). Mit dem Begriff „common sense“ meinen die Autoren die Fähigkeit des Unternehmensmodells, Anfragen zu handhaben, deren Beantwortung Domänenwissen voraussetzt.

Die TOVE-Methodologie basiert auf typischen Problemen im Anwendungsgebiet als Ausgangspunkt der Ontologie-Entwicklung. Diese Probleme werden in der Form von Fragen formuliert, welche die „Kompetenz“ der Ontologie beschreiben, d.h. die Ontologie muss in der Lage sein, diese Fragen zu beantworten. Im nächsten Schritt wird die Terminologie der Ontologie durch die Angabe relevanter Konzepte, ihrer Attribute und Relationen erhoben und in eine formale Sprache dargestellt. Auf der Grundlage der formalen Terminologie werden im nächsten Schritt die Kompetenzfragen formalisiert sowie Axiome zur Festlegung der Semantik der identifizierten Konzepte formuliert. Abschließend werden Vollständigkeitstheoreme zur Überprüfung der „Kompetenz“ der Ontologie formuliert.

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen der TOVE-Methodologie (siehe Abbildung 29) kurz erläutert.

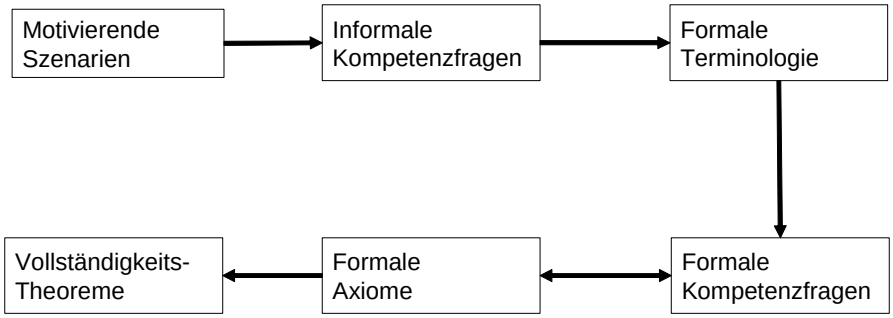


Abbildung 29: TOVE-Methodologie ([Grü95])

(1) Erfassung motivierender Szenarien: Den Ausgangspunkt der Ontologie-Entwicklung bilden die im Unternehmen identifizierten Probleme, die durch den Einsatz einer Ontologie gelöst werden sollen. Diese werden in diesem Schritt in einer intuitiven Form mit-

tels motivierender Szenarien beschrieben. Motivierende Szenarien kommen in Form von Geschichten oder Beispielen vor und können bereits erste Lösungsansätze beinhalten. Dabei ist zu beachten, dass motivierende Szenarien nicht nur bei der erstmaligen Entwicklung einer Ontologie eingesetzt werden sollten. Nach Meinung der Autoren sollte jeder Vorschlag für neue aber auch für die Erweiterung existierender Ontologien auf eigenen motivierenden Szenarien basieren, um den Sinn der Neuerstellung oder Erweiterung zu begründen.

(2) Formulierung informaler Kompetenzfragen: Kompetenzfragen (*competency questions*) basieren auf den im vorherigen Schritt definierten Anwendungsszenarien. Mit Kompetenzfragen meinen die Autoren die typischen Fragen von Anwendern, die sie von der Ontologie bei Durchführung ihrer Aufgaben beantwortet haben möchten. Damit stellen Kompetenzfragen eine erste, intuitive Art, die Inferenzleistung und Ausdruckmächtigkeit der Ontologie zu spezifizieren, dar. Zur Formulierung der Kompetenzfragen schlagen die Autoren eine hierarchische Strukturierung vor, bei der die Beantwortung von Kompetenzfragen höherer Ebenen auf die Lösung von Kompetenzfragen niedrigerer Ebenen basiert.

(3) Spezifikation der Terminologie: In diesem Schritt wird die Terminologie der Ontologie spezifiziert. Dazu werden zunächst aus den Kompetenzfragen und ihren möglichen Lösungen relevante Konzepte, Eigenschaften, Relationen sowie Axiome extrahiert und in einem weiteren Schritt in einer formalen Sprache spezifiziert.

(4) Formalisierung der Kompetenzfragen: In diesem Schritt werden die Kompetenzfragen auf der Grundlage der formalen Terminologie formalisiert.

(5) Spezifikation formaler Axiome: Zur Festlegung der Semantik der identifizierten Konzepte sowie Restriktionen bezüglich ihrer Interpretation werden in diesem Schritt Axiome in einer formalen Sprache (z.B. KIF) spezifiziert.

(6) Spezifikation von Vollständigkeitstheoremen: In diesem Schritt werden sogenannte „Vollständigkeitstheoreme“ zur formalen Evaluation der Ontologie formuliert. Diese geben Bedingungen an, unter denen die Antworten auf die Kompetenzfragen vollständig sind.

4.5.4.3 METHONTOLOGY-Methodologie

Die METHONTOLOGY-Methodologie ist eine der umfassendsten Methodologien zur Ontologie-Entwicklung. Gómez-Pérez et al. ([Gom04]) haben mit der METHONTOLOGY den Versuch unternommen, etablierte Methoden der Softwareentwicklung auf die Entwicklung von Ontologien zu übertragen. Anders als andere Methodologien wird in der METHONTOLOGY nicht nur der reine Entwicklungsprozess, sondern auch begleitende Tätigkeiten, wie das Projektmanagement oder die Wartung und Pflege der Ontologie berücksichtigt.

Die METHONTOLOGY orientiert sich an der IEEE-Norm 1074-1995 ([IEEE96]), die den Softwareentwicklungsprozess beschreibt. Nach dieser Norm sollte der Softwareentwicklungsprozess die folgenden Aspekte berücksichtigen:

(a) **Lebenszyklusmodell**: Identifikation und Auswahl eines adäquaten Software Lebenszyklusmodells.

(b) **Projektmanagement**: Projekinitiierung, -überwachung, -kontrolle und Qualitätssicherung

(c) **Entwicklung**: Erstellung, Installation, Einsatz und Wartung der Software

(d) **Begleitende Aktivitäten**: Dies sind Aktivitäten, die den Entwicklungsprozess (Schritt c) begleiten sollten. Dazu gehört beispielsweise die Verifikation der erstellten Software, die Dokumentation oder die Schulung der Anwender.

In Anlehnung an die IEEE-Norm 1074-1995 definiert die METHONTOLOGY einen Entwicklungsprozess für Ontologien, der drei Klassen von Aktivitäten berücksichtigt: Management-, Entwicklungs- und unterstützende Aktivitäten. Durch den Entwicklungsprozess wird aber noch keine explizite Festlegung getroffen, in welcher Reihenfolge die definierten Aktivitäten durchzuführen sind. Daher sieht die METHONTOLOGY zusätzlich einen Ontologie-Lebenszyklus (siehe Abbildung 30) vor, der eine Rangfolge für die einzelnen Aktivitäten definiert.

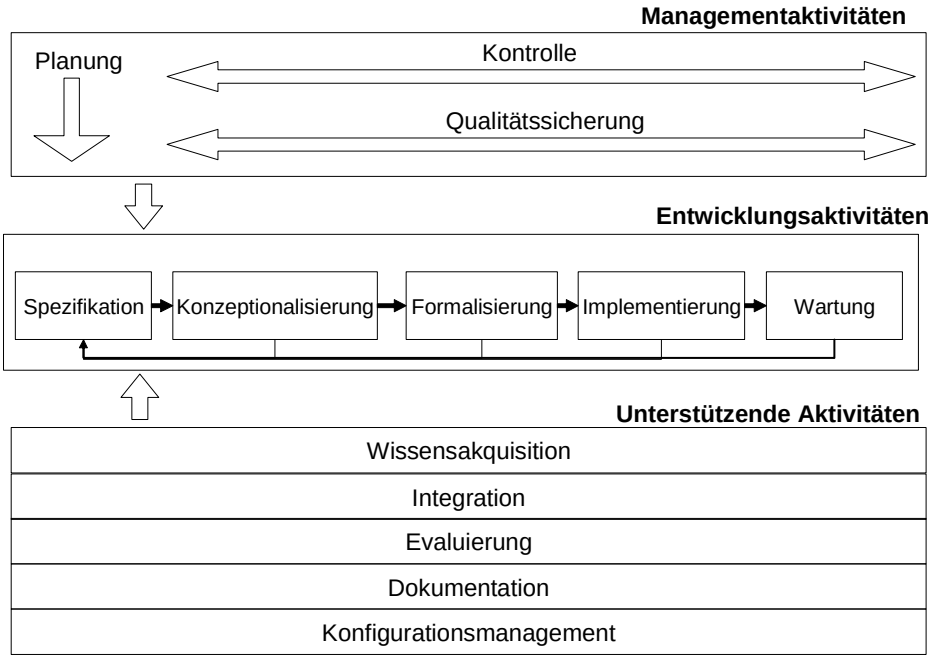


Abbildung 30: METHONTOLOGY: Entwicklungsprozess und Lebenszyklus ([Gom04])

(Ontologie-) Managementaktivitäten

Zu den Managementaktivitäten gehören alle Tätigkeiten zur Planung, Kontrolle und Qualitätssicherung der zu entwickelnden Ontologie. In der Planung muss beispielsweise geklärt werden, in welche Teiltätigkeiten die Ontologie-Entwicklung zerfällt, wie lange sie dauert und welche Ressourcen benötigt werden.

(Ontologie-) Entwicklungsaktivitäten

Entwicklungsaktivitäten betreffen die eigentliche Entwicklung der Ontologie mit den drei Phasen Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung.

- **Vorbereitung**: In dieser Phase wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, um Chancen und Risiken für die Ontologie-Entwicklung zu identifizieren. Zudem wird die Umgebung, in der die Ontologie eingesetzt wird, analysiert.
- **Durchführung**: In dieser Phase findet die eigentliche Ontologie-Entwicklung statt. Die

Durchführung besteht aus den folgenden Phasen:

(a) **Spezifikation:** In dieser Phase wird der Zweck und Einsatzbereich der Ontologie spezifiziert, der intendierte Formalisierungsgrad festgelegt sowie die zu erwartenden Nutzer der Ontologie identifiziert. Das Ergebnis der Spezifikation wird in einem Spezifikationsdokument festgehalten.

(b) **Konzeptionalisierung:** In dieser Phase wird eine Konzeptionalisierung des Anwendungsgebiets vorgenommen. Hier werden wichtige Konzepte und ihre Beziehungen zueinander ermittelt und zunächst in informaler Form (z.B. in einem Begriffsglossar) festgehalten. Dazu werden sogenannte Zwischendarstellungen (*IR: Intermediate Representations*), z.B. Tabellen, Diagrammen oder Taxonomien eingesetzt. Diese Zwischendarstellungen können bereits als Ontologie aufgefasst werden und bieten den Vorteil, dass sie auch für den Experten verständlich sind.

(c) Formalisierung: Die im vorherigen Schritt erstellten Zwischendarstellungen werden in eine formale Sprache (z.B. Ontolingua) übersetzt.

(d) Implementierung: In dieser Phase wird die formalisierte Ontologie in einer ausführbaren Sprache, z.B. C++, Java oder Prolog implementiert.

- **Nachbereitung:** In dieser Phase werden Wartungs- und Pflege-Aktivitäten durchgeführt.

Unterstützende Aktivitäten

Unterstützende Aktivitäten, die den Entwicklungsprozess der Ontologie begleiten, umfassen unter anderen die Wissensakquisition, die Integration, Bewertung und die Dokumentation.

- **Wissensakquisition:** Die Wissensakquisition dient dazu, das für die Ontologie benötigte Wissen zu erheben. Wichtige Quelle für die Wissensakquisition sind Fachexperten oder Dokumente über den Anwendungsbereich.
- **Integration:** Existierende Ontologien werden bezüglich einer möglichen Wiederverwendung analysiert und das konzeptionelle Modell wird dementsprechend modifiziert.
- **Bewertung:** In dieser Phase wird die Ontologie validiert und verifiziert, um Unvollständigkeiten, Inkonsistenzen und Redundanzen zu beseitigen.
- **Dokumentation**: Die Dokumentation ist keine eigenständige Phase, sondern ist als Begleitprozess für alle Phasen aufzufassen. In der METHONTOLOGY wird am Ende jeder Tätigkeit ein Dokument erstellt, das die wesentlichen Entscheidungen und Ergebnisse festhält. Dadurch wird sichergestellt, dass in jeder Phase der Entwicklungsstand nachvollziehbar ist.

Ontologie-Lebenszyklus

Bei dem definierten Lebenszyklus gehen Gómez-Pérez et al. ([Gom04]) davon aus, dass eine Ontologie nach dem Muster des evolutionären Prototyping entwickelt wird: Sie wird zunächst prototypisch entwickelt und je nach Anforderung in weiteren Projekten angepasst und weiterentwickelt.

Die Entwicklung eines Prototyps sollte nach der METHONTOLOGY stets mit einer umfassenden Planung beginnen, die das Ziel hat, alle durchzuführenden Tätigkeiten zu identifizieren und ihre Reihenfolge sowie Ressourcenanforderungen zu ermitteln. Als nächstes folgt die Spezifikationsphase, bei der Ziel und Umfang des Prototyps festgelegt werden. Parallel dazu, müssen sowohl Managementaktivitäten (Kontrolle, Qualitätssicherung) als auch unterstützende

Aktivitäten ausgeführt werden. Diese sind keine punktuellen Aktivitäten sondern begleiten den gesamten Entwicklungsprozess und überlagern damit die eigentlichen Prozesse der Ontologie-Entwicklung.

4.5.4.4 Grundlegende Phasen im Ontologie-Engineering

In den letzten Abschnitten haben wir aktuelle Ansätze zur Entwicklung von Ontologien betrachtet. Während die Enterprise- und die TOVE-Methodologie sich lediglich mit den Kernprozessen der Ontologie-Entwicklung befassen, geht die METHONTOLOGY einen Schritt weiter und definiert zusätzlich Management- und unterstützende Aktivitäten, die in einem Ontologie-Lebenszyklus eingebettet sind.

Um die einzelnen Ansätze miteinander zu vergleichen und Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu ermitteln, betrachten wir im Folgenden nur die Kernprozesse der Ontologie-Entwicklung. Prinzipiell sehen alle Ansätze die folgenden Phasen bei der Ontologie-Entwicklung vor:

- Analysephase
- Konzeptionelle Phase
- Implementierungsphase
- Evaluationsphase

In Tabelle 2 werden die jeweiligen Aktivitäten der verschiedenen Methodologien gegenüber gestellt.

Phase	Enterprise	TOVE	METHONTOLOGY
Analysephase	**Zweck der Ontologie identifizieren**	**Motivierende Szenarien, informelle Kompetenzfragen**	**Spezifikation, Wissensakquisition**
Konzeptionelle Phase	**Erfassung (Konzepte)**	**Spezifikation der Terminologie**	**Konzeptionalisierung, Integration**
Implementierungsphase	**Kodierung, Integration**	**Formalisierung der Kompentenzfragen, Axiomatisierung**	**Implementierung**
Evaluationsphase	**Evaluation, Dokumentation**	**Vollständigkeitstheoreme**	**Evaluation, Dokumentation**

Tabelle 2: Phasen im Entwicklungsprozess von Ontologien.

4.5.5 Designkriterien von Ontologien

Designkriterien sollen den Entwicklungsprozess von Ontologien leiten und geben Hinweise, wie das erhobene Wissen strukturiert und dargestellt werden sollte. In der Literatur werden die von Gruber ([Gru93]) aufgestellten Design-Prinzipien als wesentliche Orientierung für den Erstellungsprozess von Ontologien angesehen:

- **Klarheit** („*clarity*“): Eine Ontologie sollte eine möglichst objektive und allgemein verständliche Beschreibung der erfassten Konzepte bereitstellen.
- **Kohärenz** („*coherence*“): Eine Ontologie sollte, unabhängig vom Formalisierungsgrad in sich konsistent sein.

- **Erweiterbarkeit** („*extendibility*“): Die Ontologie sollte die Definition neuer Konzepte für spezielle, nicht vorhergesehene Anwendungsfälle erlauben, ohne dass die bereits erstellten Konzeptdefinitionen revidiert und angepasst werden müssen.
- **Minimale implementatorische Beeinflussung** („*minimal encoding bias*“): Die Formalisierung der Ontologie sollte unabhängig von möglichen Symboldarstellungen erfolgen. Ontologien sollten nach dieser Auffassung das Anwendungsgebiet zunächst auf der Wissensebene ([New82]) beschreiben.
- **Minimale ontologische Beeinflussung** („*minimal ontological commitment*“): Die Ontologie sollte eine möglichst geringe ontologische Verpflichtungen von den Nutzern verlangen. Das bedeutet, dass die Ontologie möglichst wenige Annahmen über das Wissensgebiet beinhalten sollte, wodurch die Wiederverwendung der Ontologie in anderen Anwendungsszenarien erleichtert wird.

4.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel haben wir Grundbegriffe des Knowledge Engineering eingeführt und die unterschiedlichen Auslegungen der Wissensakquisition im Knowledge Engineering erläutert. Die wichtigste Wissensquelle sowohl im Knowledge Engineering als auch im Wissensmanagement sind Fachexperten, deren Wissen möglichst zeitsparend erhoben werden soll. In Abschnitt 4.4 haben wir Methoden der Wissensakquisition vorgestellt und auf psychologische Aspekte hingewiesen, die sich als entscheidender Faktor für den Erfolg der Wissensakquisition erweisen können.

Neben psychologischen Aspekten müssen Wissensingenieure üblicherweise Verständigungsprobleme überwinden, da Experten eine Fachsprache verwenden, über die selbst innerhalb des Fachgebiets nicht notwendigerweise Konsens herrschen muss. Daher wurden in diesem Kapitel abschließend Aspekte der terminologischen Normierung und Klärung diskutiert.

KAPITEL 5 COMPUTERGESTÜTZES LERNEN

In diesem Kapitel stellen wir notwendige Grundlagen für das computergestützte Lernen vor. Die Potentiale, die mit hypermedialen Informationssystemen assoziiert werden, basieren auf Annahmen und Modellen über das menschliche kognitive System sowie auf Erkenntnissen über den Lernprozess. Im Folgenden werden zunächst kognitionspsychologische Grundlagen (Abschnitt 5.2) eingeführt und unterschiedliche Lerntheorien thematisiert (Abschnitt 5.3). Abschließend stellen wir Erklärungsansätze für die lernförderlichen Potentiale hypermedialer Informationssysteme (Abschnitt 5.5) vor.

5.1 Motivation

In Kapitel 2 haben wir auf das Problem der Wissensbewahrung und -verteilung hingewiesen. In Bezug auf die Wissensverteilung, haben wir ein besonderes Augenmerk auf die Einarbeitung neuer Mitarbeiter, die aufgrund der steigenden Fluktuationsrate ein zunehmendes Problem heutiger Unternehmen darstellt. Hinzu kommt, dass der beschleunigte Wandel in der Wissensgesellschaft von den Unternehmen die Fähigkeit verlangt, sich beständig an neue Gegebenheiten anzupassen. Für die betriebliche Weiterbildung bedeutet dies, dass das (An-) lernen nicht mehr als einmaliger Akt angesehen werden kann. Vielmehr müssen die Unternehmen sich darauf einrichten, ihre Mitarbeiter kontinuierlich zu schulen.

Die permanente Weiterbildung im Unternehmen kann kaum mehr zu vertretbaren Kosten mit den traditionellen Methoden, wie Patenkonzepten oder Präsenzseminaren gewährleistet werden. Computergestützte Lernformen dagegen bieten den Vorteil, dass sie anders als traditionelle Weiterbildungsansätze, einmal erstellt, keine personelle Ressourcen, keine Schulungs- bzw. Tagungsräume erfordern und zudem beliebig oft eingesetzt werden können. Dabei kann ein viel größeres Publikum - sogar in individualisierter und personalisierter Form- erreicht werden.

Aus diesem Grund werden Computergestützte Lernformen zunehmend als eine geeignete Lösung für den verschärften Qualifizierungsbedarf heutiger Unternehmen angesehen. Sie sollten allerdings nicht als Ersatz für traditionelle Unterrichtsmethoden verstanden werden. Vielmehr setzt sich in der Literatur die Einsicht durch, dass der Einsatz computergestützter Lernformen einen wichtigen Beitrag zur Flexibilisierung der betrieblichen Bildung leisten kann. Diese Flexibilisierung kann beispielsweise durch das sogenannte *„Blended Learning“* erreicht werden, eine curriculare Einbindungsform, bei der E-Learning Bestandteile mit Präsenzteilen kombiniert werden, um einen maximalen Lernerfolg zu erreichen.

Für das computergestützte Lehren und Lernen existiert in der Literatur eine Fülle von zum Teil synonymen Bezeichnungen. Die Bandbreite reicht von CAI („*Computer aided instruction*“) über CAL („*computer aided learning*“), CBT („*computer based training*“) bis zu WBT („*web based training*“). Als Oberbegriff für alle Formen computergestützter Lehr- und Lernprozesse hat sich den Begriff E-Learning etabliert. Im Rahmen dieser Arbeit wird E-Learning als

> *„Jegliche Form der Aus- und Weiterbildung, die durch die Unterstützung mit multimedialen Bestandteilen und die Unabhängigkeit von Zeit und Ort gekennzeichnet ist“*

definiert. Im Folgenden werden zunächst kognitionspsychologische Grundlagen (Abschnitt 5.2), die aus der Sicht des Autors für das Verständnis von Lernprozessen von entscheidender Bedeutung sind, erläutert und hieran anschließend ein Überblick über Lerntheorien (Abschnitt 5.3) gegeben.

5.2 Kognitionspsychologische Grundlagen

Wenn man den Prozess des Lernens betrachtet, ist es intuitiv ersichtlich, dass Lernen eine enge Verbindung mit Wissen hat. Wissen kann als Ziel und Ergebnis von Lernprozessen verstanden werden. Der Weg, der zur Erlangung des Wissens führt, wurde in der Literatur kontrovers diskutiert. Dies wird auch anhand der Vielfalt der bislang vorgeschlagenen Theorien zur Konzeptionalisierung des Lernprozesses ersichtlich.

Losgelöst von der jeweiligen Konzeptionalisierung des Lernprozesses basiert das Lernen darauf, dass der Lerner dargebotene Informationen aufnimmt, verarbeitet und in eigene mentale Strukturen integriert. Daher werden in diesem Abschnitt Mechanismen der Informationsaufnahme und -verarbeitung thematisiert, bevor unterschiedliche Auffassungen über Kodierungsformen des Wissens im menschlichen Gedächtnis erläutert werden.

Die Kodierungsform, d.h. die Art und Weise, wie Wissen im menschlichen Gedächtnis repräsentiert wird, ist bis heute ungeklärt. Bislang vorgeschlagene Alternativen sind visuelle, sprachliche oder Mischformen. Die unterschiedlichen Auffassungen über die menschliche Informationsverarbeitung und über die Art der mentalen Kodierung von Information liefern wichtige Hinweise für die zweckmäßige Gestaltung von Lernprozessen und dienen als Grundlage für die Gestaltung von E-Learning-Systemen.

5.2.1 Das Multi-Speicher-Modell

Im Bereich der Kognitionspsychologie existiert mittlerweile eine Reihe von Modellen, die sich mit der menschlichen Informationsverarbeitung befassen. Obwohl kaum eines dieser Modelle in der Lage ist, alle Facetten der menschlichen Kognition widerspruchsfrei zu erklären, hat sich nach heutigem Erkenntnisstand das Multi-Speicher-Modell von Atkinson und Schiffrin ([Zim96]) etabliert, welches das menschliche kognitive System in drei miteinander verbundene Systeme unterteilt: das sensorische, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis (Abbildung 31).

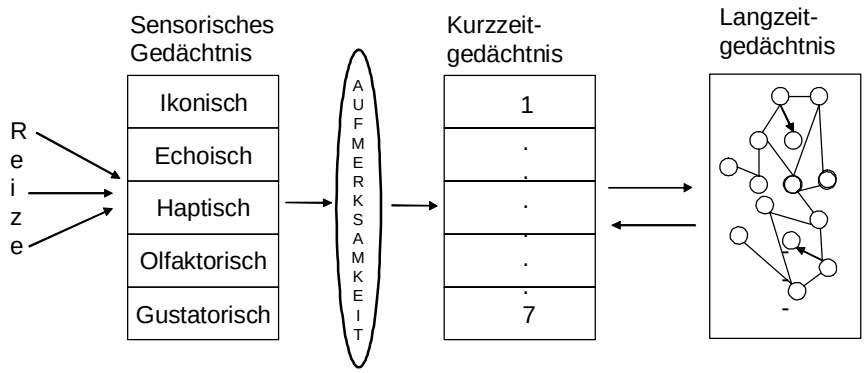


Abbildung 31: Modell des menschlichen kognitiven Systems ([Wes94])

Nach diesem Modell werden die auf uns einwirkenden Reize in drei unterschiedlichen Stufen verarbeitet. Die erste Stufe ist das sensorische Gedächtnis, das als Puffer für einströmende Reize fungiert. Im sensorischen Gedächtnis werden die Reize zunächst in unverarbeiteter sensorischer Form entsprechend ihrer jeweiligen Modalität in speziellen Subsystemen abgelegt. Visuelle Eindrücke werden beispielsweise im ikonischen Speicher abgelegt.

Das sensorische Gedächtnis hat zwar eine große Aufnahmekapazität, dennoch kann es die einströmenden Reize nur kurz vorhalten. Nach wenigen Zentelsekunden beginnen die Informationen im sensorischen Gedächtnis zu verblassen oder werden durch neue ersetzt. Sie gehen verloren, falls sie nicht vorher in die nächste Stufe gelangen.

Damit Informationen in das Kurzzeitgedächtnis aufgenommen werden, müssen sie zuerst durch einen Mustererkennungsprozess kategorisiert und als relevant eingestuft werden. Das Kurzzeitgedächtnis hat sehr niedrige Zugriffszeiten, die im Bereich von wenigen Millisekunden liegen. Dafür ist die Anzahl der gleichzeitig im Kurzzeitgedächtnis befindlichen Informationen, die Gedächtnisspanne, begrenzt. Gemäß Miller ([Mil56]) liegt die Gedächtnisspanne bei sieben (plus minus zwei) Einheiten, wobei der Informationsgehalt dieser Einheiten („chunks“) unterschiedlich komplex sein kann.

Das Kurzeitgedächtnis fungiert als Arbeitsspeicher; es stellt die Plattform unserer bewussten mentalen Aktivität dar. Informationen im Kurzzeitgedächtnis werden etwa 15 Sekunden vorgehalten, bevor sie durch neue ankommende verdrängt werden. Durch eine aktive Wiederholung können sie dennoch länger im Kurzzeitgedächtnis vorgehalten werden. Aufgrund seiner begrenzten Kapazität und seiner schnellen Verfallszeit wird das Kurzgedächtnis als der Flaschenhals der menschlichen Informationsverarbeitung angesehen.

Das Langzeitgedächtnis hat im Gegensatz zum Kurzzeitgedächtnis ein praktisch unbegrenztes Fassungsvermögen und kann große Informationsmengen langfristig, wenn nicht permanent, speichern. Dafür dauern die Ablage und der Abruf von Informationen im Langzeitgedächtnis um ein vielfaches länger als im Kurzzeitgedächtnis. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Speicherung von Informationen in das Langzeitgedächtnis etwa acht bis zehn Sekunden in Anspruch nimmt, während für das Hervorholen von Informationen etwa zwei Sekunden erforderlich sind. Weitere Informationen, die mit den ersten inhaltlich verwandt sich, werden allerdings viel schneller gefunden ([Sim89]).

Der Prozess der Übernahme von Informationen aus dem Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis wird Elaboration ([Wes94]) genannt. Dabei werden neue Informationen nicht als isolierte Pakete in das Langzeitgedächtnis abgelegt, sondern mit bereits vorhandenen verknüpft. Dies ist auch eine mögliche Erklärung für die unterschiedlichen Zeiten für die Speicherung und den Abruf von Informationen im Langzeitgedächtnis.

Einmal ins Langzeitgedächtnis übertragen, stehen uns Informationen dort prinzipiell für unbegrenzte Zeit zur Verfügung. Es zeigt sich jedoch, dass nach einem langen Retentionsintervall einige Informationen aus dem Langzeitgedächtnis verloren gehen. Für das Vergessen wurden bislang zwei Theorien vorgeschlagen.

Die erste Theorie, die sogenannte Spurenzerfalltheorie, fasst das Vergessen als eine Auswirkung der verstrichenen Zeit auf. Nach dieser Theorie werden bei der Aufnahme von Informationen im Langzeitgedächtnis Gedächtnisspuren, sogenannte Engramme, erzeugt. Diese zerfallen, falls sie nicht ständig erneuert werden. Je länger das Retentionsintervall ist, umso höher steigt auch das Ausmaß des Vergessens an. Gemäß Wessels ([Wes94]) reicht aber die Spurenzerfallstheorie nicht aus, um die Mechanismen beim Vergessen zu erklären. Zudem gestaltet sich ihre Überprüfung als äußerst schwierig, da sie es erforderlich macht, alle möglichen Störungsquellen über lange Zeiträume auszuschalten.

Die Interferenztheorie wird mittlerweile zur Erklärung des Vergessens herangezogen. Diese erklärt das Vergessen im Gegensatz zur Spurenzerfallstheorie als einen aktiven Prozess, bei dem weniger die Zeit, als vielmehr Interferenzen (Störungen) zu Informationsverlusten führen.

Interferenzen werden in proaktive und retroaktive klassifiziert. Während bei retroaktiven Interferenzen neu gelernte Informationen den Abruf älterer blockieren, hemmen bei proaktiven Interferenzen ältere Informationen die Aufnahme neuer.

5.2.2 Aufmerksamkeit als begrenzte kognitive Ressource

Zum Multi-Speicher-Modell gehören eine Reihe so genannter Kontrollprozesse, die für die Steuerung der Informationsflüsse zwischen den einzelnen Speichern zuständig sind. Durch Wiederholung (*rehearsal*) können beispielsweise Items im Kurzzeitspeicher beliebig lange gehalten werden oder in das Langzeitgedächtnis transferiert werden.

Der wichtigste Kontrollprozess, die Aufmerksamkeit, ist eng mit dem Kurzzeitspeicher verbunden und beschreibt allgemein die Begrenzung unserer kognitiven Kapazität bei der Wahrnehmung und Weiterverarbeitung von Umweltreizen sowie bei der gleichzeitigen Durchführung unterschiedlicher Tätigkeiten. Gemäß Wessels ([Wes94]) erstreckt sich der Begriff „Aufmerksamkeit“ auf eine ganze Reihe von Phänomenen, die in zahlreichen Alltagshandlungen zu beobachten sind. Wir müssen uns beispielsweise bei der Durchführung mancher Tätigkeiten auf bestimmte Reize konzentrieren und dabei andere vernachlässigen (*selektive Aufmerksamkeit*). Wir sind dennoch in der Lage, gleichzeitig mehrere Tätigkeiten durchzuführen (*geteilte Aufmerksamkeit*). Während manche Handlungen eine bewusste Kontrolle und Steuerung (*bewusste Aufmerksamkeit*) voraussetzen, laufen geübte Tätigkeiten zum Teil automatisch ab und erfordern keine bewusste Kontrolle (*unbewusste Aufmerksamkeit*).

Zur Erklärung von Aufmerksamkeit wurde eine Reihe von Modellen vorgeschlagen. Das Filtermodell beispielsweise, geht davon aus, dass wir nur eine einzige Information pro Zeiteinheit kognitiv verarbeiten können. Nach diesem Modell laufen die aus dem sensorischen Speicher ankommenden Reize durch einen Selektionsfilter, der auf der Grundlage genereller physikalischer Merkmale eine Information auswählt, die als einzige weiterverarbeitet wird. Allerdings versagt das Filtermodell bei der Erklärung unserer Fähigkeit, mehrere Tätigkeiten parallel durchführen zu können.

Ein umfassendes Modell, das sowohl selektive als auch geteilte Aufmerksamkeit erklärt, ist das Modell der Ressourcen-Allokation. Das von Kahneman ([Wes94]) vorgestellte Modell betrachtet die Aufmerksamkeit als einen begrenzten Pool von kognitiven Ressourcen, die bei der Informationsverarbeitung verteilt werden müssen. Nach diesem Modell setzen wir unsere Ressourcen je nach situativem Kontext in flexibler Weise ein und können mehrere Tätigkeiten gleichzeitig durchführen, vorausgesetzt, ihre Ressourcenanforderungen übersteigen nicht unsere Verarbeitungskapazität. Andernfalls müssen wir eine Auswahl treffen und uns auf eine Tätigkeit konzentrieren und sind damit bei der selektiven Aufmerksamkeit.

5.2.3 Repräsentation von Wissen im Langzeitgedächtnis

Das Langzeitgedächtnis besteht gemäß Tulving ([Tul72]) aus zwei spezialisierten Subsystemen, dem episodischen und dem semantischen Gedächtnis. Während im episodische Gedächtnis eigene, autobiographische Erfahrungen und Erinnerungen abgelegt werden, enthält das semantische Gedächtnis allgemeines Weltwissen, Regeln und Bedeutungen, die nicht immer an einen spezifischen Kontext gebunden sind.

Für das semantische Gedächtnis sind einige Modelle vorgeschlagen worden, darunter semantische Netze, Propositionen und Schemata (Frames).

5.2.3.1 Semantische Netze

Mit semantischen Netzen haben Collins und Quillan ([Col69]) ein Gedächtnismodell für die Repräsentation von konzeptionellem Wissen, also Wissen über strukturelle Beziehungen zwischen

Bedeutungen ([And96]), eingeführt. Collin und Quillan nahmen an, dass das Wissen über Kategorien wie Tiere, Fische, Vögel oder Kanarienvögel in einer hierarchisch angeordneten Netzstruktur im Gedächtnis repräsentiert wird, wobei eine Kategorie umso höher in der Hierarchie angesiedelt ist, je umfassender und allgemeiner diese ist. Die Kategorie Kanarienvogel ist beispielsweise der Kategorie Vogel untergeordnet, die wiederum unterhalb der Kategorie der Tiere angesiedelt ist (siehe Abbildung 32).

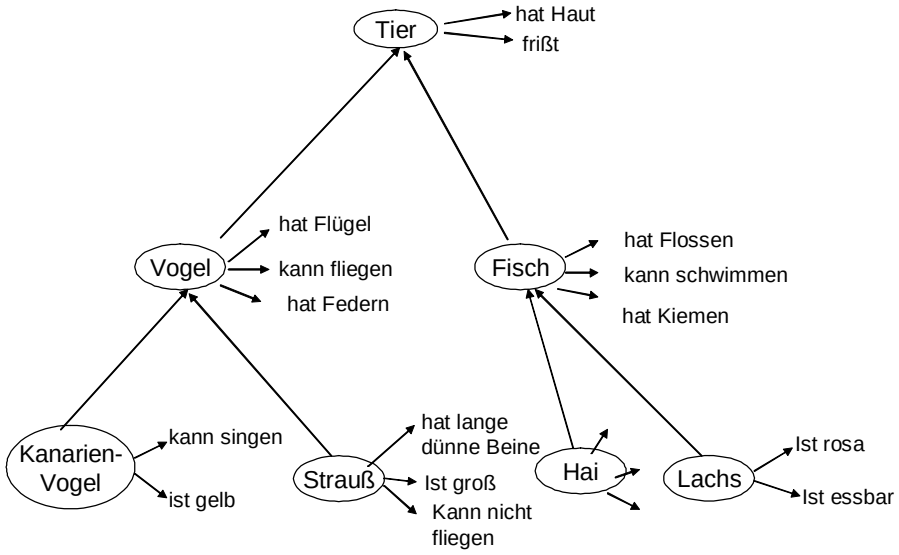


Abbildung 32: Beispiel eines semantischen Netzes ([Wes94])

Das Netzwerkmodell von Collins und Quillan sieht zudem zwei grundlegende Arten von Beziehungen vor, die *IS-A*-Beziehung, welche eine Konzept-Oberkonzept-Relation ausdrückt, und die Beziehung *Has-Prop*, mit Hilfe derer, die Eigenschaften von Konzepten beschrieben werden. Ferner nehmen Collins und Quillan an, dass wir bei der Speicherung der Eigenschaften von Konzepten besonders ökonomisch vorgehen. Demnach wird jede Eigenschaft nur einmal repräsentiert, und zwar auf der höchsten Ebene in der Konzepthierarchie, wodurch sie dann für alle untergeordneten Konzepte gilt.

Anhand einer Reihe von Untersuchungen zur Verifikation einfacher Sätze stellten Collins und Quillian fest, dass die Reaktionszeiten von der Anzahl der abzusuchenden Ebenen in der Konzepthierarchie abhängen. So wurde beispielsweise für die Verifikation des Satzes „Kanarienvögel können singen“ weniger Zeit benötigt als für die Verifikation des Satzes „Kanarienvögel haben Federn“, welcher wiederum schneller bestätigt wurde als der Satz „Kanarienvögel haben Haut“ ([And96]).

Aufgrund seiner Klarheit und seiner plausiblen Erklärung für Inferenzprozesse bei der Verifikation einfacher Sätze ist das Modell auf große Resonanz gestoßen. Insbesondere wurde es im Bereich der KI aufgegriffen und als Wissensrepräsentationsformalismus adaptiert.

Zahlreiche Untersuchungen lieferten allerdings Hinweise darauf, dass das Netzwerkmodell zu starr ist und die angenommene hierarchische Organisation von Konzepten sowie die kognitive Ökonomie bei der Speicherung von Eigenschaften nicht aufrecht zu halten sind. Es konnte beispielsweise gezeigt werden, dass die Aussage „Ein Rotkehlchen ist ein Vogel“ schneller verifiziert wird als die Aussage „Ein Huhn ist ein Vogel“, obwohl beide Begriffe (Rotkehlchen

und Huhn) die gleiche Entfernung zum übergeordneten Begriff haben. Dieser Widerspruch lässt sich auf *„Typikalitätseffekte“* zurückführen: Wir empfinden manche Instanzen eines Konzepts als typische Vertreter dieser Kategorie. Daher werden auch solche Sätze schneller verifiziert, die die Kombination Konzept - typischer Vertreter beinhalten.

Zur Beseitigung der entdeckten Defizite wurde eine Reihe alternativer Modelle vorgestellt, darunter das Modell der sich ausbreitenden Aktivierung und das Modell des Merkmalsvergleichs. Das Modell der sich ausbreitenden Aktivierung ist eine Weiterentwicklung der ursprünglichen Konzeption der semantischen Netze und wurde von Collins und Lotfus ([Col75]) vorgestellt. Bei diesem Modell wurde die Annahme einer hierarchischen Anordnung von Konzepten zu Gunsten des Prinzips der semantischen Distanz aufgegeben. Dieses Modell trägt der Tatsache Rechnung, dass wir Begriffe nicht als isolierte Einheiten wahrnehmen, sondern deren Bedeutung häufig durch eine Reihe weiterer Begriffe erschließen, die mit ihnen in Verbindung stehen. Begriffspaare können beispielsweise in eine Begriff-Oberbegriff-Beziehung stehen, Synonyme oder Antonym sein. Zudem können die Verbindungen zwischen Begriffen unterschiedliche Stärken aufweisen. Der Begriff Bus beispielsweise wird mit den Begriffen Student und Schule stärker assoziiert als mit dem Begriff Feuerwehr und hat damit stärkere Verbindungen zu diesen Begriffen als zum Begriff Feuerwehr. In diesem Modell wird außerdem angenommen, dass beim Abruf eines Konzepts seine Aktivierung sich ebenfalls auf benachbarte Konzepte ausbreitet ([Wes94]).

5.2.3.2 Schemata

Bei der Durchführung zahlreicher Alltagshandlungen, wie dem Lesen eines Buches oder dem Führen einer Unterhaltung, müssen wir mit Informationen umgehen, die weitaus komplexer sind als einfache Konzepthierarchien. Zur Darstellung solcher komplexen Informationen wurde im Bereich der Kognitionspsychologie die Schema-Konzeption vorgeschlagen. Diese basiert auf Beobachtungen, nach denen neue Informationen auf der Basis von im Gedächtnis vorhandenen Strukturen organisiert und erinnert werden. Derartige Strukturen werden unter dem Schema-Begriff subsumiert.

In [Rei91] wurde ein Beispiel eines möglichen Gedächtnisschemas vorgestellt. Die Aktivierung des Schemas „Hochgebirge“ (z.B. durch eine Gebirgswanderung oder die Betrachtung entsprechender Fotos) bewirkt die mentale Präsenz eines (stereo-) typischen Hochgebirges mit Felsen, Schneefeldern, Wiesen und Nadelbäumen. Es fallen uns zudem typische Tiere ein, z.B. Steinböcke oder Gämsen, ein.

Eine besonders wichtige Idee der Frame-Konzeption ist die der *Default-Eigenschaften,* d.h. Eigenschaften eines Prototyps, die Mitglieder der jeweiligen Klasse charakterisieren, wobei sie nicht notwendigerweise bei allen Klassenmitglieder vorkommen müssen. Ein viel zitiertes Beispiel einer Default-Eigenschaft ist die Fähigkeit von Vögeln fliegen zu können. Diese ist untrennbar mit dem Konzept „Vogel“ verbunden, obwohl sie nicht für alle Vogelarten zutrifft.

Basierend auf Grundprinzipien der Schema-Konzeption hat Minsky das Frame-Konzept zur Wissensrepräsentation eingeführt.

5.2.3.3 Propositionen

Propositionale Darstellungen als Modell zur Darstellung komplexer Sachverhalte fanden neben Schemata eine große Verbreitung. Diese wurden überwiegend in Verbindung mit der Verarbeitung von Textabschnitten untersucht und basieren auf dem Konzept der Proposition. Gemäß Anderson ([And96]) wird mit Proposition

„die kleinste Wissenseinheit bezeichnet, die eine selbständige Aussage bilden kann

und sich als wahr oder falsch beurteilen lässt.“

Mit Hilfe von Propositionen können, abstrahierend vom genauen Wortlaut eines Satzes, Beziehungen zwischen Begriffen ausgedrückt werden. Mit der Proposition *AUFFAHREN (AUTO, LASTWAGEN)*, welche die Bedeutung des Satzes „Das Auto fuhr auf den Lastwagen auf“ ausdrückt, wird beispielsweise eine Beziehung zwischen den Begriffen „Auto“ und „Lastwagen“ festgelegt ([Wes94]).

Zahlreiche Untersuchungen konnten Belege dafür liefern, dass wir uns solcher propositionalen Darstellungen bedienen, um die Bedeutung von Textabschnitten darzustellen. Dabei behalten wir eher die Bedeutung solcher elementaren Aussagen in Erinnerung und weniger den genauen Wortlaut der einzelnen Textabschnitte ab ([And96]).

5.2.3.4 Theorie der dualen Kodierung

Nachdem in den letzen Abschnitten unterschiedliche Modelle zur Repräsentation verbaler Inhalte vorgestellt wurden, stellt sich die Frage nach der Kodierung nonverbaler Informationen im menschlichen Gedächtnis. Diese Frage wurde im Bereich der kognitiven Psychologie kontrovers diskutiert. Während manche Autoren der Auffassung sind, dass alle Gedächtnisinhale auf propositionale Darstellungen zurückzuführen sind, nehmen die so genannten Depiktionalisten zusätzlich zu propositionalen Repräsentationsformaten bildhafte (analoge) Formate an.

Diese Annahme basiert auf eine Reihe von Untersuchungen ([And96]) in Verbindung mit der visuellen Informationsverarbeitung, bei denen nachgewiesen wurde, dass wir ein beachtliches Erinnerungsvermögen für bildhafte Informationen besitzen und dass wir unsere Erinnerungsleistung für verbale Informationen erheblich steigern können, wenn wir dazu bildhafte Vorstellungen entwickeln. Dieser Befund wird in der Literatur auch als der *Bildüberlegenheitseffekt* bezeichnet ([Blu98]).

Zur Erklärung dieses Befundes hat Paivio in [Pai86] das Modell der dualen Kodierung eingeführt. Dieses Modell wird in der Literatur häufig zur Erklärung der lernförderlichen Potentiale hypermedialer Systeme herangezogen.

Nach der Theorie der dualen Kodierung wird davon ausgegangen, dass verbale und bildhafte Informationen in unterschiedlichen kognitiven Systemen verarbeitet und enkodiert werden (Siehe Abbildung 33). Während das verbale System die Verarbeitung verbal-semantischer Informationen übernimmt, werden bildhafte Informationen im imaginalen System enkodiert. Der Grund für das bessere Behalten von Bildern gegenüber Bezeichnungen sieht Paivio in ihrer doppelten Kodierung im menschlichen Gedächtnis: Wenn wir Bilder wahrnehmen, wird demnach das imaginale System automatisch aktiviert und nonverbales Wissen enkodiert. Fast immer wird das verbale System ebenfalls einbezogen und das entsprechende semantische Wissen (z.B. die Bildbezeichnung) mitenkodiert. Analog dazu, so Paivio, führt die Wahrnehmung konkreter Nomina mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer dualen Enkodierung, während

abstrakte Begriffe, zu denen bildhafte Vorstellungen sich nur schwer finden bzw. entwickeln lassen, eine einzige Enkodierung im verbalen System erfahren.

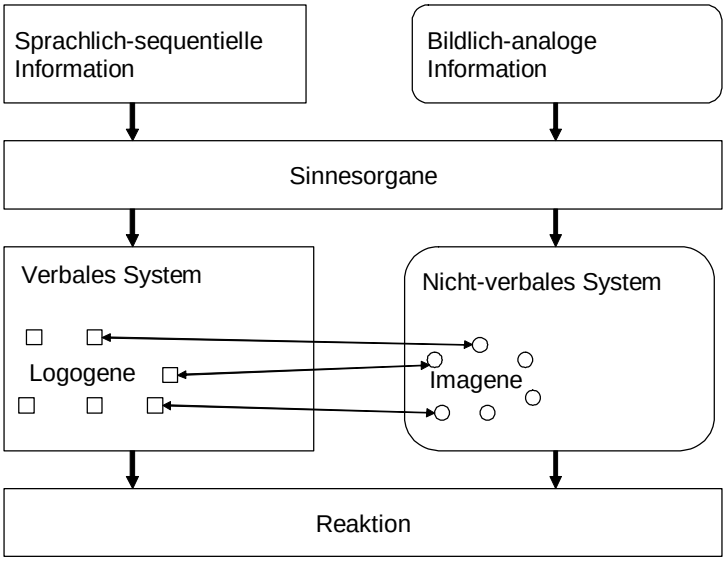


Abbildung 33: Duale Kodierung von Paivio ([Has95])

Obwohl einige Untersuchungen ([Pai86]) und neuropsychologische Erkenntnisse zur Hemisphärenspezialisierung die Theorie der dualen Kodierung zu bestätigen scheinen, blieb sie nicht unwidersprochen. Vertreter eines einheitlichen semantischen Gedächtnisses argumentierten beispielsweise, dass der Bildüberlegenheitseffekt lediglich dadurch zustande kommt, dass Bilder bedeutungsreicher seien als konkrete Begriffe, die wiederum bedeutungsreicher sind als abstrakte.

Nichtsdestotrotz bildete das Modell der dualen Kodierung die Grundlage für eine Reihe von Untersuchungen zum Text- und Bildverstehen. Auf der Grundlage von Paivios Theorie wurden einige Weiterentwicklungen vorgestellt. Hasebrook ([Has95]) und Mayer ([May01]) beispielsweise haben basierend auf Paivios Theorie Modelle des multimedialen Lernens entwickelt.

5.3 Lerntheoretische Grundlagen

Computergestützte Lernprozesse spiegeln immer, wenn auch zum Teil implizit, eine bestimmte didaktische Lerntheorie wider. In Bezug auf die Art und Weise, wie der Lernprozess konzeptionalisiert wird, lassen sich in der Literatur drei grundlegende Positionen unterscheiden: der Behaviorismus (Abschnitt 5.3.2), der Kognitivismus (Abschnitt 5.3.3) und der Konstruktivismus (Abschnitt 5.3.4).

Im Folgenden wird zunächst der Begriff „Lernen“ abgegrenzt, bevor die drei lerntheoretischen Grundpositionen erläutert und bewertet werden.

5.3.1 Begriffsbestimmung

Der Begriff Lernen wird je nach dem zugrunde liegende Paradigma unterschiedlich definiert. Unabhängig davon, wie der Lernprozess konzeptionalisiert wird, ist es intuitiv einsichtig, dass

Lernen mit Wissen zu tun hat ([Bau94]). Dementsprechend, definiert Mielke ([Mie01]) Lernen als einen

> *„Prozess, bei dem man einen Weg zurücklegt und dabei zu Wissen gelangt“.*

Das Ergebnis von Lernprozessen ist also eine Wissensneubildung, die sich üblicherweise im Verhalten des Lerners manifestiert. Da Wissen in unterschiedlichen Formen (siehe Abschnitt 2.2.2) auftritt, ist zu erwarten, dass für manche Wissensarten eine besondere Lernform erforderlich ist. Während deklaratives Wissen beispielsweise durch einfaches *Auswendiglernen* erschlossen werden kann, versagt diese Lernform beim Erwerb tieferer Verhaltensdispositionen.

Es besteht zudem Konsens darüber, dass nur diejenigen Verhaltensänderungen als Ergebnis von Lernprozessen akzeptiert werden, die dauerhaft sind und nicht aufgrund genetisch vorbestimmter Änderungen, etwa Wachstumsprozessen, eintreten. In diesem Sinne wird Lernen in [Lef94] wie folgt definiert:

> *„Lernen umfaßt alle Verhaltensänderungen, die aufgrund von Erfahrungen zustandekommen. (...) In dieser Definition sind Veränderungen ausgeschlossen, die aufgrund von Reifevorgängen (genetisch vorbestimmten Änderungen), künstlichen chemischen Änderungen wie z. B. Konsequenzen der Einnahme von Drogen, oder vorübergehenden Veränderungen, z. B. durch Ermüdung, entstehen.“*

Im Folgenden werden die wichtigsten Lernparadigmen Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus näher betrachtet.

5.3.2 Behaviorismus

Der Behaviorismus erklärt Lernvorgänge als Veränderung von Verhalten durch die Einrichtung einfacher Reiz-Reaktions-Mechanismen ([San99]). Für den Behaviorismus, sind innere kognitive Vorgänge der wissenschaftlichen Analyse unzugänglich und werden daher nicht berücksichtigt. Im Behaviorismus wird das Gehirn als eine Blackbox betrachtet, die auf Reize in einer deterministischen Art und Weise reagiert ([Bau94]).

Je nachdem, wie der Lernprozess im Behaviorismus konzeptualisiert wird, lassen sich zwei Hauptströmungen unterscheiden. Die sogenannte *klassische Konditionierung* geht auf den russischen Physiologen Pawlov zurück und fasst den Lernprozess als die Erzeugung bedingter Reflexe auf der Grundlage identifizierbarer Reize auf. Das Lernen erfolgt durch eine wiederholte Kombination eines Reiz-Reaktions-Mechanismus: auf einen geplanten und beobachtbaren Reiz soll eine Reaktion erzeugt werden. Diese Lernform wird auch *Reiz-Reaktions-Lernen* genannt ([Ede00]).

Die *operante Konditionierung* geht auf Skinner zurück und stellt eine Weiterentwicklung des einfachen Reiz-Reaktions-Lernens dar. Anders als im *Reiz-Reaktions-Lernen*, bei dem das Antwortverhalten, d.h. die Aktivierung von Reaktionsmustern auf der Grundlage vorausgehender Reize im Vordergrund steht, steht im *instrumentellen Lernen* das Verhalten oder vielmehr die Konsequenzen, die auf das Verhalten folgen, im Vordergrund ([Ede00]). Im instrumentellen Lernen können gemäß Edelmann ([Ede00]) die folgenden Grundmechanismen unterschieden werden:

- **Bekräftigung bzw. Verstärkung**: Folgt aus einem neu erlernten Verhalten eine positive Konsequenz, so steigt die Wahrscheinlichkeit an, dass dieses Verhalten in der Zukunft bei ähnlichen Situationen gezeigt wird.
- **Bestrafung**: Folgt eine negative Konsequenz auf ein Verhalten, so verringert sicht die

Wahrscheinlichkeit, dass dieses Verhalten zumindest für kurze Zeit nicht wieder auftritt.

- **Löschung**: Folgt keine Reaktion auf das gezeigte Verhalten, so wird es mit der Zeit abgelegt.

In behavioristischen Lernszenarien wird angenommen, dass der Lernprozess a priori vorhersagbar ist und durch den Lehrenden steuerbar ist. Dieser nimmt damit eine herausragende Stellung im Lernprozess ein. Er hat die Aufgabe, die Lernziele aufzustellen und die Lehrinhalte entsprechend der definierten Ziele in kleine Informationseinheiten zu zerteilen und diese für die Wissensvermittlung in einer „optimalen“ Reihenfolge zu bringen. Es besteht Konsens darüber, dass mit behavioristische Lernsystemen nur einfache Lernziele, wie das Auswendiglernen und Wiedergeben von Fakten oder das Erlernen körperlicher Fertigkeiten, sinnvoll ist. Gemäß Holzinger ([Hol00]) erlauben behavioristische Lernumgebungen keine dauerhafte Wissensaneignung. Die gelernten Inhalte sind kurz nach der Lernphase wieder verloren und stehen für spätere Problemlöseprozesse nicht zur Verfügung.

Elektronische Umgebungen, die auf Konzepten des Behaviorismus basieren, werden unter dem Begriff *programmierte Instruktion* zusammengefasst ([Ker01]). Bei dieser Art von Lernumgebungen werden dem Lerner die Informationseinheiten sequentiell präsentiert, wobei nach jeder Lerneinheit einige Fragen zur Prüfung des Lernfortschritts gestellt werden. Bei einer richtigen Beantwortung wird mit dem Lehrstoff fortgefahren, eine fehlerhafte Antwort führt zur Wiederholung der Fragen.

5.3.3 Kognitivismus

Der Kognitivismus betont im Gegensatz zum Behaviorismus die inneren Prozesse des menschlichen Gehirns und versucht, diese zu unterscheiden, zu untersuchen und in ihrer jeweiligen Funktion miteinander in Beziehung zu setzen ([Bau94]). Im Kognitivismus wird die im Behaviorismus herrschende Sicht des menschlichen Gehirns als Blackbox zu Gunsten einer Betonung der menschlichen Kognition aufgegeben: Der Mensch wird nunmehr als Individuum angesehen, das nicht durch äußere Reize steuerbar ist, sondern selbständig und unterschiedlich Informationen verarbeitet. Diese Abgrenzung zum Behaviorismus wurde als so fundamental angesehen, dass man von einer kognitiven Wende in der Psychologie sprach ([Ede00]).

Ein wichtiges Ziel des Kognitivismus ist die Entwicklung theoretischer Modelle zur Erklärung menschlicher Denkprozesse. Da eine direkte Beobachtung geistiger Prozesse im menschlichen Gehirn kaum realisierbar ist, werden Analogien verwendet. Gemäß Holzinger ([Hol00]) wird im Kognitivismus das Gehirn analog zum Computer als ein „informationsverarbeitendes Gerät“ aufgefasst, das Eingaben aufnimmt, verarbeitet und daraus Ausgaben generiert. Daher wird im Kognitivismus das Lernen nicht als Wissensvermittlung definiert, sondern als eine spezielle Art der Informationsaufnahme und -verarbeitung angesehen, an dessen Ende die Wissenserzeugung beim Lerner steht.

Die Lehrer-Lerner-Interaktion im Kognitivismus entspricht dem klassischen Kommunikationsmodell mit einem Sender, einem Übertragungsmedium und einem Empfänger. Der Lehrer als Sender teilt dem Lerner den Lehrstoff über ein bestimmtes Medium und in einer bestimmten Kodierung mit. Der Lerner als Empfänger dekodiert die Information mit Hilfe seines Vorwissens und seiner internen Verarbeitungsprozesse. Anders als im Behaviorismus werden im Kognitivismus individuelle Unterschiede im Lernverhalten sowie Lernprobleme thematisiert. Lernprobleme werden im Kognitivismus auf eine der folgenden Ursachen zurückgeführt ([Hol00]):

- Die Eingabeinformation war fehlerhaft.

- Die Informationsaufnahme des Lernenden wurde durch bestimmte Einflüsse, etwa mangelndes Vorwissen oder Motivationsprobleme, gestört.
- Die interne Informationsverarbeitung beim Lernenden verlief nicht optimal und produzierte Fehler.

Im Kognitivismus geht es nicht mehr um die Erzeugung richtiger Antworten auf der Grundlage vorausgehender Reize. Vielmehr soll der Lerner Methoden und Verfahren zur Lösung von Problemen erlernen. Das dominierende Paradigma im Kognitivismus ist nach Baumgartner ([Bau94]) die Problemlösung.

Im Kognitivismus steht der Lerner, der entsprechend seiner Interessen sich selbst Lernziele vorgibt und Inhalte selbstständig ordnet, im Vordergrund. Der Lehrer übernimmt die Rolle eines aktiven Tutors im Hintergrund, der den Lernenden während der Lernprozesse begleitet und ihm Hilfestellung beim Problemlösen gibt.

Elektronische Umgebungen, die auf Konzepten des Kognitivismus basieren, werden unter dem Begriff *tutorielle Systeme* subsumiert ([Ker01], [Hol00]). Mit tutoriellen Systemen wird eine ganze Klasse adaptiver Systeme bezeichnet, die sich an den Wissensstand des jeweiligen Benutzers anpassen und ihm individuelle Hilfestellungen bei der Problemlösung geben.

5.3.4 Konstruktivismus

Der Konstruktivismus vertritt die Annahme, dass jeder Mensch die vermeintlich objektiv existierende Realität nicht objektiv wahrnimmt, sondern individuell für sich konstruiert. Interne und individuelle Verstehensprozesse, d.h. Wahrnehmungs-, Interpretations- und Konstruktionsprozesse, werden im Konstruktivismus wesentlich stärker betont als im Behaviorismus oder im Kognitivismus.

Im Gegensatz zum Kognitivismus, der das menschliche Gehirn als ein informationsverarbeitendes Gerät auffasst, hat der Mensch nach konstruktivistischer Auffassung keinen informationellen Input und Output. Vielmehr wird hier der Mensch als ein autopoetisches System betrachtet, das nach Baumgartner ([Bau94])

> *„auf zirkulärer Kausalität und Selbstrefentialität beruht und autonom strukturdeterminiert ist“.*

Nach dieser Auffassung ist der Mensch gegenüber seiner Umwelt ein informationell abgeschlossenes System, das selbst intern Informationen erzeugt, wodurch es sich seine eigene Wirklichkeit konstruiert. Unter dieser Perspektive kann der Mensch nicht belehrt werden. Im Konstruktivismus wird Lernen als aktiver Prozess verstanden, bei dem der Lernende Inhalte durch Interpretation und Einbettung in seine bisherigen Wissensstrukturen neues Wissen konstruiert. Diese Konstruktion wird gemäß Gerstenmaier ([Ger95]) nicht im luftleeren Raum vollzogen, sondern ist immer in soziale und physikalische Kontexte eingebettet. Das Ergebnis eines Lernprozesses ist dabei weder planbar noch steuerbar, da im Konstruktivismus das Lernen als eine individuelle Wissenskonstruktion aufgefasst wird.

Streng genommen wird im Konstruktivismus keinen einheitlichen Standpunkt vertreten. Die Ablehnung einer real existierenden Wirklichkeit wird als radikaler Konstruktivismus bezeichnet. In letzter Konsequenz führt sie zu einem Paradox, denn bei einer nur mental existierenden Realität, dürfte die radikal konstruktivistische Theorie ebenfalls nicht existieren.
Nach dem radikalen Konstruktivismus sollte Lernen vollkommen frei von äußeren Einflüssen auf den Lernenden sein, der explorativ alle relevanten Zusammenhänge selbst zu entdecken hat. Dies kann allerdings sehr zeitaufwändig werden. Zudem liegt ein sehr schmaler Grat zwischen selbstgesteuertem Lernen und Überforderung des Lerners.

Daher sieht eine moderatere Form des Konstruktivismus vor, dass der Lehrer an geeigneten Stellen aktiv wird, um den Lerner zu unterstützen. Gleichwohl wird hier auch der Lernprozess als eine individuelle Wissenskonstruktion angesehen, was sich auch in der für den Lehrer vorgesehenen Rolle widerspiegelt. Während er im Behaviorismus den Lernprozess steuert, im Kognitivismus immerhin die Rolle eines aktiven Tutors hat, wird er im Konstruktivismus auf die Rolle eines (nicht einmal unfehlbaren) Trainers degradiert, der aber die individuelle Wissenskonstruktion des Lerners durch Anregungen und Hinweise unterstützen kann.

Der konstruktivistische Lernprozess lässt sich gemäß Gerstenmaier ([Ger95]) durch die folgenden Merkmale beschreiben:

- Lernen ist ein aktiver Prozess
- Lernen ist ein selbstgesteuerter Prozess
- Lernen ist ein konstruktiver Prozess
- Lernen ist ein situativer Prozess
- Lernen ist ein sozialer Prozess

Konstruktivistisch-orientierte Lernumgebungen versuchen, den Lerner mit möglichst realen Problemstellungen zu konfrontieren, die ihn dazu anregen, kreativ Wissen zu konstruieren. Anders als im Kognitivismus steht dabei nicht das Lösen bereits bekannter Probleme im Vordergrund, sondern das Erkennen der Problemstellung aus einer komplexen Situation und die Fähigkeit, das erworbene Wissen anzuwenden. Gerade in der späteren Anwendung liegen Problemstellungen nicht wie etwa in Lehrbüchern vorformuliert vor, sondern müssen erst erkannt werden.

5.3.5 Vergleich der Lernparadigmen

In der folgenden Tabelle (Tabelle 3) werden noch einmal die drei Lernparadigmen gemäß relevanter lernspezifischer Unterschiede gegenüber gestellt. Die in den vorhergehenden Abschnitten vorgestellten Modelle des Lernens vertreten zum Teil sehr unterschiedliche Auffassungen des Lernprozesses.

	Behaviorismus	**Kognitivismus**	**Kognitivismus**
Gehirn ist	passiver Behälter	informationsverarbeitendes Gerät	informationell geschlossenes System
Wissen wird	abgelagert	verarbeitet	konstruiert
Wissen ist	eine korrekte Reiz-Reaktions-Kette	ein adäquater interner Verarbeitungsprozess	mit einer Situation operieren zu können
Lernziele	richtige Antworten	richtige Methoden zur Antwortfindung	komplexe Situationen bewältigen
Paradigma	Stimulus-Response	Problemlösung	Konstruktion
Strategie	Lehren	beobachten und helfen	kooperieren
Lehrer ist	Autorität	Tutor	Coach, Trainer

Tabelle 3: Vergleich der Lernparadigmen ([Bau94]).

Der Behaviorismus kann als überholt angesehen werden, da er auf einer sehr vereinfachenden Konzeptionalisierung des Lernprozesses basiert. Durch das Reiz-Reaktions-Muster wird unterstellt, dass Wissen in den Kopf des Lernenden übertragen lässt. Gleichwohl lassen sich bestimmte Lernziele, wie der Erwerb körperlicher Fertigkeiten durch behavioristische Lernmethoden erreichen.

Im Kognitivismus hingegen werden interne Verarbeitungsprozesse betont. Lernen wird hier als eine spezielle Art der Informationsaufnahme und -verarbeitung angesehen, die beim korrekten Ablauf zur Wissenserzeugung beim Lerner führt. Dabei steht das Erlernen von Methoden zur Problemlösung im Vordergrund.

Der Konstruktivismus fasst den Lernprozess als eine individuelle Wissenskonstruktion auf. Diese vollzieht sich zwar in sozialen Kontexten, kann aber in der radikalen Auffassung des Konstruktivismus nicht gesteuert werden. Allerdings muss kritisch hinterfragt werden, ob das vollkommen freie Lernen nicht zur Überforderung des Lerners führt. Daher muss in praktische Szenarien ein Mittelweg zwischen dem explorierenden, freien Lernen und der didaktischen Steuerung und Unterstützung durch den Lehrer angestrebt werden.

5.4 Technische Grundlagen

In Abschnitt 5.1 haben wir eine Definition des Begriffs E-Learning eingeführt, die die Rolle von Medien bei der Gestaltung computergestützter Lernprozessen hervorhebt. Im diesem Abschnitt werden die Begriffe „Medien“ und „Multimedia“ abgegrenzt, bevor das Hypertextkonzept, das eine besondere Rolle bei der Gestaltung computergestützter Lernumgebungen spielt, erläutert wird.

5.4.1 Multimedia

In der Literatur finden sich zahlreiche Definitionen des Multimediabegriffs, die von unterschiedlichen Erkenntnisinteressen der jeweiligen Fachdisziplinen geprägt sind. Eine erste Annäherung an den Multimediabegriff kann über die beiden Morpheme „*Multi*“ und „*Media*“ erfolgen. *Multi* ist abgeleitet von dem lateinischen Adjektiv *multus* (viel, vielfach). *Media* ist der englische Begriff für Medien (singular: das Medium). Medien sind gemäß der Brockhaus Enzyklopädie ([Bro02])

> *„Vermittlungssysteme für Informationen aller Art, ihre Funktion ist der Transport von Inhalten.“*

Einige Definitionsversuche werden direkt aus den Bedeutungen der beiden Wortbestandteile abgeleitet und rücken den Aspekt der Multimedialität, d.h. die Verknüpfung mehrerer Medien im Vordergrund. Diese Auslegung ist aber nicht ausreichend, da dadurch jede beliebige Fernsehsendung, ein Buch mit Abbildungen oder ein Diavortrag mit Begleitmusik bereits als Multimedial zu gelten hätte. Daher stellen einige Autoren den Aspekt der Integration mehrerer Medien als wichtiges Merkmal von Multimedia heraus. In diesem Sinne führt Steinmetz in [Ste96] beispielsweise die folgenden Kriterien an, die ein Multimedia-System aufzuweisen hat:

- **Kombination von Medien:** Eine Multimedia-Anwendung muss diskrete (zeitunabhängige) und kontinuierliche (zeitabhängige) Medien beinhalten.
- **Unabhängigkeit:** Die integrierten Medien dürfen nicht starr miteinander gekoppelt sein.
- **Rechnergestützte Integration:** Durch die Unabhängigkeit der Medien besteht die Mög-

lichkeit, diese nach Bedarf zu kombinieren und zueinander in Beziehung zu setzen. In einem Multimedia-System sollen diese Aktivitäten durch den Rechner unterstützt werden.

Darauf basierend definiert er ein Multimedia-System als

> *„ein System, das durch die rechnergestützte, integrierte Erzeugung, Manipulation, Darstellung, Speicherung und Kommunikation von unabhängigen Informationen gekennzeichnet ist, die in mindestens einem kontinuierlichen (zeitabhängigen) und einem diskreten (zeitunabhängigen) Medium kodiert sind“.*

Für Weidenmann ([Wei97]) ist die Betrachtung von Multimedia aus nur der technischen Perspektive nicht ausreichend, da der kommunikative Aspekt eine große Rolle spielt. Dazu schlägt er die getrennte Betrachtung der Kategorien *Medium*, *Kodierung* und *Sinnesmodalität* vor, da diese häufig miteinander vermischt werden. Unter Medium werden Objekte bzw. technische Geräte verstanden (Buch, PC, Videorecorder), mit denen sich Botschaften speichern und kommunizieren lassen. Unter Kodierung wird das Format bzw. Symbolsystem (verbal, piktorial) verstanden, mit dessen Hilfe Inhalte kodiert bzw. präsentiert werden. Die Modalität hingegen betrifft die Sinnesorgane (visuell, auditiv), mit denen der Rezipient die angebotenen Inhalte wahrnimmt. Durch diese Kategorisierung kann der Begriff Multimedia in die Dimensionen Multimedialität, Multicodalität und Multimodalität unterteilt werden. In diesem Sinne bedeutet „multimedial“ die Kombination mindestens zweier Medien, multicodal die Verwendung mindestens zweier Symbolsysteme und multimodal das Ansprechen von mindestens zwei Sinnesorganen.

Basierend auf dieser Differenzierung der Begriffe Medium, Kodierung und Sinnesmodalität hat Blumstengel ([Blu98]) Multimedia wie folgt definiert:

> *„rechnergestützte und integrierte Präsentationsform von Informationen, die multicodal, multimodal und für eine interaktive Nutzung ausgelegt ist“.*

In dieser Definition wurde der Aspekt der *Interaktivität* berücksichtigt. Damit wird gefordert, dass multimediale Systeme dem Benutzer die Möglichkeit geben sollten, über entsprechende Kanäle auf die Präsentation Einfluss zu nehmen.

5.4.2 Hypertext und Hypermedia

Hypertext

Gemäß Kuhlen ([Kuh91]) besteht die Grundidee von Hypertext darin, dass Informationseinheiten in denen Sachverhalte über einen Weltausschnitt in textueller, graphischer und audiovisueller Form dargestellt werden, flexibel über Verknüpfungen manipuliert werden können.

In Hypertexten bilden Knoten die grundlegenden, atomaren Einheiten der Informationsspeicherung. Knoten werden durch Links miteinander verknüpft, wodurch eine netzartige Struktur beschrieben wird. Die gesamte Menge der Knoten eines Hypertexts wird Hypertextbasis genannt. Der Umfang und Inhalt der Knoten in einer Hypertextbasis kann stark variieren.

Hypertexte werden häufig in Abgrenzung zu konventionellen Textformen, etwa Texten aus gedruckten Büchern, als eine *nicht-lineare* ([Kuh91], [Rou96a]) Form der Informationspräsentation definiert. Die Linearität konventioneller Texte bezieht sich auf die vom Verfasser vorgenommene Aufteilung des Inhalts in einzelne kohäsive Einheiten, die in eine Reihenfolge gebracht werden, so dass ein stimmiger und kohärenter Text entsteht. Die damit realisierte Abfolge von Absätzen und Kapiteln stellt eine, aus der Sicht des Verfassers „ideale“ Reihen-

folge der Informationsaufnahme durch den Leser dar. Hypertexte hingegen erlauben dem Leser, die Inhalte entsprechend seinen eigenen Bedürfnissen und Zielen auszuwählen oder zu ignorieren, in dem er Links selektiv aufruft.

Einige Autoren verweisen darauf, dass eine eindeutige Grenzziehung anhand des Linearitätsprinzips nicht möglich ist, da gedruckte Texte zum Teil nicht-lineare Elemente besitzen ([Kuh91], [Rou96a]). Dazu gehören textstrukturierende Merkmale wie Inhaltsverzeichnisse oder Wortindizes, die den Benutzer in die Lage versetzen, den vom Autor vorgegebenen Lesepfad zu verlassen und bestimmte Textstellen direkt herauszusuchen, ohne den gesamten Text lesen zu müssen. Weitere Mittel sind Fußnoten oder Verweise, die, analog zum Hypertext, Verknüpfungen zu anderen Informationseinheiten darstellen, für deren Verfolgung der Benutzer sich entscheiden kann.

Eine wichtige Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Hypertext und konventionellem Text besteht allerdings darin, dass die einzelnen Informationseinheiten im Hypertext mit der Ausrichtung auf eine beliebige Rezeptionsreihenfolge erstellt werden. Zudem wird die Nutzung nicht-linearer Mittel in einer computerbasierten Umgebung begünstigt ([Rou96], [Rei90]). In einem Experiment konnten Reinking und Rickmann ([Rei90]) beispielsweise zeigen, dass Leser eines Online-Textes mit Begriffsdefinitionen viel häufiger bei Unklarheiten im elektronischen Glossar nachgeschlagen haben als Leser in der Papierversion. Dies deutet darauf hin, dass die kognitiven Kosten, die durch das Verfolgen von Verknüpfungen entstehen, in einem Hypertext niedriger sind als in konventionellen Texten.

Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit betrifft nach Kuhlen ([Kuh91]) den Begriff der globalen Kohärenz, die in ein Hypertextsystem streng genommen nicht existieren kann. Vielmehr wird in Hypertexten die Rolle des Nutzers betont, der wegen der nun fehlenden „Vorstrukturierung“ durch den Verfasser seinen Lesepfad nach semantisch und argumentativ stimmigen Prinzipien auswählen muss, um zu einer insgesamt kohärenten Wissensrezeption zu gelangen.

Hypermedia

Hypermedia ist eine Wortschöpfung, die aus den Wortbestandteile „Hyper“ für Hypertext und „Media“ für Multimedia zusammengesetzt ist. Hypermedia wird daher auch häufig in Anlehnung am Multimedia- oder Hypertext-Konzept als Erweiterung von Multimedia oder von Hypertext definiert. Generell kann Hypermedia als die Schnittmenge von Hypertext und Multimedia ausgelegt werden, wobei einige Autoren ([Kuh91], [Nie95]) die Begriffe als Synonym betrachten, da multicodale und multimodale Informationen durch das Hypertext-Konzept nicht ausgeschlossen sind.

5.5 Lernförderliche Potentiale hypermedialer Systeme

Im Kapitel 2 haben wir auf den verschärften Qualifizierungsbedarf heutiger Unternehmen hingewiesen, der aus dem Wandel der Industriegesellschaft hin zu einer Wissensgesellschaft resultiert. Hypermediale Lernsysteme erscheinen als wichtiger Baustein zur Erfüllung der gestiegenen Qualifizierungsanforderungen heutiger Unternehmen. In Bezug auf ihre lernförderliche Wirkung werden sie in der Literatur mit erstaunlichen Potentialen belegt, die zum Teil wissenschaftlich auf wenig stabilem Boden stehen. Mittlerweile haben sich die Annahmen, dass hypermediale Lernsysteme das Lehren und Lernen revolutionieren oder gar den Lehrer vollkommen ersetzen würden, weitgehend relativiert. Im Bereich der Lernforschung wurden bislang zahlreiche Theorien zur Erklärung der lernförderliche Wirkung und zum Teil der Überlegenheit hypermedialer Systeme gegenüber konventionellen Lernformen vorgeschlagen.

Im Folgenden werden einige dieser Thesen vorgestellt. Wenn sie auch zum Teil den Nachweis ihrer theoretischen Fundierung nicht erbringen konnten, liefern sie Anhaltspunkte zur Erklärung der Potentiale hypermedialer Lernsysteme.

5.5.1 Lerneffektivität durch die Multikodierung und Multimodalität

Eine weit verbreitete These ist, dass Multimedia mehrere Sinneskanäle anspricht und somit den Lernprozess begünstigt. Nach dieser Auffassung werden unterschiedliche Subsysteme des kognitiven Apparats aktiviert, was zu einer verbesserten Aufnahmefähigkeit führt.

Diese These, die von Weidenmann ([Wei97]) als die „*naive Summierungstheorie*“ bezeichnet wird, wird häufig mit Prozentangaben über die jeweilige Behaltensleistung in Abhängigkeit der jeweils angesprochenen Sinneskanäle (Abbildung 34) belegt. So hat nach dieser These die direkte Erfahrung am „Objekt“ den höchsten pädagogischen Wert, während dem Lesen allein die niedrigste Wirkung zugeschrieben wird.

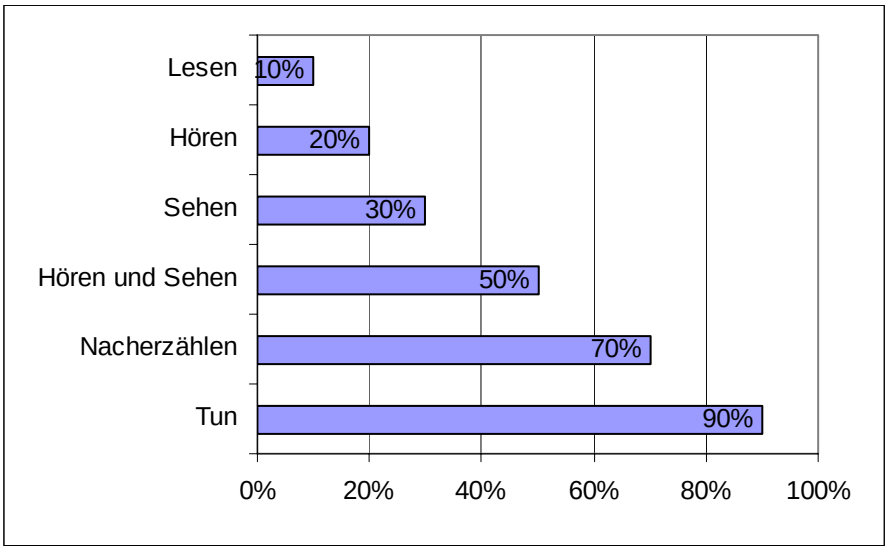


Abbildung 34: Naive Summationstheorie ([Wei97])

Für die Richtigkeit dieser These existieren in der Literatur allerdings bislang keine Belege. Einige Autoren weisen darauf hin, dass die Multicodalität und Multimodalität unter bestimmte Voraussetzungen eher den Lernprozess behindern können, etwa falls es zu einer Überfrachtung der Darstellung kommt oder die Lerninhalte in falscher Weise koordiniert und synchronisiert sind. Ungeachtet dessen kann gemäß Paivios Modell der doppelten Enkodierung (Abschnitt 5.2.3.4) angenommen werden, dass bildliche Darstellungen in Texten unter bestimmten Voraussetzungen zu einer besseren Behaltensleistungen führen. Zudem können gemäß ([Wei97]) bildliche Darstellungen einige didaktische Funktionen erfüllen, darunter:

- **Motivationsfunktion:** Bilder erhöhen die Aufmerksamkeit und das Interesse des Betrachters und motivieren ihn zur weiteren Auseinandersetzung mit dem Textinhalt.
- **Mitteilungsfunktion:** „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte“. Mit diesem berühmten Zitat wird die Tatsache beschrieben, dass sich komplexe Sachverhalte häufig leichter piktoriell als verbal mitteilen lassen.
- **Heuristische Funktion:** Bilder können den Problemlöseprozess begünstigen und kreative Denkprozesse fördern.

- **Gedächtnisstützende Funktion:** Bilder können das Assoziieren und Erinnern erleichtern.

Die lernförderliche Wirkung hypermedialer Lernsysteme wird aber nicht nur durch die Integration multicodaler Inhalte allein erreicht. Gemäß Mayer ([May01]) sollten bei der Entwicklung hypermedialer Lernsysteme die folgenden Designprinzipien beachtet werden:

- **Räumliches Kontiguitätsprinzip:** Korrespondierende Text- und Bilddarstellungen sollten in enger räumlicher Nähe angeordnet sein.
- **Zeitliches Kontiguitätsprinzip:** Bilder und die zugehörigen verbalen Erklärungen sollten möglichst simultan (u. U. auch akustisch unterstützt) angeboten werden.
- **Kohärenzprinzip:** Nicht sachbezogene Informationen sollten möglichst ausgeblendet werden.
- **Redundanzprinzip:** Die audiovisuelle Darstellung von bildlicher und textueller Information durch Bild und Ton fördert den Lernprozess mehr als die (redundante) Darstellung der gleichen Information durch Bild, Ton und (geschriebenen) Text.

5.5.2 Kognitive Plausibilität

In der Hypertextforschung wird der Begriff der *kognitiven Plausibilität* verwendet, um eine Analogie zwischen der netzartigen Struktur einer Hypertextbasis und der angenommenen Repräsentation von Wissen im menschlichen Gehirn in Form eines semantischen Netzes (siehe Abschnitt 5.2.3.1) auszudrücken. Nach Hammwöhner ([Ham93]) wird ein informationsvermittelndes System als kognitiv adäquat bezeichnet, wenn zwischen der (Wissens-) Repräsentation im System und im Rezipienten möglichst wenige Umformungsprozesse notwendig sind.

Aufgrund dieser Analogie zwischen interner (beim Rezipienten) und externer Repräsentation (Netzartige Struktur der Hypertextbasis) wird angenommen, dass nicht nur die Wissensaufnahmen (*Internalisierungsthese*) sehr effizient abläuft, sondern auch die (Hyper-) Textproduktion. Der Textproduzent ist in diesem Fall nicht mehr dazu gezwungen, seine Gedanken in Form eines Textdokuments zu linearisieren und zu strukturieren, sondern kann weitgehend flexibel sein in Form eines semantischen Netzes vorliegendes Wissen in eine ebenfalls netzartige (Hyper-) Textstruktur materialisieren (*Externalisierungsthese*).

So plausibel die These der kognitiven Plausibilität auch klingen mag, sie ist nicht unumstritten. Neben der Frage, ob die Annahme von semantischen Netzen als idealer Repräsentation mentaler Inhalte aufrecht zu erhalten ist, muss angezweifelt werden, dass die netzartige Struktur einer Hypertextbasis mit mentalen Strukturen vergleichbar ist. Denn diese werden (hoffentlich) reichhaltiger sein und aufgrund individueller Lebenserfahrungen der einzelnen Lernern stets in einer einmaligen Form vorkommen.

5.5.3 Kognitive Flexibilität

Die Theorie der kognitiven Flexibilität geht auf Spiro et al. ([Spi90], [Spi91]) zurück und bezeichnet die Fähigkeit eines Lerners, seine Wissensstrukturen als Reaktion auf sich verändernde oder neue Problemstellungen spontan neu zu strukturieren. Die Fähigkeit, bereits erworbenes Wissen auf neue Problemstellungen zu übertragen und anzuwenden, wird als ein wichtiger Aspekt angesehen.

Gemäß Spiro et al. ([Spi90]) bieten hypermediale Lernsysteme die Möglichkeit, Informationseinheiten zu unterschiedliche Zeiten, in unterschiedlichen Kontexten und unter verschiedenen Perspektiven zu betrachten. Wichtig ist nach Ansicht der Autoren die Präsentation möglichst vielfältiger und nicht vereinfachter Wissenseinheiten, die den Lerner dazu anre-

gen sollen, sich aktiv mit den Inhalten auseinander zu setzen. Dabei wird die Darstellung selbst widersprüchlicher und unstimmiger Inhalte nicht als Hindernis angesehen, sondern als vorteilhaft für den Lernprozess.

Die Darstellung von Inhalten unter multiplen Perspektiven führt nach Spiros Meinung zur Vermeidung des sogenannten *„trägen“* Wissens, das lediglich in lehrbuchähnlichen und vertrauten Problemstellungen anwendbar ist. Vielmehr werden dadurch Lerner dazu befähigt, ihr erworbenes Wissen flexibel einzusetzen, es per Analogiebildung auf neue Probleme zu übertragen und ihre Problemlösefähigkeit selbst bei sich wandelnden Bedingungen zu entfalten.

5.5.4 Konstruktivistisches Lernen

Nach Meinung einiger Autoren ([Sch01], [Ter97]) besteht die Überlegenheit hypermedialer Lernsysteme darin, dass sie für die Realisierung einiger Merkmale des konstruktivistischen Lernprozesses prädestiniert sind. Tergan hat ([Ter97]) beispielsweise die folgenden Eigenschaften hypermedialer Umgebungen angegeben, die den Lernprozess aus konstruktivistischer Sicht begünstigen:

- **Selbstbestimmtes Lernen**: In hypermedialen Lernumgebungen können Inhalte unter multiplen Perspektiven und in unterschiedlichen Komplexitätsgraden dargestellt werden. Der Lerner hat die Möglichkeit, nach seinem Vorwissen und seinen Interessen sein Lernweg und -tempo selbst zu bestimmen. Diese Möglichkeit der Lernerkontrolle kann sich positiv auf die Lernmotivation auswirken.
- **Situiertes Lernen***:* In hypermedialen Lernumgebungen lassen sich Inhalte realitätsnah und anhand verschiedener Anwendungssituationen darstellen. Diese Form des (situierten) Lernens ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass kein träges Wissen erworben wird. Vielmehr soll das situierte Lernen den Lerner in die Lage versetzen, das erworbene Wissen auf neue Problemstellungen übertragen zu können.
- **Kooperatives Lernen**: Nach konstruktivistischer Auffassung ist Lernen stets in einen sozialen Kontext eingebettet. Hypermediale Lernumgebungen ermöglichen das kooperative Lernen, bei dem mehrere Lerner gemeinsam Aufgaben bearbeiten können. Anders als in konventionellen Lernformen haben die Lerner die Möglichkeit, die Inhalte zu verändern und zu ergänzen. Das entstehende, ständig wachsende Lernsystem gibt dem Lerner die Möglichkeit, sich mit unterschiedlichen - nicht notwendigerweise vom Lehrer vorgesehenen - Aspekten des Lernstoffes zu befassen. Lernen mit Kooperationspartner fördert die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Sichtweisen. Somit wird ein vertieftes Verständnis des Lernstoffes gefördert.

5.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden einige Begriffe aus dem Bereich des computergestützten Lernens eingeführt und erläutert. Die Potentiale, die mit hypermedialen Systemen zur Wissensvermittlung assoziiert werden, basieren zum einen auf Annahmen über die Funktionsweise des menschlichen kognitiven Systems und zum anderen auf Modellen des Lernprozesses. Daher haben wir zunächst einige Theorien des menschlichen Gedächtnisses vorgestellt, wobei Annahmen über die Repräsentation von Wissen im Gedächtnis eine große Rolle spielten. Als nächstes wurden die unterschiedlichen Lernparadigmen vorgestellt und miteinander verglichen. Abschließend haben wir verschiedene Erklärungsansätze für die lernförderliche Wirkung hypermedialer Systeme vorgestellt.

KAPITEL 6 EIN EXPERTENZENTRIERTES VORGEHENSMODELL IM WISSENSMANAGEMENT

Basierend auf den in Kapitel 4 und Kapitel 5 vorgestellten Grundlagen zu den Gebieten Knowledge Engineering und computergestütztes Lernen wird in diesem Abschnitt ein Vorgehensmodell zur effizienten Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen vorgestellt.

Dieses Modell basiert auf der Verwendung von Experteninterviews als Methode zur Wissenserhebung. Das so erhobene Wissen wird anschließend durch Wissensingenieure interpretiert, strukturiert und unter Beachtung spezieller Redaktionsrichtlinien als hypermediales Informationssystem aufbereitet. Das so aufbereitete Expertenwissen dient nicht nur der Wissensbewahrung, sondern stellt auch einen Beitrag zur schnellen und effizienten Einarbeitung neuer Mitarbeitern dar.

In Folgenden werden zunächst die Vorteile dieses Vorgehensmodells gegenüber gängigen Strategien im Wissensmanagement erläutert. Als nächstes gehen wir auf relevante Wissensarten im Vorgehensmodell ein und stellen Akteure im expertenzentrierten Wissensmanagement vor. Abschließend werden die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen eingehend erläutert.

6.1 Motivation

Im Kapitel 3 haben wir anhand einer empirischen Untersuchung Probleme in Bezug auf die Wissensbewahrung und -verteilung thematisiert. Wir haben dort auf aktuelle Strategien, wie die Betonung des expliziten Wissens als mögliche Ursache von Wissensverlusten in Unternehmen hingewiesen. Einige Ergebnisse zeigen zudem, dass die häufig eingeleiteten Maßnahmen (Freie Gespräche zwischen Experten und Nachfolger) bei bekannten Fluktuationen keinen überzeugenden Beitrag zur Wissensbewahrung liefern können. Wir haben ausserdem auf Probleme in der Wissensverteilung hingewiesen, insbesondere werden die gestiegenen Qualifizierungsanforderungen in der Wissensgesellschaft nicht berücksichtigt.

Als Lösung für diese Probleme stellen wir im Folgenden ein Vorgehensmodell zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen vor. Für die Wissensbewahrung nutzen wir in unserem Ansatz Experteninterviews, eine bewährte Wissensakquisitionsmethode, mittels derer Expertenwissen zeitsparend erhoben werden kann. Die Wissensverteilung wird in unserem Ansatz durch die Aufbereitung des erhobenen Wissens in Form eines hypermedialen Informationssystems realisiert, das nicht nur zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter, sondern auch zur allgemeinen Weiterqualifizierung dienen kann. Dieser Ansatz bietet eine Reihe von Vorteilen:

Beitrag zur Entlastung von Fachexperten

Die am häufigsten zitierte Barriere im Wissensmanagement ist die Zeitknappheit. Diese Barriere wird in unserem Ansatz durch eine klare Aufgabenteilung zwischen Fachexperten und Wissensingenieuren überwunden. Während Fachexperten als Wissenslieferanten lediglich Zeit für die Formulierung ihres Wissens investieren müssen, übernehmen Wissensingenieure die Aufgabe des Interpretierens, Strukturierens und Aufbereitens des erhobenen Wissens. Die Verwendung hypermedialer Informationssysteme mit Expertenwissen bringt im täglichen Arbeitsprozess eine Reihe von Entlastungen. Fragen und Anfragen, die im Normalfall von Fachexperten bearbeitet werden müssen, sind bereits durch das Informationssystem beantwortet.

Dadurch wird der Experte von Routinetätigkeiten entlastet und kann sich die auf die Lösung komplexer Problemen konzentrieren.

Beitrag zur effizienten Einarbeitung neuer Mitarbeiter

Im Abschnitt 5.5 wurde die lernförderliche Wirkung hypermedialer Systeme thematisiert. Die Aufbereitung des erhobenen Wissens als hypermediales System für die Wissensnutzung kann einen Beitrag zur effizienten Einarbeitung neuer Mitarbeiter liefern. Anders als traditionelle Qualifizierungsansätze (wie Patenkonzepte oder betriebliche Schulungen) binden hypermediale Informationssysteme – einmal erstellt – keine Personalressourcen und können beliebig oft eingesetzt werden. Ein weiterer Vorteil solcher Systeme ist der große Praxisbezug. Im Gegensatz zu klassischen Weiterbildungsangeboten, in denen lediglich Lehrbuchwissen vermittelt wird, können solche Systeme neben Grundlagenwissen aktuelle Expertenerkenntnisse beinhalten, wodurch potentiell unterschiedliche Nutzerkreise angesprochen werden können.

Beitrag zur Unternehmenskommunikation

Bei der Wissenserhebung wird gleichzeitig die Fachsprache einbezogen und eventuelle Kommunikatinsprobleme durch die Beseitigung mehrdeutiger Begriffsbenennungen (Homonyme und Polyseme) sowie mehrfacher Benennungen (Synonyme) vermieden. Durch die Bereitstellung einer bereinigten Fachsprache wird die Kommunikation innerhalb des Unternehmens verbessert.

Beitrag zum organisationalen Lernen

Die Erhebung, Dokumentation und unternehmensweite Verteilung der gemachten Erfahrungen (positive und negative) kann zu einer Vermeidung von Fehlern und somit zu einer kontinuierlichen Verbesserung bei der Problemlösung führen.

Beitrag zur Wissenserzeugung

Obwohl Wissensingenieure anfangs die Fachsprache nicht beherrschen und damit Kommunikationsprobleme nicht auszuschließen sind, bietet der Ansatz Fachfremde für die Wissenserhebung einzusetzen, einige Vorteile. Zum einen treten psychologische Blockaden, z.B. die Angst bloßgestellt zu werden, sowohl beim Wissensingenieur (der fachfremd ist) als auch beim Fachexperten nicht auf. Zum anderen entpuppen sich die vielfach befürchteten Kommunikationsprobleme zwischen Wissensingenieuren und Fachexperten und die problematische Verbalisierung des impliziten Wissens bei näherer Betrachtung als Chance im Wissensmanagement.

Nach unserer Auffassung, können die Fragen eines fachfremden Wissensingenieurs Fachexperten dazu bringen, aktuelle Vorgehensweisen, Meinungen und Prinzipien unter einem neuen Blickwinkel zu betrachten, was zu neuen Ideen oder Verbesserungen führen kann. Damit bietet die in diesem Abschnitt vorgestellte Vorgehensweise nicht nur eine Unterstützung bei der Wissensbewahrung, sondern auch bei der Wissenserzeugung.

6.2 Relevante Wissensarten

Trotz der Potentiale von Experteninterviews als Methode zur Wissenserhebung können nicht alle Facetten des Expertenwissens erhoben werden. In technischen Bereichen wie z.B. der Automobilindustrie, können folgende Wissensarten[1] mit dieser Methode erhoben werden:

- **Wissen über Bauteile und Auslegungskriterien:** Grundlegende Kenntnisse zu Bauteilen und ihren Auslegungskriterien, wie ihre Belastbarkeit oder ihr maximales Gewicht.
- **Wissen über Werkstoffe:** Grundlegende Beschreibung relevanter Werkstoffe sowie ihrer Eigenschaften.
- **Wissen über Projektschritte:** Grundlegende Beschreibung der wichtigen Projektschritte bei der Entwicklung neuer Bauteile.
- **Wissen über Dokumente:** Die Wissensarbeit (in der hier betrachteten Domäne) umfasst nicht nur das Konzipieren neuer Komponenten. Geltende Gesetze und Richtlinien müssen eingehalten werden. Diese sind meist in Dokumenten und elektronischen Archiven abgelegt.

Unabhängig vom Anwendungsbereich sind zudem die folgenden Wissensarten für die Wissensnutzung von hoher Relevanz:

- **Yellow Pages**: Kontaktinformationen von kompetenten Ansprechpartnern zu bestimmte Themen.
- **Best practices**: Bewährte Vorgehensweisen bei der Durchführung von Aufgaben.
- **Typische Fehler**: Häufig gemachte Fehler bei der Durchführung bestimmter Aufgaben.
- **Lessons Learned**: Gemachte (positive oder negative) Erfahrungen in Projekten.
- **Handlungsvorschriften**: Konkret einzuhaltende Vorschriften bei der Durchführung von Arbeitsschritten.

6.3 Akteure im Vorgehensmodell

Für die Durchführung der anfallenden Tätigkeiten im Vorgehensmodell ist eine Reihe von Rollen erforderlich, die im Folgenden beschrieben werden sollen.

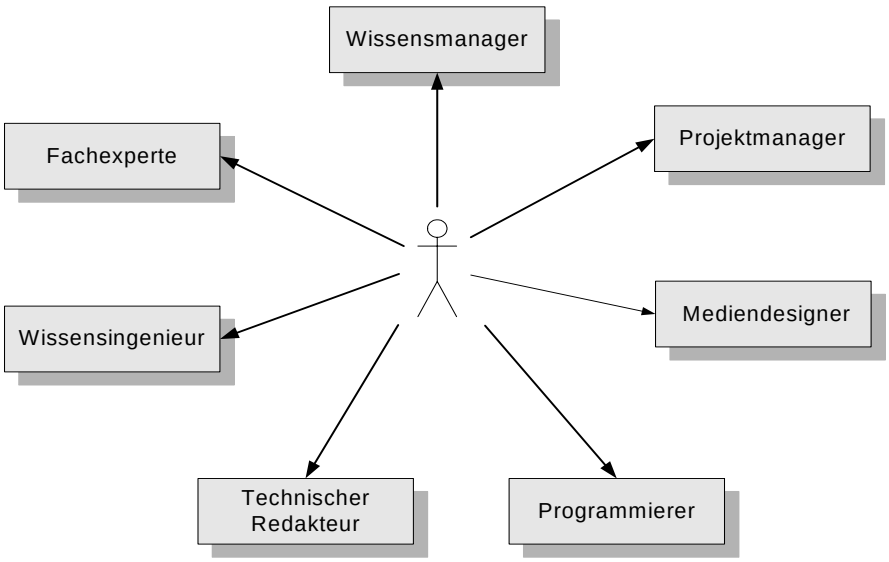


Abbildung 35: Das Rollenmodell im expertenzentrierten Wissensmanagement

[1]Die Aufstellung und Validierung dieser Wissensarten erfolgte im Rahmen zahlreicher Projekte in der Automobilindustrie.

- **Wissensingenieur:** Der Wissensingenieur führt die Experteninterviews durch und ist für ihre Nachbereitung zuständig. Er hat ein breites technisches Wissen und ist Experte in der Wissensstrukturierung.
- **Technischer Redakteur:** Der technische Redakteur ist für die Formulierung und redaktionelle Aufbereitung der erhobenen Inhalte zuständig. Das Anforderungsprofil des technischen Redakteurs ist dem des Wissensingenieurs ähnlich. Er sollte genau wie der Wissensingenieur über ein breit gefächertes technisches Wissen verfügen. Zusätzlich ist der technische Redakteur Experte in der nutzergerechten Formulierung und Darstellung komplexer technischer Inhalte.
- **Mediendesigner:** Der Mediendesigner ist für die visuelle Darstellung der Inhalte zuständig. Er ist Spezialist in der technischen Aufbereitung, Produktion und Darstellung digitaler Medien zur Wissensvermittlung, wie etwa Videos und Bilder.
- **Programmierer:** Der Programmierer ist für die Installation des erstellten Informationssystem beim Kunden zuständig. Er ist Spezialist für Web-Technologien und den Betrieb hypermedialer Inhalte in unterschiedlichen Umgebungen (z.B. auf CD-ROM, Webserver oder über das Dateisystem).
- **Projektmanager:** Den Projektmanager obliegt der Planung, Überwachung und Steuerung eines Wissensbewahrungsprojektes. Er koordiniert die Arbeitsaufteilung und Kommunikation zwischen den anderen Rollen. Er agiert in enger Abstimmung mit dem Wissensmanager.
- **Wissensmanager:** Der Wissensmanager ist auf der Auftraggeberseite für Wissensmanagement-Maßnahmen zuständig. Er gibt Wissensbewahrungsziele vor und ist in der Betriebsphase für die Überwachung und Steuerung der Wissensmanagement-Maßnahmen zuständig.
- **Fachexperte**: Der Fachexperte ist für die Wissenslieferung und die inhaltliche Freigabe der erstellten Informationssysteme zuständig.

Nicht jedes Wissenssicherungsprojekt muss alle diese Rollen beinhalten. Es muss von Projekt zu Projekt entschieden werden, ob jede dieser Rollen durch eine entsprechende Fachkraft zu besetzen ist oder ob mehrere Rollen von einer Person wahrgenommen werden sollen. beide Alternativen haben vor und Nachteile. Die Verteilung dieser Rollen auf entsprechenden Mitarbeitern führt zu einer Entlastung der Projektmitarbeiter, allerdings steigt der Abstimmungs- und Kommunikationsaufwand erheblich, was zu einer höheren Komplexität führt. Die Konzentration mehrerer Rollen auf einzelne Mitarbeiter führt zwar zu einer flexiblen Projektdurchführung aber auch zu einer höheren Arbeitsbelastung.

6.4 Das Phasenmodell

In Abbildung 36 wird das Phasenmodell zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen dargestellt. Dieser Ansatz besteht aus den Schritten Analyse, Planung, Wissensbewahrung, Integration und Betrieb. Im Folgenden werden diese Schritte erläutert.

.

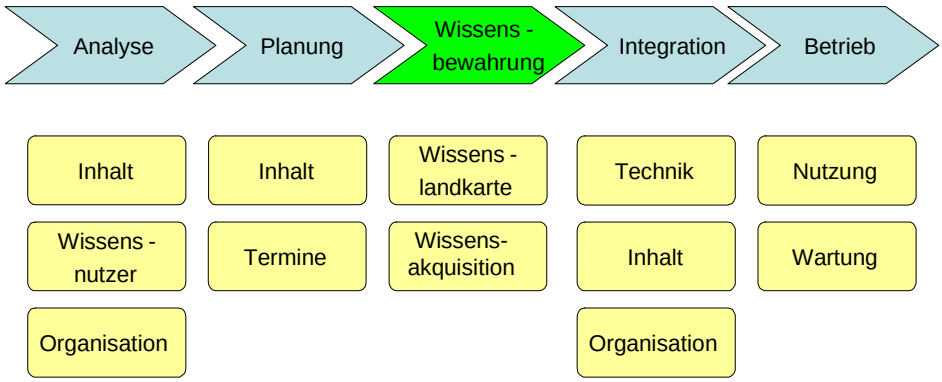


Abbildung 36: Phasenmodell zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen

6.4.1 Analyse

In der Analysephase werden Ziele und die Anforderungen an das zu erstellende Informationssystem ermittelt. In dieser Phase gilt es, Chancen und Risiken für das Wissensmanagement im Unternehmen zu ermitteln, wichtige Wissensbereiche für die Wissensbewahrung zu bestimmen und mögliche Wissenslieferanten zu identifizieren.

Die Randbedingungen für die Wissenssicherung (z.B. Verfügbarkeit von Fachexperten) und der Betrieb einer hypermedialen Lernumgebung (z.B. technische Voraussetzungen) müssen geprüft und daraus deduziert werden, inwieweit der Einsatz dieses Vorgehensmodells für das jeweilige Unternehmen sinnvoll und erfolgversprechend ist. In Unternehmen in denen beispielsweise die Verfügbarkeit von Fachexperten für die Wissenslieferung nicht gesichert ist oder Vorbehalte gegen die Wissensteilung bestehen, kann diese Maßnahmen nicht eingesetzt werden.

In der Analyse müssen die Bereiche Inhalt, Wissensnutzer und Organisation berücksichtigt werden.

6.4.1.1 Inhalt

In Bezug auf den Inhalt muss geklärt werden, welches Wissen für die Wissensnutzung aufbereitet werden soll. Im idealen Fall besitzt ein Unternehmen Kenntnis von wichtigen Wissensträgern und über das bewahrungswürdige Wissen und beschließt rechtzeitig Maßnahmen der Wissensbewahrung bei drohendem Wissensverlust. Dieser ideale Fall, bei dem eine genaue Themenabgrenzung für die Wissensakquisition bereits vorliegt, tritt aber in der aktuellen Wissensmanagement-Praxis eher nicht auf und wird daher im Folgenden nicht weiter behandelt.

In dieser Phase haben Wissensingenieure gemeinsam mit dem Wissensmanager die Aufgabe, das bewahrungswürdige Wissen zu selektieren und eine genaue Abgrenzung für die Wissensakquisition vorzunehmen. Dazu können folgende Strategien verfolgt werden:

Orientierung an der Problemlösung

Im täglichen Arbeitsprozess müssen Fachexperten häufig Probleme lösen oder Anwender fachlich beraten. Ein wichtiges Ziel der Wissenssicherung ist daher das Wissen über typische Probleme und ihre Lösungen im Anwendungsbereich.

Orientierung am Wissensbedarf der Nutzer

Fachexperten können zwar Lösungsansätze für zahlreiche Probleme liefern, sie haben jedoch eine andere Sichtweise auf das Anwendungsgebiet als Nutzer. Für eine möglichst genaue Ermittlung der relevanten Inhalte für die Wissensbewahrung müssen die potentiellen Nutzer des zu erstellenden Informationssystems berücksichtigt werden. Ihre Fragen und Probleme im täglichen Arbeitsprozess sind wichtige Hinweise für die Ermittlung der zu sichernden Inhalte.

Orientierung am Geschäftsprozess

Hier werden wichtige Geschäftsprozesse und involvierte Fachexperten im Unternehmen identifiziert. Diese sind mögliche Wissenslieferanten, die in Maßnahmen der Wissenssicherung einbezogen werden sollten. Zudem kann eine zusätzliche Analyse der Wissensflüsse in den Geschäftsprozessen dazu helfen, brachliegende Potentiale oder aktuelle Wissensprobleme aufzudecken. Dazu sind *Wissensquellen* und *-senken* sowie ihre Verbindungen zu analysieren. Dabei werden Prozessschritte bei denen Wissen entsteht Wissensquellen genannt und diejenigen, in denen Wissen benötigt wird als Wissenssenken bezeichnet.

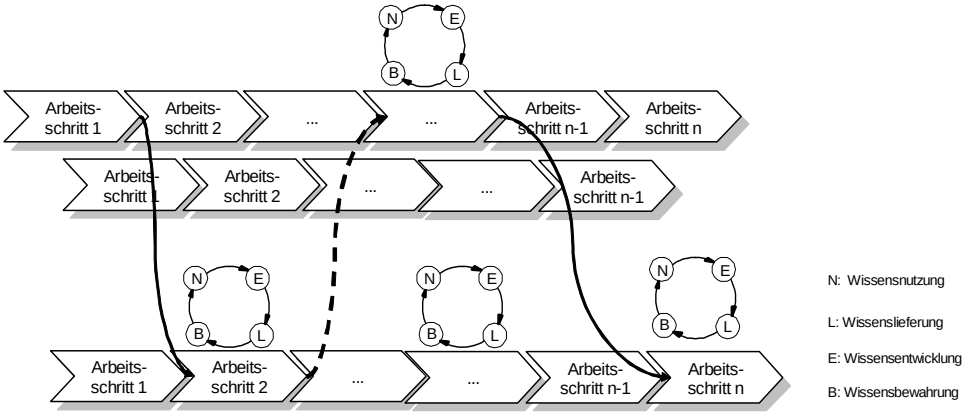


Abbildung 37: Analyse der Geschäftsprozesse

Es können drei unterschiedliche Konstellationen aufgedeckt werden: Quellen ohne Senken, Quellen ohne Verbindung zu Senken und Senken ohne entsprechende Quellen.

- **Quelle ohne Senke**: In dieser Konstellation wird das entstandene Wissen nicht in weiteren Schritten verwendet. Dies ist beispielsweise bei Vertriebsaktivitäten anzutreffen, bei denen viel Wissen über Kundenanforderungen erworben wird, die keine Rückkopplung

mit der Entwicklungsabteilung haben.

- **Quelle ohne Verbindung zur Senke**: Dieser Fall deutet auf eine defizitäre Wissensverteilung. Der Fall bedeutet, dass Wissen zwar in einem Arbeitsschritt entwickelt wird, aber nicht für die Wiederverwendung in weiteren Arbeitsschritten zur Verfügung steht, was dazu führt, dass das Rad ständig neu erfunden wird.
- **Senke ohne Quelle**: Eine Senke ohne entsprechende Quelle deutet allgemein auf eine mögliche Wissenslücke hin, zu der im Unternehmen bis dahin keine entsprechende Wissensträger verfügbar sind.

Orientierung an Wissensziele im Wissensmanagement

Generell können sich Wissensingenieure an strategische Wissensziele im Wissensmanagement bei der Bestimmung des Bewahrungswürdigen Wissens orientieren. Wissensziele im Wissensmanagement geben an, welches Wissen künftig benötigt wird und geben damit Wissensmanagement-Maßnahmen eine Richtung. Fachexperten, die bereits über entsprechendes Wissen verfügen sollten daher in Maßnahmen der Wissensbewahrung eingebunden werden.

6.4.1.2 Wissensnutzer

Das Ziel des Vorgehensmodells ist neben der Wissensbewahrung eine Lösung des Qualifizierungsbedarfs durch den Einsatz hypermedialer Informationssysteme bereitzustellen. Nach Auffassung einiger Autoren sollte die Wissensvermittlung auf einer umfassenden Analyse der Zielgruppe basieren, die soziodemographische, kognitive und motivationale Merkmale der Nutzer einbezieht.

Zu den soziodemographischen Merkmalen gehören Angaben wie das Alter, die jeweilige Sprache und der erreichte Schulabschluss. Kognitive Merkmale geben an, welches Vorwissen bei den Wissensnutzern vorausgesetzt werden darf, und geben somit eine Orientierung bei der Zusammenstellung der Inhalte. Ein weiterer Aspekt des Vorwissens ist die Erfahrung im Umgang mit dem Computer, die sich als Barriere für die Nutzung elektronischer Inhalte erweisen kann.

In dieser Arbeit werden die folgenden Merkmale für die Wissenssicherung berücksichtigt:

- Relevante Themengebiete.
- Ausbildungsstand und Vorkenntnisse in den identifizierten Themengebieten.
- Eventuelle Fragen und Interessen des Wissensnutzers.
- Erfahrung im Umgang mit hypermedialen Informationssystemen.
- Offenheit und Motivation für die Nutzung hypermedialer Informationssysteme als Mittel zur Einarbeitung.

6.4.1.3 Organisation

In Bezug auf die jeweilige Organisation muss das Umfeld und die Randbedingungen für die Wissensbewahrung sowie der Betrieb einer elektronischen Lernumgebung beleuchtet werden. Es muss sichergestellt werden, dass genügend Fachexperten für die Wissenslieferung zur Verfügung stehen und auch bereit sind, ihr Wissen preiszugeben. Zudem muss die Hard- und Softwareaustattung der Wissensnutzer auf ihre Eignung für die Darbietung der Inhalte überprüft werden. Die Hardwareanforderungen hängen vom geplanten Medieneinsatz ab. Sollen bei-

spielsweise Audiosequenzen oder Videos in den Inhalten eingebettet werden, müssen die vorhandenen Computer diese Medien verarbeiten können.

Entscheidend für jede Maßnahme im Wissensmanagement ist außerdem die vorherrschende Kultur in der Organisation. Diese lässt sich zwar nicht über Nacht ändern, vorgestaltete vertrauensbildende Maßnahmen können dennoch die Haltung der Mitarbeiter in Bezug auf die Wissensbewahrung verbessern. Folgende Aspekte müssen in diesem Bereich berücksichtigt werden:

- **Unternehmenskultur**: Die Unternehmenskultur bestimmt die Denkhaltung und das Verhalten der Mitarbeiter. Der Erfolg von Wissensmanagement-Maßnahmen hängt davon ab, ob eine wissensorientierte Kultur im Unternehmen vorherrscht. Diese zeigt sich unter anderem darin, dass: Wissen einen hohen Stellenwert im Unternehmen hat, Wissen geteilt und nicht gehütet wird und Fehler toleriert werden.In Bezug auf die Unternehmenskultur muss die aktuelle Praxis der Wissensteilung überprüft werden und eventuelle Risiken für die Wissenssicherung identifiziert werden. In einem Unternehmen, in dem beispielsweise repressiv mit Fehlern umgegangen wird, können keine *lessons learned* oder *best practices* erhoben werden.
- **IT-Landschaft**: Die vorhandene technische Ausstattung, z.B. verwendete Betriebsysteme oder Browser wird erfasst. Dadurch können etwaige Beschränkung der technischen Realisierung des hypermedialen Informationssystems identifiziert werden und notwendige Änderungen frühzeitig eingeleitet werden.
- **Wissenslieferanten**: Es muss geklärt werden, wie viel Zeit Fachexperten für die Wissenslieferung investieren können. Zudem muss ihre Motivation und Mitteilungsbereitschaft abgeschätzt werden.

Auf der Grundlage der erhobenen Informationen wird entschieden, ob die hier beschriebene Methode oder andere Wissensmanagement-Maßnahmen zum Einsatz kommen sollen. Am Ende der Analysephase wird eine Liste aller Themenbereiche, der entsprechenden Wissenslieferanten und potentiellen Wissensnutzer erstellt, die im nächsten Schritt (Abschnitt 6.4.2) verfeinert wird.

6.4.2 Planung

In der Planungsphase wird die inhaltliche Zusammensetzung der identifizierten Themengebiete genauer beschrieben, der Umfang der einzelnen Themengebiete abgeschätzt und eine Reihenfolge der Abarbeitung der einzelnen Themengebiete festgelegt. Diese Phase umfasst die Inhalts- und die Terminplanung.

6.4.2.1 Inhaltsplanung

Bei der Inhaltsplanung wird die Gliederung der identifizierten Themengebiete beschrieben. Der Inhalt eines Themengebebiets kann beispielsweise in einer natürlichsprachlichen Form beschrieben, durch die Angabe einer Liste von relevanten Unterthemen oder in Form einer Begriffstaxonomie angegeben werden. Pro Themengebiet ist zudem der Aufwand für den Wissenserwerb abzuschätzen. Dieser kann beispielsweise durch die Angabe der Anzahl durchzuführender Interviews angegeben werden.

6.4.2.2 Terminplanung

Bei der Terminplanung wird eine Reihenfolge der Abarbeitung der einzelnen Themengebiete erstellt und entsprechend dieser Reihenfolge für jedes Themengebiet Interviewtermine mit Fa-

chexperten festgelegt. Bei der Terminplanung ist zu beachten, dass für eine effektive Wissenslieferung etwa zwei bis drei Stunden je Experteninterview einzuplanen sind. Zudem müssen Fachexperten auch eine eventuelle Vorbereitungszeit einkalkulieren, etwa für die Beschaffung relevanter Dokumente, wie Abbildungen oder Gesetzestexte.

Bei der Festlegung der Abfolge der einzelnen Experteninterviews muss die benötigte Zeit für die Nachbereitung beachtet werden. Eine zu schnelle Abfolge der Experteninterviews ohne Nachbereitung der vorangegangenen Interviews kann dazu führen, dass wichtige Informationen vergessen werden. Zudem ist es für Fachexperten eher demotivierend große Informationssysteme auf einmal korrigieren zu müssen. Bei der Priorisierung der einzelnen Themengebiete können die folgenden Kriterien angewandt werden:

- Unmittelbarkeit des Wissensverlusts: Besonders bei einer bevorstehenden Fluktuation von Mitarbeitern (Pensionierung oder Stellenwechsel) müssen Maßnahmen zur Wissenssicherung durchgeführt werden und zwar möglichst solange der Experte noch verfügbar ist.
- Komplexität und Zusammenhänge: Die einzelnen Themengebiete haben nicht alle die gleiche Komplexität und sollten nach aufsteigendem komplexitätsgrad durchgeführt werden. Bei der Festlegung der Reihenfolge müssen zudem eventuelle Beziehungen zwischen Themen (z.B. hierarchische Beziehungen) berücksichtigt werden.

Bei der Definition eines Interviewtermins sind neben der Festlegung von Zeit und Ort, die folgenden Angaben notwendig:

- Schwerpunktthemen: Zu jedem Interviewtermin muss angegeben werden, welche Unterthemen behandelt werden. Diese Angaben dienen Wissensingenieuren und Fachexperten als Grundlage für die Vorbereitung.
- Teilnehmerkreis: Zu jedem Interview muss der Teilnehmerkreis bestimmt werden. Bei umfangreichen Arbeitsbereichen, die von mehreren Fachexperten bearbeitet werden, sollten zwar nach Möglichkeit alle an den Interviews teilnehmen, jedoch bedeutet ein zu großer Teilnehmerkreis (ab etwa 4 Fachexperten) eine höhere Komplexität in der Interviewführung. Zudem ist die Qualität der dabei erhobenen Informationen relativ niedrig, da Fachexperten in solchen Fällen dazu neigen, sich in fachlichen Details zu verlieren. Bei einer bevorstehenden Fluktuation eines Fachexperten sollte der potentielle Nachfolger ebenfalls an den Interviews teilnehmen, damit er seinen Informationsbedarf im Interview dem Fachexperten mitteilen und darauf achten kann, dass das aus seiner Sicht „relevante“ Wissen auch erhoben wird. Es ist aber auch möglich – und zum Teil empfehlenswert –, Mitarbeiter aus anderen Abteilungen für die Teilnahme am Interview zuzulassen. Die Teilnahme als Zuschauer kann dazu helfen, Ängste und Hemmungen abzubauen. Allerdings gilt hier auch, dass zu viele externe Einflüsse (z.B. passive Zuschauer) den Gesprächsverlauf stören können. Bestimmte Zusammensetzungen (z.B. Projektleiter/Projektmitarbeiter, Mitarbeiter/Vorgesetzter) können dazu führen, dass sich Fachexperten kontrolliert fühlen und somit bei der Wissenslieferung manche Aspekte nur verzerrt dargestellt werden.

6.4.3 Wissensbewahrung

Die Wissensbewahrung nimmt eine zentrale Stellung im hier vorgestellten Vorgehensmodell ein. In dieser Phase werden gemäß der aufgestellten Priorisierung (Planungsphase) Interviews zu bestimmten Themen durchgeführt. Das so erhobene Wissen wird durch Wissensingenieure interpretiert, strukturiert, redaktionell aufbereitet und als hypermediales Informationssystem

aufbereitet. Es wird zunächst eine globale Wissenslandkarte erstellt, welche anschließend in einzelnen Interviews verfeinert wird.

6.4.3.1 Erstellung der globalen Wissenslandkarte

In diesem Schritt wird eine themenübergreifende Wissenslandkarte für den Anwendungsbereich erstellt. Gemäß Probst ([Pro97]) werden mit Wissenslandkarten

> *„graphische Verzeichnisse von Wissensträgern, Wissensbeständen, Wissensquellen, Wissensstrukturen oder Wissensanwendungen“*

bezeichnet. Im Rahmen dieser Arbeit bezeichnen wir mit dem Begriff „Wissenslandkarte“ eine Taxonomie von Themenbezeichnungen, die zusätzlich zu jedem Thema die Kontaktdaten des dazugehörigen Fachexperten enthält, der bei Fragen als Ansprechpartner fungiert.

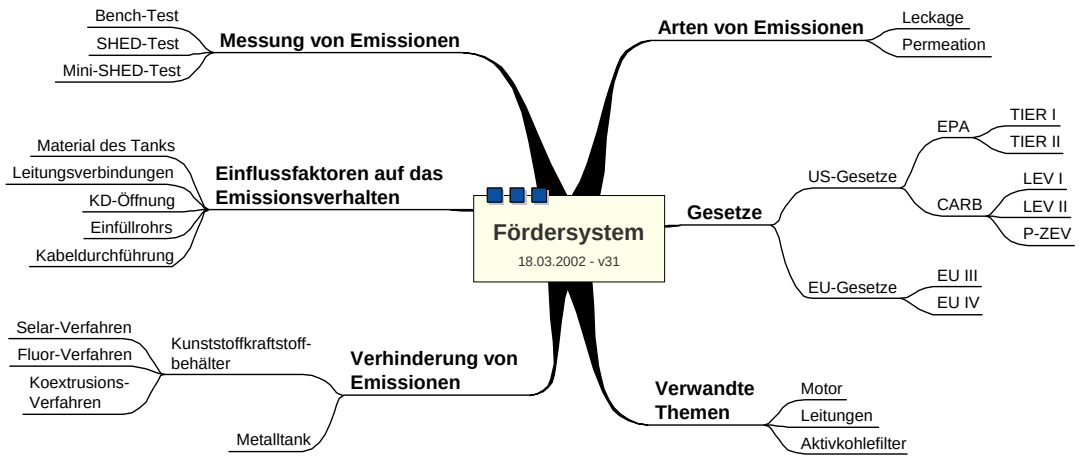


Abbildung 38: Beispiel einer Wissenslandkarte

Bereits durch die Erstellung einer Wissenslandkarte ergeben sich einige Nutzeffekte:

- Nach Probst ([Pro97]) führen Wissenslandkarten zu einer Erhöhung der Transparenz, ermöglichen das schnelle Auffinden von Wissensträgern oder -quellen und erleichtern das Einordnen von neuem Wissen in bestehende Strukturen.
- Der Erstellungsprozess von Wissenslandkarten kann nach Schüppel ([Sch96]) dazu führen, dass vorher nicht bekanntes und daher nicht genutztes oder bekanntes und ungenügend genutztes Wissen entdeckt wird. Zudem können bis dahin nicht bekannte Abhängigkeiten und Berührungspunkte zwischen Themenbereiche aufgedeckt werden.
- Im Erstellungsprozess der Wissenslandkarte müssen sich Fachexperten über die Bedeutung der verwendeten Begriffe einigen. Der Erstellungsprozess liefert daher einen Beitrag zur Normierung der Terminologie und kann damit zu einer Verbesserung der Unternehmenskommunikation führen. Dadurch können Experteninterviews auf der Basis einer normierten Terminologie durchgeführt werden.

Die Wissenslandkarte ist allerdings nicht ein statisches Dokument. Einmal erstellt, muss sie, um ihre Wirkung nachhaltig zu entfalten, regelmäßig aktualisiert werden. In diesem Stadium

stellt die Wissenslandkarte eine erste Strukturierung des Wissensgebiets dar und wird im nächsten Schritt (Wissensakquisition) weiter verfeinert.

6.4.3.2 Durchführung der Wissensakquisition

In dieser Phase werden Interviews zur Erhebung von Expertenwissen durchgeführt. Gemäß dem in ([Sto00]) vorgestellten Modell kann die Wissensakquisition mit Fachexperten in drei Phasen unterteilt werden: Die Vorbereitung, Durchführung und die Nachbereitung (Siehe Abbildung 39).

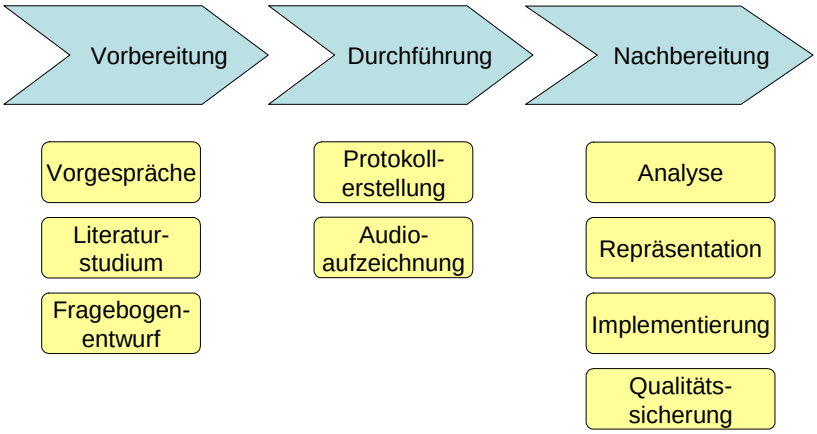


Abbildung 39: Phasenmodell der Wissensakquisition mit Fachexperten

6.4.3.2.1 Vorbereitung

Eine sorgfältige Vorbereitung ist eine wichtige Grundlage für den Erfolg von Experteninterviews. In der Vorbereitungsphase (besonders vor dem ersten Interview) arbeitet sich der Wissensingenieur in das Fachgebiet ein. In dieser Phase macht er sich mit der Fachsprache vertraut, um eine möglichst effektive Kommunikation mit dem Fachexperten während des Interviews zu gewährleisten. Zudem versucht der Wissensingenieur durch das Studieren der Fachliteratur, die grundlegenden Konzepte, Prinzipien und Fragestellungen des Fachgebiets zu identifizieren, damit er die Expertenäußerungen im Interview besser einordnen kann. Besonders vor dem ersten Interview ist es von großer Bedeutung, dass der Wissensingenieur Vorgespräche mit den potentiellen Nutzern des Informationssystems führt. Ihre Informationsbedürfnisse müssen bei der Wissenserhebung im Interview berücksichtigt werden. Das Ergebnis dieser Phase ist ein strukturierter Fragebogen, der die Grundlage für das durchzuführende Experteninterview bildet.

6.4.3.2.2 Durchführung

In dieser Phase wird auf der Grundlage des im letzten Schritt erstellten Fragebogens das Experteninterview durchgeführt. Dabei werden die Fragen aus dem Fragebogen systematisch abgearbeitet. Damit sich der Wissensingenieur auf das Gespräch konzentrieren kann, wird das Gespräch digital aufgezeichnet. Dadurch steht auch für die nächste Phase (Nachbereitung) eine vollständige Informationsbasis zur Verfügung. Für die Vorbereitung und Durchführung von Ex-

perteninterviews kann das Werkzeug RASSI ([Tur99]) eingesetzt werden, das den Entwurf und die Strukturierung von Fragebögen sowie die Aufnahme von Interviews unterstützt. Bei der Durchführung von Experteninterviews wird, zusätzlich zum Wissensingenieur als Gesprächsführer ein Protokollant benötigt.

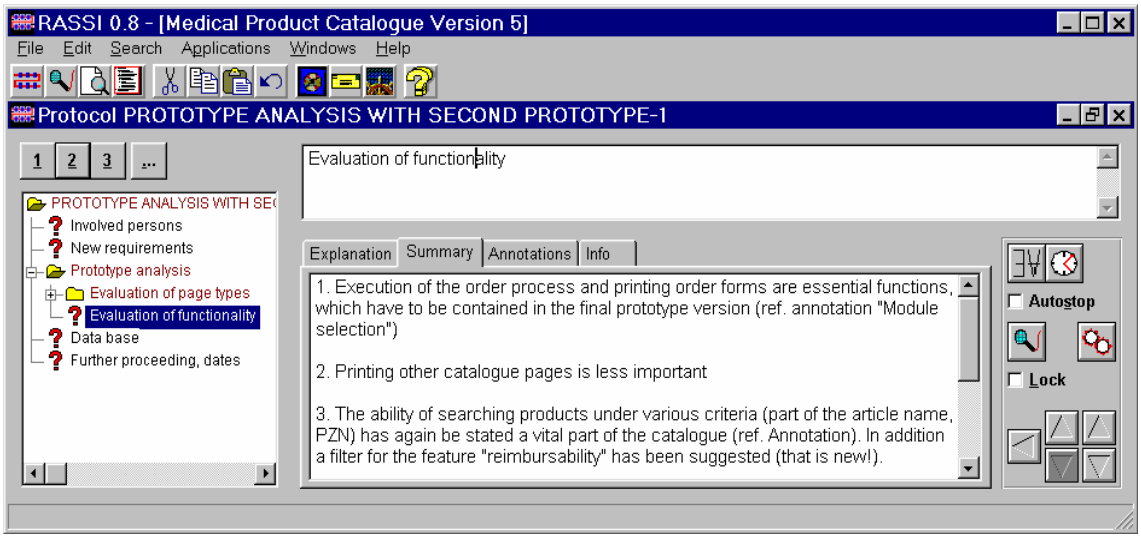


Abbildung 40: Screenshot von RASSI

Mit Hilfe des Werkzeugs RASSI kann der Protokollant Notizen zu den Expertenäußerungen anfertigen und zu jeder Frage die entsprechende Stelle innerhalb der Audiosequenzen markieren. Damit steht nach dem Interview eine vollständige Audioaufzeichnung mit der zeitlichen Beziehung zu Fragen im Fragebogen zur Verfügung. Darüber hinaus bietet RASSI die Möglichkeit, mittels Bewertungstags Gesprächsabschnitte zusätzlich zu attributieren (Beispiel, Definition, Arbeitsauftrag, Abschweifung), wodurch das interpretieren und Einordnen der Expertenäußerungen wesentlich vereinfacht wird.

6.4.3.2.3 Nachbereitung

In dieser Phase wird das Expertenwissen analysiert, interpretiert und als hypermediales Informationssystem repräsentiert. In Kapitel 6 wird der Nachbereitungsprozess näher beleuchtet.

6.4.4 Integration

In der Integrationsphase wird das erstellte hypermediale Informationssystem in die Organisation integriert. Bei dieser Integration muss eine technische, inhaltliche und organisatorische Integration beachtet werden.

6.4.4.1 Technische Integration

Die technische Integration betrifft die Installation des Informationssystems in die IT-Landschaft der Organisation. Gemäß Balzert ([Bal98a]) wird unter „Installation“ die Einrichtung eines Produkts in dessen Zielumgebung zum Zwecke des Betriebs verstanden. Vor der Installation muss entschieden werden, ob das Informationssystem über einen Webserver oder als statisches System über das Dateisystem oder CD-ROM betrieben wird. Zudem muss in dieser Phase geklärt

werden, aus welchen (unternehmensspezifischen) Anwendungen das Informationssystem zugreifbar sein sollte und Startmechanismen umgesetzt werden.

Im Normalfall umfasst die Installation die Einrichtung von Datei-Verknüpfungen oder Bookmarks im Browser der Wissensnutzer und Fachexperten.

6.4.4.2 Inhaltliche Integration

Bei der Wissensarbeit muss der Wissensnutzer häufig auf verbindliche Normen, Richtlinien und Handlungsvorschriften zurückgreifen, die mitunter in elektronischer Form in firmeninternen Dokumentenverzeichnissen oder speziellen Datenbanken vorliegen. Das hypermediale Informationssystem sollte daher nicht nur „interhypertextuelle“ ([Kuh91]) Links umfassen, sondern auch Verknüpfungen auf externen Dokumente beinhalten. In dieser Phase muss ermittelt werden, welche externe Dokumente vom Informationssystem aus referenziert werden sollten und entsprechende Links müssen erstellt werden.

6.4.4.3 Organisatorische Integration

Da erstellte Informationssystem muss in der jeweiligen Organisation verankert und Mechanismen zur Gewährleistung der Qualität der Inhalte eingeführt werden. Folgende Maßnahmen können unter anderem ergriffen werden:

- Etablierung als offizielles Einarbeitungswerkzeug: Das erstellte Informationssystem muss im Unternehmen als offizielles Instrument zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter etabliert werden. Dies bedeutet beispielsweise, dass neue Mitarbeiter Zeit für die Bearbeitung bestimmter Themen im Informationssystem bekommen.
- Einarbeitung in die Benutzung des Informationssystems: Um ein möglichst effizientes Lernen zu gewährleisten, sollten die Wissensnutzer in der Benutzung des Informationssystems geschult werden.
- Feedbackmechanismen: Um eine kontinuierliche Verbesserung der Inhalte des Informationssystems zu gewährleisten, müssen zudem Feedbackmechanismen vorgesehen werden und Zuständigkeiten für die Bearbeitung des Nutzerfeedbacks definiert werden.
- Überarbeitungszyklen: Nicht vertrauenswürdige Inhalte aufgrund von Aktualitätsprobleme führen zur thematisierten Abwärtsspirale von Informationssystemen. Daher müssen Überarbeitungszyklen der einzelnen Themenbereiche definiert werden, damit die Aktualität der Informationssysteme stets gewährleistet ist.

6.4.5 Betrieb

Nach der Installation und organisatorischen Einbettung des Informationssystems (Integrationsphase) beginnt die Betriebsphase. In dieser Phase muss das erstellte Informationssystem gewartet, die Nutzung und Akzeptanz bei den Nutzern ermittelt und nach Möglichkeit korrigierende Maßnahmen eingeleitet werden.

6.4.5.1 Evaluation

Eine wichtige Tätigkeit bei der Entwicklung didaktischer Inhalte ist die Evaluation. Gemäß Issing ([Iss97]) bezieht sich die Evaluation auf die Prüfung, inwieweit das erstellte System die aufgestellten Ziele erreicht. Evaluationsmethoden lassen sich in formative und summative unterscheiden ([Iss97]). Die formative Evaluation erfolgt begleitend zur Entwicklung und hat dafür Sorge zu tragen, dass Schwachstellen und Fehler bereits in der Entwicklung des

Informationssystems entdeckt und korrigiert werden, wodurch das Risiko eines Misserfolgs reduziert wird.

Die summative Evaluation hingegen findet nach der Inbetriebnahme des Informationssystems statt. Diese hat zum Ziel, den Erfolg oder Nutzen einer Gesamtmaßnahme anhand definierter Kriterien, z.B. die Erreichung der Lernziele durch den Wissensnutzer zu bewerten ([Blu98]). Summative Evaluationsmaßnahmen lassen sich in Kosten-Nutzen-Analysen und Wirkungsanalysen unterscheiden ([Blu98]).

Bei der Kosten-Nutzen-Analyse wird versucht, die verursachten Kosten und die beobachteten Nutzeffekte der Lernumgebung zu vergleichen. Die Kosten-Nutzen-Analyse spielt in diesem Vorgehensmodell eine untergeordnete Rolle, da die dabei ermittelten Ergebnisse zu ungenau sind. Die Kostenseite lässt sich zwar relativ leicht berechnen und besteht aus Faktoren wie beispielsweise Hardware- und Softwarekosten oder Arbeitsausfall der Experten für die Vorbereitung und Durchführung von Experteninterviews. Die Messung der Nutzeffekte ist jedoch problematischer. Gewisse Einsparungen wie ausfallende Reise- und Trainerkosten (bei reguläre Schulungen) lassen sich zwar direkt angeben. Dennoch bleibt eine Vielzahl von Nutzeffekten verborgen, die allenfalls geschätzt werden können:

- Verkürzung der Einarbeitungszeit,
- Entlastung von Fachexperten,
- Verbesserung der Unternehmenskommunikation
- Verbesserung der Innovationsfähigkeit

Diese Effekte lassen sich nur schwer oder gar nicht nachweisen und gehen somit nicht in die Kosten-Nutzen-Analyse ein. Daher wird im hier vorgestellten Vorgehensmodell die Wirkungsanalyse favorisiert.

In der Wirkungsanalyse wird in diesem Vorgehensmodell die Akzeptanz und die Nutzung des Informationssystems bewertet und überwacht. Zur Bewertung der Akzeptanz können Benutzerbefragungen durchgeführt werden. Um eine möglichst effiziente Erfassung des Benutzerfeedbacks realisieren zu können, werden Online-Fragebögen eingesetzt. Eine weitere Möglichkeit, das Benutzerfeedback zu ermitteln, ist die Bereitstellung von Feedbackmechanismen auf einzelnen Themenseiten im Informationssystem. Dadurch können die Wissensnutzer ein inhaltsbezogenes Feedback liefern.

Die Überwachung wird in diesem Ansatz als ein unverzichtbares Mittel angesehen, das zudem dazu dient, die Akzeptanz zu bewerten und laufend den Lernfortschritt zu ermitteln. Im Fall einer serverbasierten Lösung kann die Nutzungsüberwachung durch die Auswertung der Protokoll-Dateien des Webservers realisiert werden und daraus Kennzahlen für die Benutzeraktivität ermittelt werden. In den Protokoll-Dateien des Webservers wird die gesamte Kommunikation des Servers mit den Clients aufgezeichnet. Hier werden beispielsweise Informationen darüber gespeichert

- von welchem Rechner (IP-Adresse) Zugriffe erfolgt sind,
- auf welche Inhalte zugegriffen wurde oder
- mit welchem Browser der Client die Inhalte aufgerufen hat.

Durch die Analyse und Auswertung der Protokoll-Dateien können einige wertvolle Hinweise über die Wissensnutzung gewonnen werden, wie z. B.:

- Der Weg bzw. der typische Weg eines Nutzers beim Navigieren durch das Informationssystem
- Die durchschnittliche Anzahl von Seitenabrufen pro Besuch

- Die Seiten mit der größten bzw. kleinsten Abrufhäufigkeit
- Die durchschnittliche Anzahl der Besucher pro Zeiteinheit (Tag, Woche).

Eine Änderung dieser Kennzahlen kann auf Lernerfolge, -fortschritte oder Qualitätsprobleme hinweisen.

6.4.5.2 Wartung und Pflege

Die Wartungs- und Pflege-Aktivitäten lassen sich in eine technische und inhaltliche Dimension unterscheiden. Technische Wartungs- und Pflege-Maßnahmen beziehen sich auf den Betrieb des hypermedialen Informationssystems als Software-Produkt. Gemäß Balzert [Bal98a] enthalten Softwareprodukte einen - wenn auch geringen - Prozentsatz an Fehlern, die erst nach der Inbetriebnahme entdeckt werden und korrigiert werden müssen. Zudem kommt es während des Betriebs zu Änderungen der Rahmenbedingungen (z.B. neue organisatorische Einbettung, neue Betriebssysteme) oder zu neue Kundenwünschen, die Änderungen an der Software nach sich ziehen.

Inhaltliche Pflege und Wartungsaktivitäten sind eine wichtige Voraussetzung für die nachhaltige Qualität der Inhalte. Das erhobene Expertenwissen ist nicht für einen unbegrenzten Zeitraum relevant, sondern muss immer wieder an aktuelle Gegebenheiten, wie z.B. neue Gesetze angepasst werden. Eine weitere Quelle für inhaltliche Korrekturen ist das Nutzerfeedback, das wichtige Hinweise auf die inhaltliche Qualität (Aktualität, Validität, Benutzbarkeit) der Inhalte liefern kann.

6.5 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde ein expertenzentriertes Vorgehensmodell zur Wissensbewahrung und Verteilung vorgestellt. In diesem Modell werden Ideen aus dem Knowledge Engineering (Wissensakquisition) aufgegriffen und für das Wissensmanagement adaptiert. Gemäß Balzert ([Bal98a]) gehört zu einem Vorgehensmodell neben einem Phasenmodell und einem Rollenmodell auch ein Werkzeug, mit dem das Produkt erstellt wird. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wird darauf verzichtet, ein Gesamtwerkzeug für die Durchführung aller Phasen im vorgestellten Modell vorzustellen. Stattdessen gehen wir im nächsten Kapitel auf die Kernphase (Wissensbewahrung) des vorgestellten Modells ein und stellen ein Vorgehensmodell für die Nachbereitung von Experteninterviews vor. Darauf aufbauend stellen wir im Kapitel 8 ein modellbasiertes Werkzeug zur Unterstützung von Wissensingenieuren bei der Nachbereitung von Experteninterviews vor.

KAPITEL 7 DIE NACHBEREITUNG VON EXPERTENINTERVIEWS

Die Nachbereitung von Experteninterviews ist aus unterschiedlichen Gründen eine sehr komplexe Tätigkeit. Zum einen muss der Wissensingenieur mit Wissenslücken rechnen, da er üblicherweise fachfremd ist. Zum anderen sind Verständnisprobleme zu erwarten, da die Fachexperten eine Fachsprache verwenden, der er nicht von Anfang an mächtig ist, sondern die er erst nach und nach versteht.

Ein grundsätzliches Problem, das sich unabhängig vom Wissensstand stellt, ist der sehr große Umfang der erhobenen Informationen. Über anscheinend sehr eng begrenzte Wissensbereiche kann eine große Menge an Informationen erhoben werden, die in der Nachbereitung analysiert, strukturiert und für die Wissensnutzung aufbereitet werden muss.

Obwohl die Inhalte von Fachexperten erhoben werden, liegen diese selten in einer fertigen und zusammenhängenden Struktur vor. Diese muss erst im Nachbereitungsprozess aufgebaut werden. Eine Erklärung hierfür ist, dass bei der Beantwortung von Fragen im Interview die Wissensnutzung nicht im Vordergrund steht. Vielmehr stellen die Äußerungen des Fachexperten erste Erklärungsversuche für den Wissensingenieur dar, der in der Nachbereitung die Aufgabe hat, diese umzustrukturieren, zu verfeinern und adressatgerecht aufzubereiten. Da manche Erkenntnisse erst durch die Interaktion mit dem Wissensingenieur während des Interviews erarbeitet werden, sind sie zunächst unstrukturiert. Ein weiteres Problem der Nachbereitung ist die Unvollständigkeit der Protokolle, da der Protokollant während des Interviews selten in der Lage ist, alle Äußerungen des Fachexperten mitzuschreiben. Deswegen müssen z.T. die Audioaufzeichnungen ausgewertet werden, was einen erheblichen Aufwand bedeutet.

Aufgrund dieser hohen Komplexität erscheint ein Ad-hoc-Vorgehen wenig erfolgversprechend. Wir stellen in diesem Kapitel ein Modell zur Nachbereitung von Experteninterviews vor, das auf einer geordneten Vorgehensweise mit genau festgelegten Tätigkeiten sowie zu erwartenden Zwischenergebnissen basiert. Übergeordnete Ziele dieses Vorgehensmodells sind:

- **Reduzierung der Komplexität:** Im Bereich der KI wurden sehr früh Parallelen zwischen den Forschungsbereichen Software Engineering und Knowledge Engineering erkannt und Vorgehensmodelle des Software Engineering für die Entwicklung wissensbasierter Systeme adaptiert. In dieser Arbeit greifen wir Ideen des Software Engineering auf und definieren für die Nachbereitung ein Phasenmodell, das den Transformationsprozess der im Interview erhobenen Informationen beschreibt. Das in Abbildung 43 dargestellte Phasenmodell der Nachbereitung unterteilt den Nachbereitungsprozess in genau abgegrenzte Phasen, wobei jede Phase aus einer Reihe klar definierter Aktivitäten besteht und mit einem definierten Ergebnis abgeschlossen wird.
- **Unterstützung der Wiederverwendung:** Die Wiederverwendung ist ein bewährtes Konzept des Software Engineering und hat das Ziel, die Entwicklungseffizienz durch den Einsatz bereits entwickelter Software-Module zu erhöhen. Im Kontext dieser Arbeit wird die Wiederverwendung durch die Verwendung unterschiedlicher Modelle zur Repräsentation des Expertenwissens erreicht. Durch die getrennte Verwaltung eines Inhalts- und eines Navigationsmodells können beispielsweise die gleichen Inhalte in unterschiedlichen Navigationsmodellen verwendet werden.

Da wir mit der Nachbereitung eine andere Zielsetzung als klassische Knowledge-Engineering-Ansätze verfolgen, werden im Folgenden zunächst wichtige Begriffe abgegrenzt (Abschnitt 7.1). Anschließend werden relevante Informationsquellen im Nachbereitungsprozess vorgestellt und in Bezug auf ihre „thematische Abdeckung“ und den zu erwartenden Aufwand beim

Zugriff bewertet (Abschnitt 7.2). Abschließend wird das Vorgehensmodell der Nachbereitung von Experteninterviews erläutert (Abschnitt 7.3).

7.1 Grundbegriffe

Im Verlauf der Nachbereitung wird das erhobene Wissen über mehrere Zwischenschritte in ein hypermediales Informationssystem transformiert.

> ***Nachbereitung***
>
> *Die Nachbereitung ist ein Schritt im expertenzentrierten Wissensmanagement und umfasst alle Schritte zur Transformation von Expertenäußerungen in ein hypermediales Informationssystem.*

Zur Repräsentation des erhobenen Expertenwissens werden *Informationsobjekte* (Knoten, Informationseinheiten) erstellt, miteinander verknüpft und zusätzlich mit Metadaten versehen, um ihre Wiederverwendung zu erleichtern.

> ***Informationsobjekte***
>
> *Informationsobjekte sind inhaltlich abgeschlossene, mediale Entitäten, die bestimmte Aspekte des Expertenwissens wiedergeben.*

Informationsobjekte können sowohl Textteile als auch graphische, Audio- oder Video-Dateien sein. Bei der Erstellung und redaktionelle Bearbeitung textueller Informationsobjekte werden soweit wie möglich keine konkreten Details einer Umsetzung in ein Präsentationsformat berücksichtigt. Informationsobjekte werden in der Wissensbasis medienneutral abgelegt. Dadurch wird eine hohe Flexibilität erreicht, die es ermöglicht, aus den gleichen Inhalten unterschiedliche Präsentationsformate, wie z.B. HTML oder RTF (*Richt Text Format*) zu generieren.

> ***Wissensbasis***
>
> *Die Wissensbasis umfasst die Gesamtheit aller im Nachbereitungsprozess verwendeten Informationsobjekte.*

Im Folgenden werden alle im Interview erhobenen Informationsquellen erläutert, die die Grundlage der Nachbereitung bilden.

7.2 Informationsquellen in der Nachbereitung

Die im Nachbereitungsprozess verwendeten Informationsquellen sind Interviewprotokolle, die in dem hier betrachteten Szenario mit dem Werkzeug RASSI erstellt werden, die vom Experten im Interview beigefügten Dokumente und bereits erhobene und nachbereitete Informationen in der Wissensbasis.

Die im Nachbereitungsprozess involvierten Informationsquellen haben unterschiedliche Merkmale und verursachen unterschiedliche Aufwände beim Zugriff. Die Erinnerung des Wissensingenieurs an die Äußerungen des Fachexperten nimmt in diesem Ansatz eine zentrale Rolle ein und wird in den folgenden Ausführungen als eine eigenständige Informationsquelle

behandelt. Sie ist maßgeblich dafür verantwortlich, in welchem Ausmaß die weiteren Informationsquellen ausgewertet werden müssen und leitet somit den Nachbereitungsprozess.

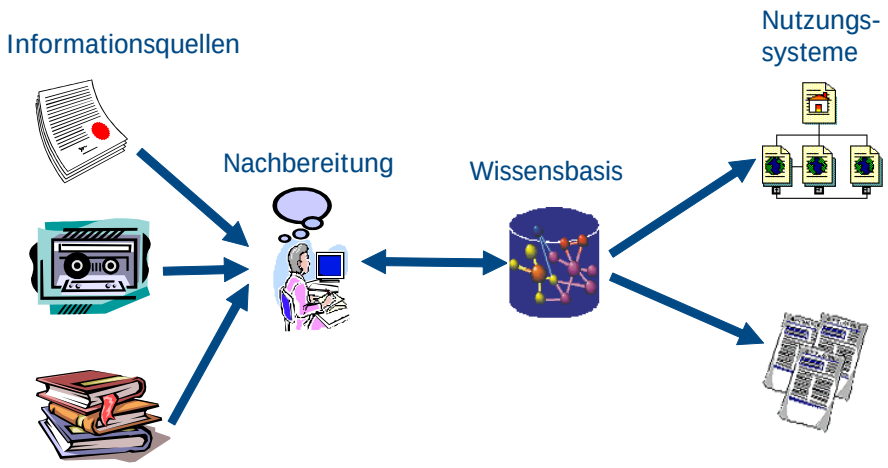


Abbildung 41: Informationsquellen in der Nachbereitung

7.2.1 Erinnerung an das Interview

Die wichtigste Informationsquelle in der Nachbereitung ist die Erinnerung des Wissensingenieurs an das Interview. Für den Wissensingenieur bietet sie im Vergleich zu den anderen Informationsquellen den Vorteil eines direkten und schnellen Zugriffs.

Nach unserer Erfahrung kann sich der Wissensingenieur unmittelbar nach dem Interview an viele Aspekte des Gesprächs erinnern und ist in der Lage, in Verbindung mit dem erstellten Protokoll, das zusätzliche Erinnerungsreize bereitstellt, die meisten Äußerungen des Fachexperten rekonstruieren. Daher ist der Verzicht auf eine vollständige Transkription eine grundsätzliche Festlegung dieses Ansatzes. Eine vollständige Transkription verursacht in der Regel einen erheblichen Aufwand. Zudem kann sie, falls sie durch Hilfskräfte durchgeführt wird, zu einer Verfälschung der Expertenäußerungen führen.

Der Wissensingenieur kann allerdings die im Interview neu gelernten Inhalte nur für eine begrenzte Zeit in seinem Gedächtnis behalten. Denn aufgrund seines häufig unzureichenden Vorwissens kann er nur wenige Assoziationen zu den Expertenäußerungen bilden. Daher ist die möglichst zeitnahe[1] Nachbereitung eine wichtige Voraussetzung des im Abschnitt 7.3 vorgestellten Phasenmodells der Nachbereitung.

7.2.2 Interviewprotokolle

Die nach der Erinnerung wichtigste Informationsquelle im Nachbereitungsprozess ist das Interviewprotokoll, das in unserem Szenario mit dem Werkzeug RASSI ([Tur99]) erstellt wird.

Interviewprotokolle sind hierarchisch strukturierte Textdateien, die in Themen gegliedert sind, wobei jedes Thema einen bestimmten Inhaltsbereich bezeichnet, der Gegenstand des Interviews war. Themen können wiederum weitere Unterthemen und Fragen umfassen. Zu

[1] Im Rahmen von Projekten mit der Automobilindustrie hat sich eine Nachbereitung am gleichen Tag oder spätestens am nächsten Tag als empfehlenswert erwiesen.

jeder Frage wird in der Durchführung von Experteninterviews die zugehörige Antwort durch den Protokollant mitgeschrieben.

Im Verlauf des Interviews kann allerdings diese thematische Ordnung nicht aufrechterhalten werden. Durch die Interaktion mit dem Wissensingenieur müssen Fachexperten häufig das Anwendungsgebiet unter neuen Gesichtspunkten betrachten. So liegt es nahe, dass der Fachexperte im Verlauf des Interviews neue Ideen entwickelt oder vorher unbewusste Zusammenhänge erkennt. Dadurch entsteht im Verlauf des Interviews im Protokoll zum Teil eine unzusammenhängende Anreihung von „Informationsbrocken“, die die chronologische Reihenfolge der Mitteilungen des Fachexperten widerspiegelt.

.

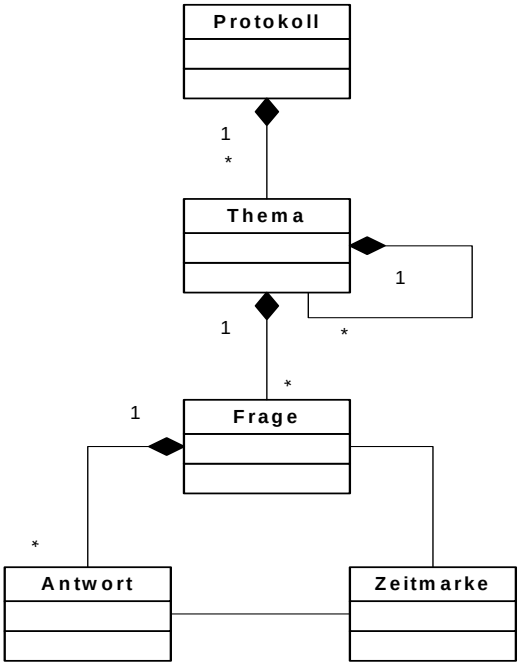


Abbildung 42: Struktur von Interviewprotokollen

Da der Protokollant bei der Durchführung von Experteninterviews nicht immer in der Lage ist, alle Äußerungen des Fachexperten mitzuschreiben, sind Interviewprotokolle üblicherweise unvollständig und fehlerhaft. Diese Unvollständigkeit resultiert nicht nur aus dem hohen Zeitdruck bei der Protokollierung, sondern auch aus den Unterschieden zwischen gesprochener und geschriebener Sprache. Anders als bei geschriebener Sprache, bei der der Autor seinen Text relativ lange im Voraus planen kann und der Text mehrere Überarbeitungszyklen (z.B. zur Rechtschreibkorrektur) durchlaufen kann, hat der Sprecher keine Möglichkeit seine Äußerungen „zurückzudrehen“ und Korrekturen anzubringen. So kommt es vor, dass der Experte sich mehrfach wiederholt, Sätze plötzlich abbricht und neu aufsetzt oder angefangene Sätze ganz anders enden als erwartet.

Ein weiteres Problem betrifft den Informationsverlust, der bei der Protokollierung stattfindet. Wie bereits im Abschnitt 4.4.3.1 erläutert wurde, spielen nonverbale Anteile in der menschlichen Kommunikation eine große Rolle. Über den Blickkontakt, den Gesichtsausdruck, die Körperhaltung, Gestik und Mimik werden Informationen übermittelt, die bei der Protokollierung nicht erfasst werden. Ebenso problematisch sind Erläuterungen, die Fach-

experten anhand von Abbildungen machen. Diese können schriftlich nicht vollständig erfasst werden und stehen somit in der Nachbereitung nicht zur Verfügung.

Im Vergleich zum Gedächtnis des Wissensingenieurs bedeutet Suche und Extraktion von Informationen aus den Protokollen einen viel höheren Aufwand.

Generell ist noch festzuhalten, dass je nach Art der Interview-Durchführung und nach dem Stand des Wissenserwerbsprojekts die Qualität der Interviewprotokolle stark schwanken kann. In den frühen Projektphasen sind die Interviewprotokolle stark unstrukturiert und weisen viele Lücken auf, was eine aufwendige Nachbereitung nach sich zieht. In späteren Phasen hingegen sind sie relativ vollständig und verständlicher.

7.2.3 Dokumente über das Anwendungsgebiet

Nach dem in Kapitel 6 vorgestellten Modell zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen werden in Experteninterviews in erster Linie aktuelle und praxisrelevante Informationen, wie Projekterfahrungen (*Lessons learned*) oder bewährte Vorgehensweise (*best practices*) erhoben. Diese sind aber ohne Kontext und entsprechendes Grundlagenwissen weder in der Nachbereitung für den Wissensingenieur verständlich noch für die Wissensnutzung ausreichend.

Daher werden im Experteninterview zusätzlich zum praxisrelevanten Wissen auch Informationen über relevante Dokumente wie Abbildungen, Gesetzestexte und Handlungsvorschriften erhoben, die in der Nachbereitung zum besseren Verständnis der Expertenäußerungen herangezogen werden können. Im Verlauf der Nachbereitung werden diese Dokumente durch Verknüpfungen in das Informationssystem integriert, da sie für den Wissensnutzer eine wichtige Ergänzung zum praxisrelevanten Wissen darstellen.

Mit dieser Berücksichtigung existierender Dokumente wird vermieden, dass bereits ausformuliertes Wissen erneut im Interview erhoben wird, wodurch die Wissenserhebung sich auf interessantes und undokumentiertes Wissen konzentrieren kann. Gleichwohl können diese das Experteninterview nicht gänzlich ersetzen. Die Suche und Extraktion von Informationen aus diesen Dokumenten ist vergleichbar mit der Suche innerhalb von Protokollen, jedoch ist der Abdeckungsgrad in Bezug auf das im Interview behandelte Gebiet in der Regel niedriger.

7.2.4 Audio-Dateien

Expertenzeit ist sehr kostbar und sollte möglichst ökonomisch genutzt werden. Daher müssen Datenverluste, beispielsweise durch unvollständige oder fehlerhafte Protokolle, vermieden werden. Dazu wird zusätzlich zur Protokollierung das Interview digital aufgezeichnet, um sicherzustellen, dass alle Expertenäußerungen festgehalten werden. Durch die digitale Aufzeichnung kann sich der Wissensingenieur im Interview auf sein Gegenüber konzentrieren, Blickkontakt halten und muss nicht den Gesprächsfluss durch das Anfertigen eigener Notizen stören.

Audio-Aufzeichnungen des Interviews sind im Vergleich zu den anderen Informationsquellen zwar am vollständigsten, verursachen aber einen erheblichen Aufwand bei der Suche und Extraktion benötigter Informationen. Aus diesem Grund sollte in der Nachbereitung stets versucht werden, benötigte Informationen zunächst aus den anderen Informationsquellen zu erschließen.

7.2.5 Bereits erhobene Informationen in der Wissensbasis

Eine weitere Informationsquelle, die in der Nachbereitung eine große Rolle spielt, ist die Wissensbasis, die alle bereits erhobenen und nachbereiteten Informationen enthält. Diese Informationen müssen in der Nachbereitung beachtet werden, damit neu ankommende Inhalte keine

isolierten Wissensatome bleiben, sondern durch Verknüpfungen mit bereits erfassten Informationen in das bestehende System integriert werden.

Analog zu Dokumenten über das Wissensgebiet können Informationen aus der Wissensbasis wertvolles Hintergrundwissen (z.B. Begriffsdefinitionen) bereitstellen, das Voraussetzung für das Verständnis neu erhobener Informationen ist. Darüber hinaus können durch die Berücksichtigung bereits erfasster Informationen Inkonsistenzen und Überschneidungen in der Wissensbasis vermieden werden.

Im Vergleich zu Dokumenten über das Anwendungsgebiet ist der Abdeckungsgrad der Wissensbasis in Bezug auf das behandelte Thema besonders in fortgeschrittenen Projekten besser. Aufgrund der zu erwartenden Informationsmenge kann allerdings die Suche nach benötigten Informationen zu Orientierungsproblemen oder zu einer kognitiven Überforderung des Wissensingenieurs führen.

7.2.6 Zusammenfassung

In Tabelle 4 werden die im Nachbereitungsprozess verwendeten Informationsquellen in Bezug auf den Aufwand beim Zugriff und auf die thematische Abdeckung zusammenfassend dargestellt.

Informationsquelle	Aufwand beim Zugriff	Thematische Abdeckung
Gedächtnis	**Niedrig**	**Mittel, abnehmend**
Interviewprotokoll	**Mittel**	**Mittel**
Dokumente	**Mittel**	**Niedrig**
Wissensbasis	**Mittel**	**Niedrig, zunehmend**
Audiosequenzen	**Hoch**	**Hoch**

Tabelle 4: Informationsquellen in der Nachbereitung.

Das Gedächtnis als Informationsquelle bietet den Vorteil einer hohen thematischen Abdeckung und eines schnellen Informationszugriffs. Allerdings sind die Gedächtnisinhalte nicht dauerhaft und gehen mit der Zeit aufgrund von Interferenzen verloren.

Das Protokoll hingegen erlaubt eine dauerhafte Informationsspeicherung, jedoch bedeutet der Informationszugriff einen erheblich höheren Aufwand. Zudem können während des Interviews aufgrund des Zeitdrucks nicht alle Expertenäußerungen im Protokoll festgehalten werden. Der Zugriff auf Dokumente oder auf Informationsobjekte der Wissensbasis ist verglichen zum Protokoll aufwendiger, da der Wissensingenieur aus einer großen Informationsmenge erst die im aktuellen Kontext relevanten Inhalte suchen und auswählen muss.

Die Audioaufzeichnungen enthalten zwar alle Expertenäußerungen, verursachen aber einen sehr hohen Aufwand beim Abhören. Daher werden in diesem Ansatz Audiosequenzen erst verwendet, wenn die Suche in den übrigen Informationsquellen erfolglos war.

7.3 Phasenmodell der Nachbereitung von Experteninterviews

Das in Abbildung 43 dargestellte Vorgehensmodell der Nachbereitung von Experteninterviews basiert auf einem wasserfall-ähnlichen [Bal98a] Phasenmodell und unterteilt den Nachbereitungsprozess in mehrere Phasen, die in sequentieller Reihenfolge durchlaufen werden. Innerhalb der Phasen werden die jeweils durchzuführenden Aktivitäten definiert und ihre Ergebnisse

festgelegt. Dabei basiert jede Phase auf den Ergebnissen der vorherigen. Anders als im klassischen Wasserfallmodell, bei dem Iterationen nur zwischen aufeinander folgenden Phasen erlaubt sind, werden im folgenden Modell Rücksprünge in frühere Phasen etwa zur Fehlerkorrektur, vorgesehen.

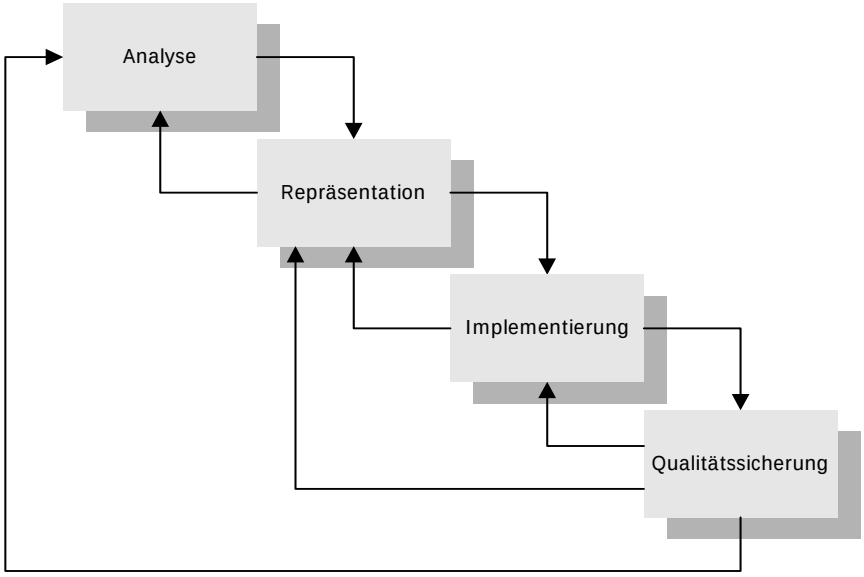


Abbildung 43: Das Phasenmodell der Nachbereitung von Experteninterviews

7.3.1 Analyse

In der ersten Phase dieses Vorgehensmodells werden die Interviewprotokolle systematisch analysiert und die Expertenäußerungen interpretiert. Dazu geht der Wissensingenieur den in der Vorbereitung erstellten Fragebogen durch und bearbeitet zu jeder Frage die dazugehörige im Protokoll festgehaltene Antwort. Diese nennen wir im Folgenden die „*protokollierte Antwort*“ im Gegensatz zur „*tatsächlichen Antwort*“, die mit Hilfe der Audioaufzeichnung festgehalten wurde.

Wie bereits im Abschnitt 7.2.2 erläutert wurde, muss der Wissensingenieur bei der protokollierten Antwort mit Defiziten rechnen, da

- die Expertenäußerungen nicht vollständig oder korrekt protokolliert werden können,
- im Interview die Wissensnutzung nicht im Vordergrund steht und
- die erhobenen Inhalte nicht als fertige „Pakete“ im Gedächtnis des Fachexperten vorliegen, sondern zum Teil erst durch die Interaktion mit dem Wissensingenieur gewonnen werden.

Je nach Projektfortschritt oder nach Art der Interviewführung (z.B. kooperatives Arbeiten) kann die Qualität der protokollierten Antwort stark schwanken. In Bezug auf die jeweilige Frage lassen sich die folgenden Szenarien bei der Nachbereitung einer Antwort unterscheiden:

- **Die Frage wurde im Interview zum ersten Mal gestellt:** In diesem Fall existieren keine nachbereiteten Inhalte zu dieser Frage in der Wissensbasis.
- **Die Frage war eine Folgefrage:** Zu diese Frage sind verwandte Inhalte in der Wissensbasis vorhanden. Die neu erhobenen Informationen müssen integriert werden.

- **Die Frage wurde in einem kooperativen Interview gestellt:** Dies ist der einfachste Fall und erfordert wenig Nachbereitungsaufwand. In solchen Interviews wird direkt das Endprodukt, z.B. eine Wissenslandkarte in Kooperation mit dem Fachexperten erstellt. Damit ist das erarbeitete Ergebnis zugleich das Protokoll.

Im Folgenden wird der Fokus auf die zwei erstgenannten Fälle gelegt, da im dritten Fall der Nachbereitungsaufwand vernachlässigbar ist.

Kriterien bei der Analyse einer Antwort

Bei der Analyse der protokollierten Antwort hat der Wissensingenieur die Aufgabe, ihre Defizite zu aufzudecken und zu beseitigen. In [Bim01] wurden die Kriterien *„Verständlichkeit“*, *„Korrektheit“*, *„Spezifität“* und *„Vollständigkeit“* vorgestellt, anhand derer der Wissensingenieur die vorliegende Antwort überprüft:

- **Verständlichkeit** bedeutet, dass der Wissensingenieur die protokollierte Antwort verstehen muss. Dabei hängt die Verständlichkeit nicht nur vom Wissensstand und von der Erinnerung des Wissensingenieurs an die tatsächliche Antwort ab, sondern auch von ihrer Qualität. Die protokollierte Antwort enthält häufig Tippfehler und abgebrochene Sätze, die ihre Auswertung schwierig machen. Ein weiteres Problem ist der hohe Anteil an neuen oder bereits erfassten Fachbegriffen, die dem Wissensingenieur, zumindest in den frühen Projektphasen, nicht vertraut sind. Zusätzlich fehlen dem Wissensingenieur bei Folgefragen die notwendigen Kontextinformationen. Für das Verstehen solcher Fragen benötigt der Wissensingenieur den Zugriff auf die vorangegangene Frage und auf die entsprechenden nachbereiteten Inhalte.
- **Korrektheit** bedeutet, dass die protokollierte Antwort keinem Aspekt der erinnerten Antwort widerspricht. Aufgrund von Fehlinterpretationen und Auslassungen bei der Protokollierung kann die protokollierte Antwort inhaltlich von der tatsächlichen Antwort abweichen. Bei Interviews mit mehreren Experten kann die protokollierte Antwort die einzelnen, zum Teil widersprüchlichen Sichtweisen der beteiligten Fachexperten beinhalten, für die es gilt, eine gemeinsame Position zu finden. Die Korrektheit bezieht sich aber nicht nur auf die protokollierte Antwort, sondern auch auf bereits nachbereitete Inhalte in der Wissensbasis.
- **Spezifität** bedeutet, dass die protokollierte Antwort keine Elemente enthalten darf, die nicht der Beantwortung der gestellten Frage dienen. Wie bereits im Abschnitt 7.2.2 erläutert wurde, verlaufen Experteninterviews selten nach dem vom Wissensingenieur aufgestellten Fahrplan. Dies führt dazu, dass eine protokollierte Antwort auch Aussagen beinhalten kann, die sich auf andere Fragen im Protokoll oder auf bereits nachbereitete Inhalte beziehen. Im schlimmsten Fall können manche Aussagen nicht zugeordnet werden.
- **Vollständigkeit** bedeutet, dass die protokollierte Antwort alle Aspekte aus der tatsächlichen Antwort des Experten enthalten muss, an die sich der Wissensingenieur noch erinnert. Eine besondere Form der Unvollständigkeit stellen sogenannte *dokumentierte Lücken* dar. Dokumentierte Lücken sind Stellen im Protokoll, an denen der Protokollant explizit aufgrund des hohen Zeitdrucks auf die Audiosequenzen verwiesen hat. Eine andere Form einer dokumentierten Lücke stellen Aufträge des Fachexperten dar, die protokollierte Antwort um Dokumentenauszüge zu erweitern.

7.3.1.1 Vorgehensmodell

In Abbildung 44 wird der Workflow der Nachbereitung einer einzelnen Frage dargestellt. Eine wesentliche Komponente dieses Workflow ist die jeweilige Analyse-Situation, die alle Faktoren einschließt, die Einfluss auf die Bearbeitung einer Frage nehmen. Die Analyse-Situation zerfällt in interne (an den Wissensingenieur gebundene) und externe Faktoren.

Interne Faktoren umfassen die Erinnerung des Wissensingenieurs an das Interview sowie sein Wissen über das Anwendungsgebiet. Selbst in dieser frühen Phase benötigt der Wissensingenieur eine gute Vorstellung über den Wissensbedarf der potentiellen Wissensnutzer, um die Relevanz einzelner Themen einschätzen zu können.

Externe Faktoren hingegen umfassen neben der aktuellen Frage das gesamte Protokoll und die Audiosequenzen sowie alle bereits nachbereiteten Informationsobjekte in der Wissensbasis, die für das Verständnis und die Weiterbearbeitung der aktuellen Frage relevant sind.

Der in Abbildung 44 dargestellte Workflow unterscheidet die Kernschritte „*Fragen und Antwort analysieren*“, „*Antwort verbessern*“ und „*Antwort strukturieren und vernetzen*“.

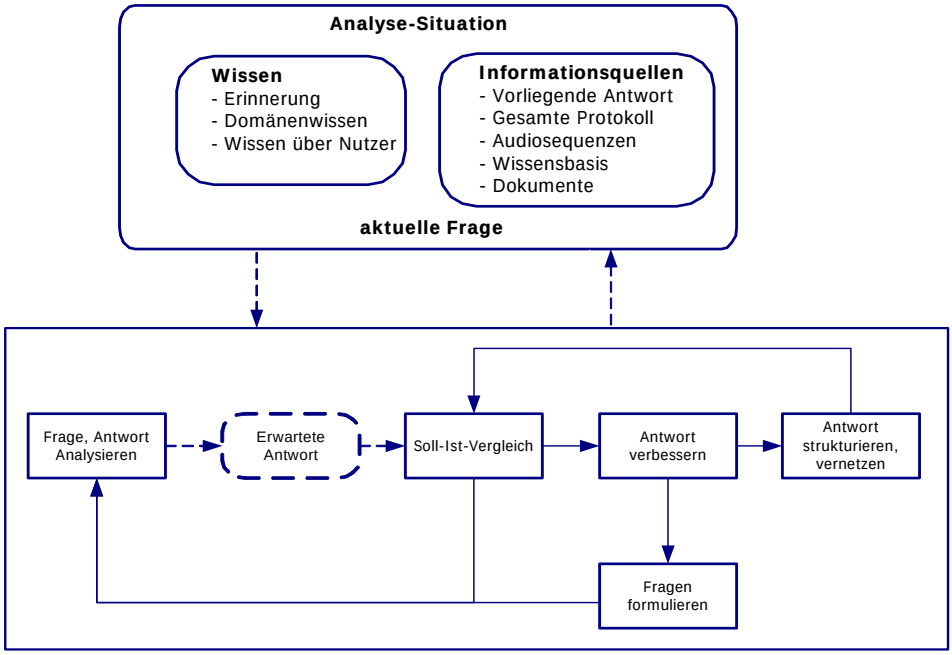


Abbildung 44: Workflow der Nachbereitung einer Frage

7.3.1.1.1 Frage und Antwort analysieren

In diesem Schritt wird die vorliegende Antwort in Bezug auf die genannten Kriterien Korrektheit, Vollständigkeit, Spezifität und Vollständigkeit analysiert. Zunächst liest der Wissensingenieur die vorliegende Antwort und entwickelt aufgrund seines Wissens und seiner Erinnerung eine mentale Repräsentation der zu erwartenden Antwort. Diese wird im nächsten Schritt mit der protokollierten Antwort verglichen, um festzustellen, welche Kriterien nicht erfüllt sind.

Dieser Schritt wird dadurch erschwert, dass die Antwort viele (neue und bereits erfasste) Fachbegriffe (siehe Abschnitt 4.5.1) enthalten kann, die die Textrezeption erschweren. Zudem werden im Interview Inhalte nicht im luftleeren Raum erhoben. Vielmehr können sich Infor-

mationen in der protokollierten Antwort explizit (bei Folgefragen) oder implizit auf bereits vorliegende Informationsobjekte in der Wissensbasis beziehen.

Zur Unterstützung der Analysephase müssen daher Nachbereitungswerkzeuge die folgenden Aspekte berücksichtigen:

- **Textrezeption:** Um die Textrezeption zu begünstigen, müssen sowohl bekannte als auch neu erhobene Fachbegriffe im Protokoll gekennzeichnet werden. Zudem benötigt der Wissensingenieur den Zugriff auf ein Glossar, um bei Unklarheiten Begriffsdefinitionen zu suchen oder neue Fachbegriffe direkt eintragen zu können.
- **Finden relevanter Informationen:** Der Inhalt der protokollierten Antwort ist in vielen Fällen nur in Verbindung mit weiteren relevanten Informationen verständlich. Daher benötigt der Wissensingenieur eine Unterstützung bei der Suche und Navigation in der Wissensbasis, um Informationsobjekte zu finden. So braucht der Wissensingenieur z.B. bei Folgefragen den Zugriff auf den dazugehörigen Knoten, um zu überprüfen, ob die protokollierte Antwort die entsprechende Informationslücke schließt.

7.3.1.1.2 Antwort verbessern

In diesem Schritt werden in Abhängigkeit der entdeckten Defizite spezifische Aktionen zur Verbesserung des Protokolls durchgeführt. Im günstigsten Fall kann der Wissensingenieur die entdeckten Fehler aufgrund seines Wissens beheben. In vielen Situationen muss er allerdings erst nach passenden Informationen suchen.

Der Informationszugriff wird in dieser Phase als ein Problemlösungsprozess definiert, bei dem der Wissensingenieur bei der Auswahl seiner nächsten Operation versucht, seinen gesamten Aufwand zu minimieren: Ist die Antwort unverständlich, versucht er zunächst die entdeckten Defizite aufgrund seiner Erinnerung und seines Wissens zu beheben. Gelingt ihm das nicht, sucht er geeignete Informationen im Protokoll, in Dokumenten über das Wissensgebiet oder in der Wissensbasis. Falls diese nicht zu finden sind, greift er auf die Audioaufzeichnungen zu und versucht die entsprechenden Expertenäußerungen zum Verständnis der protokollierten Antwort heranzuziehen. Falls er die benötigten Informationen findet, ersetzt er die unverständlichen Formulierungen aus der vorliegenden Antwort durch eigene Formulierungen. Andernfalls formuliert er neue Fragen, mit denen im nächsten Interview die Wissenslücken geschlossen werden können.

Ähnlich geht der Wissensingenieur vor, falls die protokollierte Antwort die Kriterien der Korrektheit oder der Vollständigkeit nicht erfüllt. Bei der Beantwortung von Fragen können Fachexperten abschweifen. Dies führt dazu, dass am Ende eines Interviews das Protokoll eine chronologische Struktur aufweist, welche die Reihenfolge der Expertenäußerungen wiedergibt und Informationen zu einem Aspekt nicht an einer Stelle zu finden sind, sondern im gesamten Protokoll verteilt sind. In diesem Fall sucht der Wissensingenieur im Fragenbaum nach potentiellen Fragen, denen die Abschweifungen zugeordnet werden können oder formuliert Fragen nach dem Zusammenhang, die im nächsten Interview geklärt werden müssen.

Der Zugriff auf Audiosequenzen

Während die Suche nach Informationen im Protokoll oder in der Wissensbasis sich relativ einfach mittels Techniken des Information Retrieval ([Bim02]) unterstützen lässt, ist das Abhören der Audioaufzeichnungen (Abbildung 45) ein langwieriger Prozess.

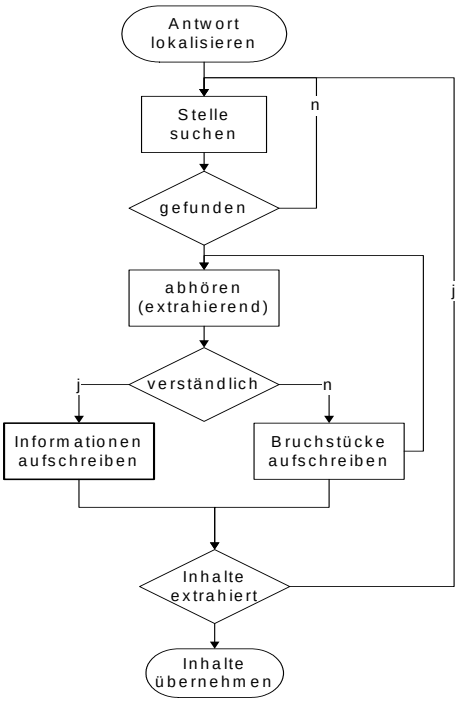


Abbildung 45: Zugriff auf Audioaufzeichnungen

Abbildung 45 zeigt den typischen Ablauf beim Zugriff auf Audiosequenzen. Ausgehend von der Frage im Fragebogen lokalisiert der Wissensingenieur zunächst die tatsächliche Antwort des Fachexperten, die mit Hilfe der Audioaufzeichnungen festgehalten wurde. Falls eine Zuordnung von der Frage zu einem Abschnitt der Audioaufzeichnungen vorgenommen wurde, ist die Ermittlung einer Anfangsposition relativ einfach. Sonst muss der Wissensingenieur anhand seiner Erinnerung an den Interviewverlauf die Startposition abzuschätzen. Danach sucht er (durch Abhören) die Stelle innerhalb der tatsächlichen Antwort, welche die relevanten Informationen enthält. Dies ist ein lokalisierendes, im Gegensatz zum extrahierenden Abhören, das durchgeführt wird, sobald die gewünschte Stelle gefunden wurde. Kann der Wissensingenieur die Informationen verstehen, werden diese gleich niedergeschrieben. Andernfalls werden zunächst nur einzelne relevante Begriffe oder Satzfragmente aus den Audiosequenzen extrahiert und schrittweise erweitert, bis aus den Begriffen für den Wissensingenieur verständliche Sätze entstehen. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis der Wissensingenieur die benötigten Inhalte aus den Audiosequenzen extrahiert hat. Beim Niederschreiben wird die Antwort des Experten nicht wörtlich übernommen, es findet bereits ein Transformationsschritt statt.

Aufgrund des hohen Aufwands beim Zugriff auf Audiosequenzen benötigt der Wissensingenieur die Möglichkeit, die Spuren bereits gefundener Stellen zu sichern, um das Wiederfinden bestimmter Positionen innerhalb der Audioaufzeichnungen zu erleichtern. Daher schlagen wir für Nachbereitungswerkzeuge die Verwendung von *Zeitmarken* vor, die dazu dienen, Referenzen zu Abschnitten der Audiosequenzen festzuhalten.

Zeitmarken

Zeitmarken sind Zeitinformationen, die dazu dienen, bestimmte Stellen in den Audiosequenzen zu referenzieren.

Zeitmarken können entweder nur die Startzeit oder ein Zeitintervall (Start und Stoppzeit) in eine Audio-Datei spezifizieren. Sie werden mit einem selbsterklärenden Schlüsselwort versehen, das den Inhalt des referenzierten Abschnitts beschreibt.

Durch die Verwendung von Zeitmarken können beliebige Positionen innerhalb der Audiosequenzen festgehalten werden. Damit wird im Vergleich zum RASSI-Ansatz, der lediglich eine Zuordnung von Fragen zu Positionen im Audiostrom ermöglicht, ein feingranularer Zugriff auf Audioaufzeichnungen realisiert.

Zeitmarken können mit Metadaten attributiert werden, um die entsprechenden Abschnitte zusätzlich zu beschreiben. Mögliche Attribute sind dabei:

- **Definition:** Dieses Attribut kann eingesetzt werden, um Intervalle zu bezeichnen, in denen der Fachexperte einen Begriff definiert.
- **Diskussion:** Dieses Attribut kann eingesetzt werden, um im Mehrexperten-Szenario Intervalle zu bezeichnen, bei denen Experten über bestimmte Aspekte diskutieren.
- **Irrelevant:** Dieses Attribut kann eingesetzt werden, um Intervalle zu bezeichnen, die der Wissensingenieur als irrelevant einschätzt.

Durch die Zuweisung von Attributen wird der Zugriff auf Audiosequenzen zielgerichteter und der Suchprozess (z.B. durch das Übergehen als irrelevant gekennzeichneter Intervalle auszulassen) effizienter.

7.3.1.1.3 Antwort strukturieren und vernetzen

In diesem Schritt wird die Antwort in semantisch abgeschlossene Einheiten (*Antwortfragmente*) unterteilt, die in der nächsten Phase (Repräsentation) unter Beachtung redaktioneller Richtlinien weiter bearbeitet werden. Eine Frage nach einem bestimmten Bauteil im Bereich des Maschinenbaus liefert z.B. eine Antwort, die aus den Antwortfragmenten „Einbauort“, „Funktionsprinzip“, „Auslegungskriterien“ und „Varianten“ besteht.

Antwortfragmente

Antwortfragmente sind inhaltliche abgeschlossene Teile einer Antwort im Protokoll. Sie bestehen aus einer aussagekräftigen Bezeichnung und dem eigentlichen Inhalt.

Erfahrungsgemäß besteht ein Antwortfragment aus ein bis zu sieben Sätzen. Zusätzlich kann der Wissensingenieur Antwortfragmenten Zeitmarken zuweisen, um einen Verweis auf die tatsächliche Antwort herzustellen. Durch die Definition von Antwortfragmenten wird die Struktur möglicher Knoten festgelegt. Damit stellt dieser Schritt bereits eine Planung der nächsten Phase (Repräsentation) dar.

Manche neu erhobenen Informationen können explizit mit bereits nachbereiteten Inhalten in der Wissensbasis zusammenhängen (z.B. bei Antworten auf Folgefragen). Eine wesentliche Aufgabe ist allerdings die Ermittlung impliziter Zusammenhänge, die, obwohl sie primär nicht aus dem Protokoll ersichtlich sind, eine große Rolle für die Weiterbearbeitung der protokollierten Antwort spielen. Durch die Berücksichtigung solcher Zusammenhänge wird es vermieden, dass inkonsistente oder redundante Inhalte in die Wissensbasis übernommen werden oder interessante Querbezüge für die Wissensnutzung nicht transparent gemacht werden. Daher

werden in dieser Phase die definierten Antwortfragmente mit Informationsobjekten der Wissensbasis durch *Quellenverknüpfungen* verbunden.

> ***Quellenverknüpfungen***
>
> *Quellenverknüpfungen verbinden Teile des Protokolls mit bereits erfassten Informationsobjekten der Wissensbasis.*

Quellenverknüpfungen geben an, welche bereits nachbereiteten Informationsobjeke der Wissensbasis bei der Weiterbearbeitung der definierten Antwortfragmente benötigt werden. Sie werden in diesem Ansatz in assoziative und typisierte (argumentative) Quellenverknüpfungen unterteilt.

Assoziative Verknüpfungen können flexibel eingesetzt werden. Sie dienen dazu, eine semantisch nicht näher spezifizierte Verwandtschaftsbeziehung zwischen Inhalten zu beschreiben.

Argumentative Verknüpfungen sind an der IBIS-Methodik (*Issue Based Information Systems*) von Rittel ([Kuh91]) angelehnt. Diese Methodik basiert auf dem Grundgedanken, dass komplexe Problembereiche sich am besten durch die Verfolgung argumentativer Diskussionen behandeln lassen. Argumentative Verknüpfungen werden in der Analysephase unter anderem dazu verwendet, divergierende Meinungen von Fachexperten zu modellieren. Mögliche Verknüpfungen dieser Art sind „*Ergänzung*“, „*Widerlegung*“, „*Spezialisierung*“ oder „*Grundlage für Verständnis*“.

7.3.1.1.4 Annotationen und Aufgaben

Im Verlauf der Analysephase entwickelt der Wissensingenieur selbst neue Erkenntnisse und Ideen, die nicht explizit aus dem Protokoll zu entnehmen sind. Zum Teil kann er bereits notwendige Arbeitsschritte absehen, z.B. die Erstellung von Medienobjekten, die parallel zu inhaltlichen Arbeitsschritten durchgeführt werden können. Daher müssen Nachbereitungswerkzeuge neben der Unterstützung der Kernschritte der Analysephase den Wissensingenieur bei der Erstellung von Annotationen und bei der Spezifikation von Aufgaben unterstützen.

Antwort annotieren

Im Bereich der Textproduktion und der Lernforschung wurde die Bedeutung von Annotationen unter verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Im Rahmen dieser Arbeit verstehen wir unter Annotation jede Form von zusätzlichen Anmerkungen zu den Objekten der Wissensbasis. Dabei können diese Anmerkungen - im Folgenden sprechen wir von Notizen - in textueller oder graphischer Form vorkommen.

Die Erstellung von Notizen kann zu einem verbesserten Verständnis des Inhalts führen, da im Erstellungsprozess zusätzliche kognitive Prozesse angeregt werden und das Vorwissen aktiviert wird ([Pep86]). Zudem führt das Verfassen von Notizen zu einer Entlastung des Gedächtnisses, da diese als externe, zusätzliche Informationsspeicher fungieren, die anders als das Gedächtnis den Vorteil einer stabilen und dauerhaften Informationsspeicherung bieten. Die dabei externalisierten Informationen müssen darüber hinaus nicht mehr im Arbeitsgedächtnis vorgehalten werden.

Je nach Art der Informationsdarstellung (z.B. bei graphischen Darstellungen) können Notizen den Problemlöseprozess begünstigen. Gemäß Zhang und Norman ([Zha94]) können graphische Darstellungen zu einer Reduzierung des kognitiven Aufwands bei der Problemlösung führen, in dem sie Informationen vorhalten, die direkt wahrgenommen und benutzt werden können, ohne dass sie interpretiert und explizit formuliert werden müssen. In diesem Zusam-

menhang sprechen Zhang und Norman [Zha94] vom *repräsentationalen Effekt*, womit sie die Tatsache beschreiben, dass die Art der externen Darstellung eines Problems Auswirkungen auf dessen Lösung haben kann. Nach der Theorie der dualen Kodierung (siehe Abschnitt 5.2.3.4) können bildhafte Informationen zudem besser im Gedächtnis behalten werden als verbale.

Rein textuelle Notizen bieten auch Vorteile. Gemäß Molitor [Mol89] sind Textproduktionsprozesse nicht nur unter dem Aspekt des intendierten Textes zu betrachten. Nach ihrer Auffassung kann die schriftliche Fixierung gedanklicher Inhalte dazu beitragen, diese besser zu strukturieren, vorher nicht bewusste Zusammenhänge zu entdecken und Inkonsistenzen im mentalen Modell des Schreibers aufzudecken.

In der Analysephase werden Notizen verwendet, um Inhalte zu kommentieren und neue Ideen im Nachbereitungsprozess festzuhalten, wodurch das Arbeitsgedächtnis des Wissensingenieurs entlastet wird. Dabei können Notizen dem gesamten Protokoll, einzelnen Fragen oder Antwortfragmenten zugeordnet werden. Notizen bestehen aus einer (optionalen) Bezeichnung und dem eigentlichen Inhalt, der in graphischer oder textueller Form vorliegen kann. Zusätzlich können Notizen mit einer *Zeitmarke* versehen werden, um mit der tatsächlichen Antwort verknüpft zu werden.

Aufgaben spezifizieren

Im Verlauf der Analyse einer Antwort kann der Wissensingenieur bereits notwendige Arbeitsschritte absehen, die unabhängig von den restlichen inhaltlichen Arbeitsschritten durchgeführt werden können. Dazu zählt beispielsweise die Erstellung von Medienobjekten (Bilder, Tabellen, Videosequenzen) und der dazugehörigen Metadaten. Medienobjekte dienen dazu, bestimmte Sachverhalte adäquat zu veranschaulichen und das Informationssystem aufzuwerten.

Besonders wenn die Nachbereitung durch ein großes Team durchgeführt wird, stellt die Unterstützung einer Aufgabenverwaltung und Steuerung eine wichtige Anforderung für Nachbereitungswerkzeuge dar.

7.3.1.1.5 Zusammenspiel der vorgestellten Objekte

In Abbildung 46 wird das Zusammenspiel der thematisierten Objekte in UML-Darstellung veranschaulicht. In der Analysephase wird das Protokoll verbessert und umstrukturiert. Dabei wird jede Antwort in einzelne Antwortfragmente unterteilt, die zusätzlich mit relevanten Informationsobjeken der Wissensbasis verknüpft werden.

Um den Zugriff auf Audiosequenzen zu vereinfachen, haben wir den Einsatz von Zeitmarken vorgeschlagen, die dazu dienen, bestimmte Intervalle innerhalb der Audioaufzeichnungen zu referenzieren. Während der Analysephase entwickelt der Wissensingenieur neue Ideen, die er mittels Notizen festhalten soll. Durch die Möglichkeit, Aufgaben zu definieren wird nicht

nur eine kognitive Entlastung des Wissensingenieurs angestrebt, sondern auch die Zusammenarbeit mehrerer Wissensingenieure im Nachbereitungsprozess unterstützt.

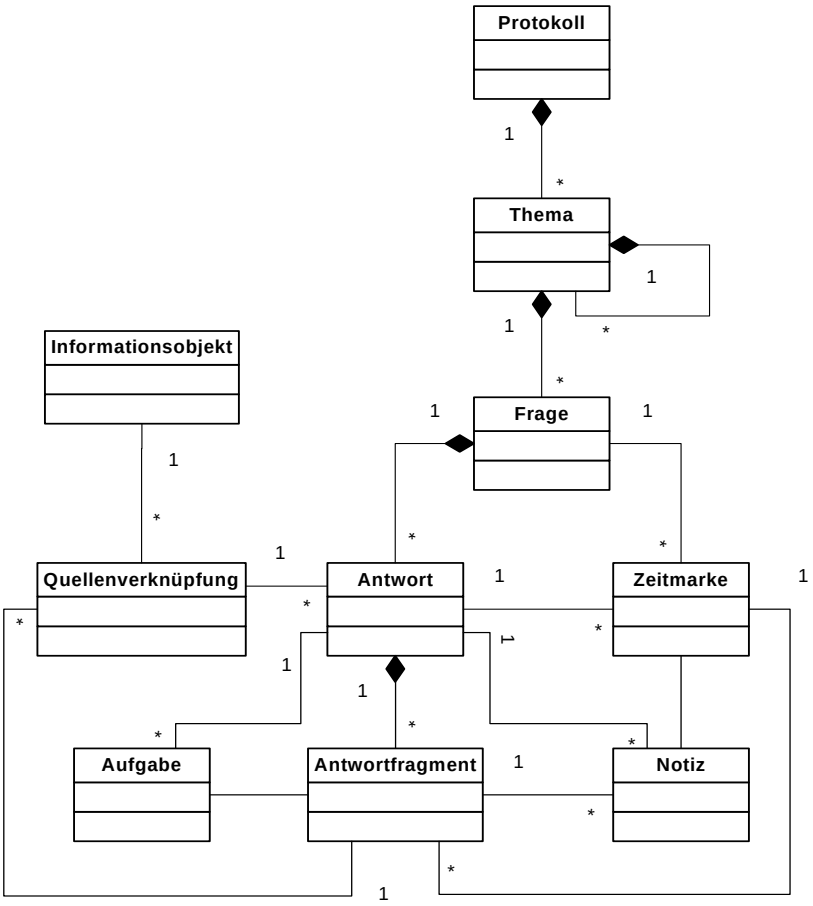


Abbildung 46: Protokolle am Ende der Analysephase

7.3.1.2 Zusammenfassung

Am Ende der Analysephase liegt ein in Bezug auf die vorgestellten Kriterien verbessertes Protokoll vor (siehe Abbildung 46), das zusätzlich Verknüpfungen mit bereits nachbereiteten Informationen in der Wissensbasis enthält. Ergebnisse der Analysephase sind im Einzelnen:

- **Fachbegriffe:** Am Ende dieser Phase liegt eine Liste noch nicht erfasster Fachbegriffe vor, die im Verlauf der Nachbereitung definiert werden sollen.
- **Neue Fragen**: In der Analysephase können – selbst unter Einbeziehung aller Informationsquellen – nicht alle Defizite im Protokoll beseitigt werden. Dazu werden Fragen formuliert, die in den Fragebogen des nächsten Interviews einfließen.
- **Aufgaben**: In dieser Phase werden Aufgaben definiert, die unabhängig von den übrigen inhaltlichen Arbeitsschritten erledigt werden können. Dazu zählt beispielsweise die Erstellung von Medienobjekten (Bilder, Tabellen, Video).
- **Verknüpfungen**: Manche Inhalte aus dem Protokoll hängen mit bereits nachbereiteten Informationsobjekten der Wissensbasis zusammen. Eine wesentliche Aufgabe der Analysephase ist daher die Erstellung der erforderlichen Quellenverknüpfungen, damit die

jeweilige Antwort in Verbindung mit allen relevanten Inhalten weiterbearbeitet wird.

- **Neue und verbesserte Verweise:** In dieser Phase werden neue Verweise in den Audiosequenzen erstellt und bestehende bei Bedarf korrigiert.

7.3.2 Repräsentation

Die Repräsentation ist die zentrale Phase in der Nachbereitung von Experteninterviews. In dieser Phase wird das Expertenwissen auf der Grundlage der vorliegenden Informationsquellen (siehe Abschnitt 7.2) in eine für die Wissensnutzung adäquate Form überführt.

Die Repräsentation von Expertenwissen erfordert eine Betrachtung aus unterschiedlichen, zum Teil orthogonalen Perspektiven. Einerseits muss das Wissensgebiet nach einem übergreifenden Schema mittels einer Domänenontologie strukturiert werden, andererseits muss das erhobene Wissen im Hinblick auf eine effiziente Wissensnutzung in handhabbare „Einheiten“ aufgeteilt werden. Diese sollen dem Wissensnutzer aber nicht über Retrieval Techniken oder über die taxonomische Struktur der Ontologie bereitgestellt werden. Vielmehr sollen sie in argumentative Strukturen eingebettet werden, in denen der Wissensnutzer seinen individuellen Lesepfad bestimmen kann.

Daher empfiehlt sich bei der Repräsentation des erhobenen Wissens die Verwendung unterschiedlicher Modelle (Abbildung 47), in denen jeweils spezielle Aspekte berücksichtigt werden:

- **Konzeptionelles Modell:** Im konzeptionellen Modell werden wichtige Konzepte des Wissensgebiet sowie ihre Beziehungen zueinander beschrieben.
- **Inhaltsmodell:** Das Inhaltsmodell enthält konkrete Objekte der Wissensvermittlung, wie Knoten oder Abbildungen.
- **Navigationsmodell:** Im Navigationsmodell werden Objekte des Inhaltsmodells miteinander verknüpft, wodurch mögliche Navigationspfade für die Wissensnutzung modelliert werden.

In Abbildung 47 wird der Zusammenhang dieser Modelle dargestellt. Im Bereich der KI ist die Verwendung multipler Modelle zur Domänenmodellierung (siehe Abschnitt 4.3.2) ein bewährtes Mittel zur Reduzierung der Komplexität. Die Unterscheidung dieser Modelle bietet in unserem Ansatz den Vorteil, den eigentlichen Inhalt (Inhaltsmodell) unabhängig von möglichen Navigationspfaden (Navigationsmodell) und vor allem ohne Beeinflussung durch Aspekte einer konkreten Umsetzung in ein Präsentationsformat zu repräsentieren. Dieser Multi-Modell-Ansatz erlaubt eine hohe Flexibilität bei der Wiederverwendung, da die gleichen

Inhalte in unterschiedlichen Navigationsstrukturen oder Präsentationsformaten verwendet werden können.

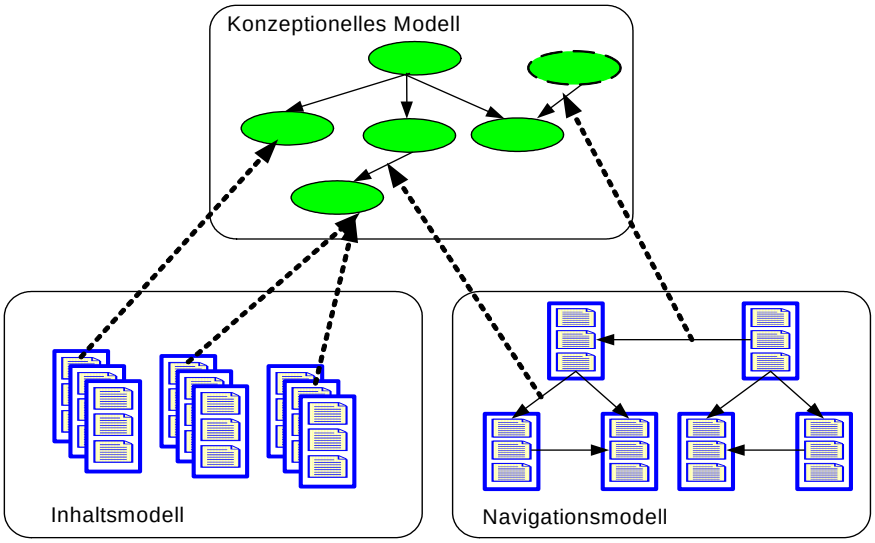


Abbildung 47: Modelle zur Repräsentation von Expertenwissen

Die Repräsentationsphase zerfällt in die Hauptaktivitäten „*Konzeptionalisierung*“ und „*redaktionelle Bearbeitung*“, in denen die Modelle erstellt werden. In Abbildung 48 wird der Kontroll- und Objektfluss in dieser Phase dargestellt.

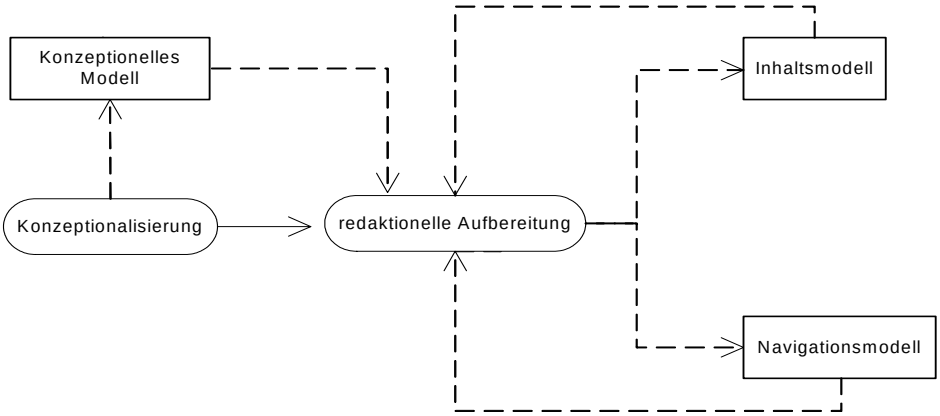


Abbildung 48: Kontroll- und Objektfluss in der Repräsentation

7.3.2.1 Konzeptionalisierung

Im Arbeitsschritt „Konzeptionalisierung“ wird das Expertenwissen in Form einer Domänenontologie zur Strukturierung des Fachgebiets repräsentiert. Die wichtigste Quelle für die Identifikation relevanter Konzepte im Anwendungsgebiet ist das Fachvokabular. Daher ist die erste Aktivität zur Erstellung des konzeptionellen Modells die Sammlung von Fachbegriffen aus den vorliegenden Quellen (aktuelles Protokoll, Wissenslandkarte, bereits nachbereitete Informatio-

nen in der Wissensbasis). Aus den identifizierten Fachbegriffen werden im nächsten Schritt durch Abstraktion und Gruppierung Konzepte definiert.

Für die Konzeptdefinition muss der Wissensingenieur eine eindeutige Konzeptbezeichnung (*concept label*) sowie eine natürlich-sprachliche Definition angeben. Zusätzlich können Konzepte durch die Angabe von Fachbegriffen näher beschrieben werden. Konzepte existieren allerdings nicht im Vakuum, sondern erlangen ihre Bedeutung häufig erst durch ihre Beziehungen zu anderen. In Anlehnung an die Struktur terminologischer Ontologien ([Sku91], [Ass98], [Mil93]) unterscheiden wir in der Ontologie *konzeptionelle* und *lexikalische Beziehungen*.

Konzeptionelle Relationen dienen dazu, Beziehungen zwischen Konzepten zu spezifizieren. Die wichtigsten Relationen sind hierbei hierarchische, die in partitive (*partOf*), und Spezialisierungsrelationen (*IsA*) zerfallen.

Lexikalische Relationen hingegen haben das Ziel, Beziehungen zwischen Fachbegriffen zu beschreiben und Kommunikationsprobleme (z.B. durch die Definition von Vorzugsbenennungen bei der Synonymie) zu minimieren.

Durch die Definition von Konzepten und ihren Relationen werden für die nächste Phase mögliche Knotentypen sowie ihre zulässige Relationen bei der Erstellung des Navigationsmodells festgelegt. Die Vielfalt der erhobenen Informationen lässt allerdings keine feste Zuordnung von Konzeptdefinition und Knotenstruktur zu, da diese sich selten auf eine eindeutige Struktur abbilden lassen. Zudem ist eine optimale Knotenstruktur selten in frühen Phasen der Nachbereitung bekannt. Daher hat der Wissensingenieur bei der Konzeptdefinition zusätzlich die Möglichkeit, (mehrere) Schablonen anzugeben, die für das entsprechende Konzept in betracht kommende Knotenstrukturen beschreiben. In Abbildung 49 wird die Struktur des konzeptionellen Modells dargestellt.

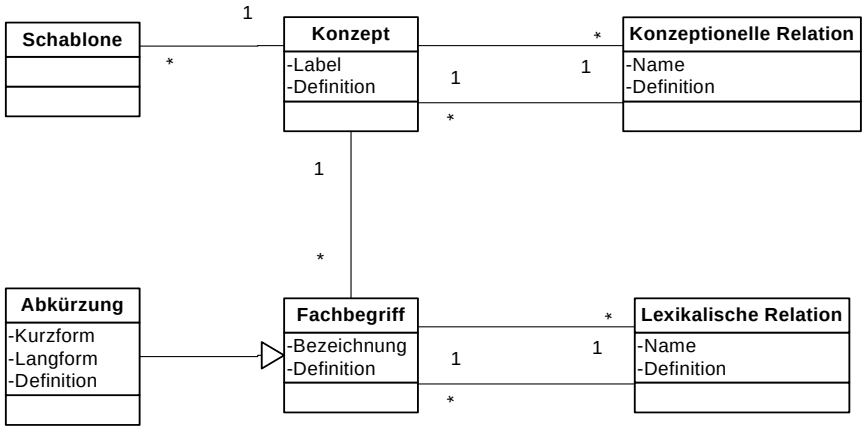


Abbildung 49: Konzeptionelles Modell

7.3.2.2 Redaktionelle Aufbereitung

Im Arbeitsschritt Redaktionelle Aufbereitung werden Informationsobjekte unter Beachtung situationsspezifischer Bedingungen (z.B. Redaktionsrichtlinien, bekannter Wissensbedarf der potentiellen Wissensnutzer) erstellt und miteinander verknüpft. In dieser Aktivität werden das Inhalts- und das Navigationsmodell erstellt.

7.3.2.2.1 Inhaltsmodell

Das Inhaltsmodell umfasst konkrete Objekte der Wissensvermittlung (*Informationsobjekte*) sowie ihre Metadaten. Informationsobjekte werden in diesem Ansatz in *Knoten*, *Informationseinheiten* und *Medieneinheiten* klassifiziert.

Knoten

Mit Knoten werden gemäß der Auslegung in der Hypertext-Forschung kohäsiv geschlossene Einheiten bezeichnet, die gemäß Kuhlen ([Kuh91]) autonom rezipierbar sind und dennoch in unterschiedliche argumentative Zusammenhänge eingebettet werden können.

Knoten bestehen aus einem Titel und dem Knoteninhalt, der mehrere Informationseinheiten und Fragen umfassen kann. Zusätzlich können Knoten durch Metadaten beschrieben werden.

Die Frage, welchen Umfang ein Knoten haben sollte, konnte bislang in der Hypertextforschung nicht abschließend geklärt werden. In Bezug auf eine effiziente Wissensnutzung ist es wünschenswert, dass der Knoteninhalt nach der Umsetzung in eine konkrete Präsentation sich nicht über mehrere Bildschirmseiten erstreckt. Eine künstliche „Atomisierung“ von Informationen kann allerdings dazu führen, dass die Übersichtlichkeit verloren geht. Kuhlen kommt in diesem Zusammenhang zum Schluss, dass die Knotengröße nur unter pragmatischen Gesichtspunkten festlegbar ist. Demnach sollte im Knoten das zusammengefasst werden, *„was mit Blick auf eine kritische Situation eines Informationssuchenden relevant sein könnte“* ([Kuh91]). Dies setzt voraus, dass der Wissensingenieur sämtliche Nutzungsszenarien des Informationssystems antizipieren kann.

Für die Festlegung des idealen Knotenumfangs orientieren wir uns in unserem Modell am Information-Mapping-Prinzip von Horn ([Hor89]), das eine Aufteilung von Informationen in kurze und prägnanten Bausteine vorsieht. Diese Bausteine – im Folgenden *Informationseinheiten* genannt – stellen in diesem Ansatz die atomaren Einheiten der Wissensvermittlung dar. In Anlehnung an Ergebnisse der Kognitionsforschung zur Gedächtnisspanne ([Mil56], [Bad97]) wird die Anzahl der Informationseinheiten pro Knoten auf maximal sieben bis neun begrenzt.

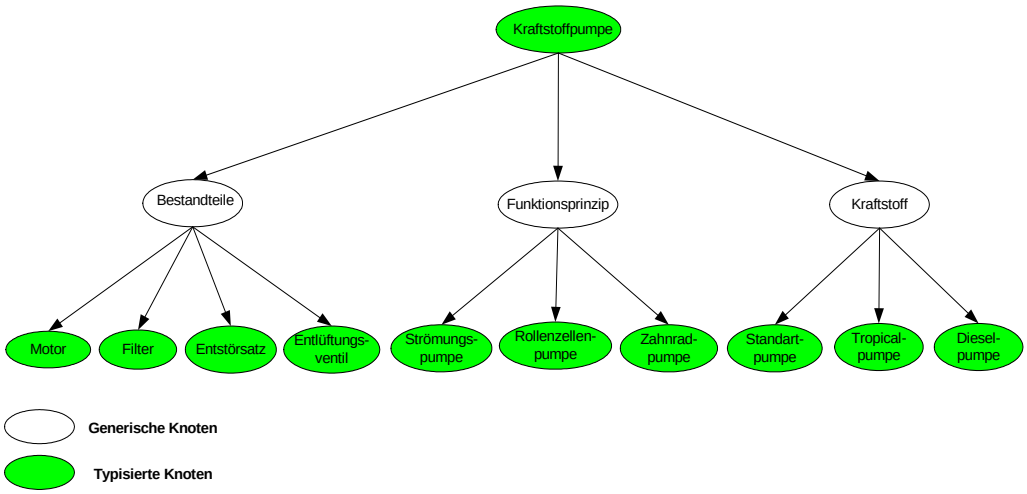


Abbildung 50: Generische und typisierte Knoten

In diesem Ansatz unterscheiden wir *typisierte* und *generische Knoten* (siehe Abbildung 50). Typisierte Knoten beinhalten Aussagen zu bestimmten Konzepten in der Domänenontologie und werden diesen zugeordnet. Generische Knoten hingegen dienen dazu, die Kohärenz im Hypertext (z.B. durch die Bereitstellung von Zusammenfassungen, Einleitungen) zu realisieren oder Knoten nach unterschiedlichen Gliederungsaspekten im Navigationsmodell zu gruppieren.

Knoten und Informationseinheiten werden in diesem Ansatz medienneutral im XML-Format ([Mar00]) in der Wissensbasis gespeichert. Ein Knoten repräsentiert eine potentielle HTML-Seite, enthält aber im Unterschied dazu keinerlei Darstellungsinformationen wie Schriftart oder Layout, die erst in der nächsten Phase (Implementierung) festgelegt werden. Diese medienneutrale Speicherung gibt die Möglichkeit, unterschiedliche Präsentationsformate aus der Wissensbasis zu erzeugen.

Informationseinheiten

Informationseinheiten stellen in diesem Ansatz atomare Bausteine der Wissensvermittlung dar. Der Inhalt einer Informationseinheit kann in textueller, graphischer oder audiovisueller Form kodiert sein.

Jede Informationseinheit ist auf eine zentrale Aussage hin fokussiert und wird mit einem Titel versehen, der klar ihren Inhalt und Zweck wiedergibt. Die Wahl des Titels einer Informationseinheit sollte aber nicht allein der Fantasie des Wissensingenieurs überlassen werden, da dies zu sehr heterogenen Betitelungen führen kann. Daher werden in diesem Ansatz Informationseinheiten in Abhängigkeit der jeweiligen Rolle, die sie in der Experten-Nutzer-Kommunikation spielen, betitelt. Mögliche Rollen sind herbei:

- Überblick über den Knoteninhalt geben.
- Auf häufig vorkommende Fehler hinweisen.
- Vorteile/Nachteile eines Verfahrens darstellen.

In Tabelle 5 werden mögliche Rollen und entsprechende Betitelungen der Informationseinheiten dargestellt.

Rolle	Empfohlene Betitelungen
Überblick verschaffen	Überblick
Warnung	Hinweis Praxishinweis Wichtiger Hinweis
Handlungsvorschrift	Vorgehensweise
Aufzeigen von Alternativen	Varianten Vorteile Nachteile

Tabelle 5: Rollen und Betitelungen von Informationseinheiten.

Durch die systematische Betitelung der Informationseinheiten ergibt sich ein homogener Knotenaufbau, der das Lesen und Lokalisieren relevanter Informationen in der Wissensnutzung erleichtert.

Metadaten

Unter Metadaten werden im allgemeinen Daten verstanden, die Informationen über andere Daten enthalten. Gemäß Steinacker [Ste02] lassen sich Metadaten in *inhaltsabhängige* und *Inhaltsunabhängige* unterteilen.

Metadatum	Beschreibung
Inhaltsabhängige Metadaten	
Konzept	Typisierung des aktuellen Knotens
Rolle	Rolle der Informationseinheit
Titel/Label	Aussagekräftige Bezeichnung des Informationsobjekts
Schlüsselwörter	Schlüsselwörter zur Beschreibung des Informationsobjekts
Identifizierende Metadaten	
Identifier	Eindeutige Kennung des Informationsobjekts
Format	Format der Informationseinheit
Version	Aktuelle Version des Informationsobjekts
Administrative Metadaten	
Fachexperte	Themenverantwortlicher Fachexperte
Wissensingenieur	Für den Knoten zuständiger Wissensingenieur
Interview	Interview in dem der Inhalt des Informationsobjekts erhoben wurde
Bearbeiter	Wissensingenieur, der die letzte Änderung an der Informationseinheit durchgeführt hat

Tabelle 6: Metadaten in der Nachbereitung.

Inhaltsabhängige Metadaten dienen dazu, die zugrunde liegende Daten zu beschreiben und können zum Teil aus ihnen gewonnen werden (z.B. Schlüsselwörter). Inhaltsunabhängige Metadaten hingegen sind Informationen, die nicht im direkten Zusammenhang mit dem jeweiligen Inhalt stehen.

Inhaltsunabhängige Metadaten zerfallen in *identifizierende* und *administrative*. Identifizierende Metadaten dienen dazu, Ressourcen eindeutig zu kennzeichnen. Sie können neben einer eindeutigen Dokumentenkennung solche Angaben, wie Erstellungsdatum, Format oder Version des Dokuments umfassen.

Unter administrativen Metadaten werden alle Informationen subsumiert, die zur Verwaltung der dazugehörigen Ressourcen dienen. Sie können Angaben wie Autor oder Herausgeber

umfassen und bei Medieneinheiten präsentationsspezifische Informationen bereitstellen, die für die Darstellung erforderlich sind.

Durch die Verwendung von Metadaten werden in diesem Ansatz mehrere Ziele angestrebt. Einerseits sollen die einzelnen Informationsobjekte durch die zusätzlichen Beschreibungen besser auffindbar gemacht werden, wodurch die Wiederverwendung erleichtert wird. Andererseits wird der Nachbereitungsprozess besser kontrollierbar gemacht, da bei Knotenänderungen der jeweilige Bearbeiter registriert werden kann. Darüber hinaus soll durch die Verwendung von Metadaten die Kommunikation im Unternehmen unterstützt werden. Dazu wird bei der Implementierung (Umsetzung in HTML) der Name des verantwortlichen Fachexperten in jeder HTML-Seite eingetragen, der als Ansprechpartner bei Fragen der Wissensnutzer fungiert.

In Tabelle 6 werden die für Knoten und Informationseinheiten verwendeten Metadaten dargestellt. Zusätzlich können didaktische Metadaten nach dem LOM ([LOM01]) oder ARIADNE-Standard ([ARI01]) verwendet werden.

7.3.2.2.2 Navigationsmodell

In der Navigationsebene werden Aspekte der Navigation im Informationssystem behandelt. Das Informationssystem soll keine lose Ansammlung von Knoten sein, die dem Wissensnutzer lediglich über Suchfunktionen zugreifbar gemacht werden, sondern ein vernetztes System, das vom Wissensnutzer als kohärente und zusammenhängende Einheit wahrgenommen werden kann.

In diesem Bereich werden Informationsobjekte (Knoten und Informationseinheiten) aus dem Inhaltsmodell durch *Hypertextverknüpfungen* miteinander verknüpft, wodurch möglichen Navigationspfade in der Wissensnutzung modelliert werden. Gemäß der Theorie der kognitiven Flexibilität (siehe Abschnitt 5.5.3) liegt die Stärke von Hypertext gerade darin, beliebige Knoten über „assoziative“, d.h. semantisch nicht näher festgelegte Verknüpfungen zu verbindenden. Dadurch ist eine vollkommen uneingeschränkte Navigation im Hypertextsystem möglich. Diese mangelnde Vorstrukturierung durch den Autor kann aber zu Orientierungsproblemen in der Wissensnutzung führen. Daher sind organisierende Verknüpfungen ([Kuh91], [Con87]) unverzichtbar, da sie den gewohnten Lesestrategien und Denkstrukturen der Wissensnutzer entgegenkommen.

In Anlehnung an die von Kuhlen ([Kuh91]) vorgeschlagene Typologie von Verknüpfungen unterscheiden wir *assoziative* und *typisierte* Verknüpfungen. Assoziative Verknüpfungen stellen die allgemeinste Art von Verknüpfungen dar und dienen dazu, eine semantisch nicht näher spezifizierte Relation zwischen Knoten zu beschreiben.

Durch typisierte Verknüpfungen können genau definierte Relationen zwischen Knoten ausgedrückt werden. Typisierte Verknüpfungen zerfallen in *hierarchische* und *argumentative*.

Hierarchische Verknüpfungen sind ein wichtiges Bestandteil eines Hypertextsystems, da sie eine Ordnungsfunktion erfüllen. Sie zerfallen in partitive (*PartOf*) und abstraktive Verknüpfungen (*IsA*). Mittels argumentativer Verknüpfungen (siehe Abschnitt 7.3.1) kann der Wissens-

ingenieur Argumentationsstrukturen aufbauen, um z.B. divergierende Meinungen von Fachexperten im Informationssystem abzubilden.

Verknüpfung	Beschreibung
Hierarchische Verknüpfungen	
IsA	Knoteninhalt ist eine Spezialisierung eines weiteren Knotens. **Beispiel:** In Knoten A wird allgemein das Bauteil „Kraftstoffpumpe“ beschrieben. In Knoten B werden Pumpen für Dieselkraftstoff behandelt.
PartOf	Knoteninhalt beschreibt einen Teil eines Ganzen. **Beispiel:** In Knoten A wird das Bauteil „Kraftstoffpumpe“ beschrieben. In Knoten B wird das Bauteil „Druckbegrenzungsventil“, das Teil einer Kraftstoffpumpe ist, beschrieben.
Argumentative Verknüpfungen	
IsBasedOn	Knoteninhalt basiert inhaltlich auf einem weiteren Knoten.
IsSupplement	Knoteninhalt ist eine Ergänzung für einen weiteren Knoten. **Beispiel:** In Knoten A wird das Bauteil „Endrohr“ beschrieben. In Knoten B werden gesetzliche Vorschriften, die für Endrohre relevant sind, beschrieben.
IsContradiction	Knoteninhalt enthält Widersprüche zu einem weiteren Knoten.
IsExample	Knoteninhalt enthält Beispiele für den Inhalt eines weiteren Knotens.

Tabelle 7: Typisierte Verknüpfungen zwischen Knoten.

Verknüpfungen bestehen aus einem Start- und Endpunkt. Für die Darstellung des Startpunktes (Anker) einer Verknüpfung können bei der Implementierung (Abschnitt 7.3.3) grundsätzlich zwei Strategien verfolgt werden: Der Startpunkt des Verweises kann entweder direkt im Knoteninhalt oder in einem separaten Bereich dargestellt werden. Die erste Strategie bietet den Vorteil, dass diese „eingebetteten“ Verknüpfungen direkt während der Lektüre verfügbar sind, wodurch „Serendipity“-Effekte, d.h. Abschweifungen zu möglicherweise interessanten Inhalten, begünstigt werden. Allerdings liegt nur ein schmaler Grat zwischen „kreativem Chaos“ und hektischer, unkontrollierter Navigation. Denn die Sichtbarkeit von Verweisen im Textbereich stört den Leseprozess, da ständig Navigationsentscheidungen getroffen werden müssen. Alternativ zu eingebetteten Verknüpfungen lassen sich Verweise in einem vom eigentlichen Text getrennten Bereich darstellen. Diese Vorgehensweise bietet den Vorteil, dass der Wissensnutzer leichter zwischen Information und Verweis unterscheiden kann. Zudem wird die Gefahr einer unkontrollierten Navigation verringert.

Um keine der beiden Entscheidungen für die Implementierungsphase vorwegzunehmen, schlagen wir für das Navigationsmodell die getrennte Speicherung von Knoteninhalt und Verweisanker vor. Diese getrennte Speicherung ermöglicht eine flexible Auswahl der Präsentation von Verknüpfungen, die beispielsweise am Ende eines Knoten gesammelt und dargestellt oder in die jeweiligen Informationseinheiten eingebettet werden können.

Ein weiterer Aspekt der Navigation ist die Frage nach der optimalen *Verweisdichte*. In der Hypertextforschung konnte bislang kein Konsens darüber erreicht werden, wie viele Verknüp-

sache, dass sie der Hypertextidee am nächsten kommt. Der Wissensnutzer kann dadurch ohne Einschränkungen durch eine Vorauswahl des Wissensingenieurs selbst seinen Lesepfad bestimmen. Aus konstruktivistischer Perspektive kann sich die Selbstkontrolle bei der Auswahl des Lernweges und -tempos positiv auf die Lernmotivation auswirken. Allerdings besteht die Gefahr, dass der Wissensnutzer durch die Vielzahl an Handlungsalternativen überfordert wird. Denn jeder einzelne Verweis verlangt vom Wissensnutzer eine Entscheidung über den weiteren Leseweg. Diese Entscheidungsprozesse müssen zusätzlich zur Informationsaufnahme durchgeführt werden und konkurrieren somit mit der primären Aufgabe um kognitive Ressourcen. Daher sollte der Wissensingenieur bei der Erstellung von Verknüpfungen stets den dadurch geschaffenen Mehrwert gegen die zu erwartenden kognitiven Kosten für Navigationsentscheidungen abwägen.

In diesen Ansatz schlagen wir eine Begrenzung der Verweisdichte auf maximal 7 bis 10 Verknüpfungen pro Knoten vor, da eine höhere Verweisdichte zu einer Überforderung der Wissensnutzer führen kann.

7.3.2.2.3 Zusammenspiel der vorgestellten Modelle

In der Repräsentationsphase wird ein konzeptionelles Modell des Anwendungsgebiets aufgebaut, das eine Domänenontologie sowie ein Begriffsglossar umfasst. Um Kommunikationsproblemen vorzubeugen werden im konzeptionellen Modell lexikalische Relationen definiert, die Beziehungen zwischen Fachbegriffen beschreiben. Zusätzlich zum konzeptionellen Modell wird in dieser Phase das Inhaltsmodell erstellt, das konkrete Objekte der Wissensvermittlung (Knoten, Informationseinheiten) enthält. Diese werden durch Hypertextverknüpfungen miteinander verbunden, wodurch Navigationspfade für die Wissensnutzung spezifiziert werden.

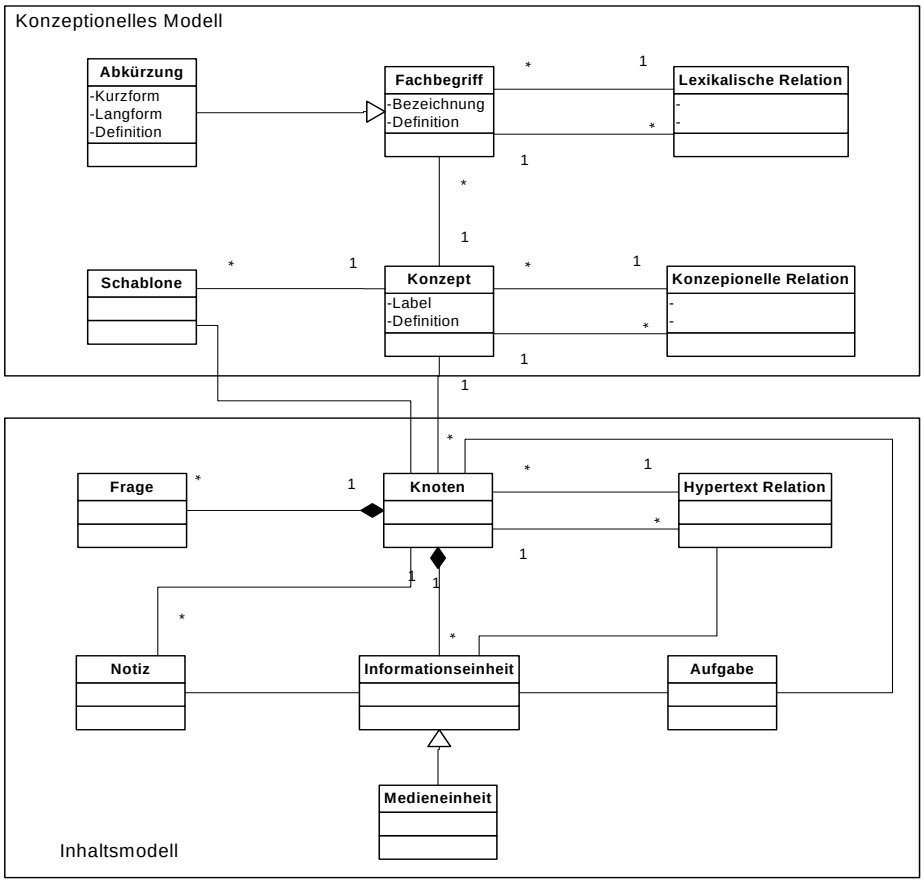


Abbildung 51: Struktur der Wissensbasis

In Abbildung 51 wird die Struktur der Wissensbasis nach Abschluss der Repräsentationsphase dargestellt. Bis zu dieser Phase liegen alle Informationen unabhängig von einer konkreten Umsetzung in ein Präsentationsformat vor. Erst in der nächsten Phase (Abschnitt 7.3.3) werden Schritte zur Erstellung eines Darstellungsformats durchgeführt.

7.3.2.2.4 Vorgehensmodell

In den Abschnitt 7.3.2.2.1 und Abschnitt 7.3.2.2.2 wurden relevante Objekte der Aktivität „redaktionelle Aufbereitung“ beschrieben. In diesem Abschnitt soll der Weg vom verbesserten Protokoll zum vernetzten Informationssystem beschrieben werden.

Analog zur Analysephase basiert die redaktionelle Bearbeitung einer Antwort auf einer aktuellen *Redaktionssituation*. Anders als in der Analysephase, in welcher der Inhalt einer Antwort im Vordergrund steht, muss der Wissensingenieur hier zusätzlich die Perspektive des Wissensnutzers berücksichtigen und bei der Formulierung des Knoteninhalts Schreibkonventionen (Redaktionsrichtlinien) beachten.

Durch die Redaktionsrichtlinie wird beispielsweise festgelegt, welche *Mikro*- (knoteninterne Struktur) und *Makrostrukturen* (Relationen zwischen Knoten) zulässig sind, welche

Begriffsbenennungen bei synonymen Fachbegriffen zu verwenden sind oder welche Formulierung zur Mitteilung bestimmter Sachverhalte gewählt werden sollten.

In Abbildung 52 wird der Workflow der redaktionellen Bearbeitung einer Antwort skizziert. In diesem Workflow werden die Kernschritte *„Planung“*, *„Formulierung“* sowie *„Überarbeitung und Vernetzung“* unterschieden.

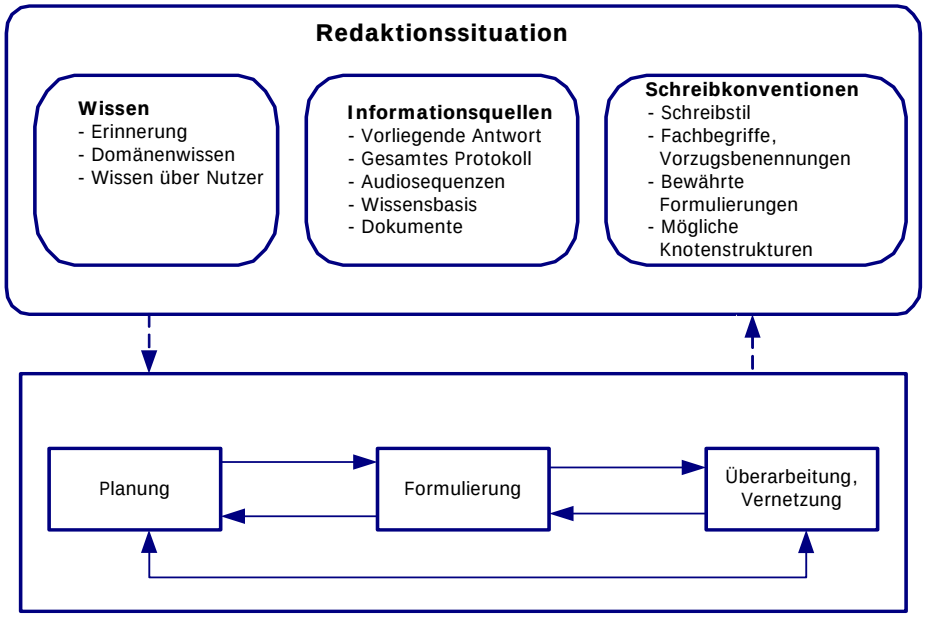


Abbildung 52: Redaktionelle Aufbereitung einer Antwort

Planung

Grundlage der Planung ist das verbesserte und umstrukturierte Protokoll, das im Verlauf der Nachbereitung mit relevanten Informationsobjekten verknüpft wurde sowie das Wissen und die Erinnerung des Wissensingenieurs zum thematischen Gegenstand des Interviews. In der Planung geht der Wissensingenieur analog zur Analysephase das Protokoll durch und analysiert pro Frage jede Antwort. Aufgrund des Antwortinhalts und basierend auf sein Wissen über

- globale Zusammenhänge im Navigationsmodell,
- die Einordnung des Interviewthemas in das Navigationsmodell,
- Knoten mit offenen Fragen und
- aufgrund seines Wissens über mögliche Mikro- und Makrostrukturen

baut er eine mentale Repräsentation eines oder mehrerer benötigter Knoten sowie ihrer möglichen Einbettung im Navigationsmodell (Soll-Zustand) auf. Der Soll-Zustand wird mit dem aktuellen Zustand (Ist-Zustand) abgeglichen, woraus konkrete Maßnahmen zur Erreichung des Soll-Zustandes abgeleitet werden. Dabei kann der Wissensingenieur sich für die

Erstellung neuer Knoten, die Aufteilung bereits nachbereiteter Knoten oder für die erneute Strukturierung von Bereichen des Navigationsmodells entscheiden.

Beim Ist-Zustand können zwei Szenarien unterschieden werden: Der benötigte Knoten ist noch nicht in der Wissensbasis vorhanden oder er wurde bereits erstellt und muss durch die neu erhobenen Informationen verbessert werden.

(1) Knoten ist nicht in der Wissensbasis vorhanden
Falls der benötigte Knoten noch nicht in der Wissensbasis vorhanden ist, wird er zunächst erstellt und mit einem Knotentitel versehen, der den vorgesehenen Inhalt beschreibt. Als nächstes wird die Strukturierung vorgenommen, die sich sowohl auf das Navigationsmodell (Makro-) als auch auf den Knoten selbst (Mikrostrukturierung) beziehen kann. Anschließend werden dem Knoten gegebenenfalls weitere relevante Informationsquellen zugeordnet, die in der nächsten Phase (Formulierung) benötigt werden.

- **Makrostrukturierung**: Bei der Makrostrukturierung wird der Knoten durch die Verwendung von Hypertextverknüpfungen (Abschnitt 7.3.2.2.2) in das Navigationsmodell eingeordnet. In vielen Szenarien des expertenzentrierten Wissensmanagements wird ein Informationssystem durch ein Team von Wissensingenieuren in kooperativer Arbeit erstellt. Der einzelne Wissensingenieur ist also kaum in der Lage, alle Bereiche des Informationssystems zu kennen. Zur Einordnung neuer Knoten in das Navigationsmodell sind daher einige Such-, Navigations- und Leseprozesse notwendig, damit sich der Wissensingenieur in Teile des Informationssystems einarbeiten und Zusammenhänge im Navigationsmodell erschließen kann. Bei der Einordnung eines Knotens in die Hierarchie des Informationssystems muss der Wissensingenieur beispielsweise zunächst den wahrscheinlichen Vaterknoten bestimmen und alle Knoten in seiner Nachbarschaft analysieren, um die Richtigkeit der Einordnung zu überprüfen. Dabei kann er feststellen, dass einige Knoten erneut redaktionell bearbeitet werden müssen. In manchen Fällen kann der Wissensingenieur den Knoten nicht einordnen muss die Makrostrukturierung solange zurückstellen, bis er sich das dafür notwendige Wissen über Zusammenhänge im Navigationsmodell aneignen konnte, oder er formuliert Fragen, die im nächsten Interview zu klären sind.
- **Mikrostrukturierung**: Bei der Mikrostrukturierung wird die interne Struktur eines Knotens festgelegt. Dazu definiert der Wissensingenieur benötigte Informationseinheiten, ihre Rollen sowie ihre Reihenfolge. Die Mikrostrukturierung basiert auf den in der Konzeptionalisierung definierten Schablonen, die unterschiedliche Vorschläge zur Knotenstrukturierung bereitstellen, sowie auf der in der Analysephase vorgenommenen Aufteilung der Antwort in einzelne Fragmente. Je nach Qualität dieser Vorstrukturierung können die definierten Antwortfragmente direkt auf Informationseinheiten abgebildet werden. Allerdings kann der Wissensingenieur aufgrund neuer Erkenntnisse eine ganz andere Knotenstruktur spezifizieren.
- **Zuordnung von Quellen**: Ein wichtiger Schritt der Planung ist die Verknüpfung von Informationsquellen (Antwortfragmenten, Knoten in der Wissensbasis) mit den neu erstellten Knoten oder Informationseinheiten. Dieser Schritt dient nicht nur dazu, relevante Inhalte für den nächsten Arbeitschritt (Formulierung) festzuhalten, sondern auch zur Sicherstellung der *Transparenz*. Mit Transparenz ist im Rahmen der Nachbereitung die Möglichkeit gemeint, den Knoteninhalt auch nach umfangreichen Umformulierungen auf die zugrunde liegende Informationsquelle (Antwortfrag-

mente, weitere Knoten oder Informationseinheiten) zurückzuführen. In extremen Fällen kann es sogar notwendig sein, den Transformationsprozess bis zu den Audiosequenzen zurück zu verfolgen.

(2) Knoten ist bereits in der Wissensbasis vorhanden
Falls der Knoten bereits in der Wissensbasis vorliegt, muss der Wissensingenieur zunächst kontrollieren, ob die aktuelle Einbettung in der Navigationsstruktur noch richtig ist oder geändert werden muss (Makrostrukturierung). In einem weiteren Schritt muss der Wissensingenieur überprüfen, ob die im Protokoll neu erhobenen Informationen zur Beantwortung der offenen Fragen des Knotens ausreichen. Falls diese Bewertung positiv ausfällt, kann der Wissensingenieur zu den nächsten Schritten übergehen (Mikrostrukturierung und Zuordnung von Quellen), sonst muss er die offenen Fragen des Knotens erneut in den Fragebogen für das nächste interview übernehmen.

In beiden Szenarien stellt sich die Mikro- und die Makrostrukturierung als schwieriges Problem dar. In Bezug auf die Mikrostrukturierung können die definierten Schablonen aufgrund der Vielfalt der erhobenen Informationen nicht immer zur Vorstrukturierung der Knoten eingesetzt werden. Denn gerade in frühen Nachbereitungsphasen sind die benötigten Knotenstrukturen nicht bekannt und werden im erst Verlauf der Textredaktion durch die Beobachtung häufig wiederkehrender Knotenstrukturen ersichtlich.

Beim Einfügen neuer Knoten in das Navigationsmodell kommt es für den Wissensingenieur üblicherweise zu Orientierungsproblemen, da er bei umfangreichen Informationssystemen keinen Überblick über die Gesamtstruktur besitzt. Dieses Problem verstärkt sich, falls das Informationssystem durch ein Team von Wissensingenieuren erstellt wird.

Es ist zu beachten, dass das Wissen über die richtige Makrostrukturierung nicht nur durch das Lesen relevanter Knoten erlangt wird. Vielmehr werden bestehende Lücken und wichtige Zusammenhänge des Navigationsmodells erst beim Entwurf einer möglichen Struktur, d.h. im Zuge des Strukturierungsprozesses selbst erkannt.

Aus diesen Ausführungen wird deutlich, dass die softwareseitige Unterstützung der Planungsphase nicht nur darin besteht kann, das Finden und Lesen relevanter Informationsquellen zu begünstigen. Vielmehr müssen Nachbereitungswerkzeuge das Experimentieren mit Strukturen unterstützen und dem Wissensingenieur folgendes erlauben:

- Knoten oder Teile des Navigationsmodells probeweise strukturieren
- Mehrere Strukturen für Knoten oder Teile des Navigationsmodells zu entwerfen
- Unterschiede zwischen alternativen Strukturen visualisieren

Denn gerade durch den Strukturierungsprozess können Zusammenhänge im Navigationsmodell aufgedeckt und aktuelle Defizite der bisherigen Strukturen erkannt werden.

Formulierung

In diesem Schritt wird der mental repräsentierte Knoten in sprachliche Formulierungen übersetzt. Dabei muss der Wissensingenieur neben der Einhaltung grundlegender Anforderungen, wie die Korrektheit der Grammatik und der Rechtschreibung einige Einschränkungen der Redaktionsrichtlinien (Abschnitt 7.3.4) beachten. Dazu gehören die Homogenität des Ausdrucks und die konsistente Verwendung der Fachsprache. Mit der Homogenität des Ausdrucks wird gefordert, dass in den nachbereiteten Knoten, anders als in üblichen Texten, für den gleichen Sachverhalt stets identische Formulierungen verwendet werden. Dadurch wird die Verständlichkeit des Knoteninhalts für den Wissensnutzer verbessert.

Die konsistente Verwendung der Fachsprache bedeutet, dass die im Anwendungsgebiet üblichen Fachtermini durchgängig eingesetzt und Unklarheiten, z.B. bei Synonymbegriffen, durch den Rückgriff auf definierte Vorzugsbenennungen, vermieden werden.

Während dieser Phase ergeben sich für den Wissensingenieur vielfältige Motive, nach relevanten Informationsquellen zu suchen. Gemäß Molitor [Mol89] hat die Textproduktion einen epistemischen Aspekt, der dazu führt, dass im Verlauf der Textentwicklung Probleme im mentalen Modell des Schreibers aufgedeckt und Strukturen sowie vorher unbekannte Zusammenhänge erkannt werden. Aufgrund des epistemischen Charakters der Textproduktion werden im Verlauf der Textentwicklung Sachverhalte häufig neu bewertet. In manchen Fällen können ursprünglich als unwichtig eingestufte Aspekte plötzlich eine andere Dimension bekommen, was zu einem veränderten Informationsbedarf führt. Aufgrund neuer Erkenntnisse muss der Wissensingenieur z.T. erneut die Audioaufzeichnungen analysieren oder die Mikro- bzw. Makroplanung wieder vornehmen.

Da der Wissensingenieur gerade in frühen Phasen der Nachbereitung noch nicht über die nötige Fachkenntnis verfügt, muss er häufig bereits „bekannte“ Informationsobjekte suchen und erneut durchlesen, um seine Annahmen über Sachverhalte im Anwendungsgebiet zu überprüfen. Dabei kann er Widersprüche feststellen, die eine erneute Informationssuche erforderlich machen.

Die Suche und der Rückgriff auf Informationsquellen sind in dieser Phase allerdings nicht nur unter dem inhaltlichen Aspekt zu sehen. Das bloße Wissen um empfohlene Formulierungen und Fachbegriffe versetzt den Wissensingenieur nicht unmittelbar in die Lage, Texte gemäß einer Redaktionsrichtlinie zu verfassen. Daher zielen einige Such- und Leseprozesse nicht nur auf die Gewinnung von Fachwissen zum Anwendungsgebiet, sondern auch auf die Erschließung des notwendigen prozeduralen Wissens. Dazu werden bereits vom Fachexperten abgenommene Knoten, die eine bestimmte Struktur besitzen oder benötigte Fachbegriffe enthalten als konkrete Beispiele für die „richtige“ Formulierung bei der Bearbeitung des aktuellen Knotens berücksichtigt.

Überarbeitung und Vernetzung

Nach Abschluss der Formulierungsphase wird der Knoten auf die Einhaltung definierter Qualitätsmerkmale (Abschnitt 7.3.4) überprüft. Fällt die Bewertung negativ aus, wird der Knoten überarbeitet, bis der gewünschte Soll-Zustand erreicht ist.

Ein weiterer Schritt in dieser Phase ist die Überprüfung der Einordnung des Knotens in das Navigationsmodell. Dazu werden alle Knoten in der unmittelbaren Umgebung des aktuellen Knoten (z.B. übergeordnete Knoten oder Knoten auf der gleichen Hierarchie-Ebene) analysiert und ihre Inhalte aufeinander abgestimmt, um Überschneidungen oder Inkonsistenzen zu vermeiden. In manchen Fällen kann diese Überprüfung dazu führen, dass Inhalte aus benachbarten Knoten in den aktuellen Knoten übernommen werden oder ganze Knoten aufgelöst werden müssen, wodurch die Planung erneut vorgenommen wird.

In dieser Phase wird zudem die Wissensbasis nach weiteren Knoten durchsucht, die mit dem aktuellen verknüpft werden sollten.

7.3.2.2.5 Zusammenfassung

Im letzten Abschnitt 7.3.2.2.4 haben wir das Vorgehensmodell der redaktionellen Bearbeitung vorgestellt, das die drei Kernschritte, „Analyse“, „Formulierung“ und „Überarbeitung und Vernetzung“ vorsieht. Diese Aufteilung erfolgte allerdings aus pragmatischen Gründen der Darstellung, da keine klare Trennung zwischen den definierten Schritten möglich ist. Diese Schritte verlaufen nicht linear, sondern sind stark miteinander verwoben, werden parallel ausgeführt und

beeinflussen sich gegenseitig. Denn im Verlauf der Texterstellung entwickelt der Wissensingenieur neue Ideen, entdeckt unbekannte Zusammenhänge oder revidiert seine Annahmen zu einem bestimmten Sachverhalt. Diese neuen Erkenntnisse können zu einer erneuten Mikro- oder Makrostrukturierung führen, die wiederum eine Überprüfung und Umformulierung des Knoteninhalts nach sich ziehen kann.

Im Gegensatz zur Analysephase, bei der die Bearbeitung überwiegend auf der Erinnerung des Wissensingenieurs als Informationsquelle basiert, muss sich der Wissensingenieur bei der Durchführung der definierten Schritte auf eine Vielzahl weiterer Informationen beziehen und auf Zusammenhänge in der Wissensbasis achten. Insbesondere stellt die Makroplanung eine Schwierigkeit dar, da der Wissensingenieur üblicherweise keinen Überblick über die Gesamtstruktur des Informationssystems hat. Zur Einordnung neuer Knoten in das Navigationsmodell muss er daher erst große Mengen potentiell relevanter Knoten lesen, um sich in fremde Teile der Wissensbasis einzuarbeiten. Sobald der Wissensingenieur die wahrscheinliche Position eines Knoten in der Navigationsstruktur gewählt hat, muss er zudem alle Knoten in der unmittelbaren Umgebung (z.B. assoziativ verlinkte Knoten, übergeordnete Knoten, Knoten auf der gleichen Hierarchie-Ebene) des aktuellen beachten, um Überschneidungen oder Inkonsistenzen zu vermeiden.

Im Verlauf der Repräsentationsphase ergeben sich vielfältige Anlässe, die Wissensbasis nach relevanten Informationsquellen zu durchsuchen:

- **Suchprozesse aufgrund inhaltlicher Probleme**: In einigen Fällen kann der Wissensingenieur die aktuelle Antwort bzw. den aktuellen Knoten nur unter Einbeziehung weiterer Informationsobjekte der Wissensbasis interpretieren und weiterbearbeiten. Diese sind typischerweise inhaltlich ähnliche Knoten, die grundlegende oder weiterführende Informationen zum Inhalt des aktuellen Knotens enthalten. Aufgrund des epistemischen Charakters der Textproduktion gewinnt der Wissensingenieur im Verlauf der Textredaktion neue Erkenntnisse und Ideen, die zu einem veränderten Informationsbedarf führen können. Zudem hat der Wissensingenieur gerade in frühen Projektphasen noch wenig Wissen über das Anwendungsgebiet. Dies führt dazu, dass er häufig bereits „bekannte“ Informationsobjekte erneut suchen und analysieren muss.

- **Suchprozesse aufgrund rhetorischer Probleme**: Durch die explizite Festlegung von Redaktionsrichtlinien wird der Wissensingenieur nicht unmittelbar in die Lage versetzt, nach dieser Konvention „richtige“ Inhalte zu formulieren. Daher benötigt er bei der Textredaktion den Zugriff auf weitere Knoten, die als Vorlage für die Mikrostrukturierung oder als Beispiele für die Verwendung bestimmter Formulierungen dienen.

- **Suchprozesse zur Erstellung von Verknüpfungen**: Die einzelnen Knoten im Informationssystem haben semantische Beziehungen, die der Wissensingenieur erst aufdecken muss, bevor er sie für den Wissensnutzer durch Hypertextverknüpfungen transparent macht. Daher muss der Wissensingenieur im Verlauf der Textentwicklung ebenfalls die Wissensbasis nach Knoten durchsuchen, die mit dem aktuellen verknüpft werden sollen, damit die neu erhobenen Inhalte keine Sammlung isolierter Wissensatome bleiben.

Aus diesen Ausführungen wird erkennbar, dass der Wissensingenieur während der Textredaktion gleichzeitig in vielfältige Such-, Navigations- und Leseprozesse involviert ist. Es liegt nahe, dass besonders bei umfangreichen Informationssystemen Probleme im Informationszugriff entstehen können, die darin begründet sind, dass dem Wissensingenieur eine adäquate „mentale Repräsentation“ der Wissensbasis fehlt. Diese wird im Folgenden die *globale Sicht* genannt. Das Fehlen der globalen Sicht kann dazu führen, dass

- der Wissensingenieur die Orientierung im Navigationsmodell verliert,

- der Wissensingenieur wichtige Quellen für die Textproduktion nicht (wieder) findet und daher nicht berücksichtigt,
- der Wissensingenieur nicht in der Lage ist, gefundene Informationsobjekte in sein mentales Modell einzuordnen.

Nachbereitungswerkzeuge müssen Probleme im Zusammenhang mit dem Informationszugriff in vernetzten Umgebungen berücksichtigen und geeignete Lösungen zur Bildung der globalen Sicht bieten. In der Literatur wurden Probleme im Informationszugriff bislang voneinander isoliert thematisiert. Vor allem standen Aspekte der Textrezeption und der Navigation im Vordergrund. Allerdings ist der Wissensingenieur weder reiner Textrezipient noch lediglich Textproduzent. Vielmehr muss er häufig die Perspektive wechseln und nimmt zugleich die Rolle des Texterstellers, Lesers und Korrektors ein.

7.3.2.3 Probleme im Informationszugriff

In diesem Abschnitt werden bislang thematisierte Probleme im Zusammenhang mit der Benutzung vernetzter Informationssysteme sowohl aus der Leserperspektive (Abschnitt 7.3.2.3.1) als auch aus der Sicht des Textproduzenten (Abschnitt 7.3.2.3.2) beschrieben. Diese bilden eine wichtige Grundlage für das Konzept der globalen Sicht, das in Abschnitt 7.3.2.4 vorgestellt wird.

7.3.2.3.1 Die Leserperspektive

In der Hypertextforschung wurden in Bezug auf Navigations- und Leseprozesse bislang die Probleme des Orientierungsverlusts und der kognitiven Überforderung thematisiert. Hypermediale Informationssysteme bieten dem Leser eine Flexibilität bei der Auswahl seines Navigationspfades. Diese Flexibilität kann allerdings dazu führen, dass er die Orientierung innerhalb des Hypertextnetzes verliert. Zudem muss er bei der Textrezeption einen Teil seiner kognitiven Ressourcen auf das Treffen von Navigationsentscheidungen aufwenden, was zu einer Überforderung führen kann.

Desorientierung

Um die Suche nach Informationen in Hypertextsystemen zu charakterisieren, wird häufig die Metapher eines physikalischen Raumes verwendet. Der Benutzer „wandert“ auf Pfaden umher, springt zu entfernten Dokumenten und kehrt zur ursprünglichen Position zurück. Die hohe Flexibilität bei der Auswahl des Navigationspfades kann allerdings dazu führen, dass der Leser keine Kenntnis mehr darüber besitzt, wo er sich im Verhältnis zum gesamten Informationsnetz befindet, welchen Weg er für die Erreichung eines bekannten oder vermuteten Ziels einzuschlagen hat oder ob er alle zu einem bestimmten Thema relevanten Informationen gesichtet hat.

Als Ursache für diesen Effekt – in der Literatur hat sich hierfür der Begriff *„Lost in Hyperspace“ [Kuh91]* eingebürgert – lässt sich zum Einen die bereits erwähnte höhere Flexibilität in der Auswahl und Reihenfolge der Informationsaufnahme im Vergleich zu gedruckten Medien anführen. Zum anderen besitzen gedruckte Dokumente, anders als Hypermedia-Systeme, eine „standardisierte“ Struktur [Kuh91], die nicht nur das Auffinden bestimmter Informationseinheiten erleichtert, sondern auch Rückschlüsse über die momentane Position innerhalb des Textes erlauben. Der Leser eines Buches erwartet beispielsweise das Inhaltsverzeichnis am Anfang und den Index am Ende des Buches vorzufinden. Mittels Indexeinträgen kann er gezielt Passagen im Buch finden oder mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses seine aktuelle Position bestimmen. Anhand physikalischer Merkmale wie der Seitenlänge oder des Buchumfangs,

die in Hypertextsystemen nicht vorliegen, kann der Benutzer seine aktuelle Position im Buch abschätzen oder sich gar merken.

Das Problem des Orientierungsverlusts kann sich gemäß Blumstengel [Blu98] auf *strukturelle* oder *konzeptionelle* Aspekte beziehen. Mit *struktureller Desorientierung* wird der Umstand beschrieben, dass der Benutzer keinen Überblick mehr über die Organisationsstruktur des Hypertextsystems besitzt und keine Kenntnis darüber hat, welche weiteren Knoten in Bezug auf den aktuellen relevant sind. Als charakteristisch für die strukturelle Desorientierung führt Kuhlen [Kuh91] die folgenden Schwierigkeiten auf:

- Unsicherheit, wo man sich im Vergleich zum gesamten Netzwerk befindet,
- Unsicherheit, wie man zu einem bestimmten Punkt kommt, von dem man annimmt, dass er im Netzwerk existiert,
- Unkenntnis darüber, auf welchem Weg man an die aktuelle Stelle gelangt ist,
- Unsicherheit darüber, ob alle vorliegenden Informationen bereits gesichtet wurden,
- Schwierigkeiten Stellen wieder zu finden, die man bereits gefunden hatte,
- Schwierigkeiten abzuschätzen, wie viele und welche weitere Informationen im näheren Kontext des aktuellen Knoten zu finden sind.

Bei der *konzeptionellen Desorientierung* hingegen ist der Benutzer nicht in der Lage, die Bedeutung der aufgerufenen Informationen in seine eigenen Wissensstrukturen zu integrieren, um zu einer kohärenten Wissensrepräsentation zu gelangen. Dies führt dazu, dass bestimmte Teile der Wissensbasis als zusammenhanglos empfunden werden. Als Ursachen für die konzeptionelle Desorientierung lassen sich mangelndes Vorwissen oder die Wahl eines ungünstigen Einstiegspunktes in einen Themenbereich anführen ([Blu98], [Sch01]).

Kognitive Überlastung

Das Problem der kognitiven Überlastung entsteht durch die Vielzahl der Handlungsalternativen, die dem Leser zur Verfügung stehen. Anders als in gedruckten Medien muss der Leser hypermedialer Systeme ein Teil seiner Aufmerksamkeit auf die Orientierung und das Treffen von Navigationsentscheidung lenken. Der Leser muss sich beispielsweise bei der Navigation für das Verfolgen bestimmter Verknüpfungen entscheiden und diejenigen interessanten Links, die nicht verfolgt wurden, in seinem Gedächtnis behalten, um sie zu einem späteren Zeitpunkt abzurufen. So kommt es während des Leseprozesses zu einer Anhäufung unerledigter Aufgaben, die um kognitive Ressourcen mit der primären Aufgabe konkurrieren.

Eine weitere Ursache für die kognitive Überforderung ist das Leseverhalten in elektronischen Umgebungen im Vergleich zu gedruckten Dokumente. Die Unterstützung gängiger Werkzeuge für die Navigation und Rezeption hypermedialer Inhalte führt zum so genannten „passiven Lesen“, bei dem der Leser lediglich als Informationskonsument auftritt, da er keine Möglichkeit hat, die dargebotenen Inhalten durch eigene Anmerkungen zu erweitern. Das „aktive Lesen“ hingegen ist gemäß Adler (zitiert aus [Sch98b]) durch eine aktive geistige Auseinandersetzung mit dem Inhalt gekennzeichnet und geht mit einer Änderung des Inhalts durch den Leser einher. Dadurch, dass der Leser wichtige Teile des Textes markieren oder seine Fragen und Assoziationen, die den aktuellen Inhalt betreffen, durch das Anfertigen von Notizen festhält, wird ein tieferes Verständnis des Inhalts erreicht. Zudem führt das Externalisieren von

Informationen zu einer kognitiven Entlastung des Lesers, da diese nicht mehr im Gedächtnis vorgehalten werden müssen.

7.3.2.3.2 Die Perspektive des Textproduzenten

Die Einführung elektronischer Umgebungen zur Unterstützung der Wissensarbeit wurde bisher mit großen Potentialen verknüpft. Beim näheren Hinsehen muss aber konstatiert werden, dass einige Versprechungen nicht eingelöst werden konnten. Das bekannteste Beispiel nicht eingetretener Verheißungen ist die Vision des papierlosen Büros. Mit dem flächendeckenden Einsatz von Computern verbanden die meisten Unternehmen die Hoffnung, Papier- und Druckkosten beträchtlich zu reduzieren, sogar Papier gänzlich aus den Büros zu verbannen. Bislang konnte allerdings diese Vision nicht realisiert werden: Nach Meinung einiger Autoren ([Sel02], [Sch98b]) hat der Computer eher zu einem enormen Zuwachs des Papierverbrauchs geführt, und dies obwohl fast alle Arbeitsvorgänge „papierlos“ computerunterstützt abgewickelt werden könnten.

Analog dazu hat die Einführung der computerunterstützten Textproduktion zu einer unreflektierten „technikfreundlichen“ Euphorie geführt. Diese Euphorie – in [Haa98] als „*myth of all-powerfull technology*“ genannt –, war nicht die einzige Reaktion auf die elektronische Unterstützung der Textproduktion. Eine andere Auffassung war, dass die Technologie keinerlei Einfluss auf Textproduktionsprozesse („*myth of transparent technology*“) haben soll.

Einer der Gründe für diese Begeisterung ist nicht zuletzt die Tatsache, dass die Textproduktion durch den Computereinsatz deutlich vereinfacht wird: Mittels Computer können Texte viel effizienter und schneller erstellt, modifiziert, verschickt und weiterbearbeitet werden. Zudem können einige Aufgaben, wie z.B. die Rechtschreibüberprüfung, die sonst manuell durchgeführt werden mussten, automatisiert werden.

Gemäß Haas ([Haa98]) wurde vielfach angenommen, dass die elektronische Textproduktion, da sie einige Einschränkungen der papierbasierten Textproduktion beseitigt, zu neuartigen und besseren Schreibprozessen führen würde und Schreiber hervorbringen würde, die nicht nur fehlerfreie, sondern auch komplexere und qualitativ hochwertigere Texte produzieren. Die Behauptung, genau das Gegenteil sei eingetreten, ist sicher übertrieben, dennoch konnten Erwartungen bezüglich verbesserter Schreibprozesse und -produkte nicht durch Forschungsergebnisse belegt werden. Einige Autoren haben im Gegenteil auf Probleme der Textproduktion in elektronischen Umgebungen hingewiesen ([Haa98], [OHa01], [Sev91]). Insbesondere konnten Belege dafür erbracht werden, dass die Textproduzenten in elektronischen Umgebungen ihre Texte viel weniger planen, mit Orientierungsproblemen konfrontiert werden und häufig nicht in der Lage sind, eine mentale Repräsentation der erstellten Texte aufzubauen. Im Folgenden werden diese Probleme näher erläutert.

Planungsprobleme

Die Planung wird in den meisten Modellen als einer der wichtigsten Teilprozesse der Textproduktion angesehen ([Haa98], [Ber87], [Flo81]). In der Planungsphase werden Informationen – nicht nur aus dem Langzeitgedächtnis – gesammelt, miteinander in Beziehung gesetzt und unter Berücksichtigung von Restriktionen (z.B. die avisierten Leserschaft) in einen Schreibplan umgesetzt. Die Planung wird als komplexe und reflexive Aktivität angesehen, die zwingende Voraussetzung für erfolgreiches Schreiben ist ([Haa98]). Sie ist allerdings keine punktuelle Tätigkeit, sondern findet sowohl vor, als auch während des eigentlichen Schreibprozesses statt.

Die Planung bietet den Vorteil, nicht nur mit neuen Ideen zu experimentieren, sondern auch mögliche Fehler im mentalen Modell des Textproduzenten aufzudecken und frühzeitig zu korrigieren. Die Wichtigkeit dieses Prozesses spiegelt sich auch im Planungsverhalten erfahrener

Schreiber wieder: Diese wenden typischerweise bis zu vier Mal mehr Zeit für die Planung auf als weniger geübte ([Haa98]).

Ein charakteristisches Merkmal der Planung sind Notizen, die dabei verfasst werden. Diese dienen dazu,

- Ideen des Textproduzenten sowie relevante Informationen festzuhalten,
- eine mögliche Struktur des intendierten Texts zu skizzieren oder
- bestehende Beziehungen zwischen Inhalten zu erschließen.

Auf die Vorteile von Notizen wurde bereits im Abschnitt 7.3.1 hingewiesen: Diese können als kognitive Werkzeuge angesehen werden, da sie ein verbessertes Verständnis der Inhalte fördern. Zudem bewirken sie eine kognitive Entlastung des Textproduzenten.

Obwohl die Vorteile der Planung offensichtlich scheinen und die Computerunterstützung den Textproduzenten von zahlreichen Tätigkeiten befreit, so dass er sich verstärkt Planungsaktivitäten hinwenden könnte, konnten einige Belege für Planungsprobleme in der computerunterstützten Textproduktion gefunden werden.

Um die Annahme, dass Textproduktionsprozesse unabhängig von den verwendeten Werkzeuge seien, zu widerlegen, hat Haas einige Experimente zur Untersuchung der Auswirkungen der Computerunterstützung auf die Textproduktion durchgeführt ([Haa98]). Die Autorin stellte fest, dass die Teilnehmer mit Computerunterstützung ihre Texte deutlich weniger planen als diejenigen, die mit Papier und Bleistift arbeiteten. Zudem waren die Planungsunterschiede nicht nur quantitativer, sondern auch qualitativer Art: Die elektronisch erstellten Pläne bezogen sich auf syntaktische Aspekte und weniger auf konzeptionelle und semantische Fragestellungen.

Neben Haas fanden O'Hara und Sellen ([OHa01]) heraus, dass Planungsdefizite bei der computerunterstützten Textproduktion sich ebenso in der Anzahl der erstellten Notizen niederschlagen. Anhand eines Experiments[2], bei dem die Teilnehmer Texte zusammenfassen sollten, fanden die Autoren heraus, dass die Textproduzenten mit der Computerunterstützung deutlich weniger Notizen verfassen, als die mit Papier und Bleistift. Für das Planungsverhalten in der computerunterstützten Textproduktion lassen sich folgende Begründungen anführen ([Haa98], [OHa01]):

- Gängige Textverarbeitungswerkzeuge bieten keine Unterstützung für die Erstellung von Notizen, die typischerweise als einfache Textfragmente, Begriffslisten oder -hierarchien und graphische Darstellungen vorkommen.
- Gängige Textverarbeitungswerkzeuge bieten keine Möglichkeit, das gesamte Dokument zu sehen, sondern nur Ausschnitte, was eher zu einer „lokalen“ Planung führt. Dadurch können sie auch globale Auswirkungen lokaler Änderungen nicht überblicken.
- Die computerunterstützte Textproduktion erlaubt die schnelle Erstellung, Bearbeitung und Änderung von Texten. Diese Vorteile können den Textproduzenten allerdings dazu verführen, seine Texte zu früh und ohne ausreichende Planung zu verfassen, da sie sich nachträglich relativ leicht umformulieren lassen.

Desorientierung

Leseprozesse stellen einen wichtigen Bestandteil der Textproduktion dar ([Haa98], [Flo81]). Sie dienen beispielsweise dazu, den bis dahin produzierten Text mit dem „intendierten“ menta-

[2]Dieses Experiment ist eine treffende Beschreibung des Schreibprozesses in der Nachbereitung, da hier auch Texte auf der Grundlage vorhandener Quellen verfasst werden müssen.

len Text abzugleichen. Leseprozesse richten sich allerdings nicht nur auf den gerade produzierten Text, denn viele Szenarien der Textproduktion basieren auf der Verwendung weiterer Informationsquellen, die zum Teil erst gefunden werden müssen.

Im Falle der Nachbereitung muss sich der Wissensingenieur zusätzlich zum eigenen Text mit vorhandenen Informationsquellen (Protokollen, Knoten in der Wissensbasis) auseinandersetzen, die die Grundlage für neue Inhalte bilden. Dabei muss er z.B. inhaltliche Zusammenhänge aufdecken, aus mehreren Knoten Pläne für neue generieren oder bereits gelesene oder bearbeitete Knoten aufgrund neuer Erkenntnisse erneut überprüfen und überarbeiten.

Diese Art der Textproduktion, bei der Inhalte durch Analyse und Transformation vorhandener Quellen erstellt werden, macht gemäß O'Hara [OHa01] häufige Navigationsbewegungen zwischen Dokumenten erforderlich, die lokal oder global ausfallen können:

(a) **Lokale Lese- und Navigationsprozesse**
Lokale Lese- und Navigationsprozesse bleiben auf den aktuellen Text beschränkt. Sie begleiten den gesamten Textproduktionsprozess und werden vorgenommen, um Teile eines Dokuments miteinander in Beziehung zu setzten, Inhalte nachzutragen, zu verändern oder Textpassagen aufgrund neuer Ideen oder Erkenntnisse zu überprüfen.
Sie werden bei der computerunterstützten Textproduktion dadurch erschwert, dass Leseprozesse am Bildschirm langsamer, weniger genau erfolgen und zudem das sinnerschließende Lesen erschwert wird ([Jac99]). Dies wird unter anderem daran ersichtlich, dass die meisten Textproduzenten für bestimmte Tätigkeiten, wie z.B. das Korrekturlesen, auf Papierausdrücke ausweichen.
Eine Erklärung hierfür hat Haas ([Haa98]) im Rahmen ihrer Untersuchungen zur Überprüfung der Auswirkungen der verwendeten Technologie auf Textproduktionsprozesse geliefert. Bei einem ihrer Experimente wurde der Einfluss des Trägermediums auf die spatiale Erinnerung an Textpassagen untersucht. In diesem Experiment hatten die Teilnehmer die Aufgabe, die Position bestimmter Textteile aus selbst erstellten Dokumenten zu lokalisieren[3]. Es zeigte sich, dass Teilnehmer in der elektronischen Umgebung vielfach nicht in der Lage waren, die Position bestimmter Stellen im Text zu finden. Dies deutet auf Probleme ([Haa98]) im Aufbau einer mentalen Repräsentation der Bedeutung und Struktur des eigenen Textes hin. Diese Repräsentation kommt nach Meinung der Autorin zwar im propositionalen Format vor, umfasst allerdings räumliche Aspekte. Sie ist eine unabdingbare Voraussetzung für eine reibungslose Textproduktion, da sie den Schreiber in die Lage versetzt,

- Lücken und Kohärenzprobleme im eigenen Text aufzudecken und geeignete Arbeitsschritte zu planen,
- Argumentationspfade im eigenen Text verfolgen zu können,
- sich in die Rolle des Lesers zu versetzten oder
- allgemein Diskrepanzen zwischen dem intendierten und dem bereits produzierten Text zu entdecken.

(b) **Globale Lese- und Navigationsprozesse**
Globale Lese- und Navigationsprozesse beziehen sich auf fremde Informationsquellen. Im Falle der Nachbereitung dienen sie dazu, für den aktuellen Text relevante Informationen zu sammeln, früher gelesene Knoten im Kontext des aktuellen zu analysieren oder Verknüpfungen zwischen Knoten zu erstellen. Es liegt nahe, dass der Textprodu-

[3]Eine für die Textproduktion charakteristische Anforderung, da das Finden bestimmter Inhalte im Text für dessen Überarbeitung und Umstrukturierung unabdingbar ist.

zent bei einer zunehmender Anzahl zu analysierender Quellen die Orientierung verlieren kann. Im Rahmen einer Untersuchung, bei der Navigationsbewegungen von Textproduzenten mit und ohne Computerunterstützung untersucht wurden, hat O'Hara [OHa01] festgestellt, dass die Navigation in der elektronischen Umgebung nicht nur langsamer vonstatten geht, sondern auch mit einer Unterbrechung vorhergehender Aktivitäten (z.B. Schreibprozess) einher geht.
Eine Begründung der Orientierungsproblematik sowohl für die lokalen als auch für die globalen Informationszugriffe liegt in der begrenzten Anzeigefläche, die für die Informationsdarstellung zur Verfügung steht. Diese Begrenzung führt dazu, dass der Benutzer selten alle für die Textproduktion benötigten Informationsquellen gleichzeitig sehen kann, sondern nur Ausschnitte einer möglicherweise komplexen Informationsstruktur. Dadurch ist er kaum in der Lage, - der Metapher des physikalischen Raumes folgend - eine mentale Landkarte, d.h. eine Vorstellung über die Struktur des Informationsraumes zu entwickeln, die für eine fehlerfreie Orientierung unabdingbar ist.

7.3.2.4 Die globale Sicht

Wie im Abschnitt 7.3.2.2.5 erläutert wurde, nimmt der Wissensingenieur im Nachbereitungsprozess nicht nur die Rolle eines reinen Textproduzenten ein, sondern ist zugleich in viele Lese- und Navigationsprozesse involviert. Sowohl in der Rolle des Lesers, als auch in der des Textproduzenten entstehen Probleme im Informationszugriff, da dem Wissensingenieur eine adäquate mentale Repräsentation relevanter Ausschnitte der Wissensbasis fehlt. Die Notwendigkeit einer solchen Repräsentation wurde im Bereich der Textproduktion ([Haa98], [Sev91]) sowie der Hypertextforschung ([Utt89]) bereits erkannt. Haas [Haa98] hat beispielsweise dafür den Begriff „*Text sense*“ eingeführt und als

> *„die mentale Repräsentation des Inhalts und der Struktur des gerade produzierten Textes“*

definiert. In dieser Definition wird die herausragende Rolle des aktuell produzierten Textes betont. Allerdings basiert die Textproduktion in der Nachbereitung auf die Verwendung relevanter Informationsquellen. Daher führen wir unter Berücksichtigung der speziellen Anforderungen des Nachbereitungsprozesses den Begriff *„globale Sicht“* ein.

> ***Globale Sicht***
>
> *Die globale Sicht ist eine mentale Repräsentation des Inhalts, der Struktur und der Zusammenhänge von Teilen der Wissensbasis, die den Wissensingenieur in die Lage versetzt, neue Knoten zu planen, redaktionell zu bearbeiten und in das Navigationsmodell einzuordnen.*

Das Fehlen der globalen Sicht kann dazu führen, dass

- Inhalte mehrfach in die Wissensbasis eingefügt werden,
- widersprüchliche Inhalte in die Wissensbasis eingefügt werden,
- Inhalte falsch in das Navigationsmodell eingefügt werden,
- gleichartige Inhalte nicht einheitlich gestaltet werden oder
- verwandte Inhalte nicht miteinander verknüpft werden, wodurch interessante Querbezüge für den Wissensnutzer nicht oder nur über Umwege erreichbar sind.

Während im Abschnitt 7.3.2.3 Probleme im Informationszugriff aus unterschiedlichen Forschungsrichtungen erläutert wurden, werden im Folgenden Faktoren, welche die Bildung der globalen Sicht begünstigen, vorgestellt und zu einem ganzheitlichen Modell gebündelt.

7.3.2.4.1 Unterstützung der Orientierung

Um dem Problem des Orientierungsverlusts beizukommen, schlagen einige Autoren ([Utt89], [Ham97]) die Bereitstellung zusätzlicher Kontextinformationen vor. Nach Utting ([Utt89]) werden räumliche und zeitliche Kontextinformationen benötigt, um den Nutzer einer hypermedialen Umgebung bei der Bestimmung seiner aktuellen Position und bei der Planung seiner nächsten Schritte zu unterstützen. Während räumliche Kontextinformationen dazu dienen, dem Benutzer einen verständlichen Überblick über die Gesamtstruktur des Hypertextsystems zu geben, dienen zeitliche Kontextinformationen dazu, dem Benutzer die bisherigen Navigationsschritte transparent zu machen.

Die Notwendigkeit des zeitlichen Kontexts, d.h. Informationen zur Beantwortung der Frage „wie kam ich hierher“, wurde in einigen Studien empirisch belegt. Tauscher und Greenberg [Tau97a] beispielsweise haben 6 Wochen lang das Navigationsverhalten von Benutzern untersucht und sind zu den folgenden Beobachtungen gekommen:

- 58% der besuchten Seiten wurden früher bereits gesichtet,
- 43% der besuchten Seiten wurden innerhalb der 10 letzten Navigationsschritte angesteuert
- 30% aller Aktionen im Browser richten sich auf die Betätigung des Back-Buttons

Im Rahmen der Nachbereitung reichen diese Kontextinformationen allerdings nicht aus, um Orientierungsprobleme zu lösen. Der Wissensingenieur benötigt, zusätzlich zu den aktuellen Standortinformationen, Hinweise auf Inhalte im näheren Kontext des aktuellen Knotens, um die nächsten Arbeitsschritte zu planen. Zudem tritt das Problem des Orientierungsverlusts nicht nur im Zusammenhang mit der Handhabung komplexer Hypertextnetze auf. Bei umfangreichen Knoten kann der Wissensingenieur aufgrund der beschränkten Anzeigefläche ebenfalls das Gefühl für seine aktuelle Position innerhalb des Knotens verlieren.

Daher unterscheiden wir für die Nachbereitung die Ebenen der globalen, lokalen und knoteninternen Orientierung, die durch geeignete Mitteln unterstützt werden müssen.

Globale Orientierung

Informationen zur Unterstützung der globalen Orientierung haben das Ziel, dem Wissensingenieur einen Überblick über die Gesamtstruktur des Navigationsmodells zu vermitteln und Auskunft über seinen gegenwärtigen Standort im Navigationsmodell zu geben.

Graphische Übersichten werden im Bereich der Hypertext-Forschung als das Mittel der Wahl zur Unterstützung der Orientierung in Hypertextnetzen angesehen. Gemäß der Theorie der dualen Kodierung bieten sie den Vorteil, dass sie leichter aufgenommen und erinnert werden als textuelle. Zudem kann die graphische Anordnung von Informationen dazu führen, dass vorher nicht offensichtliche Querbezüge und Strukturen aufgedeckt werden. Gemäß Hammwöhner ([Ham97]) können durch den Einsatz einer graphischen Übersicht Abkürzungen gefunden und zum Ansteuern bestimmter Punkte im Netz verwendet werden. Beim Verlust der Orientierung hat zudem der Benutzer eine größere Chance, die Richtung wieder zu finden und an den gewünschten Knoten zu gelangen.

Allerdings steigt bei umfangreichen Hypertexten ebenfalls der Platzbedarf zur Visualisierung der Netzstruktur, so dass der gesamte Graph, selbst bei der Verwendung platzsparender

Layouts nicht mehr vollständig auf der Anzeigefläche dargestellt werden kann. Zudem kann die Anzahl der darzustellenden Verknüpfungen zu einer Überfrachtung der Darstellung führen, welche die Rezeptionsfähigkeit beeinträchtigt oder gänzlich unterbindet.

Zur Minimierung der kognitiven Überlast bei Handhabung umfangreicher Navigationsstrukturen schlagen wir für Nachbereitungswerkzeuge die Verwendung von Filtertechniken vor. Diese dienen dazu, die Menge der dargestellten Informationsobjekte auf ein für den Benutzer handhabbares Maß zu reduzieren. In diesem Ansatz unterscheiden wir *typ-*, *struktur-*, *inhalts-* und *sitzungsbezogene Filter.*

(1) Typbezogene Filter
Typbezogene Filter (s.a. [Ham97]) dienen dazu, die Menge der darzustellenden Knoten oder Verknüpfungen durch die Angaben einer (positiv- bzw. negativ-) Liste der übergeordneten Konzepte oder Linktypen zu spezifizieren.

(2) Strukturbezogene Filter
Strukturbezogene Filter (s.a. [Ham97]) operieren auf der Hierarchie der Navigationsstruktur und dienen dazu, ganze Teilbäume für die Darstellung ein- bzw. auszublenden.

(3) Inhaltsbezogene Filter
Inhaltsbezogene Filter dienen dazu, die Menge der darzustellenden Knoten durch Angabe bestimmter Merkmale des Knoteninhalts zu spezifizieren. Relevante Merkmale sind unter anderem:

- Anzahl der enthaltenen Informationseinheiten oder Fragen,
- Rolle oder der Titel der enthaltenen Informationseinheiten oder
- Freigabestatus (z.B. Knoten bereits abgenommen, in Bearbeitung) des Knotens.

(4) Sitzungsbezogene Filter
Mit sitzungsbezogenen Filtern kann die Menge der darzustellenden Informationsobjekte durch die Verwendung sitzungsrelevanter Daten des Wissensingenieurs bestimmt werden. Dabei kann die dargestellte Informationsmenge auf diejenigen Knoten beschränkt werden, die vom jeweiligen Wissensingenieur in der aktuellen oder in früheren Sitzungen bereits besucht oder bearbeitet wurden.

Lokale Orientierung

Während eine graphische Übersicht den Wissensingenieur bei der Bestimmung seiner aktuellen Position in der gesamten Navigationsstruktur unterstützt, stellt sich die Frage nach einer situierten Unterstützung des Wissensingenieurs.

Wie bereits in Abschnitt 7.3.2.2.4 erläutert wurde, muss der Wissensingenieur bei der redaktionellen Bearbeitung eines Knotens vielfach auf weitere Informationsobjekte der Wissensbasis zurückgreifen. In Bezug auf die aktuelle Sitzungssituation haben sie jedoch nicht alle die gleiche Relevanz für den Wissensingenieur. Vielmehr ergeben sich im Verlauf der Textredaktion bestimmte Gruppen zusammengehöriger Knoten, die häufiger als andere benötigt und abgerufen werden. Diese sind beispielsweise Knoten, die sich in Bezug auf das Navigationsmodell in der unmittelbaren „Nachbarschaft“ des aktuellen Knotens befinden. Ähnlich dazu ist der Wissensingenieur bei der Textredaktion auf den Zugriff aller, dem aktuellen Knoten inhaltlich ähnlichen Knoten angewiesen, da sie wichtige Hintergrundinformationen bereitstellen

oder potentielle Ziele von Verknüpfungen sind. Aufgrund neuer Erkenntnisse oder Ideen muss er zudem häufig auf bereits gelesene oder bearbeitete Knoten zugreifen.

Die Gesamtheit aller in Bezug auf den aktuellen Knoten potentiell relevanten Informationsobjekte bildet die *Umgebung* eines Knotens. Zur Minimierung des Aufwands für die Suche nach diesen Informationsobjekten müssen Nachbereitungswerkzeuge alle zur *Umgebung* eines Knotens gehörenden Informationen proaktiv ermitteln und für den Zugriff geeignet darstellen.

> ***Umgebung***
>
> *Die Umgebung eines Knotens umfasst alle zu seiner Bearbeitung potentiell relevante Informationsobjekte. Sie ist in Kontexte unterteilt, in denen der Knoten eingebettet ist.*

Kontexte werden in diesem Ansatz in *sitzungs-*, *inhalts-* und *redaktionsbezogene* klassifiziert.

(1) Sitzungsbezogene Kontexte

Sitzungsbezogene Konzepte entstehen aufgrund des individuellen Navigations- und Redaktionsverhaltens des Wissensingenieurs. Sie umfassen Knoten, die im Verlauf der Nachbereitung gelesen oder bearbeitet wurden. Zu den sitzungsbezogenen Kontexten gehören der *temporale* und der *Arbeitskontext*.

- **Temporaler Kontext:** umfasst alle bereits besuchten bzw. bearbeiteten Knoten.
- **Arbeitskontext:** umfasst alle Knoten, die in der aktuellen Sitzung gerade bearbeitet werden.

(2) Inhaltsbezogene Kontexte

Inhaltsbezogene Kontexte enthalten Knoten, die eine thematische Beziehung zum aktuellen Knoten besitzen. Zu inhaltsbezogenen Kontexten zählen der *Versions-*, *der konzeptionelle*, *der semantische* und der *Link-Kontext*.

- **Versionskontext**: umfasst alle in der Wissensbasis gespeicherten Versionen des aktuellen Knotens.
- **Semantischer Kontext:** umfasst alle Knoten, die eine inhaltliche Ähnlichkeit zum aktuellen Knoten besitzen.
- **Konzeptioneller Kontext:** umfasst alle Knoten, die dem gleichen Konzept zugeordnet werden wie der aktuelle Knoten.
- **Link-Kontext:** umfasst alle Knoten, die mit dem aktuellen Knoten durch Verknüpfungen in Beziehung stehen. Typische Link-Kontexte für die Nachbereitung sind *hierarchische* und *assoziative Kontexte*.
  Der hierarchische Kontext beschreibt in Bezug auf den aktuellen Knoten den lokalen Ausschnitt der Hierarchie im Navigationsmodell und umfasst Eltern-, Kinder- und Knoten auf der gleichen Hierarchie-Ebene.
  Der assoziative Kontext hingegen besteht aus allen Knoten, die mit dem aktuellen durch assoziative Verweise verbunden sind. Dabei werden sowohl eingehende als auch ausgehende Links berücksichtigt.

(3) Redaktionsbezogene Kontexte

Redaktionsbezogene Kontexte enthalten Knoten, die den Wissensingenieur bei der redaktionellen Bearbeitung des aktuellen Knotens unterstützen können. Dazu zählen Knoten mit ähnlichen Strukturen oder Knoten, die die gleichen Fachbegriffe enthalten wie der aktuelle Knoten.

- **Struktureller Kontext:** umfasst alle Knoten, die die gleiche Struktur wie der aktuelle haben.
- **Fachbegriffskontext:** umfasst alle Knoten, in denen Fachbegriffe vorkommen, die auch der aktuelle Knoten enthält.

Durch die Berücksichtigung der Umgebung eines Knotens werden bei der Textredaktion Suchprozesse minimiert. Zudem können inhaltliche Überschneidungen oder Kohärenzprobleme vermieden werden, die dadurch entstehen, dass relevante Informationen übersehen werden.

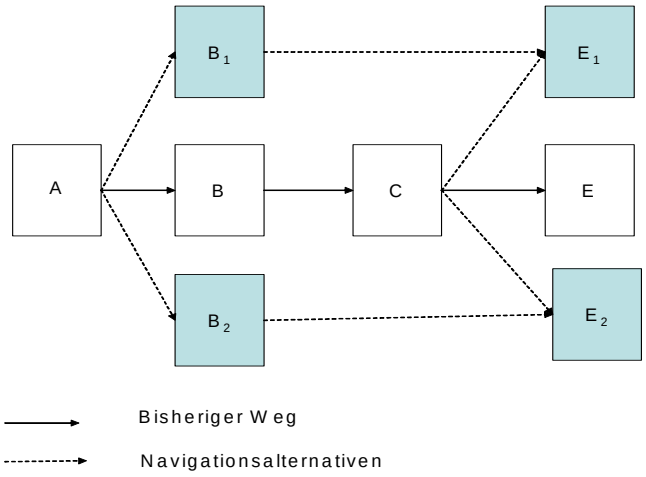


Abbildung 53: Kombination des temporalen mit anderen Kontexten

Beim Verlust der Orientierung können die Kontexte dem Wissensingenieur zusätzliche Navigationsalternativen bereitstellen, die ihn bei der Planung und Korrektur seiner Navigationsschritte unterstützen. Insbesondere kann die Kombination des temporalen mit dem assoziativen oder semantischen Kontext bei der Analyse des bislang eingeschlagenen Wegs zur Entdeckung wichtiger Alternativen führen, die bis dahin übersehen wurden (Abbildung 53).

Knoteninterne Orientierung

Orientierungsprobleme treten nicht nur im Zusammenhang mit der Handhabung des Navigationsmodells auf. Bei der Textredaktion kann der Umfang des aktuellen Knotens dazu führen, dass der Wissensingenieur die Orientierung verliert und nicht in der Lage ist, benötigte Textstellen schnell zu finden. Daher müssen Nachbereitungswerkzeuge Lösungen zur Verbesserung der knoteninternen Lese- und Navigationsprozesse bereitstellen.

Für die Unterstützung der Orientierung innerhalb des aktuellen Knotens schlagen wir die Verwendung zweier zusätzlicher Orientierungsansichten vor.

Die erste Ansicht (*Überblicksansicht*) soll den gesamten Knoten überblicksartig darstellen, so dass der Wissensingenieur die räumliche Organisation des gesamten Knoten erschließen kann. Die zweite Ansicht (*Gliederungsansicht*) soll die logische Struktur des Knotens darstellen (Unterteilung in Informationseinheiten). Durch die Gliederungsansicht soll nicht nur das Finden benötigter Stellen aufgrund der Knotenstruktur ermöglicht werden, sondern auch eine Verzahnung der Textredaktion bzw. -rezeption mit der Mikroplanung erreicht werden.

7.3.2.4.2 Unterstützung der Textproduktion

Während lokale und globale Kontextinformationen den Wissensingenieur dazu befähigen, seine aktuelle Position im Navigationsmodell zu bestimmen und sein exploratives Vorgehen zu planen, stellt sich die Frage nach der Unterstützung bei der redaktionellen Bearbeitung von Knoten und Informationseinheiten. In Bezug auf die globale Sicht unterscheiden wir die Unterstützung der Planung sowie der quellenbasierten Textproduktion.

Planung

Auf die Bedeutung der Planung für die Textproduktion haben wir bereits in Abschnitt 7.3.2.3.2 hingewiesen. Zur Unterstützung der Planung muss der Wissensingenieur die Möglichkeit haben, seine Ideen und Kommentare zu Inhalten als Notizen festzuhalten.

In Anlehnung an Haas ([Haa98]) unterscheiden wir Inhalts- und Strukturierungsnotizen. Inhaltsnotizen kommen in Form einfacher Textfragmente oder Begriffslisten vor und dienen dazu, Ideen des Wissensingenieurs über den Textinhalt, sowohl im Vorfeld als auch während der Textproduktion festzuhalten. Damit bewirken sie eine kognitive Entlastung des Wissensingenieurs.

Strukturierungsnotizen werden hingegen für die Mikro- und Makroplanung eingesetzt. Sie sollen den Wissensingenieur dabei unterstützen, eine oder mehrere Knotenstrukturen zu entwerfen, die Struktur eines abgegrenzten Bereichs des Navigationsmodells zu planen oder sich die Zusammenhänge eines neuen Gebiets (etwa nach der Analyse eines Protokolls) zu vergegenwärtigen.

In diesem Ansatz können Notizen entweder privat (d.h. nur durch den Ersteller zugänglich) oder öffentlich sein. Durch die Verwendung öffentlicher Notizen wird die Kooperation im Nachbereitungsprozess unterstützt.

Quellenbasierte Textproduktion

Wie bereits in Abschnitt 7.3.2.5 erläutert wurde, ist im Verlauf der Textredaktion der Rückgriff auf Informationsobjekte der Wissensbasis ein herausragendes Merkmal der Repräsentationsphase. Obwohl das quellenbasierte Schreiben eine sehr verbreitete Form der Textproduktion ist, wird sie durch gängige Textverarbeitungswerkzeuge kaum unterstützt. Vielmehr konzentrieren sie sich eher auf die Darstellung und Manipulation des produzierten Textes, wobei die dafür erforderlichen oder verwendeten Informationsquellen keine Beachtung finden.

Zur Unterstützung der quellenbasierten Textproduktion müssen Nachbereitungswerkzeuge eine geeignete Funktionalität bereitstellen, die den Wissensingenieur bei der Suche, der Personalisierung sowie der gleichzeitigen Bearbeitung mehrerer Knoten unterstützt.

(1) Suche

Eine wesentliche Voraussetzung der quellenbasierten Textproduktion ist das Finden relevanter Inhalte in der Wissensbasis, die für die redaktionelle Bearbeitung von Knoten benötigt werden. Die einfachste Art einer Unterstützung stellt die Bereitstellung einer Volltextsuche dar, mittels derer der Wissensingenieur durch die Angabe von Suchtermen seinen Informationsbedarf spezifizieren kann. Allerdings kann bei einer umfangreichen Wissensbasis für bestimmte Anfragen die Treffermenge die Verarbeitungsfähigkeit des Wissensingenieurs übersteigen.

Daher ist neben der Volltextsuche eine erweiterte Suche erforderlich. Mit Hilfe der erweiterten Suche soll der Wissensingenieur bei der Spezifikation einer Suchanzeige die definierten Filtertypen (Abschnitt 7.3.2.4.1) einschalten können, um den Suchraum gezielt zu reduzieren. Durch die Verwendung des strukturbezogenen Filters können beispielsweise ganze Teilbäume von der Suche ausgeschlossen werden oder die Suche auf bestimmte Bereiche der Navigationsstruktur beschränkt werden.

Für die Trefferpräsentation bietet sich zwar die Verwendung von Listen, in vielen Suchszenarien ist allerdings der Wissensingenieur eher an den Standort der einzelnen Treffer innerhalb der Hierarchie interessiert. Daher sollte der Wissensingenieur bei der Ergebnispräsentation die Möglichkeit haben, die graphische Übersicht zur Visualisierung des Standortes der gefundenen Knoten zu verwenden.

(2) Personalisierung

Im letzten Abschnitt haben wir die Unterstützung bei der Beschaffung benötigter Quellen als eine wichtige Anforderung der quellenbasierten Textproduktion erläutert. Die gefundenen Quellen werden allerdings nicht im Rahmen einer einmaligen Nutzungssituation verwendet. Vielmehr werden sie mehrmals im Laufe der Nachbereitung aufgerufen; denn der Nachbereitungsprozess geht mit einem Lernprozess beim Wissensingenieur einher, der Inhalte häufig unter neuem Licht erscheinen lässt. Daher muss der Wissensingenieur im Verlauf der Nachbereitung häufig bereits gelesene oder bearbeitete Knoten erneut finden, um ihre Inhalte zu überprüfen und ggf. verändern.

Bei zunehmender Größe des Informationssystems steigt der Aufwand, Inhalte (wieder) zu finden. Daher müssen Nachbereitungswerkzeuge die Spur bereits gefundener Knoten behalten, damit sie in späteren Nutzungssituationen ohne nochmaligen Such- bzw. Navigationsaufwand wieder gefunden werden können.

Als Lösung für das Problem Informationen wieder zu finden, schlagen wir die *Personalisierung* vor. Die Personalisierung bedeutet die Möglichkeit, alle für den aktuellen Knoten relevanten Informationen in selbstgewählten Kategorien zu organisieren. Die Unterstützung der Personalisierung ist allerdings nicht Selbstzweck, sondern kommt gemäß Bousfiled (zitiert aus [Cze99]) unserer natürlichen Tendenz entgegen, dargebotene Informationen nach individuellen Kriterien zu organisieren. Gemäß Czerwinski et al. ([Cze99]) hat die selbstbestimmte Strukturierung zusätzlich eine mnemotechnische Funktion: sie führt dazu, dass unser Erinnerungsvermögen für die zugrunde liegenden Inhalte erheblich gesteigert wird.

Ein weiterer Vorteil der Personalisierung liegt in der Explizierung von Zusammenhängen (z.B. Informationen über relevante Quellen für bestimmte Knoten), die sonst im Kopf des Wissensingenieurs verborgen blieben. Diese Offenlegung liefert nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Wissensbewahrung, sondern auch zur schnelleren Einarbeitung neuer Wissensingenieuren in fremde Bereiche der Wissensbasis, da sie sich das Wissen um bestimmte Zusammenhänge nicht erst erarbeiten müssen.

Ein wichtiger Aspekt der Personalisierung ist die Frage nach einer adäquaten Visualisierung des resultierenden Informationsraumes, um eine optimale Interaktion mit dem Wissens-

ingenieur zu gewährleisten. Eine hierarchische Darstellung in der Form eines Dateibrowsers ist zwar vorteilhaft, da die meisten Nutzer im Umgang mit Baumstrukturen geübt sind. Bei zunehmender Baumgröße bedeutet das Wiederfinden bereits abgelegter Informationen aber einen erheblichen Navigations- und Suchaufwand. Daher müssen Nachbereitungswerkzeuge in Bezug auf die Personalisierung neben der Definition individueller Kategorien, die Möglichkeit bieten, die gesammelten Quellen räumlich anzuordnen.

Der positive Einfluss räumlicher Anordnungen auf unser Vermögen, Informationen wieder zu finden, konnte in zahlreichen Untersuchungen empirisch belegt werden. Czerwinski et al. ([Cze99]) haben mit dem System „Data Mountain“, das die selbstbestimmte Anordnung von Dokumenten in einer dreidimensionalen Umgebung erlaubt, Experimente zum Wiederfinden gesammelter Inhalte durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Benutzer, die die Möglichkeit hatten, ihre Dokumente räumlich anzuordnen, diese auch wesentlich schneller wieder finden konnten als die diejenigen, die lediglich einen Browser mit der Bookmark-Funktion verwendet haben. Zudem hat das Experiment Hinweise dafür geliefert, dass die Benutzer in der Lage sind, sich ihre räumliche „Layouts“ über längere Zeiträume zu merken.

Für die räumliche Anordnung sollten die einzelnen Informationsobjekte, nicht wie in gängigen Dateibrowsern üblich, lediglich durch einen Dokumententitel oder -name repräsentiert werden. Denn diese Informationen bieten in der Regel nur wenige Erinnerungsreize für die zugrunde liegende Dokumente. Daher schlagen wir den Einsatz verkleinerter Darstellungen (*Thumbnails*) zur Repräsentation der Informationsobjekte vor. Die Verwendung von Thumbnails bietet eine Reihe von Vorteilen. Das menschliche kognitive System kann Bilder nicht nur besser als textuelle Informationen behalten ([Woo02]), sondern auch wesentlich schneller verarbeiten. So kann gemäß Woodroof ([Woo02]) der grobe Inhalt eines Bildes in weniger als 100 Millisekunden erfasst werden, während ein durchschnittlicher Leser in der gleichen Zeit etwa ein bis zwei Wörter lesen kann.

Die Überlegenheit verkleinerter Darstellungen in Bezug auf das Wiederfinden bereits abgelegter Informationen wurde in eine Reihe von Untersuchungen zur Usability von Bookmarks ([Cze99], [Tau97a]) empirisch nachgewiesen. Eine Erklärung hierfür ist einerseits die bessere Ausnutzung unserer kognitiven Fähigkeiten bei der Verarbeitung bildhafter Darstellungen. Andererseits werden durch solche Darstellungen zusätzliche Erinnerungsreize für das zugrunde liegende Dokument (z.B. das Layout oder enthaltene Bilder, Tabellen) transportiert, die die Wahrscheinlichkeit der Aktivierung der dazugehörigen Gedächtnisinhalte erhöhen ([Cze99]).

(3) Redaktion

Die redaktionelle Bearbeitung von Knoten in der Nachbereitung erfordert die gleichzeitige Darstellung mehrerer im Schreibprozess involvierten Informationsquellen, die sich typischerweise in der näheren Umgebung des aktuellen Knotens befinden.

Bei der Formulierung des Knoteninhalts benötigt der Wissensingenieur beispielsweise den Zugriff auf alle Knoten, die sich in Bezug auf den Link oder den semantischen Kontext in der unmittelbaren Nachbarschaft des aktuellen Knotens befinden.

Daher wird für die Textproduktion im Nachbereitungsprozess einen Editor benötigt, der eine gleichzeitige Visualisierung eines Knotens sowie seiner Umgebung ermöglicht. Dadurch soll der Wissensingenieur in die Lage versetzt werden, einfach:

- zwischen Kontexten oder Knoten hin und her zu wechseln,
- Teile eines als Informationsquelle fungierenden Knoten in den gerade bearbeiteten zu übernehmen,

- Verknüpfungen zwischen verwandten Knoten zu erstellen oder
- bereits gelesene Knoten im Kontext neuer Inhalte erneut zu analysieren.

Die Anforderung, sowohl lokale (aktuelle bearbeitete Knoten) als auch globale Informationen (Umgebung des Knoten) gleichzeitig bereitzustellen, lässt sich allerdings nicht ohne weiteres erfüllen. Aufgrund der Begrenzung der Bildschirmgröße können nicht alle potentiell relevante Quellen auf die gleiche Art visualisiert werden. Dies bedeutet, dass die jeweils weniger interessanten Knoten aus der Darstellung herausgefiltert oder nur verkleinert dargestellt werden können.

Bei der Verwendung eines Editors mit Mehrfensterfunktionalität kann der Aufwand, benötigte Fenster zu finden, zu positionieren und auf eine der gegenwärtigen Arbeitssituation angemessenen Größe zu bringen, leicht den Nutzen übersteigen. Daher soll der Editor den Wissensingenieur bei der Platzaufteilung unterstützen, so dass bei der gleichzeitigen Darstellung mehrerer Knoten, die jeweilige Größe des Editorfensters in Abhängigkeit des „*Interessantheitsgrads*“ der zugrunde liegenden Informationsquellen automatisch bestimmt wird.

Zur Realisierung dieser Anforderung muss der Editor eine „*Fisheye*-Ansicht“ bereitstellen. Fisheye-Ansichten werden den so genannten Fokus-und-Kontext-Darstellungen ([Car99]) zugerechnet, die bei der Informationsdarstellung darauf abzielen, ein Gleichgewicht zwischen lokale Details und globale Zusammenhänge zu realisieren. Dabei sollen die für den Benutzer besonders interessanten Informationen detailliert dargestellt werden, ohne den Bezug auf die Umgebung zu verlieren.

Gemäß Furnas werden unter Fisheye-Ansichten ([Fur99]) alle Visualisierungsarten subsumiert, die analog zu einer Linse mit sehr großem Winkel (Fischauge) ein verzerrtes Abbild der aufgenommenen Objekte darstellen. Dabei werden Objekte in der Nähe des Betrachtungsmittelpunkts mit einem hohen Detaillierungsgrad angezeigt und weiter entfernt liegende kleiner und mit weniger Details visualisiert.

Zur Bestimmung der Darstellungsart der Objekte in einem Informationsraum hat Furnas die Verwendung einer Metrik vorgeschlagen, die es zu einem gegebenen Fokus ermöglicht, für jedes weitere Objekt den entsprechenden Interessantheitsgrad (*DOI: Degree Of Interest*) zu ermitteln.

Die Berechnung des Interessantheitsgrads eines Objektes x in Bezug auf das aktuell betrachtete Dokument y basiert auf zwei Komponenten: Die A Priori Wichtigkeit (*API: A priori Importance*), welche die globale Gewichtung des Objektes x angibt und die Distanz (*D: Distance*) zwischen den Objekten x und y. Nach Furnas lässt sich dann der Interessantheitsgrad eines Objektes x in Bezug auf das aktuell betrachtete Dokument y durch die folgende Funktion berechnen:

$$DOI(x|y) = API(x) - D(x, y)$$

Nach dieser Definition steigt der Interessantheitsgrad eines Objektes mit der globalen Gewichtung und fällt mit der Distanz zum jeweiligen Betrachtungspunkt.

Die Fisheye-Ansicht soll im Falle der Nachbereitung in Verbindung mit den definierten Kontexten verwendet werden. Bei der Verwendung des Editors in Verbindung mit dem semantischen Kontext ergibt sich z.B. die globale Gewichtung der Knoten aus ihrem Abstand (Pfadlänge in Bezug auf das Navigationsmodell) zum aktuell betrachteten Knoten und die Distanz

zum aktuell Knoten aus dem Grad der Ähnlichkeit, die aufgrund von Worthäufigkeiten zu berechnen ist.

Basierend auf den jeweils berechneten Interessantheitsgrad soll der Editor die Fenstergröße bestimmen. Dabei sollen die Knoten mit größerem Interessantheitsgrad im Editor detailreich dargestellt werden, während diejenigen mit niedrigem Interessantheitsgrad verzerrt und mit kleinerem Vergrößerungsgrad visualisiert werden (siehe Abbildung 67).

7.3.2.5 Zusammenfassung

In Abbildung 54 werden die Faktoren, welche der Bildung der globalen Sicht zuträglich sind, dargestellt. Wie bereits erläutert wurde, ist der Wissensingenieur nicht lediglich Textersteller, sondern muss häufig Lese- und Navigationsschritte vornehmen. Bei der Suche nach benötigten Informationen kann er besonders in umfangreichen Informationssystemen die Orientierung verlieren. Zur Unterstützung der Orientierung werden Hilfsmittel benötigt, die auf die Verbesserung der globalen, lokalen und knoteninternen Navigation abzielen.

In Bezug auf die Textproduktion wurde die Planung als herausragender Prozess identifiziert. Daher werden in diesem Ansatz Notizen als wichtiges Hilfsmittel angesehen. Dabei werden sie nicht nur als Mittel zur Unterstützung der Textproduktion angesehen, sondern auch zur Strukturierung des Informationssystems.

Die Textproduktion in der Repräsentationsphase basiert in hohen Maßen auf der Nutzung vorliegender Informationsquellen. Diese müssen gefunden und geeignet abgelegt werden, um den Aufwand beim erneuten Zugriff zu minimieren. Daher sollten Nachbereitungswerkzeuge entsprechende Hilfsmittel bieten, die den Wissensingenieur dabei unterstützen, benötigte Informationsobjekte zu finden, in selbstgewählten Kategorien zu organisieren und mehrere Informationsobjekte für die Textredaktion bzw. -rezeption, in Abhängigkeit ihres jeweiligen Interessantheitsgrads, darzustellen.

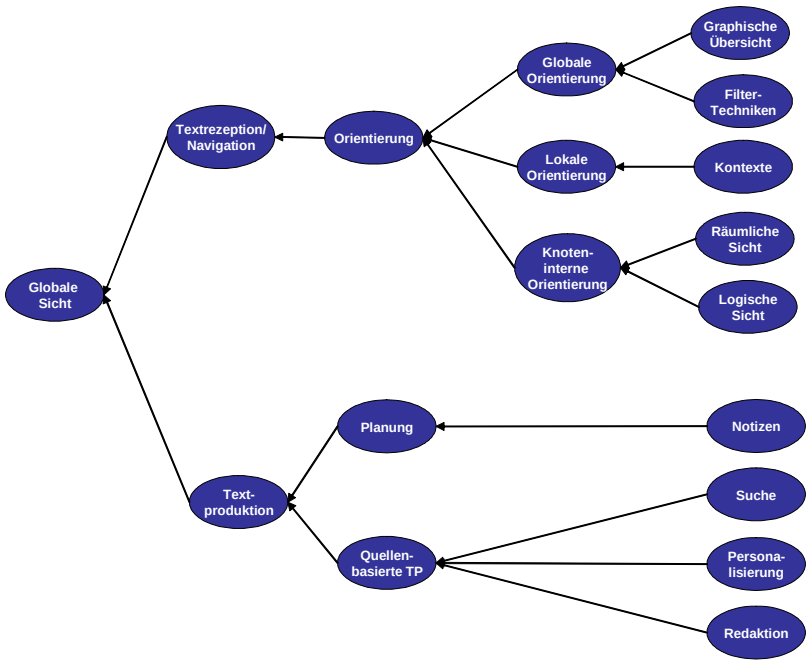


Abbildung 54: Faktoren der globalen Sicht

7.3.3 Implementierung

In dieser Phase werden die erstellten Objekte im Inhalts- und im Navigationsmodell, die bis dahin in der Wissensbasis medienneutral abgelegt waren, auf ein konkretes Darstellungsformat abgebildet. Grundsätzlich sollen aus der Wissensbasis beliebige Formate wie HTML, RTF (*rich text format*) oder PDF (*portable document format*) erzeugt werden können. In den folgenden Ausführungen beschränken wir uns allerdings auf das HTML-Format.

Die Lernmotivation und die Effizienz im Umgang mit dem realisierten System hängen in hohen Maßen von der Präsentationsform ab. In diesem Zusammenhang gibt beispielsweise Strzebkowski ([Str97]) an, dass die Attraktivität einer hypermedialen Anwendung nach einer 80 zu 20%-Prozent-Regel beschrieben werden kann. Demnach hängt die Attraktivität einer Anwendung am Anfang der Benutzung zu 80% von der visuellen Attraktivität ab, während der Informationsgehalt lediglich 20% ausmacht. Daher sollte die Darstellung für das Nutzungssystem nicht nach den Vorlieben einzelner Wissensingenieure gestaltet werden, sondern unter Einbeziehung der Ergebnisse aus der *Usability*-Forschung ([Nie01]) geplant werden.

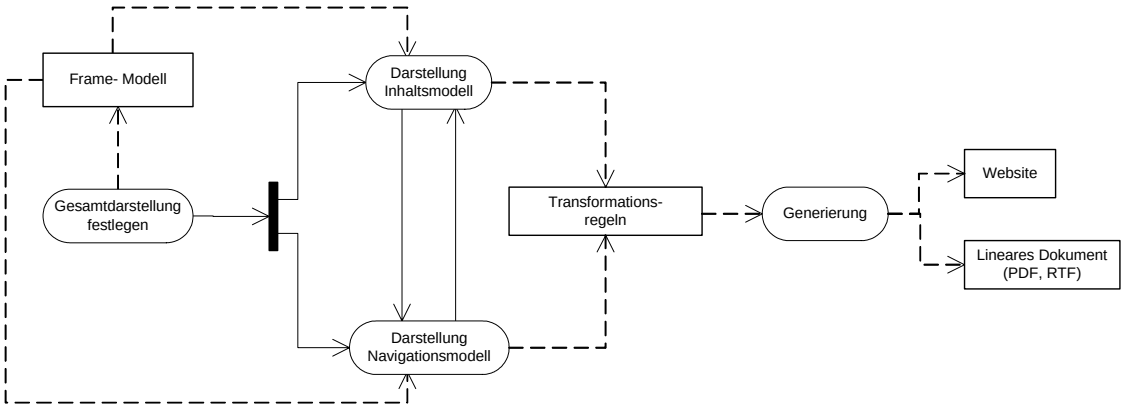


Abbildung 55: Kontroll- und Objektfluss in der Implementierung

In Abbildung 55 wird der Kontroll- und Objektfluss in der Implementierungsphase dargestellt. Unabhängig vom realisierten Darstellungsformat ist die Durchgängigkeit des Erscheinungsbildes ein wichtiger Faktor für eine gelungene Präsentation. Daher ist die erste Tätigkeit in der Implementierungsphase die Festlegung einer Gesamtdarstellung. Das Ergebnis dieser Aktivität ist ein Frame-Modell, das im Fall von HTML als Darstellungsformat eine Bildschirmaufteilung definiert sowie globale Festlegungen, wie z.B. Schriftart und -größe enthält. Darauf aufbauend werden Transformationsvorschriften für Elemente des Inhalts- und Navigationsmodells definiert, die im nächsten Schritt (Generierung) zur Erstellung einer *Website* (Menge zusammenhängender HTML-Seiten) verwendet werden.

Gesamtdarstellung festlegen

In dieser Aktivität wird das Erscheinungsbild einer Bildschirmseite (*Screen Layout*) im Informationssystem festgelegt. Um ein einheitliches Erscheinungsbild des Informationssystems zu gewährleisten werden im Screen Layout übergreifende Darstellungseigenschaften wie Farben, Schriftart oder Schriftgröße sowie gemeinsame Präsentationselemente, wie z.B. eine Navigationsleiste (siehe Abbildung 56) oder Logos, die in jeder Bildschirmseite sichtbar bleiben, defi-

niert. Zudem wird eine Bildschirmaufteilung festgelegt, die eine Bildschirmseite in unterschiedlichen Bereichen (Frames) mit definierten Funktionen und Positionen unterteilt. Diese Aufteilung in stabile Bereiche hat das Ziel, die kognitive Überforderung in der Wissensnutzung zu vermeiden, die Aufmerksamkeit des Nutzers auf den wesentlichen Bereich zu lenken (z.B. Inhaltsbereich) und die Navigation zu erleichtern.

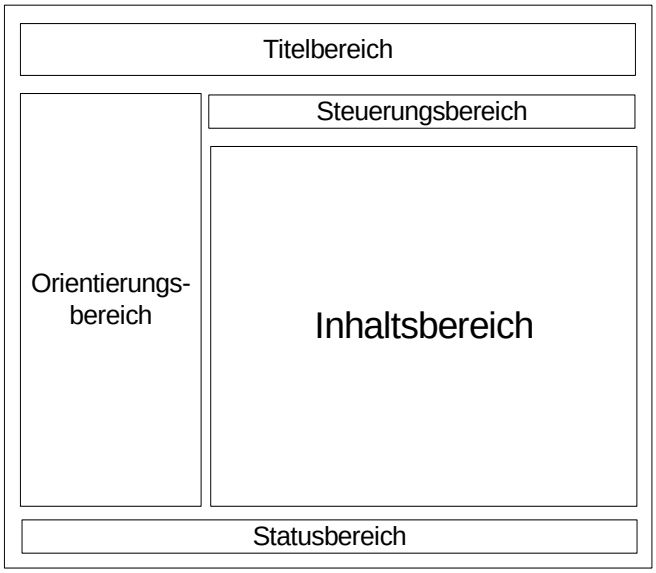


Abbildung 56: Beispiel eines Frame-Modells

In Abbildung 56 wird ein mögliches Frame-Modell dargestellt. In diesem Modell werden die folgenden Bereiche unterschieden:

- **Inhaltsbereich:** In diesem Bereich werden die einzelnen HTML-Seiten dargestellt. Er nimmt den größten Platz ein, um die Textrezeption zu erleichtern.
- **Steuerungsbereich:** Dieser Bereich enthält die Funktionen für die lineare (nächster relevante Knoten, vorheriger Knoten) Navigation und Bedienelemente für Sonderfunktionen, wie z.B. der Zugriff auf das Glossar, oder die Suche.
- **Orientierungsbereich:** Dieser Bereich enthält die Hierarchie des Informationssystems, die mittels Javascript oder Java-Applets in Form eines Baums dargestellt wird.
- **Titelbereich:** In diesem Bereich werden Erkennungsmerkmale für das hypermediale Informationssystem (z.B. Titel, Akronym) sowie für die jeweilige Organisation (z.B. Logos) dargestellt.
- **Statusbereich:** Im Statusbereich befinden sich Informationen über den aktuellen Stand des Informationssystems (z.B. Copyright-Informationen oder das Datum der letzten Aktualisierung).

Darstellung des Inhalts- und Navigationsmodells festlegen

In dieser Aktivität werden Transformationsregeln für Elemente des Inhalts- und Navigationsmodells zur Generierung der Website in HTML-Format definiert.

Für die Beschreibung der Transformationsregeln ist die Sprache *XSL* ([W3C]) besonders geeignet. Sie umfasst die Sprachen *XSL Transformations* (*XSLT*), *XML Path Language* (*XPath*) und *XSL Formatting Objects* (*XSL-FO*).

XSLT ist eine deklarative Sprache mittels derer Regeln (*template Rules)* für die Umwandlung von XML-Dokumenten spezifiziert werden können. Eine XSLT-Regel besteht aus einem Muster (*pattern*) als Bedingungsteil einer Regel und einem template das ausgegeben wird, falls das Muster im Quelldokument gefunden wird.

Die einzelnen Transformationsregeln werden in eine Datei (*XSLT Stylesheet*) abgelegt, die XML-konform sein muss. Der eigentliche Transformationsprozess wird von einem so genannten XSLT-Prozessor vorgenommen, der die einzelnen Regeln auf das Quelldokument anwendet und eine Ausgabe generiert. In Abbildung 57 wird der Umwandlungsprozess skizziert.

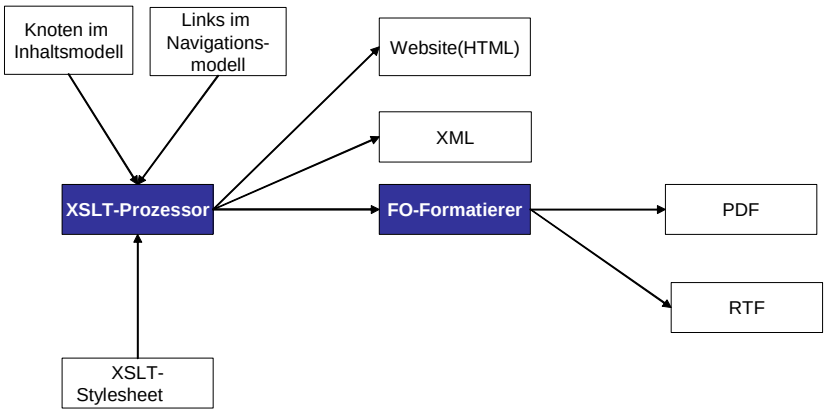


Abbildung 57: Transformationsprozess mittels XSLT

Falls Print-Dokumente im PDF oder RTF-Format zu erzeugen sind, läuft der Transformationsprozess in zwei Schritten ab. Zunächst wird eine Zwischendarstellung generiert, in der das Layout des Zieldokuments mittels so genannter Formating Objects detailliert beschrieben wird. Im nächsten Schritt wird die Zwischendarstellung mit einem Formatierer in das jeweilige Zielformat transformiert.

Bei der Definition von Transformationsregeln für Knoten und Informationseinheiten müssen einige Erkenntnisse der Usability-Forschung in Bezug auf Online-Inhalte beachtet werden. Es ist zu beachten, dass der Leser keine Bereitschaft längere Texte am Bildschirm zu lesen und zu scrollen. Ein weiteres Problem stellt das Lesen am Bildschirm dar, das selbst unter ergonomisch guten Bedingungen 20 bis 30 Prozent langsamer ist als auf Papier ([Nie01]). Eine weitere Besonderheit betrifft das Leseverhalten der Online-Nutzer. Gemäß Nielsen ([Nie97]) werden Online-Texte selten vollständig gelesen, sondern „gescannt“, d.h. nach Schlüsselwörtern abgesucht, die als Einstiegspunkt einer intensivere Auseinandersetzung mit dem Inhalt dienen können.

Während das Problem des Knotenumfangs durch die Begrenzung der Anzahl von Informationseinheiten gelöst werden kann, stellt sich die Fragen der Lesbarkeit und der leichten Lokalisierung relevanter Stichwörter oder Abschnitte.

Die Lesbarkeit von Online-Inhalten kann im Allgemeinen durch die Schriftart und die Zeilenlänge beeinflusst werden. Bei der Schriftart können Serifenschrifte und serifenlose Schriften unterschieden werden. Serifenschrifte werden üblicherweise in Print-Dokumenten verwendet, da sie sich in längeren Texten gut lesen lassen. Für das Lesen am Bildschirm hinge-

gen sind serifenlose Schriften wie Arial oder Helvetica bei einer Schriftgröße von mindestens 12 pt besser geeignet.

Die im Knoten enthaltenen Fachbegriffe spielen eine große Rolle, da sie Auskunft über den Knoteninhalt geben. Sie sollten in der Knotendarstellung besonders hervorgehoben werden, um den Leseprozess zu leiten. Ähnlich dazu müssen die Informationseinheiten in klar getrennten Bereichen (siehe Abbildung 58) dargestellt und je nach Rolle zusätzlich durch graphische Symbole gekennzeichnet werden, um die Lokalisierung einzelner Abschnitte im Knoten zu erleichtern.

Im folgenden XSLT-Fragment werden Transformationsregeln für Informationseinheiten beispielhaft dargestellt:

```
<xsl:template match="//Informationseinheit" mode="easy">
<table><tr>
<td valign="top" align="left" width="120">
<p class="Informationseinheit">
     <xsl:value-of select="@label"/>
     <xsl:if test="@Rolle='Warnung')">
             <br/><img src="warnung.jpg" border="0"/>
        </xsl:if>
</p>
</td>
<!--Inhalt der Informationseinheit -->

<td valign="top" align="left">
<xsl:text></xsl:text>
<xsl:apply-templates select="*|@*|text()" mode="lousy"/>
</td>
</tr>
</table>
</xsl:template>
```

Für die Präsentation des Navigationsmodells muss festgelegt werden, nach welcher Strategie der Startpunkt einer Verknüpfung (Anker) für den Zugriff aufbereitet wird. Dabei können

grundsätzlich zwei Optionen realisiert werden: Der Anker kann, wie üblich in HTML-Seiten im Knoteninhalt eingebettet oder in einem separaten Bereich dargestellt werden.

Eine weitere Festlegung betrifft die typographische Gestaltung der definierten Verknüpfungstypen: Zur Darstellung der Verknüpfungen können unterschiedliche Farben oder zusätzlich graphische Symbole (Icons) verwendet werden.

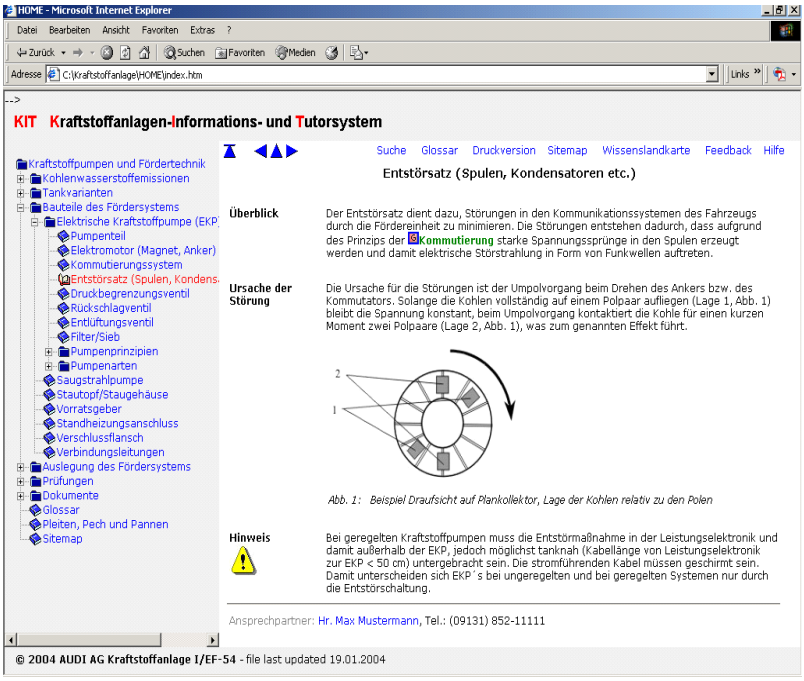


Abbildung 58: Gesamtdarstellung einer Website

Bei der Transformation des Navigationsmodells spielen hierarchische Verknüpfungen eine besondere Rolle. Diese werden als anklickbares Inhaltsverzeichnis im Orientierungsbereich dargestellt und dienen dazu, den Benutzer bei der Orientierung in der Website zu unterstützen. Das Inhaltsverzeichnis kann entweder mittels Javascript-Code oder über Java-Applets realisiert werden. Abbildung 58 zeigt eine Gesamtdarstellung einer Website.

7.3.4 Qualitätssicherung

Die Qualität des Informationssystems hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wissensnutzung. Falls die Wissensnutzer häufig mit unverständlichen, fehlerhaften oder unvollständigen Inhalten konfrontiert werden, werden sie künftig andere Wege der Informationsbeschaffung bestreiten.

Daher sind Maßnahmen zur Sicherstellung einer definierten *Qualität* bzw. zur Feststellung von Qualitätsmängeln vor der Freigabe für die Wissensnutzung unabdingbar. Die DIN-Norm 55350-11 ([DIN95]) definiert Qualität als

> *„die Gesamtheit der Eigenschaften und Merkmale eines Produkts oder einer Dienstleistung, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung festgelegter oder vorausgesetzter Erfordernisse beziehen.“*

Die Qualität eines Produkts kann je nach Betrachtungsperspektive unterschiedlich verstanden werden. Der Wissensingenieur wird beispielsweise die flexible Generierbarkeit unter-

schiedlicher Formate aus der Wissensbasis als wichtiges Qualitätsmerkmal ansehen, während der Wissensnutzer die Qualität des Informationssystems danach beurteilen wird, ob er benötigte Informationen findet und vor allem wieviel Zeit er dafür benötigt. Der Fachexperte hingegen legt Wert darauf, dass die dargebotenen Inhalte fachlich richtig und vollständig sind. Daher unterscheiden wir eine interne und externe Qualitätsbewertung, die vor der Freigabe des Informationssystems durchzuführen sind.

7.3.4.1 Qualitätsziele für hypermediale Informationssysteme

Nach der Definition des Qualitätsbegriffs bezieht sich die Qualität stets auf festgelegte oder vorausgesetzte Erfordernisse. Im Bereich der Software-Entwicklung wurden seit den sechziger Jahren solche Erfordernisse (im Folgenden sprechen wir von *Qualitätszielen*) intensiv erforscht. Typische Ziele in diesem Bereich sind beispielsweise die Wartbarkeit oder die Korrektheit der entwickelten Programme. Solche Ziele lassen sich zwar nicht auf Informationssysteme übertragen, dennoch gibt es einige Parallelen. Die Wartbarkeit beispielsweise ist für die Nachbereitung von hoher Relevanz, da Informationssysteme nicht in einem einzigen Schritt erstellt werden, sondern nach dem evolutionären Modell entwickelt werden.

Für die Nachbereitung unterscheiden wir in Anlehnung an der von Farnschläder ([Far01]) vorgeschlagenen Klassifizierung drei Kategorien von Qualitätszielen: inhaltliche, technische und präsentationsbezogene Ziele.

Diese Qualitätsziele sind zunächst abstrakte Begriffe, die durch Teilziele (Qualitätsmerkmale) konkretisiert werden müssen. Es ist zu beachten, dass manche Qualitätsmerkmale in Konflikt zueinander stehen können. Die Anforderung nach Lesbarkeit kann beispielsweise dadurch erfüllt werden, dass der Knotenumfang reduziert wird. Dies kann allerdings zu einer zu starken Atomisierung der Inhalte führen, wodurch das Informationssystem unübersichtlich wird und als zusammenhangslos empfunden wird.

Bevor wir auf das Vorgehensmodell dieser Phase eingehen, erläutern wir im folgenden Qualitätsziele des Informationssystems.

7.3.4.1.1 Inhaltliche Qualitätsziele

Diese Klasse von Qualitätszielen bezieht sich auf den Inhalt des Informationssystems und auf dessen Eignung für die Wissensvermittlung. Es lassen sich in diesem Bereich grundlegende Anforderungen wie Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit und Verständlichkeit unterscheiden.

Die ***Aktualität*** bedeutet, dass die angebotenen Inhalte den aktuellen Stand der Kenntnisse widerspiegeln sollten und sich auf aktuelle Probleme beziehen sollten, die der Wissensnutzer im täglichen Arbeitsprozess bewältigen muss.

Mit ***Korrektheit*** wird gefordert, dass die Inhalte keine fehlerhaften oder widersprüchlichen Informationen beinhalten sollten. Für sicherheitsrelevante Domänen, wie die Flugzeugindustrie und in einem geringeren Maß die Automobilindustrie, ist die Korrektheit eine wichtige Qualitätsanforderung.

Die ***Vollständigkeit*** zielt auf eine möglichst umfassende Behandlung von Themen. Die nachbereiteten Inhalte sollten alle relevanten Aspekte einer Fragestellung berücksichtigen und beispielsweise auf kompetente Ansprechpartner oder wichtige Dokumente (z.B. Gesetzestexte) hinweisen.

Eine für die Wissensnutzung wichtige Qualitätsanforderung ist die ***Verständlichkeit.*** Welche Merkmale ein „verständliches“ Informationssystem charakterisieren, lässt sich aber nicht ohne weiteres angeben. Denn wie auch Kuhlen ([Kuh91]) betont, ist die Verständlichkeit kein textimmanentes Merkmal, sondern hängt zum Teil vom Vorwissen und von der Rezeptionskompetenz des Lesers ab. Gleichwohl lässt sich eine Reihe von Anforderungen angeben, deren

Erfüllung der Verständlichkeit zuträglich sind. Die nachbereiteten Inhalte sollten beispielsweise in einer leicht lesbaren und dem Nutzer verständlichen Sprache verfasst sein, eine ausgewogene Struktur aufweisen und adäquate multimediale Elemente beinhalten. Daher unterscheiden wir für die Verständlichkeit die Ebenen des Knoteninhalts, der Knotenstruktur und die des Navigationsmodells.

Knoteninhalt

Zur Erhöhung der Verständlichkeit des Informationssystems müssen beim Knoteninhalt die folgenden Kriterien eingehalten werden:

- **Formale Korrektheit**: Der Knoteninhalt sollte grundlegende Anforderungen wie korrekte Rechtschreibung oder Grammatik erfüllen.
- **Einfachheit**: Um die Verständlichkeit zu erhöhen, sollten beim Satzbau übermäßig lange oder komplizierte Sätze (z.B. Schachtelsätze) vermieden werden.
- **Einheitlichkeit**: Um eine möglichst eindeutige, widerspruchsfreie und addressatgerechte Kommunikation zu gewährleisten, sollte die Fachsprache durchgängig und konsistent verwendet werden. Bei Synonymen müssen Vorzugsbenennungen verwendet werden.

Knotenstruktur

Die Strukturierung innerhalb der einzelnen Knoten kann die Lesbarkeit und die Lokalisierung benötigter Informationen erleichtern. Eine nutzergerechte Strukturierung kann durch die Einhaltung des Information-Mapping-Prinzips erreicht werden, das eine Aufteilung von Knoten in sinnvollen Informationseinheiten vorsieht. Je nach Knotentyp muss festgelegt werden, welche Arten von Informationseinheiten verwendet werden sollten. Folgende Merkmale sind bei der Knotenstruktur zu beachten:

- **Ausgewogenheit**: Um eine kognitive Überforderung der Wissensnutzer zu vermeiden und die Lesbarkeit der Knoten zu verbessern, muss die Anzahl der enthaltenen Informationseinheiten pro Knoten begrenzt werden (maximal 9 Informationseinheiten). Knoten mit zu wenigen Informationseinheiten (weniger als 3) sollten ebenfalls überprüft werden: Sie weisen auf Lücken oder auf eine schlechte Strukturierung hin.
- **Adäquatheit**: Für alle Knotentypen muss festgelegt werden, welche Arten von Informationseinheiten zugelassen oder auszuschließen sind. Jeder Knoten vom Typ „Bauteil“ sollte beispielsweise eine Medieneinheit (Video, Abbildung, Audio-Dokument, etc.), d.h. eine Informationseinheit mit der Rolle „Veranschaulichen“, enthalten.
- **Einheitlichkeit**: Um die Lesbarkeit und die schnelle Lokalisierung von Informationen im Knoten zu erhöhen, sollen die Informationseinheiten durchgängig in Abhängigkeit ihrer Rolle betitelt werden. Dadurch ergibt sich ein homogener Knotenaufbau, der die Textrezeption erleichtert.
- **Sequentialisierung**: Für eine optimale Wissensvermittlung sollten die Informationseinheiten nicht beliebig hintereinander verkettet werden. Die schnelle Lokalisierung von Informationen kann zusätzlich dadurch verbessert werden, dass Informationseinheiten in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Rolle angeordnet werden. Nielsen ([Nie97a]) empfiehlt eine Anordnung nach dem Prinzip der „umgekehrten Pyramide“. Dieses Prinzip bedeutet, dass in jeder Seite das wichtigste zuerst dargestellt und die übrigen Inhalte nach abnehmender Wichtigkeit geordnet sind. In Anlehnung an dieses Prinzip sollten stets Informationseinheiten mit der Rolle „Überblick verschaffen“ an erster Stelle im Knoten

angeordnet und Kontaktinformationen des Fachexperten stets an letzter Stelle dargeboten werden.

Navigationsstruktur

Wie bereits in Abschnitt 7.3.2.2.2 erläutert wurde, besteht das Navigationsmodell aus einer Kombination hierarchischer, argumentativer und assoziativer Verweise zwischen Knoten des Inhaltsmodells. Die folgenden Merkmale müssen in Bezug auf das Navigationsmodell beachtet werden:

- **Ausgewogenheit**: Auf jeder Hierarchie-Ebene sollte die Anzahl der Einträge begrenzt werden. In Anlehnung an das Chunking-Prinzip sollte pro Knoten die maximale Anzahl von Unterknoten auf 7 bis 9 begrenzt werden, um eine kognitive Überforderung des Nutzers bei der Navigation im Informationssystem.
- **Homogenität**: Auf jeder Hierarchie-Ebene sollten die Einträge homogen sein, d.h. die einzelnen Knoten sollten vom gleichen Typ sein. Die Homogenität der Hierarchie-Einträge kann durch die Verwendung generischer Knoten zur Gruppierung unterschiedlicher Knotentypen erreicht werden.

7.3.4.1.2 Technische Qualitätsziele

In der Implementierungsphase werden die nachbereiteten Inhalte in das HTML-Format transformiert. Dabei wird eine Website erstellt, die bestimmte technische Anforderungen erfüllen muss. Folgende Qualitätsmerkmale müssen in Bezug auf die realisierte Website überprüft werden:

- **Zugänglichkeit:** Es muss sichergestellt sein, dass alle Multimedia-Objekte (Videos, Tondokumente, Abbildungen, etc.) nach der HTML-Transformation auch zugänglich und funktionsfähig sind. Für Medieneinheiten müssen zudem alternative Bezeichnungen vorhanden sein.
- **Fehlerfreiheit:** Die enthaltenen aktiven Elemente (z.B. Javascript, Java-Applet) sollten auf ihre Funktionsfähigkeit und Fehlerfreiheit überprüft werden. Zudem sollte die Website keine Links, die ins Leere führen, enthalten.

7.3.4.1.3 Präsentationsbezogene Qualitätsziele

Diese Klasse von Qualitätsanforderungen bezieht sich auf die Darstellung der generierten Website. Die realisierte Präsentation sollte sich an den Bedürfnissen des Wissensnutzers orientieren, ihn ansprechen und motivieren, sich mit dem Inhalt auseinanderzusetzen. Durch den geplanten Einsatz von Farben, Schriftarten und Schriftgröße sollte eine optimale Lernatmosphäre geschaffen werden. In diesem Bereich müssen die folgenden Kriterien beachtet werden:

- **Ausgewogenheit:** Die Größe der einzelnen Bereiche im Screen Layout muss ausgewogen sein. Dieses Qualitätsziel lässt sich nicht objektiv bewerten und kann nur durch die subjektive Einschätzung des Wissensingenieurs (oder des Wissensnutzers) überprüft werden.
- **Lesbarkeit:** Bei der Gestaltung der einzelnen HTML-Seiten sollte eine einheitliche typographische Gestaltung (Schriftart, Schriftgröße, Schriftfarbe) angestrebt werden. Die Präsentation der Inhalte sollte die Lesbarkeit (Kontrast, Schriftfarbe und Hintergrund) und Lokalisierung von Informationen erleichtern. Die schnelle Lokalisierung benötigter Informationen kann durch die Hervorhebung von Fachbegriffen oder eine spe-

zielle Hervorhebung der Titel der einzelnen Informationseinheiten erreicht werden. Zudem sollten Verknüpfungen, wie im WWW üblich optisch hervorgehoben werden.

7.3.4.2 Vorgehensmodell

Auf der Grundlage der vorgestellten Qualitätsziele wird eine Qualitätsbewertung vorgenommen. Um die unterschiedlichen Sichten in Bezug auf die Qualität des erstellten Informationssystems zu berücksichtigen, wird neben der internen Qualitätsbewertung eine externe durchgeführt. Die externe Qualitätsbewertung dient dazu, das Expertenfeedback einzuholen und bislang übersehene Defizite in Bezug auf die Korrektheit oder Vollständigkeit der Inhalte aufzudecken. In Abbildung 60 wird das Vorgehensmodell der Qualitätssicherung dargestellt.

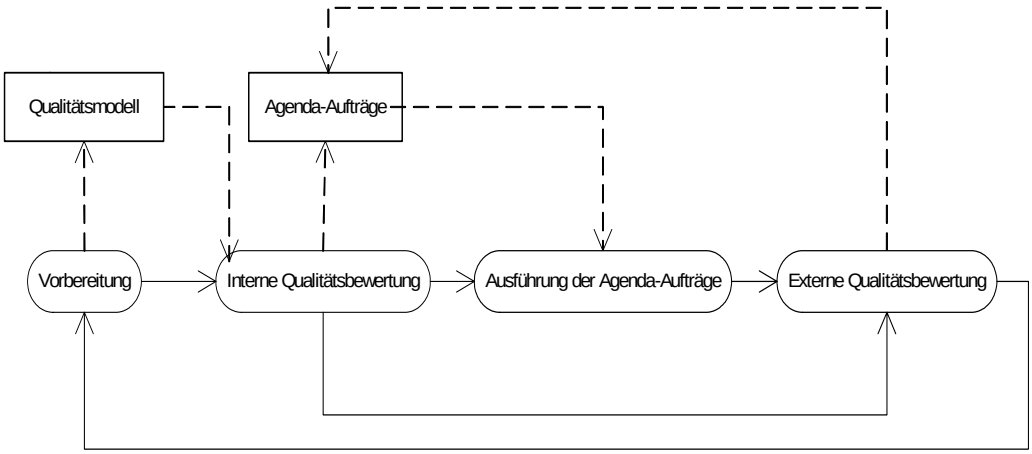


Abbildung 59: Kontroll- und Objektfluss in der Qualitätssicherung

Vorbereitung

Im letzten Abschnitt haben wir mögliche Qualitätsziele und ihre Unterteilung in Qualitätsmerkmale dargestellt. Im Gegensatz zur transzendenten Sicht der Qualität[4], gehen wir davon aus, dass der Grad der Erreichung von Qualitätszielen sich – wenn auch nicht immer objektiv – bewerten lässt. Dazu werden in dieser Tätigkeit relevante Qualitätsziele ausgewählt und operationalisiert, so dass im Einzelnen geklärt werden kann, in welchem Maße das jeweilige Ziel erreicht wurde.

Für den Prozess der Operationalisierung schlagen wir die FCM (*Factor-Criteria-Metric*)-Methode ([Bal98b]) vor, die auf der Grundlage abstrakter Qualitätsziele (*Factors*) eine schrittweise Top-Down-Zerlegung in Qualitätsmerkmale (*Criteria*) vorsieht, die das jeweilige Qualitätsziel näher präzisieren. Am Ende des Verfeinerungsprozesses steht die Zuweisung von Metriken, die eindeutig festlegen, wie der Grad der Zielerreichung für ein Merkmal zu ermitteln ist.

Eine Metrik kann formal ([Rei02]) als eine Abbildung eines empirischen Relationensystems auf ein formales Relationensystem angesehen werden. Diese Abbildung hat das Ziel, die Komplexität zu reduzieren, wodurch Erkenntnisse ermöglicht werden sollen, die im empirischen

[4]Nach der transzendenten Sicht ist Qualität etwas absolutes und universell erkennbares. Daraus folgt, dass sie sich auch nicht analytisch bewerten lässt. Allerdings kann nach dieser Auffassung jeder Anhang von Beispielen, die Qualität besitzen lernen, sie zu erkennen ([Bal98b], [Rei02]).

System nur schwer erreichbar wären. In diesem Sinne definiert Trauboth [Tra96] eine (Qualitäts-) Metrik als eine

> *„Funktion einer oder mehrerer Meß- oder abschätzbarer Größen, deren Werte Rückschlüsse auf den Erfüllungsgrad bestimmter Qualitätsmerkmale erlauben.“*

Metriken werden in objektive und subjektive unterteilt. Objektive Metriken sind typischerweise Zahlen (z.B. die Anzahl von Informationseinheiten pro Knoten) und lassen sich automatisch bestimmen.

Nicht alle für die Nachbereitung relevanten Qualitätsmerkmale lassen sich allerdings durch objektive Metriken bewerten, da einige sich zum Teil auf die Semantik oder die Präsentation der Inhalte beziehen (z.B. Verständlichkeit, Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit). Somit entziehen sie sich einer automatischen Bewertung. Zur Bewertung solcher Merkmale müssen subjektive Metriken eingesetzt werden, bei denen der Grad der Zielerreichung durch eine persönliche Einschätzung des Wissensingenieurs bewertet wird.

Neben der Festlegung von Metriken muss der Wissensingenieur Grenzwerte definieren, die festlegen, welche Merkmalausprägungen noch als akzeptabel gelten und welche Hinweise auf Qualitätsmängel geben. Für jedes Merkmal muss zudem der Wissensingenieur den Modus der Überprüfung festlegen. Es lassen sich Online und Offline-Überprüfungen unterscheiden. Online-Überprüfungen sind im Nachbereitungsprozess integriert und erlauben eine unmittelbare Reaktion auf Fehler. Offline-Überprüfungsverfahren hingegen sind dem Nachbereitungsprozess nachgelagert und stellen eine Art Endkontrolle dar, die vor der Freigabe für die externe Qualitätsbewertung durchlaufen werden muss.

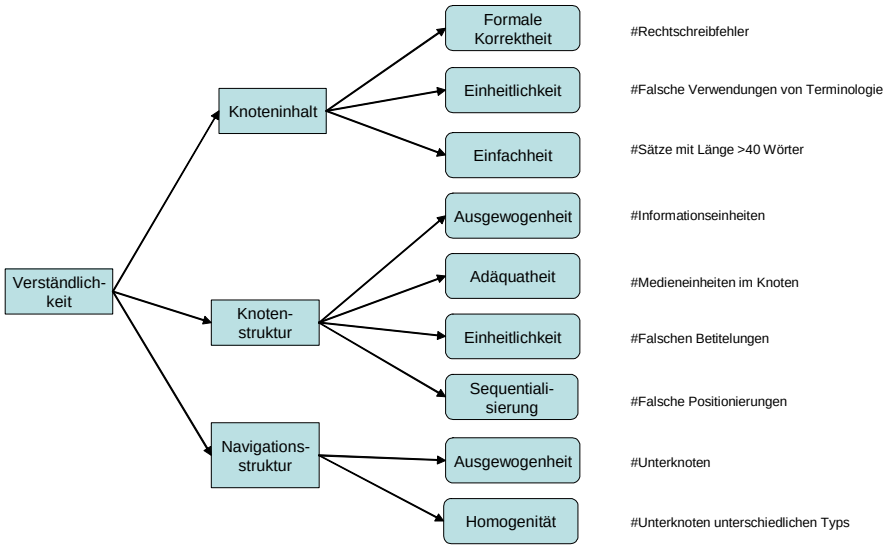


Abbildung 60: Beispiel eines Qualitätsmodells für die Verständlichkeit

Das Ergebnis dieser Phase ist ein so genanntes Qualitätsmodell (Abbildung 60), das die Grundlage der nächsten Tätigkeit, der internen Qualitätsbewertung, bildet.

Interne Qualitätsbewertung

In dieser Aktivität wird auf der Grundlage des erstellten Qualitätsmodells eine Qualitätsbewertung durch den Wissensingenieur vorgenommen. Die interne Qualitätsbewertung verläuft in zwei Phasen. Zunächst wird die automatische Qualitätsbewertung durchgeführt, bei der Qualitätsmerkmale anhand objektiver Metriken bewertet werden. Im Anschluss daran führt der Wissensingenieur die manuelle Qualitätsbewertung durch, bei der der Grad der Erreichung bestimmter Qualitätsmerkmale durch seine persönliche Einschätzung bewertet wird.

Zur Unterstützung der manuellen Qualitätsbewertung werden Fragebögen eingesetzt. Dies bietet den Vorteil, dass der Bewertungsvorgang „standardisiert“ wird, wodurch der Grad der Subjektivität bei der Bewertung reduziert wird und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse verbessert wird. In Abbildung 61 wird ein Fragebogen zur Qualitätsbewertung des Navigationsmodells beispielhaft dargestellt.

- *Sind die Inhalte hierarchisch aufeinander bezogen?*
- *Sind die Kategorien der Hierarchie eindeutig und abgrenzbar?*
- *Sind die Inhalte durch Hyperlinks vernetzt, so dass eine Navigation zwischen den Kategorien möglich wird?*
- *Gibt die Überschrift den Seiteninhalt wieder?*
- *Enthält der Text des Hyperlinks Information über den Zielknoten?*
- *Sind externe Hyperlinks deutlich als solche erkennbar und hinreichend anmoderiert?*
- *Sind Seiten nicht mit Hyperlinks überladen?*
- *Werden Navigationsmetaphern konsistent verwendet?*
- *Sind die verwendeten Navigationsmetaphern dem Gegenstandsbereich angemessen*

Abbildung 61: Beispiel eines Fragebogens zur Überprüfung des Navigationsmodells

In beiden Phasen der internen Qualitätsbewertung werden bei der Überschreitung festgelegter Grenzwerte Aufgaben zur Qualitätsverbesserung definiert und in eine Aufgabenliste (Agenda) eingeordnet. Diese muss zunächst abgearbeitet werden, bevor die Freigabe für die nächste Stufe der Qualitätsbewertung erteilt wird.

Ausführung der Agenda-Aufträge

In dieser Aktivität werden die erstellten Agenda-Aufgaben abgearbeitet. Aus dieser Aktivität kann ein Rücksprung in früheren Phasen der Nachbereitung erfolgen, um beispielsweise bestimmte Inhalte aus den Protokollen erneut zu analysieren oder Knoten zu überarbeiten.

Externe Qualitätsbewertung

Die externe Qualitätsbewertung ist die zweite Stufe der Qualitätssicherung und dient dazu, das Expertenfeedback einzuholen. Die externe Qualitätsbewertung wird im Allgemeinen anhand einer linearisierten und gedruckten Version des Informationssystems durchgeführt. In dieser Version nimmt der Fachexperte handschriftlich Korrekturen vor und fügt Dokumente hinzu, die digitalisiert und in die Wissensbasis übernommen werden sollen. Nach einer Analyse des Expertenfeedbacks werden ebenfalls Aufträge spezifiziert, die zur Beseitigung der festgestellten Qualitätsdefizite dienen.

Anhand der Analyse des externen Feedbacks können zudem Qualitätsmängel festgestellt werden, die durch das bisherige Qualitätsmodell nicht berücksichtigt wurden. Daher wird nach der externen Qualitätsbewertung gegebenenfalls das Qualitätsmodell angepasst.

7.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde ein Vorgehensmodell der Nachbereitung von Experteninterviews vorgestellt, das den Weg vom Protokoll zum hypermedialen Informationssystem beschreibt. Das Vorgehensmodell identifiziert die wesentlichen Phasen der Nachbereitung und beschreibt die jeweils durchzuführenden Aktivitäten.

Zur Beschreibung des erhobenen Wissens haben wir für die Repräsentationsphase die Verwendung unterschiedlicher Modelle vorgeschlagen, in denen jeweils spezifische Aspekte des zu erstellenden Informationssystems berücksichtigt werden. Dadurch wurde nicht nur die Wiederverwendung bestimmter Teile der Wissensbasis ermöglicht, sondern auch die Komplexität der Nachbereitung reduziert.

Die Unterteilung des Nachbereitungsprozesses in Phasen sowie die Verwendung multipler Modelle reichen allerdings nicht aus, um der Komplexität des Nachbereitungsprozesses Herr zu werden. Denn der große Umfang der erhobenen Informationen führt aufgrund der Begrenzung unserer kognitiven Ressourcen zu Problemen im Informationszugriff. Diese wurden zunächst aus der Leserperspektive und dann aus der Perspektive des Textproduzenten thematisiert. Anschließend haben wir unter dem Konzept der globalen Sicht Lösungsansätze vorgestellt und zu einem ganzheitlichen Modell verdichtet.

KAPITEL 8 WISSAT - EIN MODELLBASIERTES ASSISTENZSYSTEM ZUR NACHBEREITUNG VON EXPERTENINTERVIEWS

Auf der Grundlage des im Kapitel 7 vorgestellten Vorgehensmodells der Nachbereitung wurde WISSAT (*Assistenzsystem zur Wissensanalyse und Transformation*) entwickelt und im Rahmen einiger Projekte zur Wissensbewahrung eingesetzt.

WISSAT stellt eine Reihe von Funktionen zur Unterstützung des Wissensingenieurs bei der Durchführung der definierten Phasen des Nachbereitungsprozesses bereit. Bei der Konzeption des Werkzeugs wurde ein besonderes Augenmerk auf die Anforderungen der globalen Sicht gelegt. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass das realisierte System nicht nur in der Nachbereitung verwendet werden kann, sondern auch in allen Szenarien der Wissensarbeit einsetzbar ist, in denen es gilt, sich rasch in ein neues Anwendungsgebiet einzuarbeiten und hypermediale Inhalte auf der Grundlage umfangreicher und heterogener Informationsbeständen zu erstellen.

Im Folgenden beschreiben wir zunächst die Gesamtarchitektur von WISSAT und gehen dann auf die realisierte Funktionalität bezüglich der einzelnen Phasen der Nachbereitung ein.

8.1 Gesamtarchitektur des Assistenzsystems

Die Systemarchitektur von WISSAT basiert auf einem 3-Schichtenmodell. Die Schichten (engl. *Tier*) unterteilen das Assistenzsystem in drei Ebenen, die *Persistenz-*, die *Anwendungs-* und die *Präsentationsebene*. In Abbildung 62 wird die Gesamtarchitektur des Assistenzsystems skizziert.

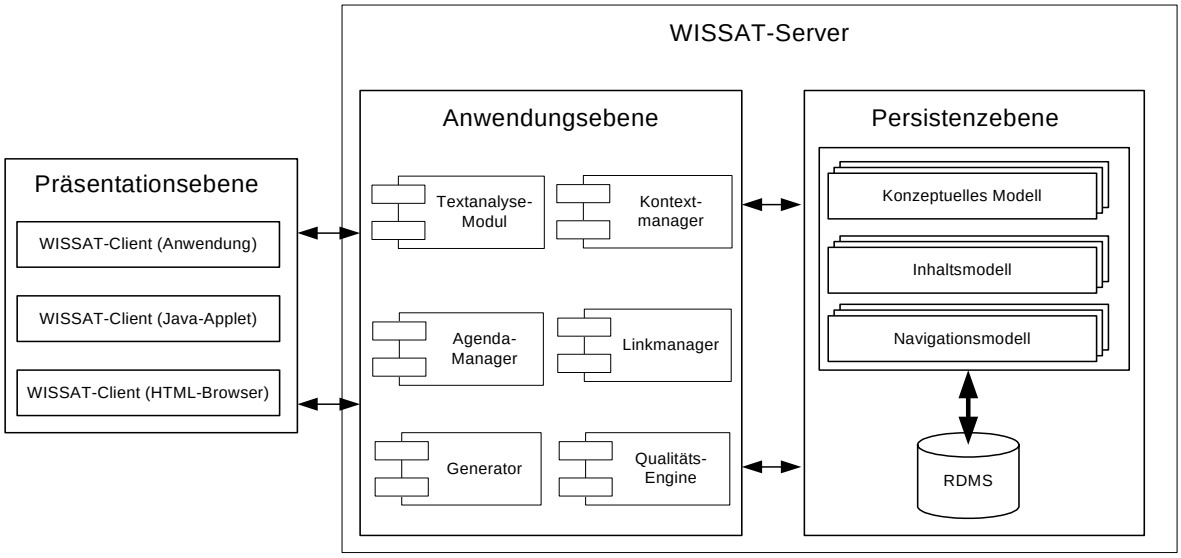


Abbildung 62: Gesamtarchitektur des Assistenzsystems

Die Persistenz und Anwendungsebene bilden zusammen den WISSAT-Server. Die Persistenzebene ist für die Speicherung der Wissensbasis zuständig. Sie verwendet ein Datenbank-

managementsystem, das die einzelnen Informationsobjekte in einer relationalen Datenbank ablegt.

In der Anwendungsebene werden alle Funktionen zur Manipulation der Wissensbasis, wie das Anlegen oder Löschen von Knoten gekapselt. Die Präsentationsebene (Client-Ebene) stellt die Umgebung bereit, in welcher der Wissensingenieur die Nachbereitung durchführt. In dieser Ebene werden die Interaktionen des Wissensingenieurs entgegen genommen und an die Anwendungsebene weitergeleitet, die gegebenenfalls Änderungen in der Wissensbasis durchführt.

Die Unterteilung des Systems in drei Ebenen hat zwei wesentliche Vorteile. Die Verlagerung der zentralen Funktionen in die Anwendungsebene erlaubt es, das System relativ leicht erweitern zu können. Durch die Verwendung standardisierter Schnittstellen zwischen den einzelnen Ebenen ist es zudem möglich, einzelne Komponenten mit wenig Aufwand auszutauschen. Dies gilt beispielsweise für das in der Persistenzebene verwendete Datenbankmanagementsystem. Insbesondere lassen sich in der Präsentationsebene Clients mit verschiedener Mächtigkeit einsetzen, um so Anforderungen unterschiedlicher Nachbereitungsszenarien gerecht zu werden:

- **WISSAT-Client als vollwertige Anwendung:** Dies ist der Standard-Client, der alle Funktionen und Editoren für die Nachbereitung bereitstellt. Er ist als Java-Anwendung implementiert und erfordert eine lokale Installation des Programmcodes und der Java-Laufzeitumgebung.
- **WISSAT-Client als Java-Applet:** Dieser Client hat weitestgehend den gleichen Umfang wie der vorherige. Er ist allerdings als Java-Applet realisiert, welches im Browser läuft und über eine Internet-Verbindung mit dem WISSAT-Server kommuniziert. Damit benötigt er außer einer lokalen Java-Laufzeitumgebung keine spezielle Software-Installation. Er wird besonders in Nachbereitungsszenarien eingesetzt, in denen die Nachbereitung aus Effizienz- oder Datenschutzgründen vor Ort durchgeführt werden muss.
- **WISSAT-Client als Browser:** Dieser Client hat einen stark reduzierten Funktionsumfang. Er erfordert lediglich einen Webbrowser zur Darstellung der Inhalte, die in eingeschränktem Umfang über Formulare editiert werden können. Er wird in Szenarien verwendet, bei denen der Fachexperte stark in den Nachbereitungsprozess eingebunden ist. Mit diesem Client kann er die Entwicklung des Informationssystem begleiten, aktuelle Fragen in der Wissensbasis beantworten, Definitionen für Fachbegriffe nachreichen, einfache Korrekturen anbringen oder allgemein ein Feedback auf das entstehende Informationssystem geben.

Das Assistenzsystem wurde weitestgehend in Java implementiert. Die Wahl von Java als Programmiersprache wurde durch drei wesentliche Faktoren bestimmt:

- **Plattformunabhängigkeit**: Java erlaubt die Entwicklung plattformunabhängiger Anwendungen, so dass eventuelle Portierungskosten von vornherein vermieden werden.
- **Funktionsumfang**: Java verfügt über eine Reihe vorgefertigter Klassen, die für die Entwicklung des Assistenzsystems benötigt wurden. Dazu gehört die Programmbibliothek *swing*, mit der graphische Oberflächen relativ leicht entwickelt werden können, das Java Media Framework (JMF), das die Funktionalität zur Manipulation digitaler Medien bietet sowie die JDBC-Schnittstelle, die Funktionen für den Datenbankzugriff bereitstellt.
- **Freiverfügbare Softwarepakete**: Für Java ist eine Vielzahl von open-source Komponenten, die stetig weiterentwickelt werden, vorhanden. Durch die Verwendung vorgefertigter Komponenten konnte der Entwicklungsaufwand reduziert werden. Zudem wurden

so Lizenzgebühren sowie rechtliche Fragestellungen im Falle einer etwaigen Software-Installation beim Auftraggeber vermieden.

Im Folgenden werden die drei Schichten sowie ihre jeweilige Funktionalität näher betrachtet.

Präsentationsebene

In der Präsentationsebene ist der WISSAT-Client angesiedelt, mit dem der Wissensingenieur die Nachbereitung durchführt. Der (Standard) WISSAT-Client verfügt über eine Reihe von Komponenten für die Erstellung und Bearbeitung von Informationsobjekten sowie für die Suche in der Wissensbasis:

- **Protokolleditor:** wird bei der Bearbeitung von Interviewprotokollen verwendet und bietet Funktionen zum Abhören von Audiosequenzen.
- **Knoteneditor:** erlaubt die Bearbeitung von Knoten und Informationseinheiten.
- **Ontologieeditor:** wird für den Aufbau des konzeptionellen Modells verwendet und bietet Funktionen zur Definition von Konzepten und ihrer Relationen zueinander.
- **Navigationseditor:** wird für die Bearbeitung und Visualisierung des Navigationsmodells verwendet.
- **Qualitätskomponente:** dient zur Erstellung und Bearbeitung des Qualitätsmodells sowie zur Durchführung von Qualitätsbewertungen.
- **Suchkomponente:** unterstützt den Wissensingenieur bei der Suche nach benötigten Informationen. Dabei kann die Volltextsuche mit den definierten Filtern kombiniert werden, um den Suchraum anhand zusätzlicher Attribute zu reduzieren.
- **Metadateneditor:** wird für die Definition projektrelevanter Metadaten sowie für Attributierung von Informationsobjekten verwendet.
- **Aufgabeneditor:** dient zur Definition von Aufgaben und zur Erfassung aller dafür benötigten Daten (z.B. Bearbeiter, Anfang und Enddatum).

Anwendungsebene

In der Anwendungsebene sind die zentralen Funktionen des Assistenzsystems angesiedelt. Sie stellt eine Reihe von Diensten zur Manipulation der Wissensbasis bereit und implementiert ein Sperrkonzept zur Gewährleistung des Mehrbenutzerbetriebs. Folgende Komponenten werden in dieser Ebene zur Verfügung gestellt:

- **Objektmanager**: kommuniziert mit dem WISSAT-Client und bietet Funktionen für das Lesen und Schreiben von Informationsobjekten. Um Datenverluste zu vermeiden, führt jede Änderung eines Informationsobjekts zu einer neuen Version. Der Objektmanager stellt sicher, dass der konkurrierende Zugriff auf Informationsobjekte nicht zu Inkonsistenzen in der Wissensbasis führt. Für den schreibenden Zugriff können Sperren auf ganze Knoten oder auf einzelne Informationseinheiten gesetzt werden.
- **Linkmanager:** bietet Funktionen zum Aufbau und zur Sicherstellung der Konsistenz des Navigationsmodells. Er stellt z.B. sicher, dass keine Zyklen in hierarchischen Strukturen auftreten, oder dass keine leeren Links beim Löschen von Knoten zurückbleiben.
- **Generator**: dient zur Generierung eines Präsentationsformats für das Informationssystem.

- **Qualitätsengine:** führt die automatische Qualitätskontrolle durch, erstellt auf der Grundlage der festgestellten Qualitätsmängel Aufgaben und ordnet diese in der Agenda.
- **Agendamanager:** verwaltet die projektspezifische Aufgabenliste, die abgearbeitet werden muss, bevor die externe Qualitätsbewertung vorgenommen werden kann.
- **Textanalysekomponente:** dient dazu, eine invertierte Liste zu den Informationsobjekten der Wissensbasis aufzubauen, die die Grundlage der Volltextsuche bildet. Das Modul ermittelt zu den Informationsobjekten eine Vielzahl von Merkmalen, die für die erweiterte Suche benötigt werden. Eine wichtige Funktionalität der Textanalysekomponente ist die automatische Ermittlung von Fachbegriffskandidaten aus Protokollen und Informationsobjekten.
- **Kontextmanager**: ist für die Ermittlung und Aktualisierung der Umgebung der einzelnen Knoten zuständig.

Persistenzebene

Die Persistenzebene ist für die Speicherung der Daten zuständig und stellt Funktionen für die Datensicherung und -wiederherstellung im Falle von Hardwareausfällen bereit. Zur Realisierung der Persistenzebene lassen sich prinzipiell relationale, objektorientierte oder XML-Datenbanken einsetzen.

In der aktuellen Implementierung wurde das frei verfügbare relationale Datenbankmanagementsystem *Interbase* von Borland eingesetzt. Die Gründe für die Auswahl dieses Systems waren neben der Einsparung von Lizenzkosten die Unterstützung von Datenbanktransaktionen sowie die ausgereifte und sehr einfach gehaltene JDBC-Implementierung, die es ermöglicht, mit wenig Konfigurationsaufwand Datenbank-Aufrufe in Java-Programme einzubetten.

8.2 Unterstützung der Nachbereitung

In diesem Abschnitt wird die realisierte Unterstützung in den einzelnen Phasen der Nachbereitung erläutert. In der Implementierungsphase werden Transformationsregeln für Informationsobjekte mit Hilfe eines XSLT-Editors, wie *XMLspy* ([Alt05]) verfasst. Daher beschränken sich die folgenden Ausführungen auf die Unterstützung der Analyse (Abschnitt 8.2.1), der Repräsentation (Abschnitt 8.2.2) sowie der Qualitätssicherung (Abschnitt 8.2.3).

8.2.1 Unterstützung in der Analysephase

Die Analysephase wird durch einen Protokolleditor unterstützt, der die Bearbeitung und Strukturierung der Protokolle sowie die Wiedergabe der Tonaufzeichnungen erlaubt. Die Funktionalität für die Handhabung von Audiosequenzen wurde auf der Grundlage des Java Media Framework von Sun ([Sun05]) realisiert, das eine Reihe von Methoden zur Manipulation von Video- und Audiosequenzen bereitstellt.

Der Protokolleditor stellt den Fragebogen als Explorer-Baum dar, der einfach über Drag & Drop-Operationen umstrukturiert werden kann. Die Weiterbearbeitung der Antworten wird durch einen internen Editor unterstützt, der die Definition von Antwortfragmenten zur Feinstrukturierung des Protokolls ermöglicht.

Für das Abhören der Audioaufzeichnungen stellt der Protokolleditor Funktionen für die Positionierung innerhalb der Audiosequenzen bereit. Die Navigation kann dabei entweder über die graphische Oberfläche, die ähnliche Bedienelemente wie ein CD-Spieler bereitstellt, vorgenommen (siehe Abbildung 63) oder mit Hilfe festzulegender Tastaturkürzel gesteuert wer-

den. Zur Reduzierung des Aufwands beim Abhören von Audiosequenzen bietet der Protokolleditor die Möglichkeit, Zeitmarken zu definieren. Dadurch wird der erneute Zugriff auf bereits gefundene Stellen ohne Suchaufwand ermöglicht.

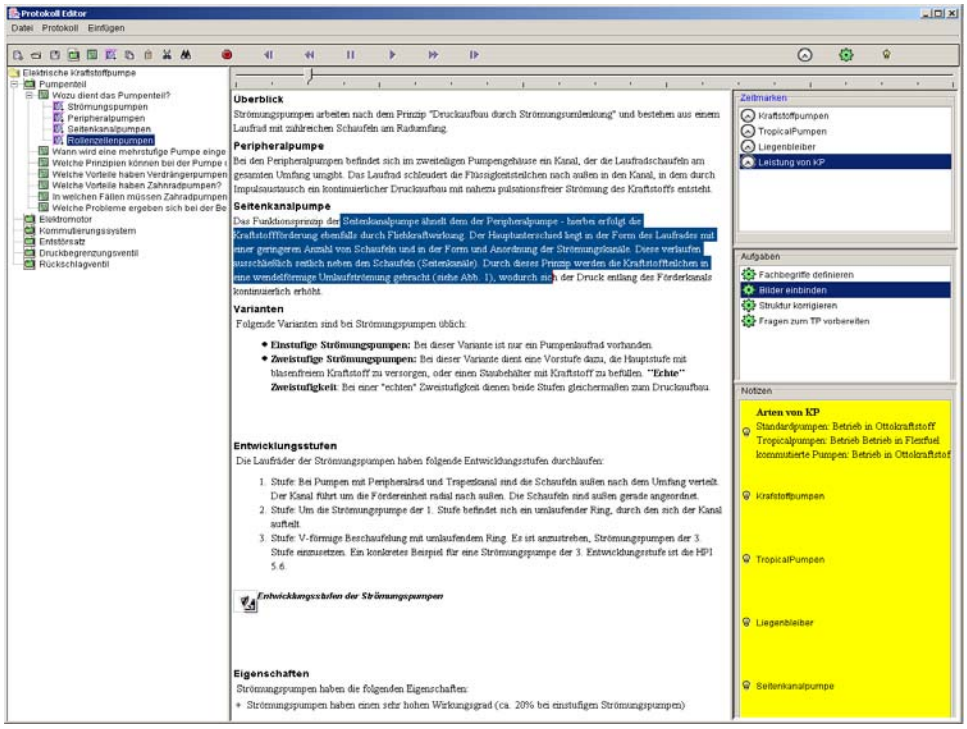


Abbildung 63: Hauptfenster des Protokolleditors

8.2.2 Unterstützung in der Repräsentationsphase

In der Repräsentationsphase wird der Wissensingenieur durch die Module Ontologieeditor, Knoteneditor und Navigationseditor unterstützt.

Ontologieeditor

Der Ontologieeditor unterstützt den Wissensingenieur beim Aufbau des konzeptionellen Modells. Er bietet eine graphische Oberfläche mittels derer der Wissensingenieur Konzepte und ihre Beziehungen zueinander definieren kann. Durch die Konzeptionalisierung wird der Aufbau und die Strukturierung des Informationssystems erleichtert, da sie explizit festlegt, welche Knoten- und Linktypen zur Erstellung des Inhalts- bzw. Navigationsmodell verwendet werden können.

Bei der Konzeptdefinition hat der Wissensingenieur zusätzlich die Möglichkeit, graphisch Schablonen zur Definition möglicher Knotenstrukturen zu erstellen. Der Ontologieeditor bietet den Zugriff auf die Textanalysekomponente, die neben der Indizierung und der Suchfunktionalität die automatische Ermittlung von Fachbegriffskandidaten aus Informationsquellen ermöglicht. Der Algorithmus für die Fachbegriffsextraktion basiert auf der Verwendung statistischer (Worthäufigkeiten) und symbolischer (typische Morpheme) Informationen und wurde in [Sch03] umfassend und detailliert beschrieben.

Der Ontologieeditor erlaubt zudem die Eingabe von Begriffsdefinitionen für die gefundenen Fachbegriffe sowie die Definition und Zuweisung lexikalischer Relationen zwischen

Fachbegriffen. Insbesondere erlaubt der Ontologieeditor zu jedem Fachbegriff die Eingabe einer Synonymliste sowie die Festlegung einer Vorzugsbenennung, um die Konsistenz bei der Formulierung von Knoteninhalten sicherzustellen. In Abbildung 64 ist ein Screenshot des Ontologieeditors dargestellt.

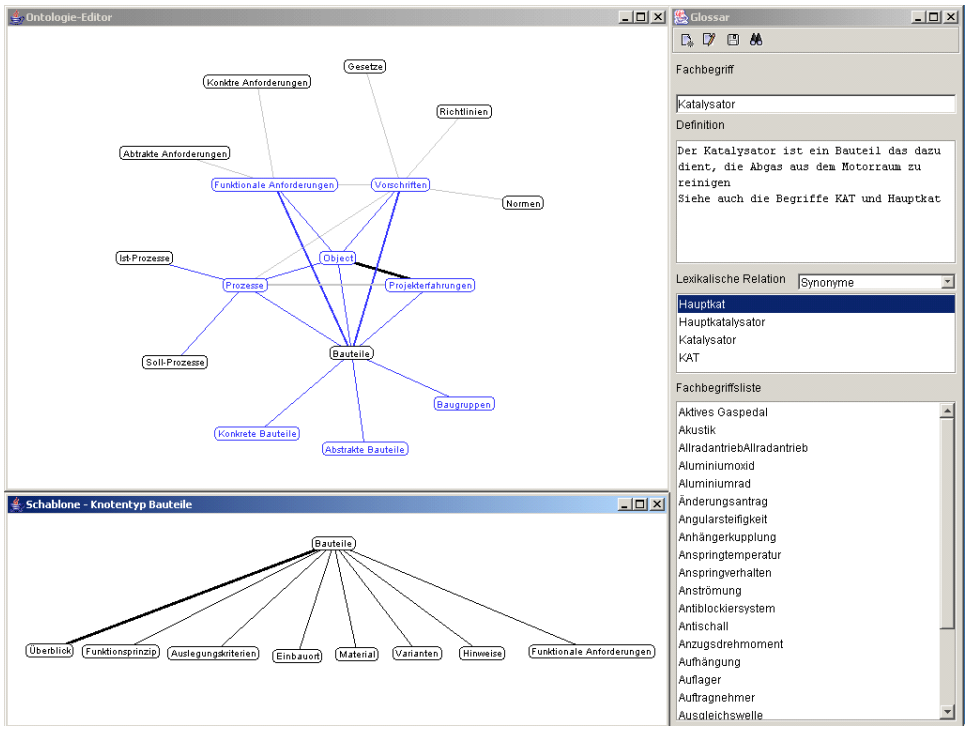


Abbildung 64: Screenshot des Ontologieeditors

Knoteneditor

Der Knoteneditor ist die Kernkomponente des WISSAT-Client. Er bietet die Funktionalität für die Erstellung, Darstellung und redaktionelle Bearbeitung von Knoten. Zur Unterstützung der globalen Sicht stellt er den Zugriff auf die Suchkomponente bereit und enthält eine Planungs-, Orientierungs- sowie eine Personalisierungskomponente.

Die Planungskomponente dient dazu, die Ideen und Assoziationen des Wissensingenieurs im Verlauf der Textentwicklung in Form textueller Notizen festzuhalten. Sie bietet eine graphische Darstellung, mittels derer der Wissensingenieur Knotenstrukturen entwerfen und mit abgegrenzten Teilen des Navigationsmodells experimentieren kann.

Die Orientierungskomponente unterstützt den Wissensingenieur bei der knoteninternen Navigation. Sie besteht aus zwei zusätzlichen Ansichten, die bei Bedarf aktiviert werden können. Die *Überblicksansicht* bietet eine Gesamtdarstellung des aktuellen Knotens, so dass der Wissensingenieur sich anhand räumlicher Merkmale im Knoten orientieren kann. Ergänzend dazu kann der Wissensingenieur die *Inhaltsansicht* aktivieren, welche die Orientierung anhand inhaltlicher Merkmale unterstützt. Als Repräsentanten des Knoteninhalts hat der Wissensingenieur in der Inhaltsansicht die Wahl zwischen einer graphischen Darstellung der Knotenstruktur oder einer listenbasierten Visualisierung aller im Knoten enthaltenen Fachbegriffe. In

Abbildung 65 wird der Knoteneditor mit aktivierter Überblicks- und Gliederungsansicht dargestellt.

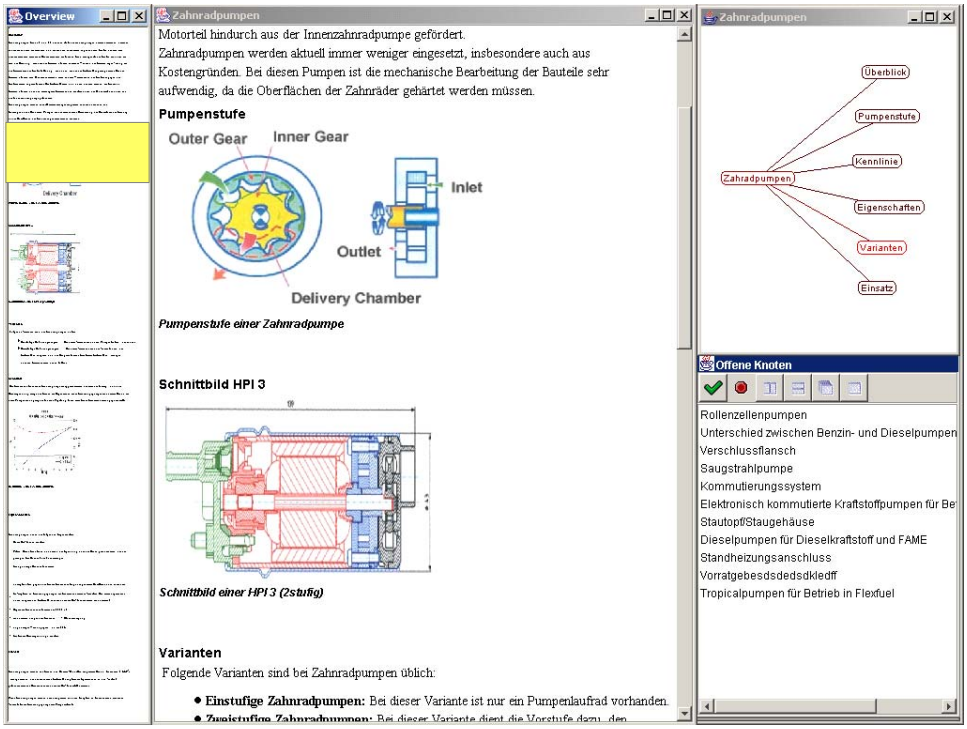


Abbildung 65: Knoteneditor mit Überblicks- und Gliederungsansicht

Zur Unterstützung der quellenbasierten Textproduktion betrachtet der Knoteneditor einzelne Knoten nicht als isolierte Einheiten, sondern stets in Verbindung mit allen für ihre Weiterbearbeitung relevanten Quellen. Daher bietet der Knoteneditor die Möglichkeit, zu jedem Knoten neben Notizen und Aufgaben, beliebige Informationsobjekte zu verwalten und mit Hilfe der Personalisierungskomponente den dadurch entstehenden Informationsraum zu strukturieren und individuell anzupassen. Dabei hat der Wissensingenieur bei der Darstellung des Informationsraums die Wahl zwischen zwei Ansichten: Die Dateibrowser- und die spatiale Ansicht.

Die Dateibrowser-Ansicht stellt die resultierende Struktur in einer hierarchischen Form als Baum dar. Diese eignet sich für den Austausch mit anderen Wissensingenieuren. In der spatialen Ansicht hingegen hat der Wissensingenieur die Möglichkeit, die einzelnen Informationsobjekte, die in verkleinerter Form (*Thumbnail*) visualisiert werden, räumlich anzuordnen.

Die spatiale Ansicht bietet zwei wesentliche Vorteile in Bezug auf das Wiederfinden bereits abgelegter Informationsobjekte. Zum einen können bei der Verwendung von Thumbnails wichtige Merkmale wie enthaltene Bilder, Tabellen oder Links, die Hinweise auf den Knoteninhalt geben, unmittelbar erfasst werden. Dadurch wird die Wiedererkennung des zugrunde liegenden Knotens begünstigt. Zum anderen liefert das realisierte spatiale Layout zusätzliche

Erinnerungsreize, die für das Finden der abgelegten Dokumente hilfreich sind. In Abbildung 66 wird das Personalisierungsfenster in der spatialen Ansicht dargestellt.

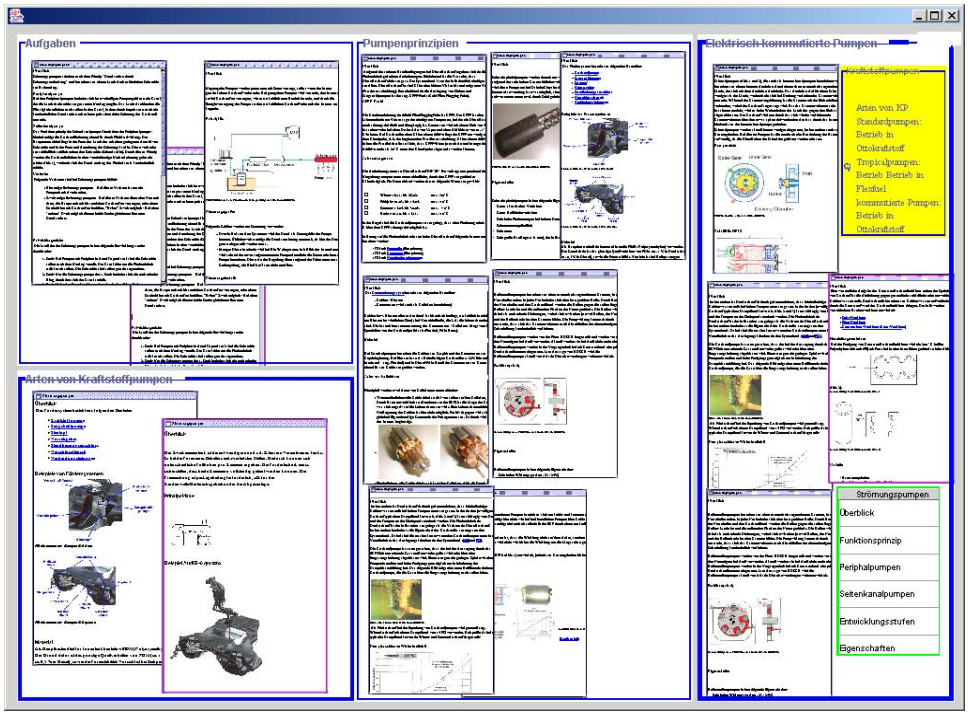


Abbildung 66: Personalisierungsfenster in der spatialen Ansicht

Der Knoteneditor unterstützt die gleichzeitige Visualisierung eines Knotens sowie aller im Redaktionsprozess involvierten Quellen. Dazu stellt er eine Fisheye-Ansicht bereit, welche die integrierte Visualisierung eines Knotens und von Teilen seiner Umgebung erlaubt. Die Fisheye-Ansicht wird typischerweise verwendet, um alle Knoten eines ausgewählten Kontextes zu visualisieren.

Um diese Funktionalität zu realisieren wird für jeden Knoten ein Interessantheitswert berechnet, der die Grundlage für die Dimensionierung der einzelnen Editorfenster bildet. Der Algorithmus für die Platzaufteilung verwendet die Technik des *Zooming*, um die jeweiligen Editorfenster darzustellen. Dabei werden die Knoten mit niedrigem Interessantheitsgrad mit einem geringen Skalierungsfaktor dargestellt. Zusätzlich werden Informationen über den Knoteninhalt (Knotenstruktur, enthaltene Fachbegriffe) ermittelt, die beim Unterschreiten

bestimmter Fenstergrößen als alternative dargestellt werden. In Abbildung 67 wird der Knoteneditor in der Fisheye-Ansicht dargestellt.

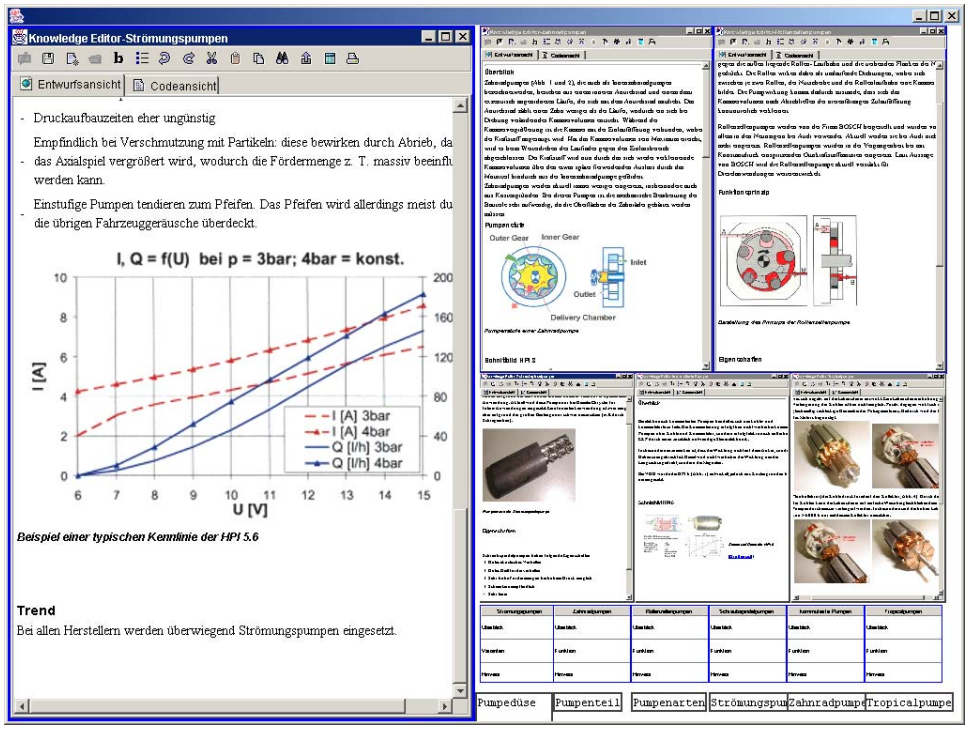


Abbildung 67: Knoteneditor in der Fisheye-Ansicht

Navigationseditor

Der Navigationseditor unterstützt den Wissensingenieur bei der Erstellung und Bearbeitung des Navigationsmodells. Dazu stellt er unter anderem Funktionen für das Erstellen, Umbenennen, Verknüpfen oder Löschen von Knoten aus dem Navigationsmodell bereit.

In Bezug auf die globale Sicht bietet der Navigationseditor eine graphische Visualisierung des Navigationsmodells anhand derer der Wissensingenieur seinen aktuellen Standort im Informationssystem erkennen kann.

Zur Unterstützung der Orientierung in umfangreichen Informationssystemen verwendet der Navigationseditor einen hyperbolischen Baum (engl. *hyperbolic tree*) zur Visualisierung der Hierarchie des Navigationsmodells. Hyperbolische Bäume ([Lam99]) gehören zur Familie der Fokus-und-Kontext-Visualisierungen. Sie realisieren ein platzsparendes Layout und eignen sich daher besonders gut bei der Darstellung umfangreicher Strukturen. Das Layout eines hyperbolischen Baumes wird durch die Projektion einer hierarchischen Darstellung auf eine hyperbolische Fläche, die in einem weiteren Schritt auf einer Kreisfläche im euklidischen Raum abgebildet wird, erzeugt. Die dadurch realisierte Visualisierung zeigt den gerade fokus-

sierten Knoten im Zentrum der Darstellung, während weiter entfernte peripher und mit abnehmendem Detallierumgsgrad wiedergegeben werden.

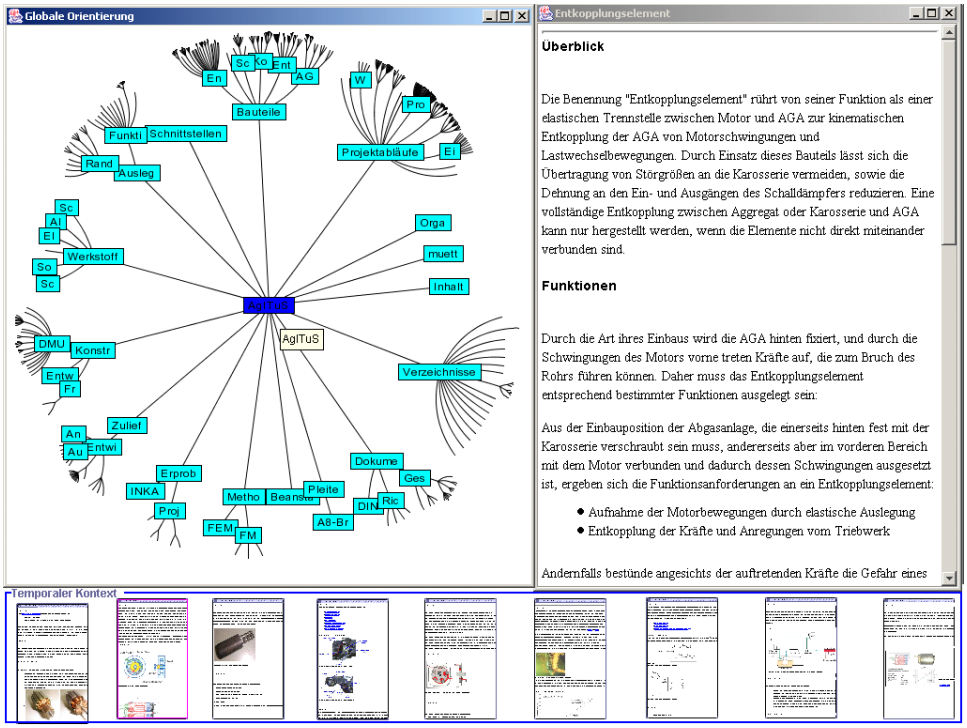


Abbildung 68: Integrierte Darstellung des Navigationseditors und Kontextbrowser

Zur Unterstützung der lokalen Orientierung bietet der Navigationseditor den Zugriff auf den Kontextbrowser, der dazu dient, die in Abschnitt 7.3.2.4.1 definierten Kontexte überblicksartig zu visualisieren. Der Kontextbrowser realisiert für jeden Kontext eine möglichst charakteristische Darstellungsweise, so dass der Wissensingenieur mühelos die darin befindlichen Objekte erfassen kann. Dadurch erhält er wertvolle Hinweise für mögliche Navigationsziele in der Umgebung des aktuellen Knotens. Abbildung 68 zeigt eine Darstellung des aktuellen Knotens mit dem Navigationseditor sowie den Kontextbrowser, der den temporalen Kontext visualisiert. Die einzelnen Knoten des temporalen Kontexts werden im Kontextbrowser als thumbnails visualisiert. Durch diese Abbildung wird beispielhaft dargestellt, wie der WISSAT-Client die Anforderung einer integrierten Darstellung eines Knotens im Kontext globaler und lokaler Informationen erfüllt.

8.2.3 Unterstützung in der Qualitätssicherung

In der Qualitätssicherungsphase wird der auf der Client-Seite das Qualitätsmodul verwendet, das Funktionen zur Vorbereitung und Durchführung der internen Qualitätsbewertung bietet.

Mit Hilfe des Qualitätsmoduls kann der Wissensingenieur das Qualitätsmodell erstellen und einzelnen Qualitätsmerkmalen Metriken zuweisen und konfigurieren.

Zur Konfiguration einer Metrik gehört die Festlegung von Grenzwerten, die Spezifikation des daraus resultierenden Systemverhaltens sowie die Auswahl des Modus der Qualitätsbewertung. Grenzwerte geben an, welche Qualitätseigenschaften das Informationssystem einzuhalten hat und welche Werte auf Qualitätsmängel schließen lassen. Bei der Überschreitung bzw. Unterschreitung der definierten Grenzwerte muss der Wissensingenieur das gewünschte

Systemverhalten angeben. Hierbei hat er die Wahl zwischen der Anzeige von Warnhinweisen oder der automatischen Erstellung von Aufgaben. In Bezug auf den Überprüfungsmodus hat der Wissensingenieur die Auswahl zwischen der Online- und Offline-Qualitätsbewertung.

Zur Definition subjektiver Metriken bietet das Qualitätsmodul die Möglichkeit, Fragen sowie die dazugehörigen Beantwortungen zu formulieren.

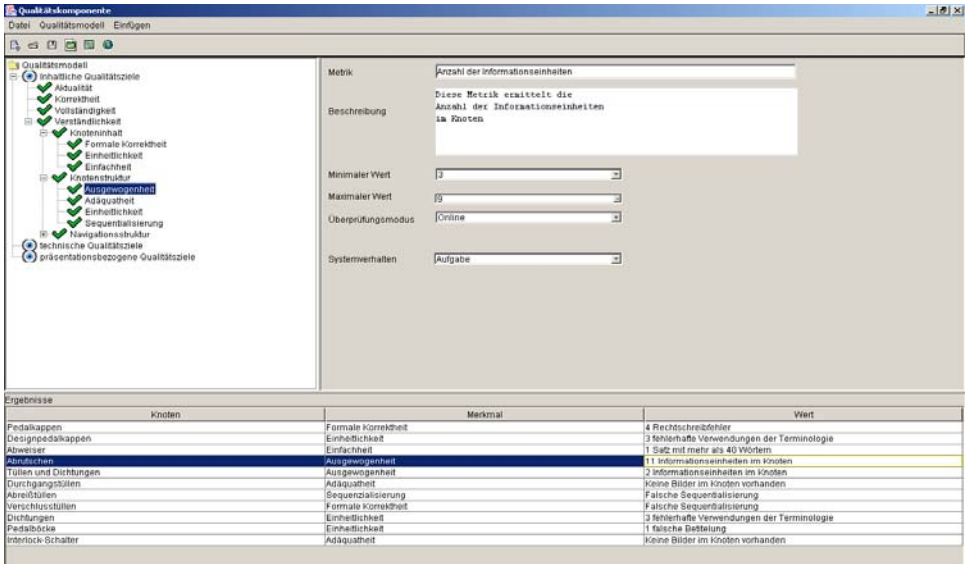


Abbildung 69: Screenshot des Qualitätsmoduls

Für die Durchführung der Qualitätsbewertung hat das Qualitätsmodul Zugriff auf die Qualitätsengine, die für die automatische Überprüfung objektiver Qualitätsmerkmale zuständig ist. Objektive Metriken wurden in der aktuellen WISSAT-Implementierung als Java-Methoden in der Qualitätsengine realisiert.

Zur Überprüfung der subjektiven Qualitätsmerkmale bietet die Qualitätskomponente die Möglichkeit, die formulierten Fragen in einem Fragebogen zusammenzustellen, der computerunterstützt abgearbeitet werden kann. In Abbildung 69 wird ein Screenshot des Qualitätsmoduls dargestellt.

KAPITEL 9 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In diesem Kapitel werden in Abschnitt 9.1 abschließend die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst. Aus den Ergebnissen lassen sich weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarfe ableiten, die in einem Ausblick in Abschnitt 9.2 skizziert werden.

9.1 Zusammenfassung

Organisationen in der Wissensgesellschaft müssen zunehmend auf das Problem der Wissensbewahrung und auf den gestiegen Qualifizierungsbedarf mit geeigneten Lösungen reagieren. Ausgehend von einer Analyse des *state of the art* im Wissensmanagement wurden Defizite aktueller Ansätze in Bezug auf diese Fragestellung aufgezeigt. Anhand einer empirischen Untersuchung zum Status Quo des Wissensmanagments wurde die aktuelle Praxis in Bezug auf die Wissensbewahrung und -verteilung untersucht. Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass Unternehmen bislang keine geeignete Lösungen zur Verhinderung von Wissensverlusten bei der Mitarbeiterfluktuation sowie zur effizienten Einarbeitung neuer Mitarbeiter parat haben.

Zur Lösung dieser Probleme haben wir den expertenzentrierten Wissensmanagement-Ansatz vorgestellt. Dieser Ansatz basiert auf der Verwendung von Experteninterviews, einer bewährten Wissensakquisitionsmethode, mittels derer das Wissen von Fachexperten zeitsparend erhoben werden kann. Die Wissensverteilung wird in diesem Ansatz durch die Aufbereitung des erhobenen Wissens in Form eines hypermedialen Informationssystem realisiert, das nicht nur zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter eingesetzt werden, sondern auch allgemein als Instrument der betrieblichen Weiterqualifizierung im Unternehmen dienen kann. Im Einzelnen leistet der expertenzentrierte Wissensmanagement-Ansatz die folgenden Beiträge:

- **Beitrag zur effizienten Wissenslieferung:** Der expertenzentrierte Wissensmanagement-Ansatz basiert auf einer klarer Aufgabenteilung: Der Fachexperte, der im Normalfall nicht in der Wissensmodellierung und -aufbereitung ausgebildet ist, muss lediglich Zeit für die Formulierung seines Wissens im Rahmen von Interviews investieren. Der Wissensingenieur hat die Aufgabe, die erhobene Informationen zu interpretieren, zu strukturieren und adressatgerecht aufzubereiten.
- **Beitrag zur Entlastung von Fachexperten:** Einige Problemstellungen und Anfragen, die im täglichen Arbeitsprozess vom Fachexperten beantwortet werden müssen, sind durch das erstellte Informationssystem abgedeckt. Dadurch wird der Fachexperte von Routinetätigkeiten entlastet und kann sich auf die Lösung komplexer Probleme konzentrieren.
- **Beitrag zur effizienten Einarbeitung neuer Mitarbeiter:** Das erstellte Informationssystem kann zeit- und ortsunabhängig zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter eingesetzt werden. Damit stellt es eine wertvolle Ergänzung zu traditionellen Weiterbildungsmaßnahmen wie Präsenzseminaren dar.
- **Beitrag zur Verbesserung der Unternehmenskommunikation:** Im Verlauf der Wissensakquisition werden die im Unternehmen relevanten Fachbegriffe gesammelt und definiert. Bei Synonymen werden verbindliche Vorzugsbenennungen festgelegt, wodurch Kommunikationsproblemen vorgebeugt wird.
- **Beitrag zur Wissenserzeugung:** Das Ausformulieren des eigenen Wissens sollte nicht als reiner „Wissenstransfer“ betrachtet werden. Vielmehr führen Verbalisierungsversu-

che des impliziten Wissens zu einer Wissenserzeugung beim Fachexperten. Zudem wird der Fachexperte durch die Interaktion mit einem (fachfremden) Wissensingenieur aktuelle Vorgehensweisen und Prinzipien unter einem neuen Blickwinkel betrachten, was zu neuen Ideen und Verbesserungsvorschlägen führen kann.

Der Weg von den erhobenen Informationen zum vernetzten Informationssystem ist bislang in der Literatur nur in Ansätzen untersucht worden. Daher haben wir aufbauend auf dem expertenzentrierten Wissensmanagement-Ansatz ein Vorgehensmodell zur Nachbereitung von Experteninterviews vorgestellt. Übergeordnete Ziele dieses Vorgehensmodells sind zum einen die Reduzierung der Komplexität und zum anderen die Unterstützung der Wiederverwendung des erhobenen Wissens. Grundsätzen des Software-Engineering folgend, unterteilt das Vorgehensmodell den Nachbereitungsprozess in klar abgegrenzte Phasen und legt fest, welche Tätigkeiten in den jeweiligen Phasen wahrgenommen werden:

- **Analyse**: In dieser Phase werden die Protokolle und Audioaufzeichnungen analysiert, umstrukturiert und verfeinert.
- **Repräsentation**: Dies ist die zentrale Phase im Nachbereitungsprozess. In dieser Phase werden basierend auf Ergebnissen der Analysephase konkrete Objekte der Wissensvermittlung erstellt und miteinander vernetzt sowie das Anwendungsgebiet in Form einer Domänenontologie strukturiert. Für die Repräsentation des erhobenen Wissens haben wir die Verwendung multipler Modelle vorgeschlagen, wobei jedes Modell spezifische Aspekte des erhobenen Wissens abdeckt.
- **Implementierung:** In dieser Phase werden Präsentationseigenschaften des Informationssystems festgelegt und aus den erstellten Informationsobjekten das Informationssystem in Form einer Website im HTML-Format generiert.
- **Qualitätssicherung**: Die letzte Phase dieses Vorgehensmodells hat das Ziel, eine definierte Qualität für das Informationssystem sicherzustellen. In dieser Phase wird ein Qualitätsmodell erstellt, das im Einzelnen festlegt, welche Qualitätsanforderungen das jeweilige Informationssystem zu erfüllen hat und welche Metriken zur Qualitätsbewertung zum Einsatz kommen.

Die Festlegung klar abgegrenzter Phasen sowie die Verwendung multipler Modelle reichen allerdings nicht aus, um der Komplexität im Nachbereitungsprozess Herr zu werden. In vielen Szenarien des expertenzentrierten Wissensmanagements wird ein Informationssystem durch ein Team von Wissensingenieuren in kooperativer Arbeit erstellt. So liegt es nahe, dass der Wissensingenieur kaum in der Lage ist, den Überblick über alle Inhalte des Informationssystems zu haben. Eine gute Kenntnis über Zusammenhänge in der Wissensbasis ist allerdings eine wichtige Voraussetzung für die Erstellung und Weiterbearbeitung des Informationssystems, da häufig die erhobenen Inhalte implizite und explizite Bezüge zu bereits nachbereiteten Informationen in der Wissensbasis haben. Darüber hinaus ist die explizite Festlegung von Schreibkonventionen in Form einer Redaktionsrichtlinie keine ausreichende Bedingung für die Erstellung fehlerfreier Informationsobjekte. Daher benötigt der Wissensingenieur für eine reibungslose Textproduktion den Zugriff auf bereits erstellte Inhalte, die als Vorlage zur Formulierung von Knoten und Informationseinheiten fungieren.

Aus diesen Ausführungen wird ersichtlich, dass der Wissensingenieur parallel zur Strukturierung und redaktionellen Aufbereitung von Informationsobjekten vielfältige Lese-, Navigations- und Suchprozesse in der Wissensbasis durchführen muss. Dabei wird er mit Problemen der Orientierung und kognitiven Überlastung konfrontiert, die bislang in der Literatur einseitig behandelt wurden. Unter dem Konzept der globalen Sicht haben wir diese Probleme im

Zusammenhang mit dem Informationszugriff behandelt und entsprechende Lösungsvorschläge ausgearbeitet.

Auf der Grundlage des vorgestellten Vorgehensmodells der Nachbereitung haben wir das Werkzeug WISSAT entwickelt, das den Wissensingenieur im Nachbereitungsprozess unterstützt. In Bezug auf die globale Sicht stellt WISSAT eine Reihe von Werkzeugen und Hilfsmitteln bereit, die den Wissensingenieur bei der Handhabung umfangreicher und heterogener Informationsbestände unterstützt.

Das Werkzeug WISSAT wurde im Rahmen zahlreicher Projekte zur Bewahrung und Verteilung von Expertenwissen in der Automobilindustrie eingesetzt.

9.2 Ausblick

Zum Abschluss dieser Arbeit wollen wir den Blick auf einige Arbeitsgebiete lenken, die eine sinnvolle Ergänzung und Erweiterung der vorliegenden Arbeit darstellen.

In Bezug auf die Nachbereitung haben wir für die Analysephase auf die manuelle Transkription der Audioaufzeichnungen verzichtet und stattdessen die Verwendung von Zeitmarken als wichtiges Hilfsmittel zur Auswertung der Audiosequenzen vorgestellt. Nach unseren bisherigen Untersuchungen sind die gängigen Spracherkennungsprogramme (hierzu wurden Tests mit der Version 8 des Programms Viavoice von IBM durchgeführt), besonders im untrainierten Fall, nicht in der Lage eine brauchbare automatische Transkription der Audiosequenzen durchzuführen. Sie können allerdings dazu eingesetzt werden, den Wissensingenieur beim Lokalisieren bestimmter Merkmale wie Schlüsselbegriffen, Pausen oder Sprecherwechsel (im Mehrexpertenszenario) aus dem Sprachsignal zu unterstützen.

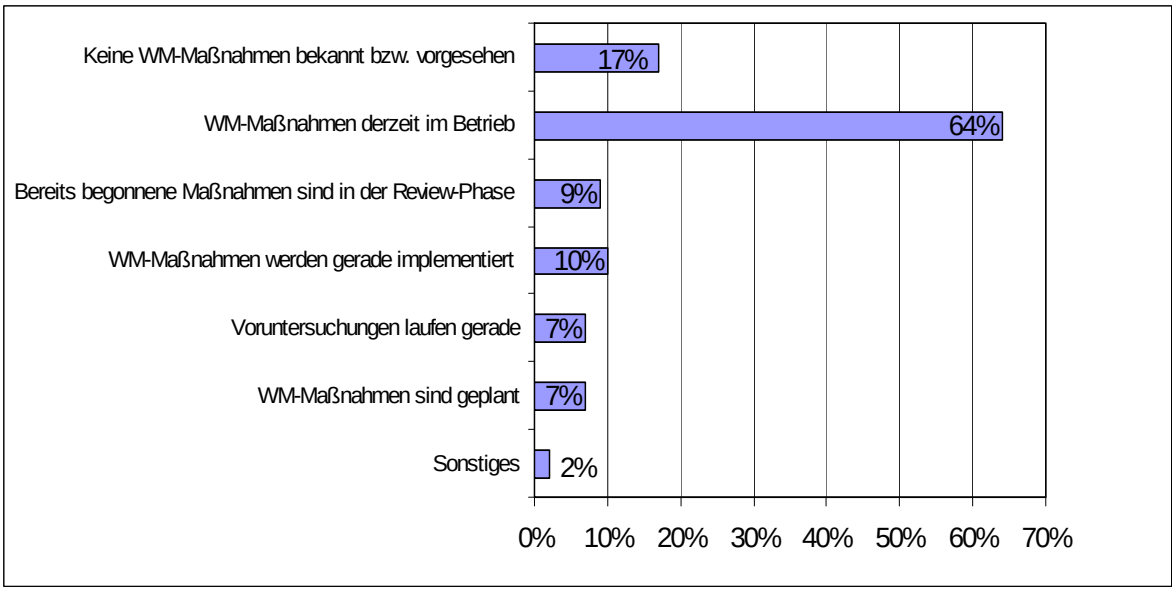
In der aktuellen Implementierung des Assistenzsystems wird die *Offline-Nachbereitung* nicht unterstützt. Bei der Offline-Nachbereitung hat der WISSAT-Client keine Anbindung zum Server. Die Inhaltsänderungen werden in diesem Fall zunächst lokal gespeichert und müssen später manuell in die Wissensbasis nachgetragen werden. Eine wichtige Erweiterung unseres Ansatz stellt daher die Implementierung von Methoden zur Ermittlung von Unterschieden (*Deltas*) zwischen semistrukturierten Dokumenten dar, auf deren Basis die Synchronisierung der lokal gespeicherten Daten mit der Wissensbasis automatisiert werden kann.

In Bezug auf den expertenzentrierten Wissensmanagement-Ansatz haben wir mit dem WISSAT-Werkzeug lediglich eine Unterstützung des Wissensingenieurs realisiert. Aus den Ausführungen in Kapitel 6 wird allerdings ersichtlich, dass der Wissensmanager besonders bei der Analyse, Planung und Überwachung von Wissensmanagement-Maßnahmen eine starke Rolle spielt. Eine wichtige Ergänzung dieser Arbeit stellt daher die Implementierung geeigneter Werkzeuge dar, die den Wissensmanager bei der Analyse des Unternehmensumfelds und bei der Planung sowie Überwachung von Wissensmanagement-Maßnahmen unterstützen.

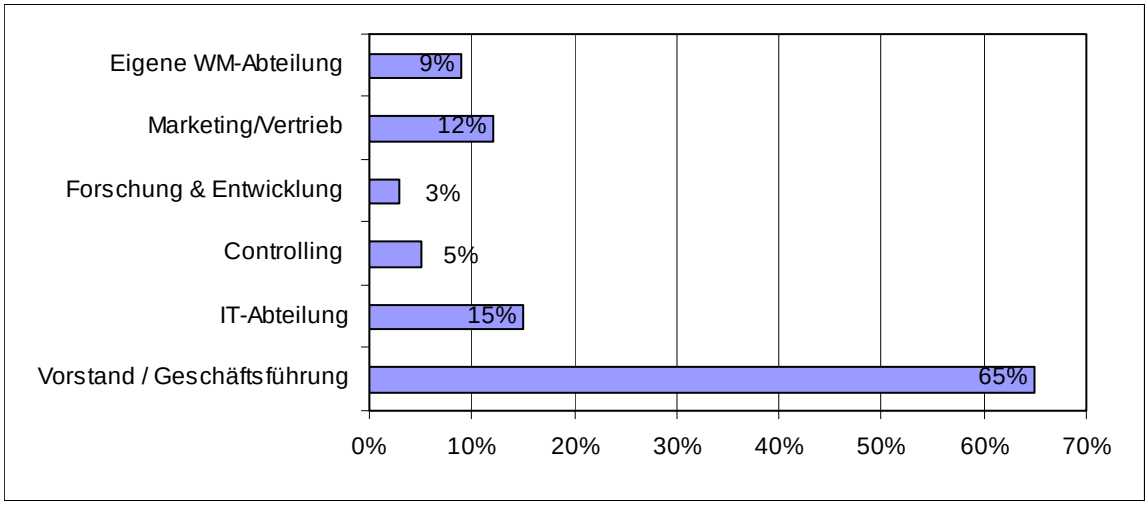
ANHANG A BEFRAGUNG ZUM STATUS QUO DES WISSENSMANAGEMENTS

A.1 Gegewärtiger Stand des Wissensmanagements

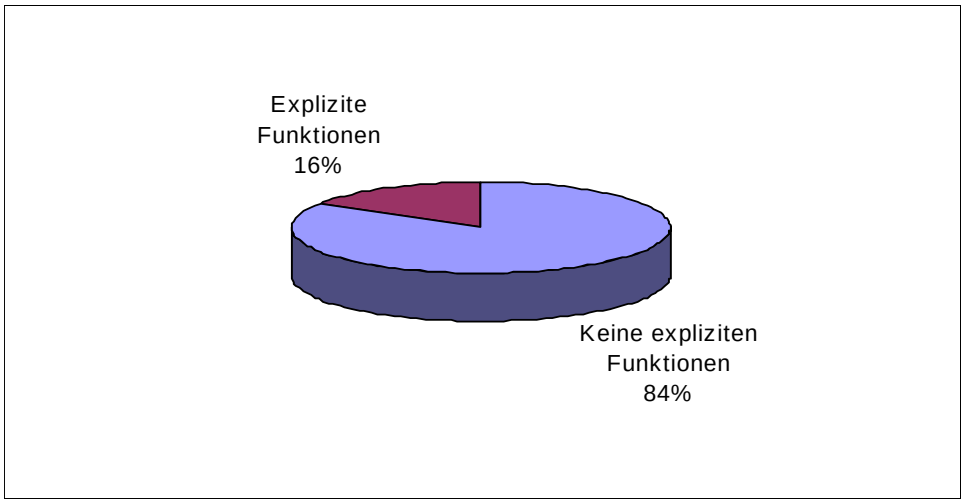
Frage 1: *In welchem Zustand befinden sich aktuelle WM-Maßnahmen in Ihrem Unternehmen?*



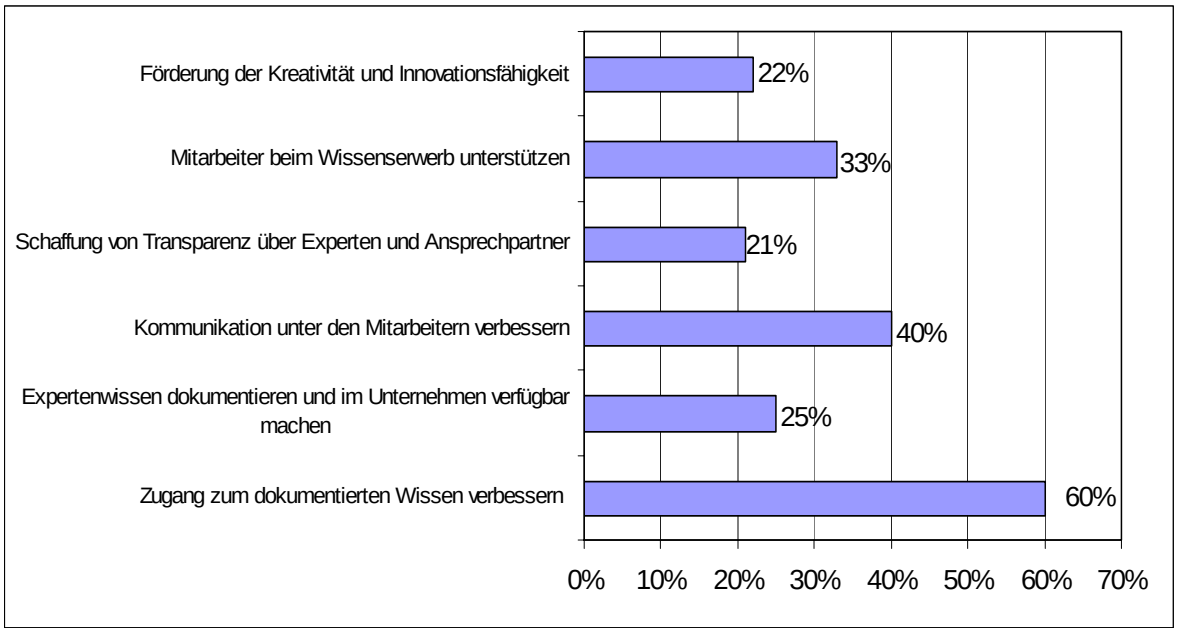
Frage 2: *Welcher Bereich ist primär für die Durchführung, Überwachung und Steuerung von WM-Maßnahmen zuständig?*



Frage 3: *Werden dedizierten Personalressourcen für die Durchführung und Steuerung von WM-Maßnahmen vorgesehen?*

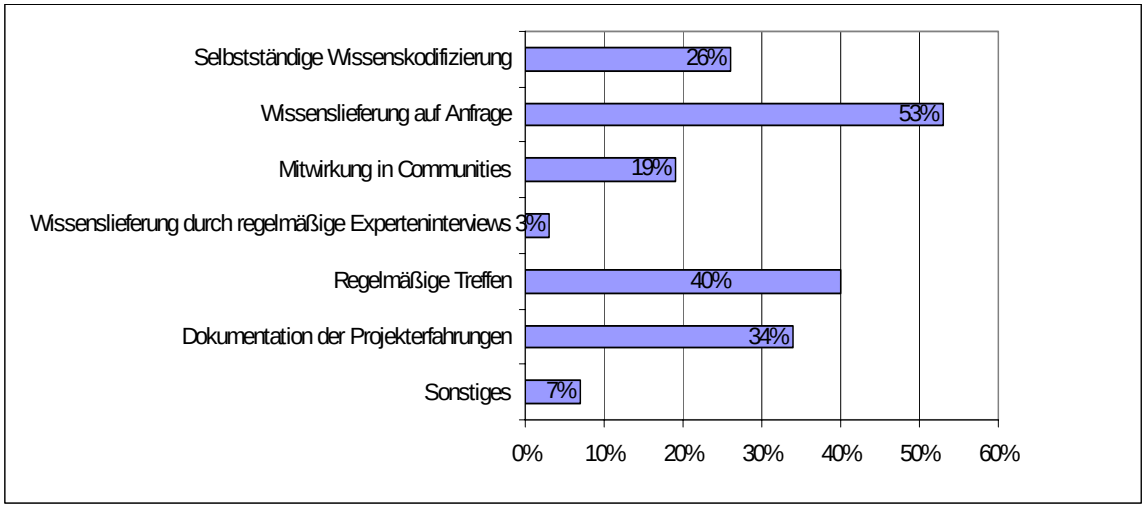


Frage 4: *Welche Wissensmanagement-Strategie wird aktuell in Ihrem Unternehmen verfolgt?*

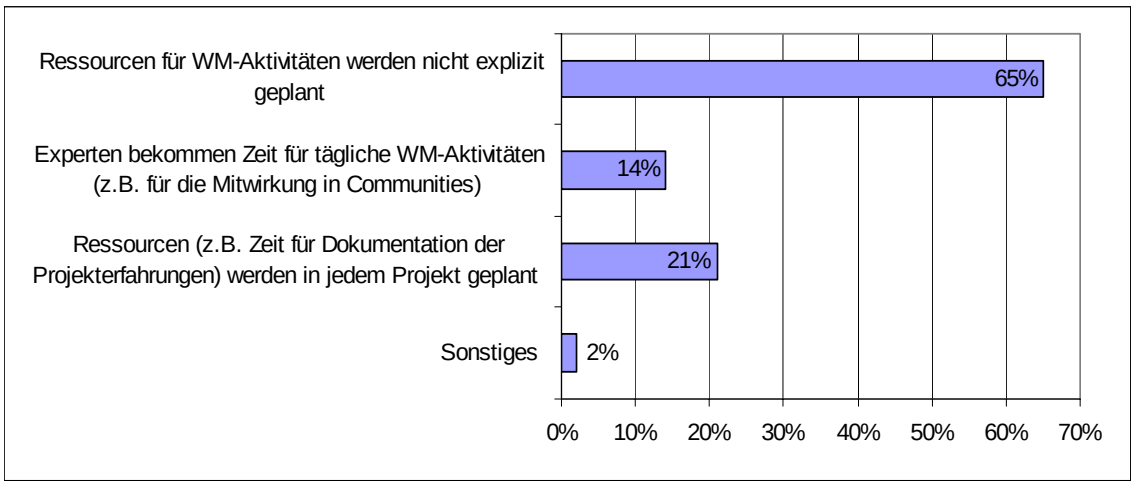


A.2 Organisation des Wissenstransfers

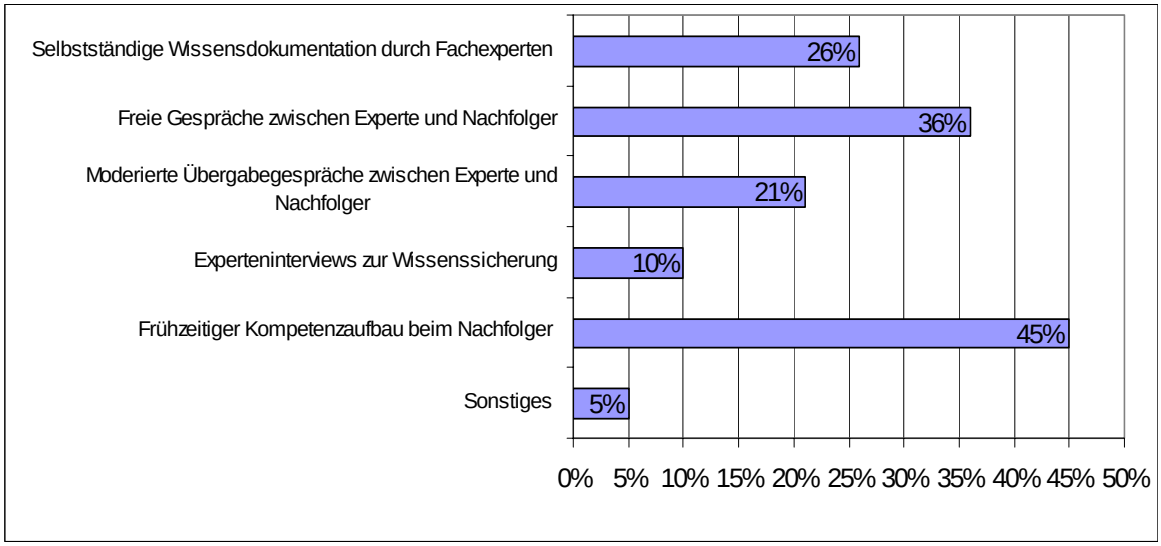
Frage 5: *Wie wird der Wissenstransfer in Ihrem Unternehmen organisiert?*



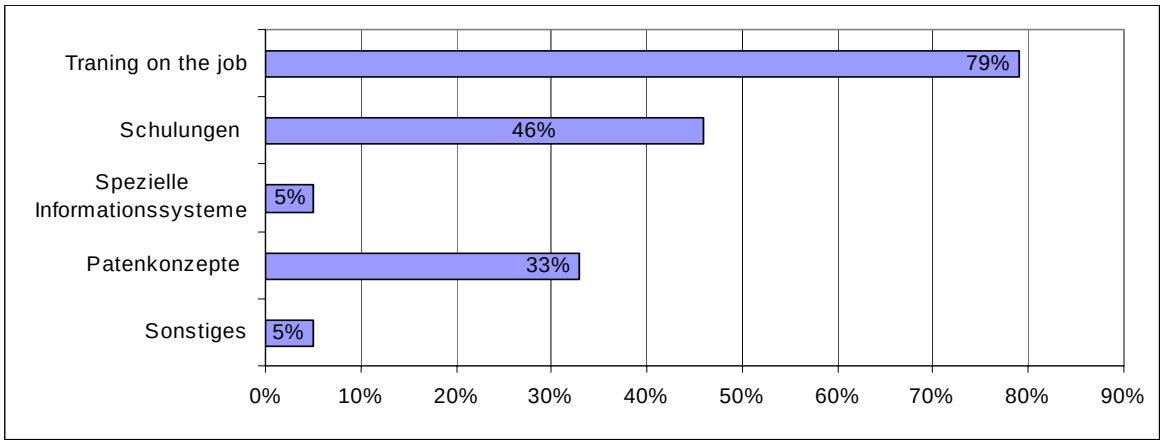
Frage 6: *Werden Ressourcen für WM-Aktivitäten (Prozesse der Wissenslieferung, Wissensnutzung, Wissensentwicklung, Wissensbewahrung) vorgesehen?*



Frage 7: *Welche Maßnahmen zur Verhinderung von Wissensverlusten werden bei der Mitarbeiterfluktuation ergriffen?*



Frage 8: *Welche Konzepte für die Einarbeitung neuer Mitarbeiter setzen Sie in Ihrem Unternehmen ein?*



Frage 9: *Welche Effekte bringen nach Ihrer Erfahrung spezielle Informations- und Tutorsysteme mit Expertenwissen, dokumentierte Projekterfahrungen (Lessons Learned) und bewährte Vorgehensweisen (Best Practices)?*

Frage 10: *Wie schätzen Sie die Produktivitätssteigerung (in Prozent) ein, wenn der Wissenstransfer und die Nutzung der im Unternehmen vorhandenen Expertise optimal wären?*

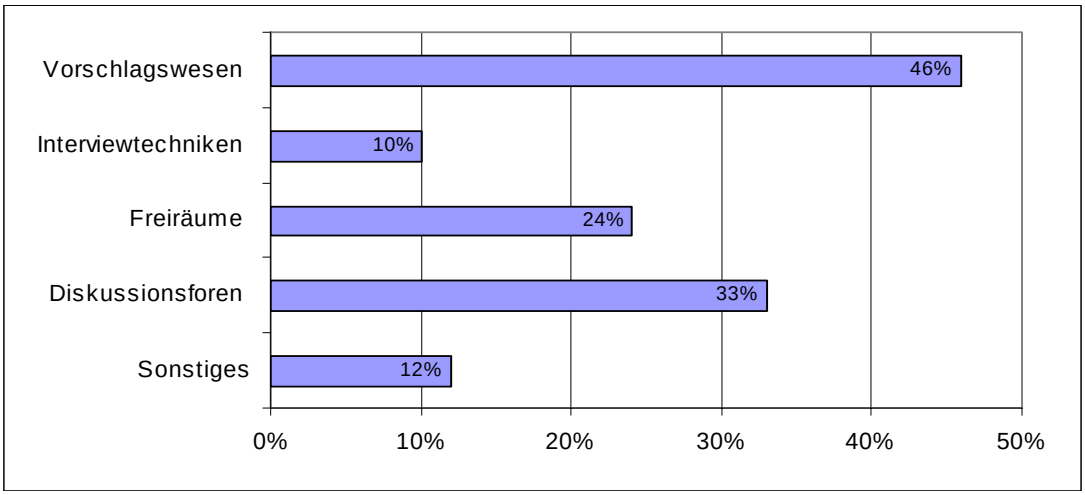
Frage 11: *Wie schätzen Sie die Verkürzung der Einarbeitungszeit (in Prozent) ein bei*

der Verwendung spezieller Informations- und Tutorsysteme mit Expertenwissen?

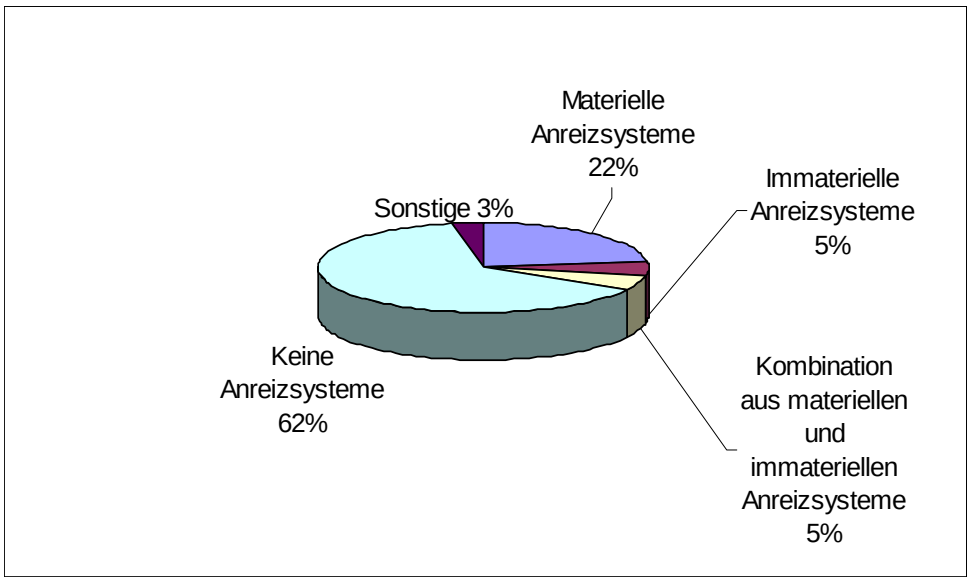
Zu den Fragen 9 bis 11 wurden zu wenige Beantwortungen erhoben. Daher wurden sie von der Auswertung ausgeschlossen.

A.3 Eingesetzte (WM-) Instrumente und IT-Tools

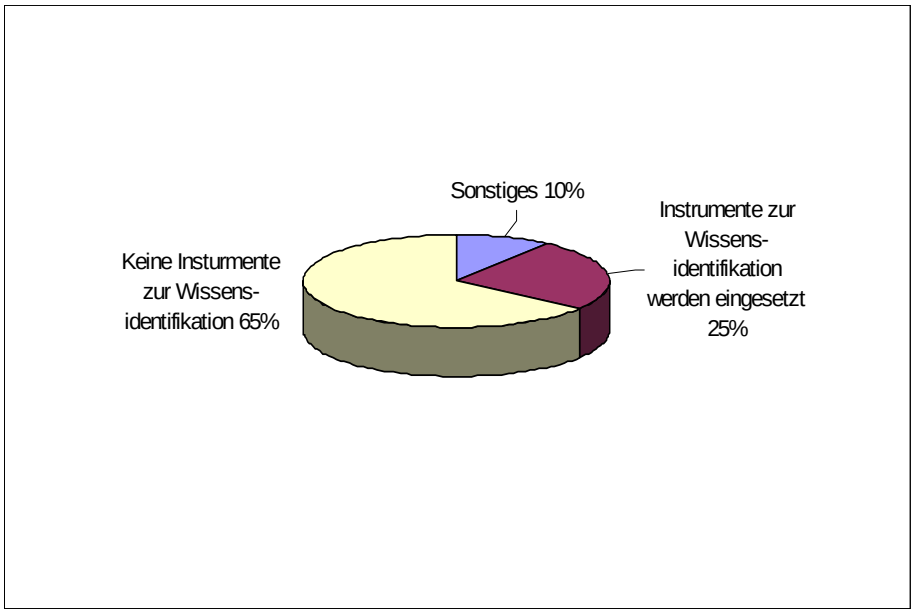
Frage 12: *Welche Instrumente zur gezielten Förderung der Innovation nutzen Sie in Ihrem Unternehmen?*



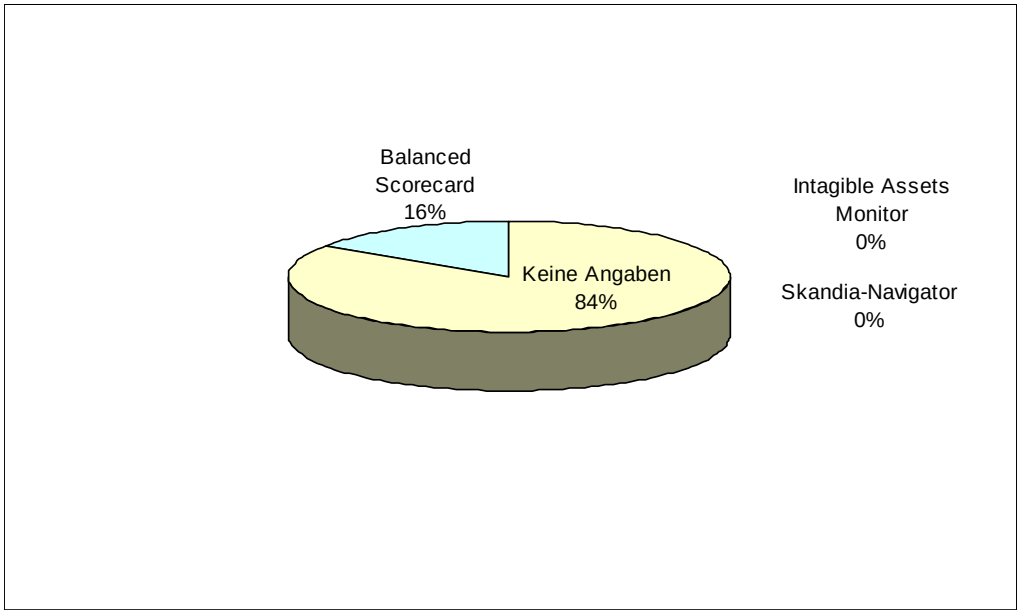
Frage 13: *Werden in Ihrem Unternehmen Anreizsysteme eingesetzt, die das Teilen von Wissen fördern sollen?*



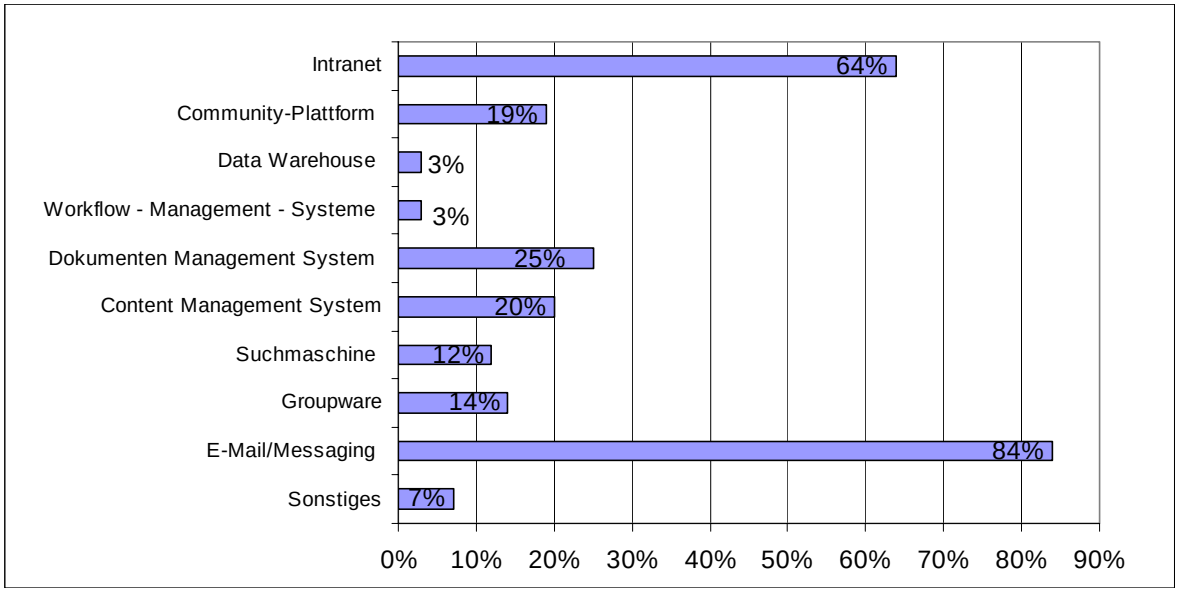
Frage 14: *Werden Instrumente zur Wissensidentifikation (z.B. Yellow Pages, Wissenslandkarten) in Ihrem Unternehmen eingesetzt?*



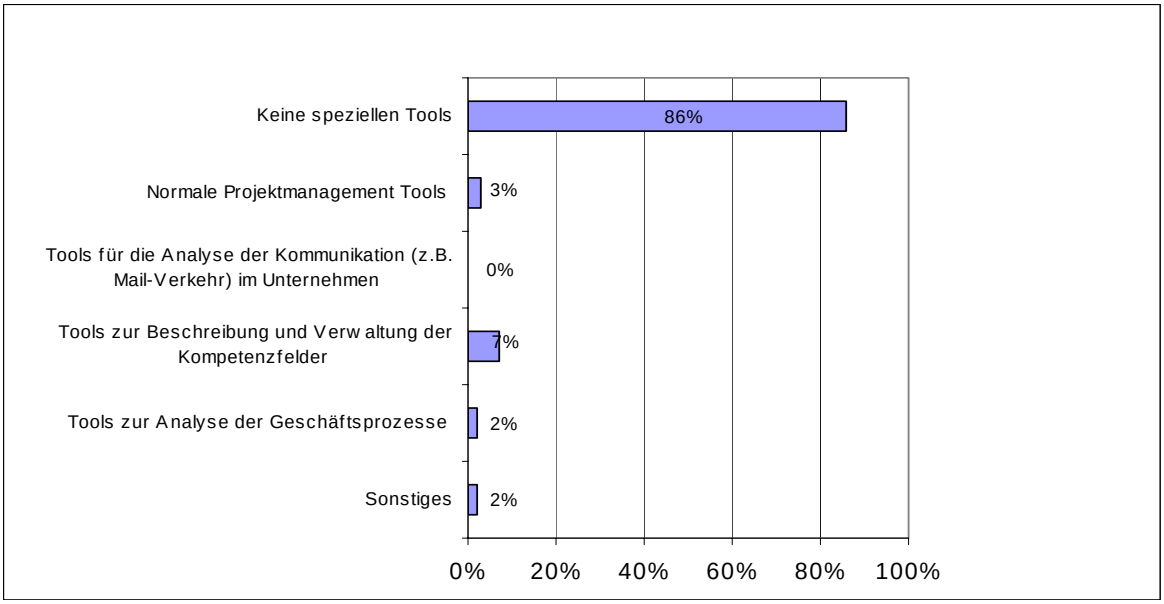
Frage 15: *Welche Instrumente werden zur Wissensbewertung in Ihrem Unternehmen eingesetzt?*



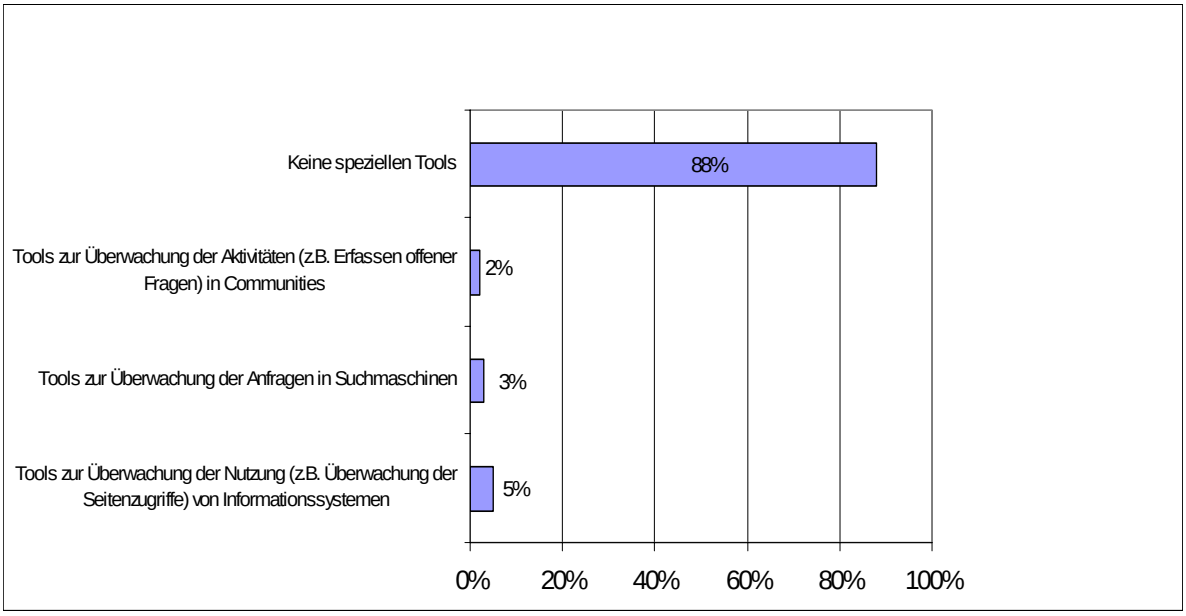
Frage 16: *Welche der folgenden Tools werden im Kontext von Wissensmanagement in Ihrem Unternehmen eingesetzt?*



Frage 17: *Welche Werkzeuge werden in Ihrem Unternehmen zur Unterstützung der Wissensmanager bei der Vorbereitung von WM-Maßnahmen eingesetzt?*



Frage 18: *Welche Werkzeuge werden in Ihrem Unternehmen zur Unterstützung der Wissensmanager bei der Überwachung der laufenden WM-Lösungen eingesetzt?*



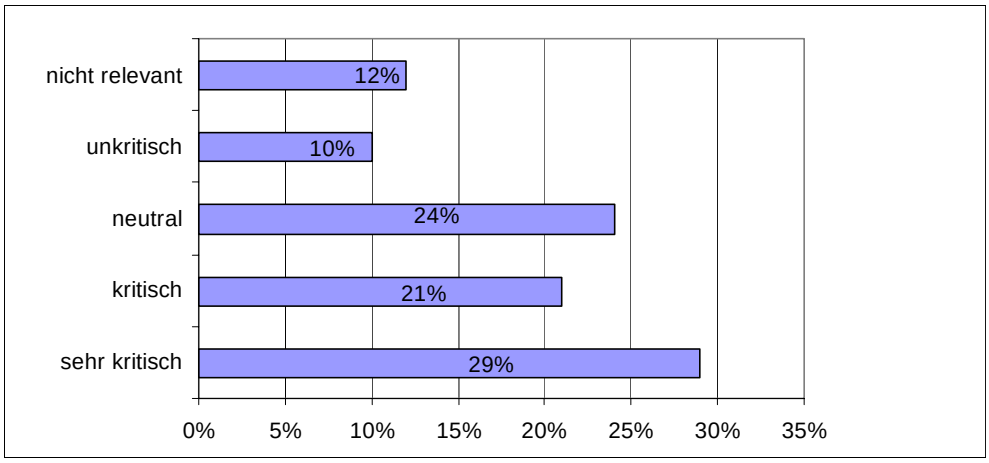
A.4 Aktuelle Barrieren im Wissensmanagement

Frage 19: *Bitte bewerten Sie auf einer (Schulnoten-) Skala von 1 bis 5, welche der folgenden Barrieren das Wissensmanagement am stärksten behindern?*

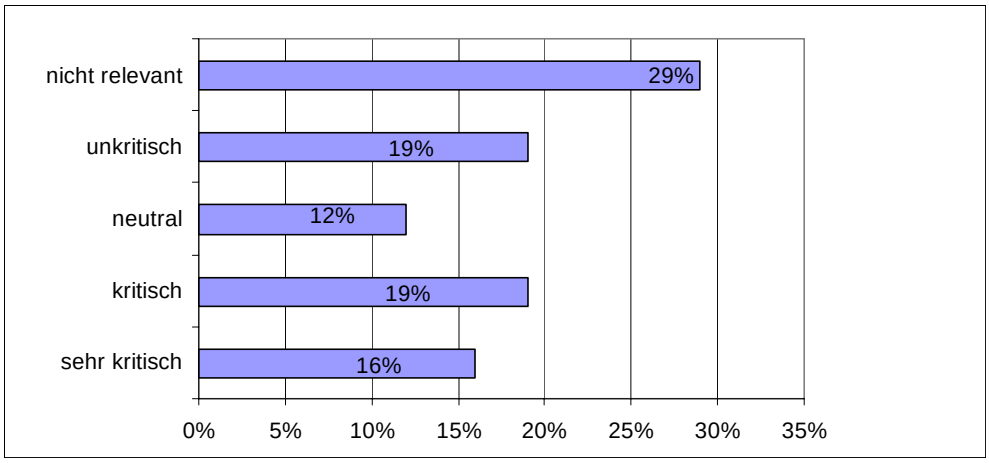
Mögliche Antworten:

- 1= sehr kritisch
- 2= kritisch
- 3=neutral
- 4=unkritisch
- 5=nicht relevant

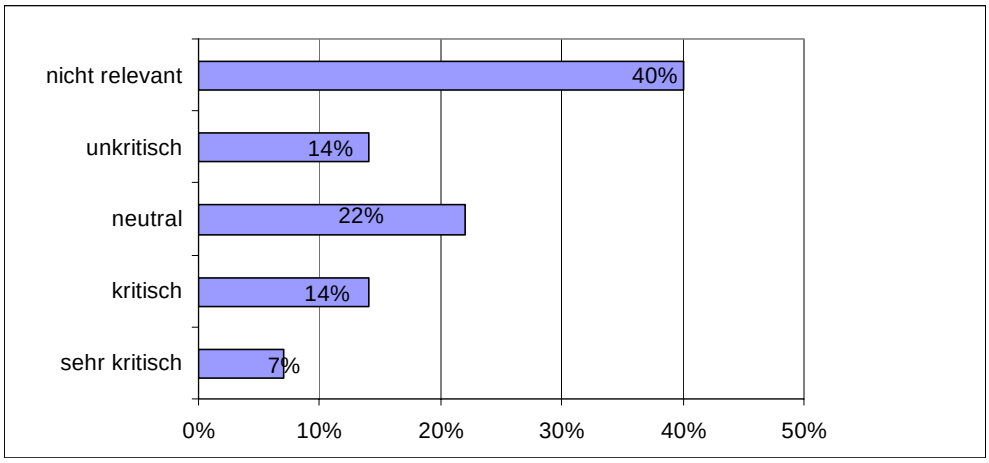
(1) Keine zeitlichen Ressourcen für WM-Aktivitäten (Wissensnutzung, -lieferung, etc.)



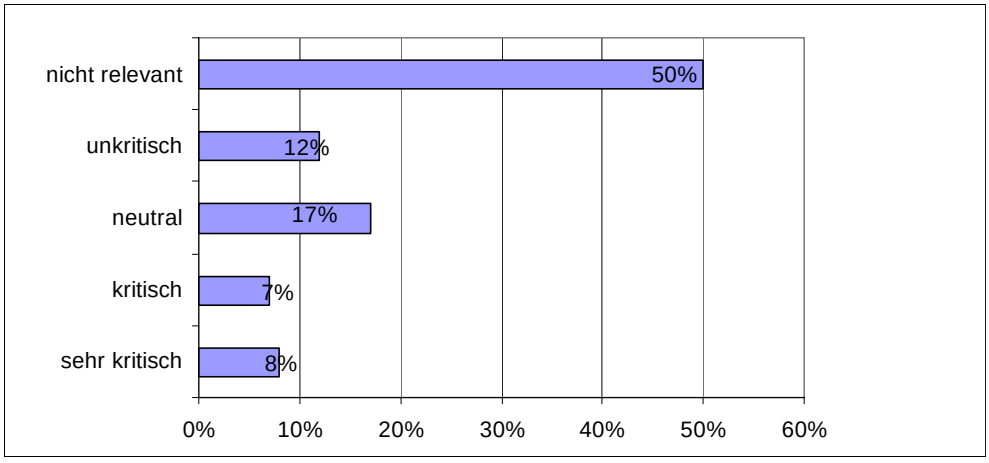
(2) Keine Verankerung von WM-Aktivitäten im Geschäftsprozess



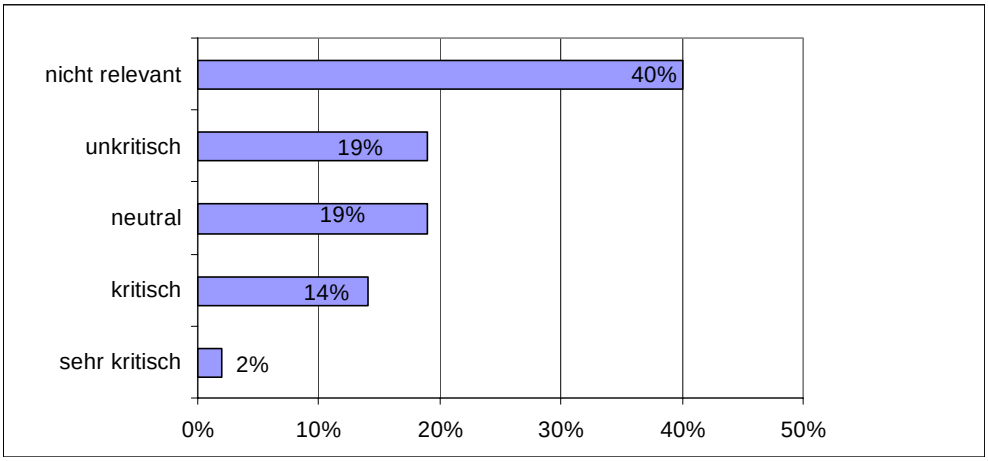
(3) Nutzen von WM-Aktivitäten wird nicht erkannt



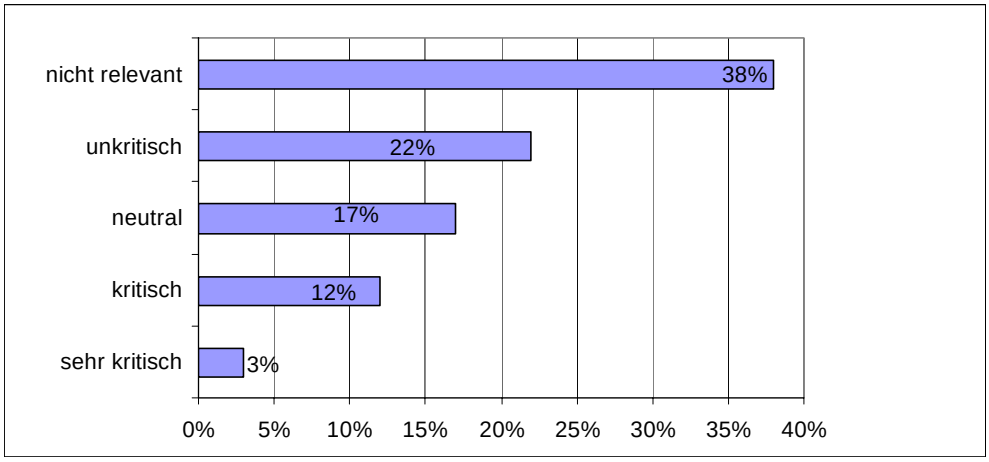
(4) Vorbehalte Wissen preiszugeben



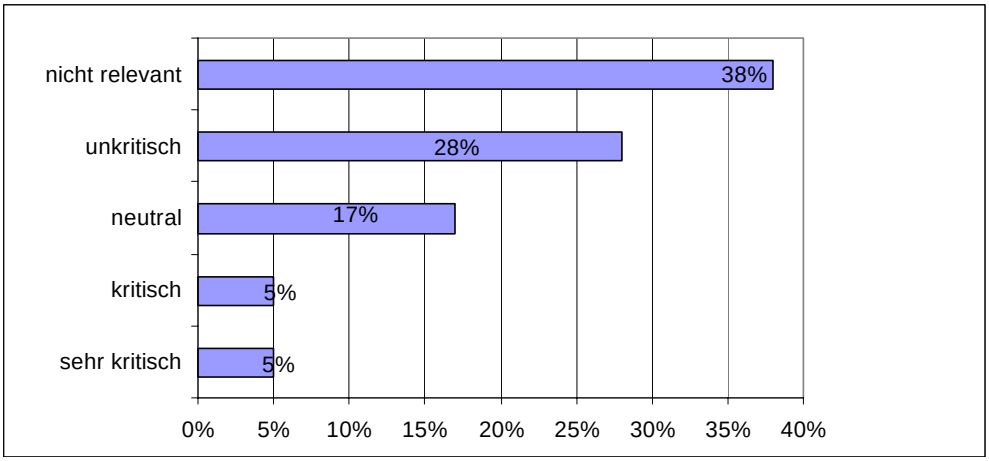
(5) Schlechte Akzeptanz der gewählten Lösungen bei den Mitarbeitern



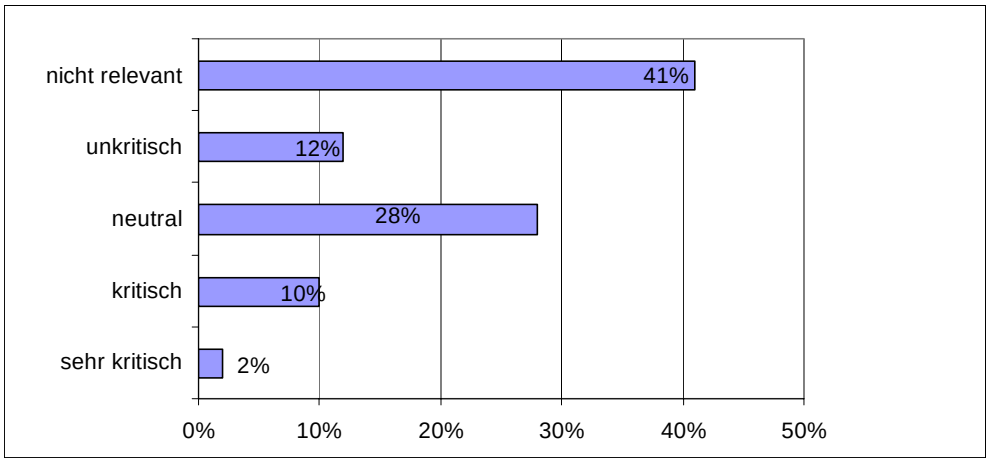
(6) Defizite der IT-Werkzeuge



(7) Kein Vertrauen in die Qualität der Inhalte

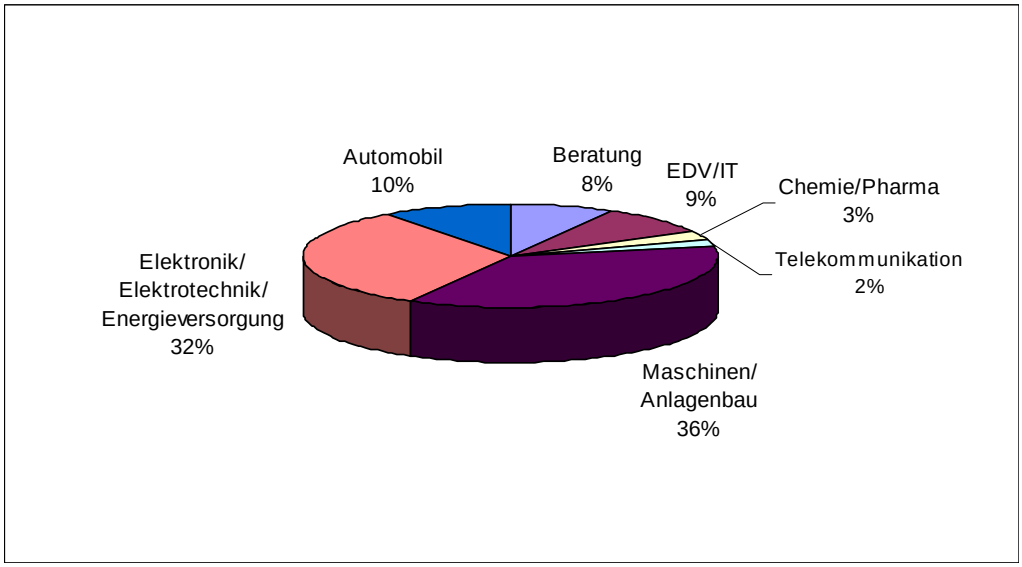


(8) Mangelnde Dynamik der Communities

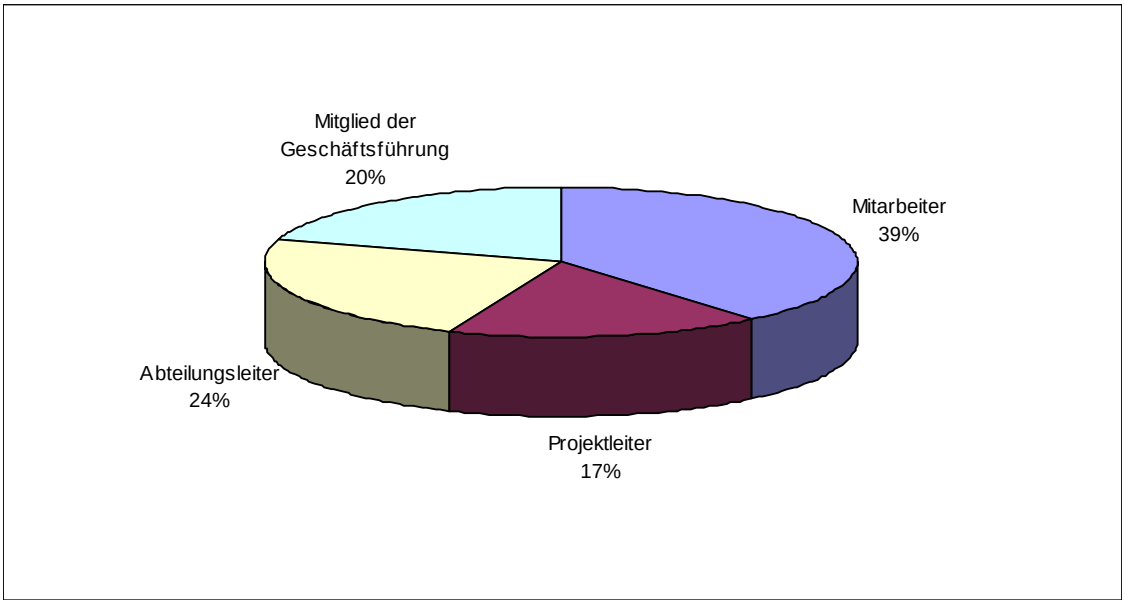


A.1 Allgemeine Angaben

Frage 20: *In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?*



Frage 21: *Welche Position haben Sie in Ihrem Unternehmen?*



LITERATURVERZEICHNIS

[Adl72] Adler, M.; van Doren, C.: *How to read a book,* Simon & Schuster, 1972.

[Alt05] Altova, Inc.: *Altova XML Suite 2005,* Website: http://www.altova.com/de/suite.html, Abruf: März 2005.

[Ame02] Amelingmeyer, J.: *Wissensmanagement: Analyse und Gestaltung der Wissensbasis von Unternehmen,* Deutscher Universitäts-Verlag, 2002.

[And96] Anderson, J. R.: *Kognitive Psychologie,* Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1996.

[Ant89] Antos, G; Krings, H.P. (Hrsg.).: *Textproduktion: Ein interdisziplinärer Forschungsüberblick,* Tübingen, 1989.

[Apo98] Apostolou, D, Mentzas, G.: *Managing corporate knowledge: A comparative analysis of experiences in consulting firms,* in: *PAKM* 98, Practical Aspects of Knowledge Management, Proceedings of *the Second International Conference,* Zurich, 1998.

[Arg96] Argyle, M.: *Körpersprache und Kommunikation,* Junfermann, 1996.

[ARI01] Ariadne Metadatenspezifikation, Website: http://www.ariadne-eu.org/3_MD/main.html, Abruf: März 2005.

[Arn89] Arntz, R.; Picht, H.; Mayer, F.: *Einführung in die Terminologiearbeit,* Hildesheim, Zürich, New York, 1989.

[Ass98] Assadi, H.: *Construction of a Regional Ontology from Text and its Use within a Documentary System,* International conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98), Amsterdam, 1998.

[Atk68] Atkinson J. W.; Shiffrin, R. M.: *Human memory: A proposed system and its control processes,* in: Spence K. (Hrsg.): *The psychology of learning and motivation,* Academic Press, New York, 1968.

[Bad97] Baddeley, A.: *Human Memory – Theory and Practice,* Hove (UK): Psychology-Press, 1997.

[Bal98a] Balzert, H.: *Lehrbuch der Software-Technik - Band 1: Software-Entwicklung,* Spektrum Akademischer Verlag, 1998.

[Bal98b] Balzert, H.: *Lehrbuch der Software-Technik - Band 2: Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung,* Spektrum Akademisischer Verlag, 1998.

[Bau94] Baumgartner, P., Payr, S.: *Lernen mit Software,* Österreichischer Studienverlag, Innsbruck, 1994.

[Bea02] Beazley, H.; Boenisch, J.; Harden, D.: *Preserving Corporate Knowledge and Continuity When Employees Leave,* New Jersey, John Wiley & Sons Inc., 2002.

[Beck90] Becker, B.; Bartsch-Spörl, B.: *Die Veränderung von Expertenwissen durch den Prozeß der Wissensacquisition,* in: KI, 2/1990, S. 31 - 36, 1990.

[Ber87] Bereiter, C.; Scardamalia, M.: *The Psychology of Written Communication,* Hillsdale, Erlbaum, 1987.

[Ber87a] Berry, D.C.: *The problem of Implicit Knowledge,* Expert Systems, vol 4, n° 3, August 1987.

[Bib93] Bibel, W.: *Wissensrepräsentation und Inferenz,* Vieweg, Braunschweig, 1993.

[Bim01] Bimazubute, R.; Stoyan, H.; Hausdorf, C.; Grille, B.: *Toolgestützte Nachbereitung von Experteninterviews zum Aufbau hypertextbasierter Wissenssysteme: Modell, Tool und Techniken,* in: Bauknecht, K.; Brauer, W.; Mück, Th. (Hrsg.): *Informatik 2001. Wirtschaft und Wissenschaft in der Network Economy – Visionen und Wirklichkeit,* S. 84-90, Wien, 2001.

[Bim01a] Bimazubute, R.; Stoyan, H.; Müller, M.: *Toolgestützte Nachbereitung von Experteninterviews für den Aufbau hypertextbasierter Wissenssysteme,* in: Hans-Peter Schnurr ; Steffen Staab ; Rudi Studer ; Gerd Stumme ; York Sure (Hrsg.): *Professionelles Wissensmanagement, Erfahrungen und Visionen,* Baden-Baden Shaker, 2001, S. 351-363.

[Bim02] Bimazubute, R.; Stoyan, H.: *Einsatz von Information-Retrieval- und Text-Mining-Techniken bei der Erstellung von Informationssystemen zur Sicherung und Verteilung von Expertenwissen,* in: BITKOM (Veranst.): *KnowTech 2002- 4. Konferenz zum Einsatz von Knowledge Management in Wirtschaft und Verwaltung,* München, 2002.

[Bla92] Black, A. et al.: *Consulting on-line dictionary information while reading,* in: Hypermedia, 1992, 4, S. 145-169.

[Blu98] Blumstengel, A.: *Entwicklung hypermedialer Lernsysteme,* Dissertation, Universität Paderborn, 1998.

[Bor97] Borst, P.; Akkermans, H.; Top, J.: *Engineering ontologies,* International Journal of Human-Computer Studies, 1997, S. 365-406.

[Bou53] Bousfield, W.A.: *The occurrence of clustering in the recall of randomly arranged associates,* Journal of General Psychology, 49, S. 229-240, 1953.

[Bre94] Breuker, J.; van de Velde, W. (Hrsg.): *COMMONKADS Library for Expertise Modelling,* IOS Press, Amsterdam, Oxford, New York, 1994.

[Bro02] Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus: *Brockhaus Enzyklopädie,* 20. Auflage, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus, Mannheim, 2002.

[Bro97] Brok, E.: Hypertext and Semantic nets: Experiences with modular authoring, in: Proceedings of ED-MEDIA97, Calgary, 1997, S. 204-212.

[Buc83] Buchanan, B.G. et al.: *Construction an Expert System,* in: Hayes-Roth, F. et al. (Hrsg.): *Building Expert Systems,* Addison-Wesley, 1983, S. 127-167

[Bul97] Bullinger, H.-J., et al.: *Wissensmanagement - Modelle und Strategien für die Praxis,* in Bürgel, H. D. (Hrsg.): *Wissensmanagement. Schritte zum intelligenten Unternehmen,* Springer, 1997.

[Bul98] Bullinger, H.-J., et al.: *Wissensmanagement - Anspruch und Wirklichkeit: Ergebnisse einer Unternehmensstudie in Deutschland,* in: Information Management, 1/ 1998, S. 7-23.

[Bür97] Bürgel, H. D.: *Wissensmanagement - Schritte zum intelligenten Unternehmen,* Springer, 1997.

[Bür97] Bürgel, H. D., Zeller, A.: *Forschung & Entwicklung als Wissenscenter,* in Bürgel,

H. D. (Hrsg.): *Wissensmanagement. Schritte zum intelligenten Unternehmen,* Springer, 1997.

[Car83] Carbonell, J.G.; Michalski, R.S.; Mitschell, T. M.: *An Overview of maschine Learning,* in: Michalski, R.S.; Carbonell, J.G.; Mitschell, T. M.: *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach,* Palo Alto, 1983.

[Car99] Card, S. K. et al.: *Focus + context,* in: Card, S. K. et al.: *Readings in information visualization: using vision to think,* Morgan Kaufmann, 1999.

[Cas03] Casher, A.; Lesser, E.: *Gray matter matters: Preserving critical knowledge in the 21st century,* Executive strategy report, IBM, Website: http://www-1.ibm.com/services/us/index.wss/xs/bcs/a1001915?cntxtId=a1000074, Abruf: März 2003.

[Cha73] Chase, W. G.; Simon, H. A.: *Perception in chess,* Cognitive Psychology, 4, 1973, S. 55-81.

[Chi81] Chi, M. T. H.; Feltovich, P.; Glaser, P.: *Categorization and representation of physics problems by experts and novices,* Cognitive Science, 5, 1981, S. 121-152.

[Cla83] Clancey, W. J.: *The epistemology of a Rule-based Expert System: A Framework for Explanation,* Artificial Intelligence, Nr. 20, 1983, S. 215-251.

[Col69] Collins, A. M.; Quillian, M. R.: *Retrieval time from semantic memory,* Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 8, 1969, S. 240-248.

[Col75] Collins, A. M.; Lotfus, E. F.: *A spreading-activation theory of semantic processing,* Psychological Review, 82, 1969, S. 407-428.

[Con87] Conklin, J.: *Hypertext: A Survey and Introduction,* IEEE Computer, 1987.

[Con88] Conklin, J.; Begeman, M.: *gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion,* in: Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work CSCW'88, 1988, S. 140-152.

[Cze99] Czerwinski, M.P.; van Dantzich, M.; Robertson, G.; Hoffman, H.: *The contribution of thumbnail image, mouse-over text and spatial location memory to web page retrieval in 3D,* in: Proceedings of INTERACT'99, 7th IFIP Conference on Human-Computer Interaction, 1999, S. 163–170.

[Dav98a] Davenport, T.H.; Prusak, L.: *Wenn Ihr Unternehmen wüßte, was es alles weiß: Das Praxishandbuch zum Wissensmanagement,* Landsberg/Lech: Moderne Industrie, 1998.

[Dav98b] Davenport, T.H.; Prusak, L.: *Working knowledge: How Organizations Manage What They Know,* Boston, 1998.

[DB99] Deutsche Bank, Fraunhofer IAO (Hrsg.): *Wettbewerbsfaktor Wissen. Leitfaden zum Wissensmanagement,* Frankfurt am Main, 1999.

[Dev04] Devlin, K.: *Das Mathe-Gen,* Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 2004.

[DIN95] Deutsches Institut für Normung: *DIN 55350-11. Begriffe zu Qualitätsmanagement und Statistik - Teil 11: Begriffe des Qualitätsmanagements und Statistik - Teil 11,* 1995.

[Dom93] Domingue, J.; Motta, E.; Watt, S.: *The emerging VITAL workbench,* in: Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems, 7th European Knowledge Acquisition Workshop, EKAW '93, S. 320- 339, 1993.

[Ede00] Edelmann, W.: *Lernpsychologie,* 6. Auflage, München-Weinheim, 2000.

[Eri96] Ericsson, K. A.; Lehmann, A. C.: *Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints,* Annual Review of Psychology, 47, 1996, S. 273-305.

[Far01] Farnschläder, F.; Stoyan, H.: *Von der Wissensquantität zur Wissensqualität,* in: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), Carl Hanser Verlag, 2001.

[Fei77] Feigenbaum, E. A.: *The Art of Artificial Intelligence: Themes and Case,* Studies of Knowledge Engineering, in: Proceedings of the International Joint Conference on AI (IJCAI-77), 1977.

[Fei83] Feigenbaum, E. A.; McCorduck, P.: *The fith Generation,* Addison Wesley, 1983.

[Fli99] Flick, U.: *Qualitative Forschung,* Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1999.

[Flo81] Flower, L.; Hayes, J.R.: *A cognitive process theory of writing,* College Composition and Communication, 32, 1981, S. 365-387.

[Fre93] Frenckner, K: *The Problem of Getting a Global Perspective When Reading Continuous Texts From a Computer Screen,* Technical report TRITA-NA-P9332, NADA, 1993.

[Fur86] Furnas, G. W.: *Generalized fisheye views,* in: CHI '86: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, ACM Press, 1986, S. 16-23.

[Fur99] Furnas, G.W.: *The FISHEYE view: a new look at structured files,* in: Card, S. K. et al.: *Readings in information visualization: using vision to think,* Morgan Kaufmann, 1999.

[GAO01] General Accounting Office (GAO): *Major Management Challenges and Program Risks: A Governmentwide Perspektive,* General Accountig Office Report GAO-01-241, 2001.

[GAO01a] General Accounting Office (GAO): *Federal Employee Retirements,* General Accountig Office Report GAO-01-509, April, 2001.

[Gar88] Garvin, D. A.: *Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge,* The Free Press, 1988.

[Ger95] Gerstenmaier, J.; Mandl, H.: *Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive,* Forschungsbericht Nr. 33, Ludwig-Maximilians-Universität, München, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, 1995.

[Gom04] Gómez-Pérez, A.; Fernández-López, M.; Corcho, O.: *Ontological Engineering,* Springer Verlag, 2004.

[Gör00] Görz, G. et al. (Hrsg.): *Handbuch der Künstlichen Intelligenz,* Oldenbourg Verlag, 3. Auflage, München, 2000.

[Gru93] Gruber, T. R.: *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications,* Knowledge Acquisition, 5(2), 1993, S. 199-220.

[Grü95] Grüninger, M.; Fox, M.S: *Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies,* IJCAI-95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, Montreal, 1995.

[Gua95] Guarino, N.; Giaretta, P.: *Ontologies and knowledge bases. towards a terminological clarification,* in: Mars, N., (Hrsg.): *Towards very large knowledge bases: knowledge building and knowledge sharing,* IOS Press, Amsterdam, 1995, S. 25–

32.

[Gua98] Guarino, N.: *Formal Ontology and Information Systems,* in: Proceedings of OIS98, Trento, Italy, IOS Press, 1998.

[Haa98] Haas, C.: *Writing technology: Studies on the Materiality of Literacy,* Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1996.

[Ham93] Hammwöhner, R.: *Kognitive Plausibilität: Vom Netz im (Hyper-)Text zum Netz im Kopf,* Nachrichten für Dokumentation, 44, S. 23-28, 1993.

[Ham97] Hammwöhner, R.: *Offene Hypertextsysteme. Das Konstanzer Hypertextsystem (KHS) im wissenschaftlichen und technischen Kontext,* Universtitätsverlag Konstanz, 1997.

[Han98] Handy, C.: *Die Fortschrittfalle: Der Zukunft neuen Sinn geben,* München, Wilhelm Goldman Verlag, 1998.

[Han99] Hansen, M.T., Nohria, N., Tierney, T.: *What's your strategy for managing knowedge?* in: Harvard Business Review 77, 1999, S. 106-116.

[Has95] Hasebrook, J.: *Multimedia-Psychologie: Eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation,* Spektrum Verlag, 1995.

[Hay83] Hayes-Roth, F. et al. (Hrsg.): *Building Expert Systems,* Addison-Wesley, 1983.

[Hel80] Helfrich, H.; Wallbott, H.G.: *Theorien der nonverbalen Kommunikation,* in: Althaus, H.P.; Henne, H.; Wiegand, H.E. (Hrsg.): *Lexikon der Germanistischen Linguistik,* Tübingen, Niemeyer, 1980.

[Hel97] Hellmuth, T.: *Terminologiemanagement,* Dissertation, Universität Konstanz, 1997.

[Her00] Herbst, D.: *Erfolgsfaktor Wissensmanagement,* Cornelsen, Berlin, 2000.

[Her97] Herrmann, J.: *Maschinelles Lernen und Wissensbasierte Systeme,* Springer, Berlin-Heidelerg, 1997.

[Hol00] Holzinger, A.: *Basiswissen Multimedia - Band 2: Lernen. Kognitive Grundlagen multimedialer Informationssysteme,* Vogel Buchverlag, 2000.

[Hor89] Horn, R.: *Mapping Hypertext,* Lexington, 1989.

[IEEE96] *IEEE standard for Developing Software Lifecycle Processes,* IEEE Computer Society New York, IEEE Std 1074-1995.

[ILO97] ILOI: *Knowledge Management,* ILOI Institute, München, 1997.

[Iss97] Issing, L.; Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia,* Psychologie Verlags Union, Weinmheim, 1997.

[Jac99] Jacobs, E. M.: *Textvernetzung in den Wissenschaften : Zitat und Verweis als Ergebnis rezeptiven, reproduktiven und produktiven Handelns,* Niemeyer, Tübingen, 1999.

[Jon96] Jones, S. R.; Miles, J. C.: *Standardising the elimination of unnecessary data from interview transcripts for the purposes of knowledge-based systems - a case study,* in: Expert Systems, Vol. 13. Nr. 1, 1996.

[Kah73] Kahneman, D.: *Attention and effort,* Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1973.

[Kap97] Kaplan, R. S.; Norton, D. P.:Balanced Scorecard - Strategien erfolgreich umsetzen, Stuttgart, Schäffer-Poeschel, 1997.

[Kar90] Karbach, W.; Linster, M.: *Wissensakquisition für Expertensysteme: Techniken,*

Modelle und Software Werkzeuge, Carl Hanser Verlag, München, 1990.

[Ker00] Kerres, M.: *Computerunterstütztes Lernen als Element hybrider Lernarrangements,* in: Kammerl, R.: *Computergestütztes Lernen, Oldenbourg,* München, 2000.

[Ker01] Kerres, M.: *Multimediale und telemediale,* Oldenburg Verlag, 2001.

[Kle01] Klein, M.: *Courseware Engineering - ein Vorgehensmodell zur Erstellung von wiederverwendbaren, hypermedialen Kursen,* dissertation, Universität Karlsruhe, 2002.

[KPM01] KPMG Consulting: *Knowledgemanagement im Kontext von E-Business, Status quo und perspektiven 2001- Eine Studie von KPMG Consulting,* 2001.

[Kuh91] Kuhlen, R.: *Hypertext. Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissensbank,* Berlin, Heidelberg, New York, 1991.

[Kun70] Kunz, W.; Rittel, H: *Issues as Elements of Information Systems,* Arbeitspapier Nr. 0131, Universität Stuttgart, Institut für Grundlagen der Planung, 1970.

[Lam99] Lamping, J.; Rao, R.: *The hyperbolic browser: a focus + context technique for visualizing large hierarchiesCard,* in: Card, S. K. et al.: *Readings in information visualization: using vision to think,* Morgan Kaufmann, 1999.

[Lar87] Larkin, J.H.; Simon, H. A.: *Why a Diagram is (sometimes) Worth Ten Thousand Words,* Cognitive Science, 1987, 11, S. 65-99.

[Las01] Lassila, O.; McGuinness, D.: *The role of frame-based representation on the semantic web,* Technical Report KSL-01-02, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Stanford, 2001.

[Lef94] Lefrancois, G. R.: *Psychologie des Lernens,* Springer, Berlin, 1994.

[Leh00] Lehner, F.: *Organisational Memory - Konzepte und Systeme für das organisatorische Lernen und das Wissensmanagement,* C. Hanser Verlag, München, 2000.

[LOM01] Learning Object Metadata: *Draft Standard for Learning Object Metadata. Technical report,* IEEE, New York, 2001.

[Mad83] Madigan, S: *Picture Memory,* in Yuille, J. C.: *Imagery, memory and cognition,* Erlbaum, 1983.

[Mar00] Martin, D. et al.: *Professional XML,* Wrox press, 2000.

[May01] Mayer, R. E.: *Multimedia learning,* Cambridge University Press, Cambridge, 2001.

[May02] Mayer, R. E.; Moreno, R.: *Animation as an Aid to Multimedia Learning,* Educa tional Psychology Review, 14, 2002, S.87-99.

[Mie01] Mielke, R.: *Psychologie des Lernen. Eine Einführung,* Stuttgart, Kohlhammer, 2001.

[Mil56] Miller, G. A.: *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information,* Psychological Review, 63, 1956, S. 81-97.

[Mil93] Miller, G.; Beckwith, R.; Fellbaum, C; Gross, D.; Miller, K: *Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database,* Cognitive Science Laboratory, Princeton University, 1993.

[Mol89] Molitor, S.: *Schreiben und Kognition,* in: Antos, G; Krings, H.P. (Hrsg.).: *Text-*

produktion: Ein interdisziplinärer Forschungsüberblick, Tübingen, 1989.

[Mut91] Muter, P.; Maurutto, P.: *Reading and skimming from computer screens: the paperless office revisited*, Behaviour & Information Technology, 10(4), S. 257-266.

[Nie01] Nielsen, J.: *Designing Web Usability Erfolg des Einfachen*, Markt + Technik, München, 2001.

[Nie95] Nielsen, J.: *Multimedia and Hypertext. The Internet and Beyond*, Academic Press, 1995.

[Nie97] Nielsen, J.: *How Users Read on the Web*, Website: http://www.useit.com/alertbox/9710a.html, Abruf: März 2005.

[Nie97a] Nielsen, J.: *Be Succinct! (Writing for the Web)*, Website: http://www.useit.com/alertbox/9703b.html, Abruf: März 2005.

[Nec91] Neches, R. et al.: *Enabling Technology for Knowledge Sharing*, AI Magazine, 1991, S. 36-56.

[Neu94] Neubert, S.: *Modellkonstruktion in MIKE. Methoden und Werkzeuge*, Dissertation, Infix Verlag, St. Augustin, 1994.

[Neu98] Neumann, S. et al. : *The Art of Knowledge - Potential aus dem Wissen schöpfen, IM Information Management*, 13(1), 1998, S. 66-74.

[Neu99] Neuweg, G. H.: *Könnerschaft und implizites Wissen Zur lehr-lerntheoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis*, Waxmann Verlag, 1999.

[New82] Newell, A.: *The Knowledge Level*, in: Artificial Intelligence, Vol. 18, 1982, S. 87-127.

[Ni83] Nievergelt, J.: *Die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle*, in: Kupka, J. (Hrsg.): *Neuere Sprachkonzepte und Architekturen informationsverarbeitender Systeme*, Informatik-Fachberichte 73, Berlin, Springer, 1983, S. 41-47.

[Non95] Nonaka, I., Takeuchi, H. : *The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies, Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press, 1995.

[Nor98] North, K. et al.: *Wissem messen - Ansätze, Erfahrungen und kritische Fragen*, in Zeitschrift für Organisation, 03, 1998.

[Nor99] North, K.: *Wissensorientierte Unternehmensführung*, Wiesbaden, 1999.

[OEC96] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): *The Knowledge-Based Economy, Organisation for Economic Co-Operation and, Development*, Website: http://www.oecd.org/dataoecd/51/8/1913021.pdf, Abruf: März 2005.

[OEC01] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): *Knowledge Management: Learning -by-Comparing Experiences from private firms and public organisations*, PUMA/HRM (2001)3, 2001.

[OEC04a] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): *Ageing and Employment Policies - United Kingdon*, Website: http://www1.oecd.org/publications/e-book/8104181E.pdf, Abruf: März 2005.

[OEC04b] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): *Ageing and Employment Policies - Italy*, Website: http://www1.oecd.org/publications/e-book/8104141E.pdf, Abruf: März 2005.

[Ogd23] Ogden, C.K.; Richards, I.A.: *The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism,* Routledge & Kegan Paul Ltd., London, 1923.

[OHa01] O'Hara, K.; Sellen, A.: *A Comparison of Reading Paper and On-Line Documents,* Rank Xerox Research, 2001.

[O'Ha02] O'Hara, K.; Taylor, A, Newman, W.; Sellen, A.: *Understanding the Materiality of Writing while Reading from Multiple Sources,* International Journal of Human-computer Studies, 56, 2002, 2002.

[OHa99] O'Hara, K.; Sellen, A.; Richard B.: *Supporting memory for spatial location while reading from small displays,* in: CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems, ACM Press, 1999.

[Pai71] Paivo, A.: *Imagery and verbal processes,* New York, 1971.

[Pai86] Paivo, A.: *Mental representations: A dual-coding approach,* Oxford, University Press, New York, 1986.

[Pau89] Pautzke, G.: *Die Evolution der organisatorischen Wissensbasis. Bausteine zu einer Theorie des organisatorischen Lernens,* München, 1989.

[Paw98] Pawlowsky, P. (Hrsg.): *Wissensmanagement: Erfahrungen und Perspektiven,* Wiesbaden, Gabler, 1998.

[Pep86] Peper, R.; Mayer, R.E.: *Generative effects of note-taking during science lectures,* Journal of Educational Psychology, 1986, 78, S. 34-38.

[Poj98] Pojman, L. P.: *What can we know: An introduction to the theory of knowledge,* Wadsworth, 1995.

[Pol67] Polanyi, M.: *The tacid Dimension,* New York, Doubleday, 1967.

[Pos88] Posner, M.I: *Introduction: What is to be an Expert,* in: Chi, M.T.H. et al. (Hrsg.): *The nature of expertise,* Hillsdale, Erlbaum, 1988.

[Pos89] Posner, M.I. (Hrsg.) : *Foundations of cognitive science,* Cambridge, MA, MIT Press, 1989.

[Pre94] Preece, J. et al.: *Human-Computer Interaction,* Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1994.

[Pro94] Probst, G., Büchel, B.: *Organisationales Lernen - Wettbewerbsvorteil der Zukunft,* Wiesbaden, Gabler, 1994.

[Pro97] Probst, G., Raub, S., Romhardt, K.: *Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen,* Gabler, Wiesbaden, 1997.

[Pup03] Puppe, F. et al.: *Knowledge Engineering.* in Görz, G. et al. (Hrsg.): *Handbuch der künstlichen Intelligenz,* 3. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, 2003.

[Pup91] Puppe, F.: *Einführung in Expertensysteme,* Springer, Heildelberg, 1991.

[Rei02] Reißing, R.: *Bewertung der Qualität objektorientierter Entwürfe,* Dissertation, Universität Stuttgart, 2002.

[Rei04] Reimann, P.; Rapp, A.: *Expertiseforschung,* Erscheint in: Renkl, A. (in Vorbereiung): Pädagogische Psychologie, Bern, Huber, 2004.

[Rei90] Reinking, D., Rickman, S.: *The effects of computer-mediated texts on the vocabulary learning and comprehension of intermediate grade readers,* in: Journal of Reading Behavior, 1990, 22 (4), S. 395-411.

[Rei91] Reimer, U.: *Einführung in die Wissensrepräsentation,* Teubner, Suttgart, 1991.

[Reh96] Rehäuser, J., Krcmar, H. : *Wissensmanagement im Unternehmen,* in: Schreyögg, G., Conrad, P. (Hrsg.): *Managementforschung 6 - Wissensmanagement,* Berlin-New York, 1996, S. 1-40.

[Rob97] Robertson, S. E.; Jones, K. S.: *Simple proven approaches to text retrieval,* Technical Report TR356, Cambridge University Computer Laboratory, 1997.

[Rob98] Robertson, G.; Czerwinski, M.; Larson, K.; Robbins, D.C.; Thiel, D.; van Dantzich, M.: *Data mountain: Using spatial memory for document management,* in: Proceedings of the ACM Symposium on User Interface, Software and Technology ’98, 1998, S. 153–162.

[Rom98] Romhardt, K. *Die Organisation aus der Wissensperspektive -Möglichkeiten, und Grenzen der Intervention,* Dissertation an der Université de Genève 1998, Wiesbaden 1998.

[Roth00] Rothfuss, G., Ried, C. : *Content Management mit XML: Grundlagen und Anwendungen,* Springer-Verlag, Berlin 2000.

[Rou96] Rouet, J.-F.; Levonen, J. J.: *Studying and learning with hypertext: Empirical studies and their implications,* in: Rouet, J.-F.; Levonen, J. J.; Dillon, A.; Spiro, R. J. (Hrsg.): *Hypertext and cognition,* Mahwah, NJ: Erlbaum, 1996.

[Rou96a] Rouet, J.-F.; Levonen, J. J.; Dillon, A.; Spiro, R. J.: *An introduction to hypertext,* in: Rouet, J.-F.; Levonen, J. J.; Dillon, A.; Spiro, R. J. (Hrsg.): *Hypertext and cognition Mahwah, NJ: Erlbaum, 1996.*

[Rus97] Russel, B. *Probleme der Philosophie,* 18. Auflage, Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag 1997.

[Ryl92] Ryle, G.: *Der Begriff des Geistes,* Stuttgart, Philpp Reclam, 1992.

[Sad91] Sader, M.: *Psychologie der Gruppe,* Weinheim und München 1991.

[San99] Sander, J.: *Mediengestütztes Bildungsmanagement : virtuelle Lernwelten für Unternehmen,* Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1999.

[Sch00] Schreiber, G.; Akkermans, H.; Anjewierden, A.; De Hoog, R.; Shadbolt, N.; Van de Velde, W.; Wielinga, B.: *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology,* MIT Press, 2000.

[Sch01] Schanze, S.: *Wissenserwerb mithilfe der internetbasierten Lernumgebung ChemNet, Eine empirische Untersuchung zum Lernen mit linearen und vernetzten Hypertexten,* Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2001.

[Sch03] Schäffner, M.: *Konzeption und Implementierung einer Textanalysekomponente zur Unterstützung des Wissensingenieurs in der Nachbereitung von Experteninterviews,* Studienarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg, 2003.

[Sch93] Schreiber, G.; Wielinga, B.; Breuker, J. (Hrsg.): *KADS: A Principled Approach to Knowledge-Based System Development,* Academic Press, London, 1993.

[Sch94] Schreiber, G.; Wielinga, B.; Akkermans, H.; Van de Velde, W.; De Hoog, R.: *CommonKADS: A comprehensive methodology for KBS development,* in: IEEE Expert, 9(6), S. 28–37, 1994.

[Sch95] Schein, E. H.: *Unternehmenskultur. Ein Handbuch für Führungskräfte,* Frankfurt-New York, 1995.

[Sch96] Schüppel, J.: *Wissensmanagement - Organisatorisches Lernen im Spannungsfeld von Wissens- und Lernbarrieren,* Gabler, Wiesbaden, 1996.

[Sch98a] Schreiber, A.: *CBT-Anwendungen professionell entwickeln,* Springer-Verlag, Berlin, 1998.

[Sch98b] Schilit, B.; Golovchinsky, G.; Morgan, N.: *Beyond Paper: Supporting Active Reading with Free Form Digital Ink Annotations,* in: Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'98, 1998.

[Sel02] Sellen, A.; Harper, R.: *The myth of the paperless office,* Cambridge, MIT Press, 2002.

[Sev91] Severinson-Eklundh, K.: *Problems in Achieving a Global Perspective in Computer-Based Writing,* in: Computers and Writing IV, Brighton, 1991.

[Sim89] Simon, H. A.; Kaplan, C. A.: *Foundations of cognitive science,* in: Posner, M.I. (Hrsg.) : *Foundations of cognitive science,* Cambridge, MA, MIT Press, 1989.

[Sku91] Skuce, D.; MEYER, I.: *Terminology and Knowledge Engineering: Exploring a Symbiotic Relationship,* in: Proceedings of the 6th International Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems, S. 21-29, 1991.

[Spi90] Spiro, R.J.; Jehng, J.: *Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the non-linear and multidimensional traversal of complex subject matter,* in: Nix, D.; Spiro R. (eds.): *Cognition, Education, and Multimedia,* Hillsdale, Ehrlbaum, 1990.

[Spi91] Spiro, R.J.; Feltovich, P.J.; Jacobson, M.J.; Coulson, R.L.: *Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains,* Educational Technology, 1991. S. 24-33.

[Sta04] Stangl, W.: *Nonverbale Kommunikation,* Website: http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/KOMMUNIKATION/KommNonverbale.shtml, Abruf: März 2004.

[Sta05] Statistisches Bundesamt: *Personal des öffentlichen Dienstes,* Artikelnummer: 2140600037004, Fachserie 14 / Reihe 6, Wiesbaden, 2005.

[Ste02] Steinacker, A.: *Medienbausteine für web-basierte Lernsysteme,* Dissertation:TU Darmstadt, 2002.

[Ste96] Steinmetz, R.: *Multimedia,* ABC-Verlag, 1996.

[Ste98] Steward, T.: *Der vierte Produktionsfaktor: Wachstum und Wettbewerbsvorteile durch Wissensmanagemen,* Hanser Verlag, München, 1998.

[Sto00] Stoyan, H.; Carsten, H.; Michael, M.: *von Unternehmenszielen zu Wissensmanagementzielen,* in: Knowtech 2000: Knowledge Engineering, Management, Consulting &Training, 2000.

[Sto02] Stoyan, H.: *Wissen, was ist das eigentlich,* Vortrag im Arbeitskreis Wissensmanagement, Website: http://www.wissenserwerb.de, Abruf: Dezember 2004.

[Sto04] Stoyan, H. et al.: *Wissenserwerb und Wissensmanagement,* in: Hammwöhner, R.; Rittberger, M.; Semar, W.: *Wissen in Aktion. Der Primat der Pragmatik als Motto der Konstanzer Informationswissenschaft. Festschrift für Rainer Kuhlen,* Schriften zur Informationswissenschaft, 41, Konstanz, UVK Verlagsgesellschaft, 2004.

[Sto89] Stoyan, H.: *Programmiermethoden der Künstlichen Intelligenz,* Springer, Berlin-Heidelberg, 1989.

[Str00] Strube, G. et al.: *Kognition,* in: Görz, G. et al. (Hrsg.): *Handbuch der künstlichen Intelligenz,* 3. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, 2003.

[Str96] Strube, G. et al. (Hrsg.): *Wörterbuch der Kognitionswissenschaft,* Stuttgart, Klett-Cotta, 1996.

[Str97] Strzebkowski, R.: *Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken,* in: Issing, L.; Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia,* Psychologie Verlags Union, Weinmheim, 1997.

[Stu98] Studer, R.; Benjamins, V. R.; Fensel, D.: *Knowledge Engineering: Principles and Methods,* in: Data and Knowledge Engineering. 25, 1998, S. 161-197.

[Sun05] Sun Microsystems, Inc: *The Java Media Framework API (JMF),* Website: http://java.sun.com/products/java-media/jmf/index.jsp, Abruf: März 2005.

[Sve98] Sveiby, K.: *Wissenskapital. Moderne Industrie,* Landsberg/Lech, 1998.

[Tal97] Talksdorf, R.: *Die Sprache des Webs: HTML 4,* dpunkt Verlag, 1997.

[Tau97a] Tauscher, L.; Saul, G.: *How people revisit web pages: empirical findings and implications for the design of history systems,* in: International Journal of Human-Computer Studies, vol. 47, S. 97-137, 1997.

[Tau97b] Tauscher, L.; Greenberg, S.: *Revisitation Patterns in World Wide Web Navigation,* in: ACM SIGCHI'97 Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, S. 22-27, 1997.

[Ter97] Tergan, S.: *Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme,* in: Issing, L.; Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia,* Psychologie Verlags Union, Weinmheim, 1997.

[Tha94] Thaller, G. E.: *Software-Metriken einsetzen, bewerten, messen,* Heise, 1994.

[Thü95] Thüring, M.; Hannemann, J.; Haake, J.: *Hypermedia and Cognition: Designing for Comprehension,* Communications of the ACM, ACM 38(8), S. 57-66, 1995.

[Tra96] Trauboth, Heinz: *Software-Qualitätssicherung: Konstruktive und analytische Maßnahmen,* 2. Auflage, Oldenbourg, 1996.

[Tuc65] Tuckman, B.: *Developmental Sequence in Small Groups,* Psychological Bulletin 63, 1965, S. 384-399.

[Tul72] Tulving, E.: *Episodic and semantic memory,* in Tulving, E., Donaldson, W.(Hrsg.): *Organization of memory,* Oxford Universty Press, New York, 1972.

[Tur96] Turk, A.; Stoyan, H.: *Verarbeitung und Dokumentation natürlichsprachlicher Äußerungen in der Anforderungsanalyse,* in: Ortner, E.; Schienmann, B.; Thoma, H.: *Natürlichsprachlicher Entwurf von Informationssystemen: Grundlagen, Methoden, Werkzeuge, Anwendungen,* Konstanz, 1996.

[Tur99] Turk, A.: *Der Requirements Analysis Assistant (RASSI) – ein Werkzeug für den Wissenserwerb,* in: Puppe, F.; Fensel, D.; Köhler, J.; Studer, R.; Wetter, T. (Hrsg.): *Proceedings of the 5th German Conference on Knowledge-Based Systems (XPS-99), Exhibition: Tools for Building Knowledge-Based Systems,* Internal Report of Würzburg University, S. 221-222, 1999.

[Ush95] Uschold, M.; King, M.: *Towards A Methodology for Building Ontologies,* IJCAI-

95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, Montreal, Canada, 1995.

[Ush96] Uschold, M.; Gruninger, M.: *Ontologies: principles, methods, and applications,* Knowledge Engineering Review, vol. 11, 2, S. 93–155, 1996.

[vDi83] van Dijk, T.A.; Kintsch, W.: *Strategies of discourse comprehension,* Academic Press, Orlando, 1983.

[vKr95] von Krogh, G., Roos, J. : *Organizational Epistemology,* St. Martin's Press, 1995.

[vHe97] van Heijst, G.; Schreiber, A. T.; Wielinga, B. J. : *Using explicit ontologies in KBS development,* International Journal of Human-Computer Studies, 2-3, 1997, S. 183-292.

[Ver99] Versteegen, G.; Mühlbauer, J. *Dem Wissen auf der Spur,* IS-Report 2/99, S. 10-14, 1999.

[Utt89] Utting, K.; Yankelovitch N.: *"Context and Orientation in Hypermedia,* ACM Transactions on Information Systems, ACM Press, 1989.

[W3C] World Wide Web Consortium: *The Extensible Stylesheet Language Family (XSL),* Website: http://www.w3.org/Style/XSL/, Abruf: März 2005.

[Wan95] Wang, W.: *Semantik net based hypertext for authoring and reuse,* Dissertation, Uni versity of Liverpool, 1995.

[Wat69] Watzlawick, P. et al.: *Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien,* Huber Verlag, Bern, 1969.

[Wei97] Weidenmann, B.: *Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß,* in: Issing, L.; Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia,* Psychologie Verlags Union, Weinmheim, 1997.

[Wei96] Weinert, F.E. (Hrsg.): *Psychologie des Lernens und der Instruktion,* Göttingen, Hogrefe, 1996.

[Wes94] Wessels, M.G.: *Kognitive Psychologie,* New York, 1994.

[Wie92] Wielinga, B.; Schreiber, G.; Breuker, J.: *KADS: a modelling approach to knowledge engineering,* Knowledge Acquisition, 4(1), S. 5-53, 1992.

[Wie92a] Wielinga, B.; Schreiber, G.; Breuker, J.: *KBS Development through Knowledge Modelling,* in: Steels, L.; Lepape, B. (eds.): *Enhancing the Knowledge Engineer ing Process - Contributions from ESPRIT,* Elsevier Science, Amsterdam, S. 15-51, 1992.

[Wie97] Wielinga, B.; Sandberg, J.; Schreiber, G.: *Methods and Techniques for Knowledge Management: What Has Knowledge Engineering to Offer?* in: Expert Systems with Applications, 13(1), S. 73-84, 1997.

[Wii99] Wiig, K. M.: *Knowledge Management: An Emerging Discipline Rooted in a Long History,* in: Chauvel, D.; Despres, C. (Hrgs.): *Knowledge Management,* Paris, Theseus, 1999.

[Wiig04] Wiig, K. M.: *People-Focused Knowledge Management for Enterprise Performance,* Butterworth-Heinemann, 2004.

[Wil01] Willke, H.: *Systemisches Wissensmanagement,* Stuttgart, Lucius & Lucius, 2001.

[Woo02] Woodruff, A. et al.: *A Comparison of the Use of Text Summaries, Plain Thumbnails, and Enhanced Thumbnails for Web Search Tasks,* JASIST 53(2), S. 172-

185, 2002.

[Zha94] Zhang, J.; Norman, D.A.: *Representations in distributed cognitive tasks,* Cognitive Science, 1994, 18, S. 87-122.

[Zha97] Zhang, J.: *The nature of external representations in problem solving,* Cognitive Science, 1997, 21, S. 179-219.

[Zim96] Zimbardo, Y.: *Psychologie,* Weinheim, 1996.

[Zip49] Zipf, G. K.: *Human Behavior and the Principle of Least Effort. An introduction to human ecology,* Addison-Wesley Press, 1949.

[Xia04] Xiaoming, C. et al.: *Knowledge retention in the public sector,* in: Proceedings of the 5th European Conference on Knowledge Management - 2004, Paris, 2004.

LEBENSLAUF

Name:	Raymond Bimazubute
Adresse:	Lerchenstr. 1, D-91056 Erlangen
Geburtsdatum:	23. Juli 1971
Geburtsort:	Kamenge (Burundi)
Familienstand:	verheiratet, 3 Kinder
Staatsangehörigkeit:	Burundisch

Schulbildung

1977-1983	Grundschule in Bujumbura (Burundi)
1983-1990	Gymnasium Bujumbura (Burundi)
	Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
1990-1992	Offizierschule in Bujumbura (Burundi)
1992-1992	Bundessprachenamt in Hürth
1992-1993	Studienkolleg in München

Studium

1993-1997	Universität der Bundeswehr München
Abschluss	Diplom-Informatiker Univ.
Studienfach	Informatik

Berufstätigkeit

1997-1999	Anwendungsentwickler bei der Hypovereinsbank (München)
1999-2003	Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Wissenserwerb am Bayerischen Forschungszentrum für Wissensbasierte Systeme (FORWISS)
Seit 2003	Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz