GMW Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V.

MEDIEN IN DER WISSENSCHAFT : BAND 22

Matthias O. Will

Aufbau und Nutzung einer digitalen Bibliothek in einer universitären Ausbildungsumgebung

WAXMANN

Matthias O. Will

Aufbau und Nutzung einer digitalen Bibliothek in einer universitären Ausbildungsumgebung

Waxmann Münster / New York
München / Berlin

Bibliografische Informationen Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

D 25

Medien in der Wissenschaft; Band 22
Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V.

ISSN 1434-3436
ISBN 3-8309-1220-X

© Waxmann Verlag GmbH, Münster 2002

http://www.waxmann.com
E-Mail: info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Pleßmann Kommunikationsdesign, Ascheberg
Druck: Zeitdruck GmbH, Münster
Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier, DIN 6738

Alle Rechte vorbehalten
Printed in Germany

Geleitwort

Diese Arbeit beleuchtet den Aufbau und die Nutzung einer digitalen Bibliothek in einem universitären Umfeld unter didaktisch-pädagogischer, konzeptioneller, bibliothekarisch-organisatorischer und analytisch-evaluierender Perspektive. Technische Aspekte treten in den Hintergrund, weil angenommen wird, dass die entsprechende Infrastruktur vorhanden ist. Neu und innovativ an der Betrachtung ist somit der interdisziplinäre Blickwinkel. Damit gelingt es, theoretische Ansätze und Prinzipien mit praktischen Aspekten zu kombinieren, so dass diese Arbeit Wissenschaftler wie Praktiker und interessierte Laien gleichermaßen anspricht. Ihre Stärke ist eine zugleich systematische und pragmatische Vorgehensweise.

In der Arbeit geht es einerseits um die Erstellung von Inhalten und der dafür erforderlichen Werkzeuge, zum anderen um die Schaffung einer passenden Infrastruktur, um elektronische Lernmedien langfristig bereitstellen und nachweisen zu können. Dabei werden konventionelle Ansätze aus bibliothekswissenschaftlicher Praxis mit neueren Verfahren zum Nachweis von Lernmedien kombiniert. Zugleich wird ein Ansatz zur kooperativen Erschließung dieser Medien unter Beteiligung von Inhaltsanbietern und Bibliotheken vorgestellt.

Die Nutzung einer digitalen Bibliothek wird ebenfalls von zwei Seiten betrachtet. Unter dem Aspekt der Wissensvermittlung wird von der Prämisse ausgegangen, dass effizienter Wissenserwerb problemorientierte Lernprozesse voraussetzt. Dabei mündet die Betrachtung unterschiedlicher didaktisch-pädagogischer Ansätze in die Entwicklung eines eigenen Rahmenkonzepts zum netzgestützten problemorientierten Lernen. Zweitens wird untersucht, inwieweit in einer hybriden, web-basierten Umgebung aufgrund regelmäßig und automatisch erhobener Protokolldaten Rückschlüsse auf die Nutzung einer digitalen Bibliothek und deren Medien getroffen werden können. Dazu wurde ein eigenes Verfahren – Library Mining – entwickelt und durch eine Langzeitanalyse über etwa zwei Jahre verifiziert. Dabei wird deutlich, dass bei exakter Protokollierung der nutzungsrelevanten Ereignisse quantitative Analyseverfahren die Ergebnisse qualitativer Untersuchungsmethoden sinnvoll unterstützen können. Diese Methode stößt jedoch an systembedingte Grenzen wenn sowohl die Anzahl der Nutzer pro Zeitraum als auch die Anzahl relevanter Lernmedien gering ist. Die für eine rein quantitative Analyse notwendigen Voraussetzungen sind aber wegen der komplexen Entwicklung lernförderlicher, multimedialer Lernmedien und den dazu benötigten Ressourcen selten gegeben. Insbesondere ergibt sich hier das Problem erhöhter Kosten für wissenschaftliche Bibliotheken zum Erwerb solcher Medien, abgesehen von den regelmäßig anfallenden Maßnahmen zur langfristigen Migration und Archivierung, wie ebenfalls verdeutlicht wird. Die Sicherung der langfristigen Nutzbarkeit digitaler Lernmedien erfordert da-

her einheitliche Rahmenbedingungen, die sichern, dass die zum problemorientierten Lernen erforderlichen Medien in möglichst großer Zahl auf Dauer bereitgestellt werden.

Freiburg, den 5. Juli 2002 Prof. Dr. Thomas Ottmann

Danksagung

Lehren und Lernen mit Neuen Medien ist ein immer wieder aufs Neue spannender Themenkomplex. Dies habe ich in den vergangenen Jahren meiner Zeit als Doktorand auf verschiedenem Weg immer wieder neu erfahren dürfen. Für den Freiraum, der nötig ist, um sich mit einem so komplexen, interdisziplinären Thema zu beschäftigen, danke ich zunächst meinem Betreuer, Herrn Professor Ottmann. Außerdem möchte ich der Zweitgutachterin, Frau Professorin Brüggemann-Klein danken, mit der ich seit dem ersten Projekt, in dem ich als Pilotanwender mitgearbeitet habe (MeDoc), in gutem Kontakt stehe.

Insbesondere dankbar bin ich auch für vier Monate, die ich 1999 am Bundesministerium für Bildung und Forschung verbringen konnte, um dort Herrn Dr. Vogel bei der Vorbereitung eines Forschungsprogramms zum eingangs erwähnten Thema zu assistieren. Er hat mir nicht nur ermöglicht, die Drittmittelforschung einmal aus Sicht der fördernden Institution zu sehen, sondern war immer und gerne ein aufgeschlossener und interessierter Diskussionspartner. Auch ihm sei an dieser Stelle herzlich gedankt. In Bonn war es auch, dass ich mich mit der pädagogisch-didaktischen Seite des medialen Lernens beschäftigen konnte; einige der interessanten wissenschaftlichen Arbeiten, die mich sehr inspiriert haben, sind im Literaturverzeichnis aufgeführt. Dies war gleichzeitig der Beginn meiner Beschäftigung mit dem Thema Computerunterstütztes Kooperatives Lernen (CSCL), und dies führte dazu, dass sich mein Blick auf die Entwicklungen auf den Gebieten Digitale Bibliotheken, Elektronisches Publizieren und CSCL von einer eher informationstechnisch beeinflussten zu einer interdisziplinären Sicht geweitet hat. Hierzu hat maßgeblich mein Bonner Kollege, Dr. Volker Wulf, beigetragen, auch ihm ein herzliches Dankeschön.

Die meiste Zeit allerdings habe ich freilich in Freiburg verbracht, und ich danke meinen Kollegen, die mich auf meinem wissenschaftlichen Weg begleitet haben. Dank auch an alle, die Teile meiner Arbeit kritisch korrekturgelesen haben und so mit ihren konstruktiven Kommentaren zu deren Gelingen wesentlich beigetragen haben.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung: Die Rolle digitaler Bibliotheken innerhalb einer universitären Lernumgebung 13

2 Lehr- und Lernparadigmen als Grundlage lernförderlicher Mediennutzung 21

2.1 Lernen und Wissen – Versuch einer Definition 21

2.2 Modellierung von Lernprozessen 24

2.3 Theorien des Lernens 31

2.3.1 Instruktives Lernen 31

2.3.2 Kognitive Lernformen 35

2.3.3 Konstruktives Lernen 39

2.3.4 Das Leitkonzept der Problemorientierung 45

2.4 Netzbasiertes Lernen zur Unterstützung multipler Lernformen 51

2.4.1 Telematische Werkzeuge und ihre Funktion in Lernprozessen 51

2.4.2 Ein didaktischer Ansatz zum telematisch unterstützten problembasierten Lernen 57

2.5 Zusammenfassung 64

3 Konzeption und Erstellung von Lernmitteln für eine digitale Bibliothek 67

3.1 Publikationsprozesse im Umbruch 68

3.1.1 Autoren-, Nutzer- und Archivformate 68

3.1.2 Erfassung strukturierter Daten für Textdokumente 71

3.1.3 Entwicklung von Lernmedien im interdisziplinären Team 73

3.1.4 Anforderungen an Lernmedien 74

3.1.5 Technische Anforderungen bei der Entwicklung multimedialer Lernsoftware 77

3.1.6 Modelle für die Multimedia-Softwareentwicklung 78

3.2 Autorensysteme zur Implementierung multimedialer Dokumente 81

3.3 Konzeption und Erstellung multimedialer Lehrbücher in akademischem Kontext 84

3.3.1 Konzeption multimedialer Lehrbücher 85
3.3.2 Vorüberlegungen für die Produktion elektronischer Lehrbücher 86
3.3.3 Manuskripte als Grundlage multimedialer Lehrbücher 93
3.3.4 Aufzeichnung von Vorträgen und deren Integration 102
3.3.5 Integration externer Applikationen in multimediale Lehrbücher 105
3.3.6 Integration plattformabhängiger und plattformunabhängiger Komponenten 112

3.4 Langfristige Wiederverwendbarkeit 113

3.5 Zusammenfassung 120

4 Bereitstellung und Nachweis elektronischer Publikationen 123

4.1 Systematische Erschließung didaktischer Medien 125
4.1.1 Bibliographische Daten und Metadaten 128
4.1.2 Verbale Nachweismethoden 130
4.1.3 Klassifikatorische Nachweismethoden 133
4.1.4 Das Z39.50-Protokoll 146
4.1.5 Standardisierter Austausch von Metadaten: Bibliothekarische Ansätze 150
4.1.6 Learning Objects Metadata: Nachweis pädagogischer Medien 162
4.1.7 Erweiterbarkeit und Integration heterogener Metadaten 171
4.1.8 Der Digital Object Identifier 181

4.2 Nachweis von Lernmedien im Verbund mit wissenschaftlichen Bibliotheken 193
4.2.1 Anforderungen an einen verteilten Dokumentenspeicher für Lernmaterialien 194
4.2.2 Architektur des Dokumentenspeichers für Lernmedien 196
4.2.3 Nutzerrollen und damit verbundene Zugangsberechtigungen 199
4.2.4 Kontrollierte Freigabe und Veröffentlichung von Lernmaterialien 201
4.2.5 Implementierung des Learning Objects Metadata-Schemas 204
4.2.6 Kooperation zwischen Inhaltsanbietern und Bibliotheken 223
4.2.7 Abbildung der Metadaten auf ein bibliothekarisches Format 228
4.2.8 Einbindung der Arbeitsabläufe von Autoren, Validatoren und Bibliothekaren in die lokale Lernumgebung 236

4.3 Dokumenten-Management 242

4.3.1 Forderungen an ein verteiltes Dokumenten-Management-System 243
4.3.2 WebDAV als Erweiterung des HTTP-Standards 251
4.3.3 Annotationen auf Informationsobjekten 255

4.4 Persistente Medienhaltung 257
4.4.1 Analoge Archivierung 259
4.4.2 Archivierung durch Digitalisierung 262

4.5 Zusammenfassung 269

5 Analyse der Nutzung digitaler Bibliotheken 273

5.1 Analyse über Server-Logfiles 278
5.1.1 Das Common Log File Format und dessen Erweiterung 278
5.1.2 Mögliche Rückschlüsse 279
5.1.3 Maßnahmen zur Optimierung der Aussagefähigkeit 280
5.1.4 Grenzen des Verfahrens 281

5.2 Datenbankgestützte Interaktionen 282

5.3 Library Mining als Synthese aus Logfile-Analyse und Metadaten-Retrieval 283
5.3.1 Vorüberlegungen zum automatischen Analyseverfahren digitaler Bibliotheken 284
5.3.2 Ausgabe des Analyseverfahrens 288

5.4 Ergebnisse der Analyse 289
5.4.1 Allgemeine Resultate 290
5.4.2 Nutzung einzelner Publikationen 297
5.4.3 Nutzung der Suchfunktion des Bibliotheks-Servers 325
5.4.4 Fazit der exemplarischen quantitativen Analysen 334

5.5 Zusammenfassung 336

6 Zusammenfassung und Ausblick 339

6.1 Ergebnisse der Arbeit 339

6.2 Potenziale für weiterführende Forschung und Entwicklung 341

Anhang A: ARIADNE Document Type Definition 345

Anhang B: DLmeta Document Type Definition 349

B.1 Basisrahmen der erweiterten Document Type Definition 349

B.2 Basis-Definition des Metadaten-Schemas nach DLmeta 349

Anhang C: XSL-Templates für die Abbildung der ARIADNE Metadatensätze nach DLmeta 359

Anhang D: Korrespondenz zwischen proprietären Klassen (ARIADNE) und normierten Klassifikationen 371

D.1 Korrespondenztabelle für die Naturwissenschaften 371

D.2 Korrespondenztabelle für die Geisteswissenschaften 372

Literaturverzeichnis 375

Index 391

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Vergleich zweier Nutzerformate: PDF (links) und HTML (rechts) 97
Abbildung 3.2: Hierarchische Navigation im Text 98
Abbildung 3.3: Literaturverweise als Annotationen im Text 100
Abbildung 3.4: Visuelle Foliennavigation 101
Abbildung 3.5: Übersichtsseite eines aufgezeichneten Vortrags 104
Abbildung 4.1: Zusammenhänge der ARIADNE-Metadaten 208
Abbildung 4.2: WebDAV – Interaktion zwischen Client und Server 251
Abbildung 5.1: Klassifikation aller Zugriffe nach Typ 293
Abbildung 5.2: Sitzungen mit und ohne Nutzung von Publikationen 296
Abbildung 5.3: Algorithmen und Datenstrukturen – Genutzte Module pro Monat 304
Abbildung 5.4: Algorithmen und Datenstrukturen – Transiente und betrachtete Module pro Monat 306
Abbildung 5.5: Algorithmen und Datenstrukturen – Module und Sitzungen 308
Abbildung 5.6: Prinzipien des Algorithmenentwurfs - Genutzte Module pro Monat 310
Abbildung 5.7: Prinzipien des Algorithmenentwurfs – Transiente und betrachtete Module 311
Abbildung 5.8: Online-Vortrag Rechnernetze – Übersichtsseite 313
Abbildung 5.9: Vorlesungsaufzeichnung Rechnernetze – Sitzungen pro Einheit 314
Abbildung 5.10: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Durchschnittliche monatliche Nutzung 316
Abbildung 5.11: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Absolute wöchentliche Nutzung 317
Abbildung 5.12: Vorlesungsaufzeichnung Rechnernetze – Anzahl wöchentlicher Sitzungen 318
Abbildung 5.13: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Genutzte Einheiten pro Sitzung nach Wochen 320
Abbildung 5.14: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Dauer der externen Zugriffe auf Startpunkte und Übersichtsseiten 322
Abbildung 5.15: Prozentualer Anteil der Sitzungen mit genutzter Suchfunktion (je Woche) 328
Abbildung 5.16: Themen in den Suchoperationen 329
Abbildung 5.17: Klassifizierung der absoluten Zahl der Suchoperationen 332

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Implizites und explizites Lernen 26
Tabelle 2.2: Charakterisierung der Lernzielklassen im Lernzyklus 29
Tabelle 2.3: Lernertyp und Lernzielklasse abhängig von Disposition und Beschäftigung 30
Tabelle 2.4: Telematische Unterstützungsmöglichkeiten für heterogene Lernszenarien 53
Tabelle 3.1: Farbliche Typisierung der Verweise abhängig vom Medientyp 99
Tabelle 4.1: Klassifikatorische Nachweismethoden 135
Tabelle 4.2: Basisklassen der Dezimalklassifikation nach Dewey 139
Tabelle 4.3: Regeln und Symbole für die Verknüpfung der Klassifikationsnummern der Universalen Dezimalklassifikation 142
Tabelle 4.4: Blöcke des MARC-Austauschformats 153
Tabelle 4.5: Dublin Core-Elemente und ihre Bedeutung 156
Tabelle 4.6: Dublin Core-Qualifier 158
Tabelle 4.7: Learning Objects Metadata und ihre Bedeutung 169
Tabelle 4.8: DOI – Strukturelle Typen einer Ressource 190
Tabelle 4.9: DOI – Relationstypen zu anderen Ressourcen 190
Tabelle 4.10: Metadaten-Felder in ARIADNE und ihre Korrespondenz in LOM 207
Tabelle 4.11: Korrespondenz der Datenfelder zwischen LOM und ARIADNE 216
Tabelle 4.12: Korrespondenz zwischen ARIADNE-Typ und Typerweiterung in DLmeta 235
Tabelle 5.1: Lizenzmodelle und deren Eigenschaften 275
Tabelle 5.2: Fehlercodes des HTTP-Protokolls 291
Tabelle 5.3: Absoluter und relativer Anteil der einzelnen Publikationsformen unter den vorhandenen Medien 298
Tabelle 5.4: Gegenüberstellung der Distributionsform der Vorlesungsaufzeichnung 299
Tabelle 5.5: Häufigkeit der Nutzung einzelner Publikationen 300
Tabelle 5.6: Häufigkeit der Nutzung nach Publikationsform 301
Tabelle 5.7: Nutzungsdaten des Lehrbuchs „Algorithmen und Datenstrukturen“ 304
Tabelle 5.8: Lokale Maxima bezüglich der Nutzung der Module des Lehrbuchs „Algorithmen und Datenstrukturen“ 305
Tabelle 5.9: Algorithmen und Datenstrukturen – Verhältnis zwischen transienter und betrachtender Nutzung 306
Tabelle 5.10: Algorithmen und Datenstrukturen: (a) Module pro Sitzung, (b) Zeit pro Modul 307
Tabelle 5.11: Algorithmen und Datenstrukturen – Module pro Sitzung 308

Tabelle 5.12: Nutzungsdaten zum Lehrbuch „Prinzipien des Algorithmenentwurfs“ 309
Tabelle 5.13: Prinzipien des Algorithmenentwurfs – (a) Module pro Sitzung, (b) Zeit pro Modul 312
Tabelle 5.14: Sitzungen mit Nutzung der Suchfunktion (04.10.98 – 31.01.00) 327
Tabelle 5.15: Spezifische und unspezifische Suchbegriffe 330
Tabelle 5.16: Anzahl der Suchaufrufe pro Sitzung mit Suchanfragen 330

Universität Mediozentrum der Universitäts-bibliothek Bamberg

1 Einleitung: Die Rolle digitaler Bibliotheken innerhalb einer universitären Lernumgebung

Medien sind Werkzeuge. Wenn man von Lehren und Lernen mit Neuen Medien spricht, so verbindet der Informatiker damit Fragen hinsichtlich der rechnerunterstützten Präsentation und Verarbeitung digitaler Dokumente in Unterricht, Aus- und Weiterbildung. Andererseits erscheint es dem Pädagogen notwendig, zugleich zu ergründen, welche Rolle digitale Medien innerhalb von Lernprozessen spielen können, mit anderen Worten, wie diese eingesetzt werden können, um den Erwerb mittel- und langfristig nutzbaren, aktiven Wissens zu fördern.

In diesem Zusammenhang fällt häufig der Begriff der Halbwertszeit des Wissens, von der behauptet wird, sie nähme aufgrund der raschen Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechniken ab, besonders in technisch-naturwissenschaftlichen Fachrichtungen. Für die Informatik ergeben sich nach Schätzungen etwa drei bis vier Jahre, wobei hier jedoch zwischen mehreren Wissensklassen zu unterscheiden ist. Einerseits ist dies Fakten- oder Grundlagenwissen, welches die Voraussetzung darstellt, um konkrete Aufgaben lösen zu können. Beispiel hierfür ist der Bereich Algorithmen und Datenstrukturen, welcher integraler Teil des Grundstudiums Informatik ist. Am anderen Ende des Spektrums steht das Werkzeugwissen, also der Umgang mit spezifischen Techniken, etwa die Programmierung in Java. Die Abstraktion des Werkzeugwissens bezeichnet man auch als Methodenwissen, beispielsweise die objektorientierte Softwareentwicklung. Grundlagenwissen ist langfristig gültig, hat also eine hohe Halbwertszeit, während Werkzeugwissen sich häufig (etwa alle zwei bis drei Jahre) ändert, und schließlich ist Methodenwissen mehrmals im Laufe eines Berufslebens zu erneuern. Wenn nun von fallender Halbwertszeit die Rede ist, so bezieht sich dies hauptsächlich auf Werkzeugwissen, wobei der Arbeitnehmer die Fähigkeit besitzen muss, sich dieses rasch – am besten parallel zum gerade bearbeiteten Projekt (*just in time*) – anzueignen. Dies funktioniert jedoch nur, wenn er über entsprechend dazu passendes Methodenwissen verfügt, welches auf Grundlagenwissen aufbaut [EnFe00].

In der Vermittlung von Grundlagenwissen liegt auch die Stärke der universitären Ausbildung. Allerdings verändert sich deren Funktion in dem Maße, in dem Studieren nicht mehr einer Elite vorbehalten bleibt, welche zu wissenschaftlicher Forschung herangebildet wird, sondern ein Hochschulstudium Voraussetzung für projektorientierte, also praxisbezogene berufliche Tätigkeiten, wird. Damit müssen akademische Einrichtungen – im Spagat – neben dem Grundlagenwissen im Rahmen eines Grundstudiums zusätzlich auch Raum für Spezialisierung und Vertiefung in einzelnen Teilgebieten eröffnen, und zwar an praxisnahen Aufgaben, möglicherweise in Kooperation mit Firmen. Beispiele

sind studienbegleitende Praktika in Unternehmen, wie sie integraler Bestandteil jedes Fachhochschulstudiums sind, aber auch Studien- und Diplomarbeiten in der Industrie, durch welche Hochschulabsolventen auf praxisorientierte Anforderungen vorbereitet werden. Häufig sind auch spezielle Trainee-Programme nach dem Eintritt in ein Unternehmen, firmeneigene Universitäten (*corporate universities*) oder Kooperationen von Wirtschaft und Wissenschaft in sogenannten Kompetenzzentren. Deren Ziel ist dabei immer, den Wissenstransfer zwischen Hochschule und Praxis zu fördern und zu verbessern, damit erworbenes Wissen möglichst früh (sinnvollerweise noch während Ausbildung oder Studium) aktiviert und produktiv genutzt werden kann.

Diesen Transferzentren stellt sich, genau wie großen Unternehmen auch, das Problem der Wissensverarbeitung in aufgabenorientierten Gruppen, deren Zusammensetzung in kurzen Zyklen (zwischen einem und maximal fünf Jahren) wechselt. Der zusätzlich zu der regulären Arbeit erforderliche Aufwand zum Erwerb neuen Wissens ist hierbei zu minimieren; es sollte also im Idealfall an vorhandenes Grundlagen- und Methodenwissen angeknüpft werden. Die dabei erworbenen Kompetenzen sollten nicht nur dem Einzelnen und der Lösung der jeweiligen Aufgabe zugute kommen, sondern der Arbeitsgruppe, der Abteilung oder idealerweise dem ganzen Unternehmen. Dies trifft vor allem für Dienstleistungsunternehmen zu, deren Kapital nicht nur aus den Produktionsanlagen und Gütern besteht, sondern aus dem Wissen, welches ihre Angestellten im Laufe ihrer betrieblichen Tätigkeit erwerben. Hier versucht man unter dem Stichwort Wissensmanagement mit informations- und kommunikationstechnischen Mitteln die zum raschen Erwerb praxisorientierten Wissens notwendigen Daten, Dokumente und Informationen verteilt zu speichern, zu nutzen und zu verarbeiten.

Im Zusammenhang mit Wissensmanagement fällt oft das Stichwort des lebenslangen Lernens. Damit ist gemeint, dass einmal erworbenes Wissen nicht nur regelmäßig einzusetzen ist, damit es aktiv bleibt, sondern gerade praxisorientiertes Wissen kontinuierlich aufgefrischt, erneuert und erweitert werden muss. Wenn nicht die Vermittlung von Faktenwissen im Vordergrund steht, sondern von Fertigkeiten, müssen hier universitäre Lehr- und Lernformen, die durch Frontalunterricht, Memorieren und punktuelle Überprüfung des Wissensstandes charakterisiert sind, hinterfragt werden, da sie sich tendenziell beschränken auf die Phase der Informationsvermittlung, aber den Aufbau langfristig aktiven Wissens nicht geeignet unterstützen. Die in der Praxis so nötigen Fähigkeiten zur Gruppenarbeit werden weder in der Schule noch während des Studiums erworben. Um diesem Mangel abzuhelfen, ist jedoch an erster Stelle der Hochschul-

lehrer als Pädagoge gefordert, Lernprozesse gezielt anzuleiten, eine Schwierigkeit, die insbesondere im Kontext eines Massenstudiums schwer zu bewältigen ist[1]. An diesem Punkt spielen digitale Bibliotheken als Infrastrukturen zur Sammlung, Verwaltung, Bereitstellung und Bearbeitung aufbereiteten Wissens am Arbeitsplatz des Lernenden sowie entsprechende Dienstleistungen wie Dokumentenlieferdienste oder anwendungsorientierte Funktionen zur Kooperation und Kommunikation eine zentrale Rolle. Wenn damit die Nutzung sowohl digitaler und multimedialer als auch konventioneller Publikationen integrativ verbessert werden soll, spricht man auch von hybriden Bibliotheken.

Digitale Bibliotheken integrieren also die Archivierung, den Zugriff und die Nutzung heterogener Lernmaterialien und ermöglichen über den Arbeitsplatz des Nutzers nicht nur die anbieterübergreifende Recherche in Verbundkatalogen und den Zugriff auf digitalisierte Medien, sondern binden medienübergreifende und individualisierbare oder individuelle Dienste zur Kommunikation und Kollaboration im Hinblick auf die Nutzung der Medien ein. Die Virtualisierung der einzelnen Komponenten und Funktionen ermöglicht es, entsprechende Infrastrukturen flexibel in das Ausbildungsumfeld der am Lernprozess Beteiligten zu integrieren.

Die vorliegende Arbeit entstammt also dem Gebiet der anwendungsorientierten Informatik, ist andererseits aber interdisziplinär angelegt, indem sie die Bereiche des Bibliothekswesens, der pädagogischen Psychologie und des rechnerunterstützten verteilten Lernens (CSCL) berücksichtigt. Um innerhalb des so abgesteckten Rahmens die Intention dieser Arbeit zu konkretisieren, stellen sich zu Beginn folgende vier Fragen:

1. Wie können die in Verbindung mit digitalen Bibliotheken genutzten Medien – also Infrastruktur, anwendungsorientierte Systeme und Komponenten sowie die eigentlichen Inhalte – individuelle und kollektive Lernprozesse unterstützen und verbessern?

---

[1] An der Technischen Universität München haben sich im Wintersemester 2000/01 allein im Fach Informatik etwa 1200 Studenten eingeschrieben. Dies entspricht einer Verdoppelung gegenüber dem Vorjahr, so dass sich bei gleichbleibender personeller Betreuung das Verhältnis zwischen Lernenden und Lehrenden verschlechtert. Um dem entgegenzuwirken, wurden Lehrstühle umgewidmet und kurzfristig zusätzliche Dozenten eingestellt. Hier verspricht man sich durch den Einsatz informationstechnischer Hilfsmittel zur Kommunikation und Kooperation dem Problem der mangelhaften individualisierten Betreuung entgegenwirken zu können.

2. Wie können multimediale Lerninhalte für eine digitale Bibliothek ressourcensparend konzipiert und produziert werden?
3. Wie können digitale Lernmedien adäquat erschlossen und langfristig gespeichert und archiviert werden, und zwar unabhängig von den Interessen und von der Verfügbarkeit von Informationsanbietern, so dass sie unabhängig von der anbieterspezifisch eingesetzten Infrastruktur zur Speicherung eines Dokumentenbestands recherchier- und nutzbar sind?
4. Welche Aussagen können automatisierte quantitative Analyseverfahren auf der Basis regelmäßig protokollierter Zugriffsdaten hinsichtlich der Nutzung digitaler Bibliotheken und deren Inhalte treffen?

Nicht Gegenstand der Arbeit sind Fragen nach der informationstechnischen Infrastruktur, die erforderlich ist, um die verschiedenen benötigten Dienste einer digitalen oder hybriden Bibliothek zu realisieren. Dies bezieht sich sowohl auf die Komponenten zur Speicherung heterogener Medien und deren Schnittstellen, als auch auf die konkret eingesetzten integrierten Lehr- und Lernsysteme. In beiden Fällen erweist sich, dass die Auswahl weniger durch die Funktionalität, sondern vielmehr durch die finanziellen und technischen Möglichkeiten determiniert wird. Auch die Fragen bezüglich der Vermittlung zwischen Anbieter- und Nutzersystemen, beispielsweise durch intelligente autonome Agenten, wird nicht beleuchtet. Es wird vielmehr davon ausgegangen, dass hier existierende (Teil-)Systeme entsprechend den jeweiligen konkreten Anforderungen einer Bildungseinrichtung ausgewählt und integriert werden können. Dabei wird aufgrund der raschen technologischen Entwicklung in regelmäßigen Abständen eine Neuorientierung erforderlich sein. Schließlich werden auch Fragen hinsichtlich der Authentizität digitaler Dokumente (etwa durch Einbettung von Wasserzeichen [DiSt99]), der sicheren Übertragung zwischen Informationsanbieter und Kunde sowie der Authentifizierung der Nutzer nicht betrachtet, die allerdings spätestens dann zu berücksichtigen sind, wenn es sich bei den Medien der Bibliothek um kostenpflichtige Materialien handelt. Zur Wartung, Pflege und Weiterentwicklung kommen längerfristig für eine wissenschaftliche Einrichtung lokale Rechenzentren in Frage, so dass sich hier eine grundsätzlich neue dienstleistungsorientierte Funktion eröffnet. Man spricht in diesem Kontext auch von zu unterstützenden Geschäftsprozessen. Damit sind Transaktionen zwischen Dokumenten-Anbietern, Lieferanten, Vermittlern und Nutzern digitaler Bibliotheken gemeint. Zu unterstützende Dienste umfassen die Nutzerbetreuung, die Recherche im Dokumentenbestand sowie in spezialisierten Wissensbanken, die Bestellung von Dokumenten, die Betreuung von Medienanbietern, die Lieferung vom Anbieter zum Nutzer, sowie Abrechnung und Sicherung dieser Transaktionen. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die im Zusammenhang mit einer Bibliothek auftretenden Dienstleistungen kostenpflichtig

sind, auch wenn diese Kosten zum großen Teil vor den potenziellen Nutzern verborgen bleiben.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich – abgesehen von Einleitung und Zusammenfassung – in vier Kapitel, die sich direkt den oben gestellten Fragen zuordnen lassen. Der Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Speicherung und Bereitstellung digitaler Medien in Kooperation mit bibliothekarischen Einrichtungen, weil die Nutzung eines Medienangebots in direktem Zusammenhang mit dessen Relevanz, Vollständigkeit und Umfang steht.

Im **Kapitel 2** wird das Leitkonzept der Problemorientierung aus instruktiven, kognitiven und konstruktiven Lernmodellen entwickelt und an einem eigenen didaktischen Rahmenkonzept, welches sich an den Randbedingungen universitärer Lehre orientiert, konkretisiert. Der Aufwand für Lehrende und Lernende ist zwar verglichen mit traditionell instruktiv geprägten Lernszenarien erhöht, allerdings wesentlich geringer als bei ähnlichen Ansätzen problemorientierten Lernens wie der Goal-Based Scenarios [Sch95] oder der Engagement Theory [KeSh99]. Ein anderer Vorteil des Modells ist seine Flexibilität hinsichtlich verschiedener Lehrformen (Seminar, Praktikum, Vorlesung). Insbesondere wird am Grobmodell eines nach [Ko84] modellierten und entsprechend modifizierten Lernzyklus mit den Phasen Präsentation, Exploration, Konstruktion und Kollaboration erläutert, wie instruktive, kognitive und konstruktive Modelle einzelne Phasen des Lernens unterstützen können. Wünschenswert wäre es, das hier präsentierte didaktische Modell zu validieren, indem man es im universitären Alltag in verschiedenartigen Lehrveranstaltungen erprobt.

Im **Kapitel 3** wird die Konzeption und Erstellung digitaler Lernmedien an zwei Lehrbüchern aus dem Bereich Algorithmen und Datenstrukturen, in dem Grundlagenwissen der Informatik vermittelt wird, problematisiert. Insbesondere wird deutlich, dass sich für die Realisierung innovativer, offener und wiederverwendbarer Lernmedien weder multimediale Autorensysteme noch offene Hypermedia-Umgebungen eignen. Hier kann wegen der Multidisziplinarität der Entwicklung nicht auf softwaretechnische Entwicklungsmethoden und -verfahren zurückgegriffen werden. Wie sich herausstellt, gibt es hier keine Alternative zu einem problem- und domänenangepassten heuristischen Entwicklungsprozess, wenn man aufwändige Eigenentwicklungen partikulärer unterstützender Hilfs- und Produktionssysteme vermeiden will.

Kapitel 4, der Hauptteil der Arbeit, widmet sich der Erschließung rechnergestützter Medien im Hinblick auf die Integration ihres Nachweises in den Arbeitsablauf wissenschaftlicher Bibliotheken. Bislang werden digitale Medien in Anlehnung an bibliothekarische Verfahren sacherschlossen, die hierzu benötigten Angaben umfassen den Namen des Autors, Titel, Zusammenfassung, Erscheinungsort und -datum. Für die längerfristige Bereitstellung digitaler Medien

ist dies jedoch nicht ausreichend, da hierzu neben pädagogischen auch technische Randbedingungen hinsichtlich der Speicherung und Nutzung neben den konventionellen allgemeinen und semantischen Deskriptoren erforderlich sind. Um Lernmedien systemunabhängig nachweisen und wiederverwenden zu können, sind standardisierte Metadaten mit der Möglichkeit lokaler Erweiterungen notwendig. Neu ist hier die Koordination zwischen Autoren modularer Lernmedien, Validatoren und Fachreferenten der Bibliotheken, so dass die Lernmedien nicht nur über den konkret genutzten verteilten Dokumentenspeicher des ARIADNE-Systems [FDW99] verfügbar gemacht werden, sondern auch über das bibliotheksseitig genutzte System des Südwestdeutschen Bibliotheksverbundes. Weil insbesondere technische und pädagogische Aspekte kaum durch andere Beteiligte als Autoren beziehungsweise Entwickler adäquat formuliert werden können, fällt hier die Aufgabe der Charakterisierung der eingespeisten Medien auf die Autoren oder entsprechend von ihnen beauftragten Experten zurück. Daneben interessieren Anforderungen an ein System zum Dokumenten-Management als nutzerorientierte Komponente einer digitalen Bibliothek, von denen die Möglichkeit zu Annotationen exemplarisch beleuchtet wird, und schließlich die Frage nach der persistenten Medienhaltung unabhängig von technologischen Entwicklungen und Beschränkungen der Trägermedien.

Kapitel 5 schließlich widmet sich der Nutzung wissenschaftlicher digitaler Bibliotheken. Diesbezügliche Aussagen sind zentral für die Planung sowohl des Erwerbs einzelner Medien als auch der Integration nutzerbezogener Angebote. Darüber hinaus benötigen Anbieter kommerzieller Dienste Nutzungsinformationen, um in Kenntnis der Attraktivität des vertriebenen Medienangebots die Planung der Akquisition neuer Titel optimieren zu können. Unter der Annahme, dass es sich bei digitalen Bibliotheken um ubiquitär nutzbare Infrastrukturen handelt, wird implizit vorausgesetzt, dass es sich um WWW-basierte Nutzersysteme handelt. Hier liegt es nahe, zunächst weitverbreitete automatisierte Werkzeuge zur Analyse der Nutzung von WWW-Servern zu betrachten. Es stellt sich jedoch rasch heraus, dass diese Werkzeuge nicht ausreichen, um detaillierte Angaben über die Nutzung digitaler Bibliotheken liefern zu können. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Lernmedien im Kontext einer internetbasierten Lehrstuhlpräsentation als Ergänzung zum kommentierten Vorlesungsverzeichnis zur Verfügung gestellt werden. Hier benötigt man spezialisierte Verfahren, welche zwischen digitalen Publikationen und anderen Dokumenten unterscheiden können. Dazu wird ein eigenes Verfahren vorgestellt, welches Logfile-Analyse und Metadaten-Retrieval kombiniert und dessen praktischen Nutzen anhand einer Langzeit-Analyse über etwa zwei Jahre untersucht. Diese beschränkt sich nicht nur auf allgemeine Nutzungsdaten, sondern untersucht die Mediennutzung zusätzlich anhand der in Kapitel 3 bereits betrachteten Lehrbücher sowie einer Serie aus vorlesungsbegleitend aufgezeichneten Vorträgen. Dabei wird deutlich, dass automatisch erhobene Daten ohne Wissen um die In-

tention der einzelnen Nutzer nicht zufriedenstellend interpretiert werden können, wenn das Ziel ist, zu ermitteln, inwieweit digitale Medien den Lernprozess tatsächlich verbessern können. Andererseits bestätigen sich durchaus einige Annahmen hinsichtlich des Medieneinsatzes durch Studierende.

Zusammengefasst kennzeichnet diese Arbeit hinsichtlich der Betrachtung der hier beleuchteten Problemkreise also eine einerseits theoretisch fundierte, andererseits aber auch eine pragmatische Vorgehensweise aus, um praxisorientierte Lösungen liefern zu können. Dabei verlagert sich das Zentrum des Interesses von einer primär technozentrischen Sicht, wie sie für die anwendungsorientierte Informatik charakteristisch ist, auf eine grundsätzlich pädagogisch-didaktische Motivation. Eine primär technisch motivierte Sicht ist dann angebracht, wenn die benötigten Techniken eines Gebiets erst im Entstehen oder noch nicht genügend ausgereift sind. Da der Forschungsbereich Digitale Bibliotheken zusammen mit der Popularisierung des WWW entstanden ist, ergab sich für die Zeit um 1995 tatsächlich das Bedürfnis, den Umgang mit neuen, internet-basierten Techniken und deren Brauchbarkeit prototypisch zu erproben. Diese Phase kann jedoch mittlerweile als abgeschlossen gelten, so dass eine technozentrische Betrachtung nicht länger opportun ist. Motivation für den hier gewählten Ansatz ist die Überzeugung, dass informationstechnische Systeme oder Teilsysteme als Hilfsmittel das universitäre Lehren und Lernen im Sinne pädagogisch-didaktischer Innovationen verbessern können. Wie am Beispiel der Integration des Nachweises digitaler Medien in Bibliothekskatalogen gezeigt wird, ist dabei die Nutzung existierender und bewährter personeller und technischer Infrastrukturen gegenüber meist kurzlebigen Neuentwicklungen, deren Betrieb und Weiterentwicklung nicht gesichert sind, eindeutig zu bevorzugen. Nur so ist mittelfristig eine Verankerung des Betriebs und der Nutzung digitaler Bibliotheken in den wissenschaftlichen Alltag zu erreichen.

2 Lehr- und Lernparadigmen als Grundlage lernförderlicher Mediennutzung

In diesem Kapitel soll der Frage nachgegangen werden, wie Lernprozesse durch didaktische Medien, Informations- und Kommunikationstechnologie geeignet unterstützt werden können. Die Beantwortung dieser Frage hängt wesentlich von der zugrundeliegenden Definition des Lernens ab und beeinflusst die Konzeption und Realisierung medialer Lerninhalte (siehe Kapitel 3), welche wesentlich für die Attraktivität digitaler Bibliotheken im speziellen und Lernumgebungen im allgemeinen sind. Lernprozesse lassen sich charakterisieren nach unterschiedlichen Phasen und gestalten sich spezifisch zum Lernenden, hiermit befasst sich Abschnitt 2.2. In diesem Zusammenhang werden anschließend (Abschnitt 2.3) grundlegende Theorien des Lernens vorgestellt, welche einzelne Phasen des Lernprozesses unterschiedlich betonen. Um diesen ganzheitlich zu unterstützen, wird ausgehend vom hier vorgestellten Paradigma des problemorientierten Lernens im Abschnitt 2.4 eruiert, inwieweit telematische Mittel zur Unterstützung einzelner Lernszenarien sinnvoll sind, um sodann einen eigenen Ansatz zum problemorientierten Lernen mit integrierter formativer und summativer Evaluationskomponente vorzustellen. Dabei wird auch das Problem des ungünstigen Betreuungsverhältnisses zwischen Lehrenden und Lernenden abschließend skizziert. Weil für diese Situation keine befriedigende Lösung ersichtlich ist, erscheint eine Möglichkeit, die Partizipation und Interaktion der Lernenden zu verbessern. Dies kann gefördert werden, indem anspruchsvolle interaktive Lerninhalte in kommunikativen und kollaborativen Lernumgebungen bereitgestellt werden.

2.1 Lernen und Wissen – Versuch einer Definition

Lernen lässt sich allgemein als der Erwerb relevanten und anwendbaren Wissens bezeichnen. In dieser Definition stecken mehrere implizite Annahmen:

1. **Wissenserwerb:** Wissen ist kein (käufliches) Produkt, sondern muss in einem intellektuellen Prozess erworben oder auch konstruiert werden, indem zunächst Daten aggregiert und mit Bedeutung versehen werden (Informationsgewinnung) und diese in einem zweiten Schritt im Kontext der jeweiligen beruflichen oder privaten Situation als relevant angesehen und verstanden werden. Die Information wird also in Zusammenhang mit verwandtem Wissen und Informationen gesetzt und abstrahiert. Die Integration in bestehende Kontexte und Abstraktion ist Voraussetzung für die zweite Annahme, nämlich die der
2. **Relevanz:** Wissen wird nur dann erfolgreich aufgenommen und integriert, wenn die vermittelte Information für die konkrete Situation des Individuums

(etwa die zu bewältigenden Aufgaben) relevant ist und relativ zum bestehenden Vorwissen und dem Lernkontext sinnvoll eingeordnet werden kann. Dies hängt auch mit der Motivation des Lernenden zusammen, mit anderen Worten, ob diese Relevanz oder die Notwendigkeit, Wissen über einen gegebenen Bereich zu erwerben, einsichtig ist. Man unterscheidet hier zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation, beispielsweise dem eigenen Interesse oder der Pflicht zur Weiterbildung. Die Motivation des Lernenden beeinflusst den individuellen Erfolg des Lernprozesses wesentlich.

3. **Zeitliche Dauer:** Damit gelerntes Wissen angewendet werden kann, muss es mindestens bis zum Zeitraum der Anwendung behalten werden können, also mindestens mittelfristig verfügbar sein. Dies bedeutet aber auch, dass es unabhängig von der ursprünglichen Lernsituation verfügbar sein muss: Ohne Rückbesinnung auf den originären Kontext ist zwar diese Behaltensleistung schwierig, da der Anwendungsbezug fehlt, andererseits ist Wissen, welches fest verknüpft mit der Ausgangssituation ist, also nicht abstrahiert wurde, auch nicht unter anderen Randbedingungen anwendbar.
4. **Anwendbarkeit:** Damit Wissen nützlich ist, muss es im Zusammenhang mit persönlichen Arbeits- und Lebensumständen anwendbar sein. Fehlt diese Relevanz, kann gelerntes Wissen nicht sinnvoll eingeordnet werden, es wird aus dem aktiven Wissensbestand verdrängt und veraltet. Ist dieses nicht mehr zeitgemäß, kann es weder aktualisiert noch sinnvoll genutzt werden (träges Wissen). Damit Wissen lebendig und aktuell bleibt, muss man es nicht nur anwenden können, sondern auch weitergeben und mit anderen teilen, um es an die jeweils relevanten Situationen anpassen und damit neues Wissen erzeugen zu können. Nur deklaratives Wissen kann bei neuen Problemlösungen unterstützend herangezogen werden.
5. **Personengebundenheit:** Da Wissen von einzelnen Personen erworben wird, kann es gerade in anwendungsorientierten Fachgebieten nur dann in einer Arbeitsgruppe, deren Mitglieder sich je nach zu lösendem Problem flexibel zusammensetzen kann, weitergetragen werden, wenn es vom Individuum externalisiert und abstrahiert wird, also die Daten und Informationen, welche Grundlage zum Erwerb spezifischen Wissens darstellen, für alle zugänglich gespeichert und verwaltet werden. Die informationstechnische Unterstützung der dazu notwendigen Prozesse bezeichnet man auch als Informations- oder als Wissensmanagement[2].

---

[2] Die Bezeichnung Wissensmanagement (*knowledge management*) ist insofern irreführend, als dass, wie eben gesehen, Wissen nicht als fertig abrufbares Produkt bereitsteht, sondern individuell erworben werden muss und daher nicht verwaltet werden kann. Trotzdem können solche Systeme den Wissenserwerb technisch un-

Zentrale Begriffe in diesem Zusammenhang sind der horizontale Wissenstransfer, also die Fähigkeit, bestehendes Wissen auf andere Fachgebiete übertragen zu können, sowie vertikaler Wissenstransfer, also die Fähigkeit, gelerntes Wissen selbständig zu erweitern. Diese beiden Punkte sind in den Aspekten zeitliche Dauer, Anwendbarkeit und Personengebundenheit implizit enthalten.

Wissenserwerb ist damit ein Teilziel jedes Lernprozesses. Man unterscheidet stilles oder schematisches Wissen, welches individuell internalisiert wurde, aber externalisierbar ist (beispielsweise praktische Fertigkeiten),von artikuliertem oder explizitem Wissen, welches externalisiert wurde und beispielsweise als Resultat eines Lernprozesses von anderen wieder internalisiert werden kann. Beides sind Instanziierungen von präsentem Wissen, welches jederzeit aktiv und nutzbar ist, im Gegensatz zum bereits vorher erwähnten trägen Wissen, welches nicht mehr abrufbar und also auch nicht mehr nutzbar ist, aber durch geeignete Maßnahmen (Rekapitulation, Lernprozesse) wieder erworben werden kann. Wissensmanagement gestaltet sich als Zyklus aus Sozialisierung (Erweiterung oder Weitergabe in Interessensgruppen, etwa durch Training), Internalisierung (beispielsweise im Fall eines Lernenden, der an Instruktionsmaßnahmen wie Aus-, Fort- und Weiterbildung teilnimmt, um expliziertes Wissen in implizites zu transformieren), Externalisierung (Aktivierung durch Selektion und gezielte Weitergabe stillen Wissens, wie etwa in einer Weiterbildungsmaßnahme aus Sicht des Dozenten) sowie Kombination (Anwendung aktiven Wissens aus mehreren Domänen zur konkreten Problemlösung in einer neuartigen Situation) bestehenden Wissens [NoTa95][BoPa98]. Weil Wissen im Kontext der Dienstleistungsgesellschaft einerseits eine wertvolle Ressource darstellt, die aber andererseits nur schwer verwaltet werden kann, hat in den letzten Jahren die Wissensverwaltung zur Schaffung und Pflege von Firmengedächtnissen (*corporate memories*) verstärkt in der angewandten Forschung und Entwicklung an Bedeutung gewonnen, da dort die Halbwertszeit des Wissens besonders gering ist (ca. 2-3 Jahre). Man spricht in diesem Zusammenhang auch von lernenden Organisationen, um zu unterstreichen, dass dort von den einzelnen Mitarbeitern erworbenes Wissen geteilt oder transferiert wird und der Weiterentwicklung und Verbesserung der vertriebenen Produkte und Dienstleistungen zugute kommt. Wissenstransfer bezeichnet hier den Prozess, bestehendes Wissen (seitens des Ausbilders) zunächst in Information zu transformieren, die (seitens des Lernenden) als Wissen relativ zum gegebenen Kontext rücktransformiert oder internali-

---

terstützen, indem gezielt Hilfsmittel zur Modellierung von Informationseinheiten und deren semantischen Bezüge untereinander bereitgestellt werden.

siert wird[3]. Nicht immer ist hier als alleiniger Mediator ein Lehrender notwendig, wenn ein Wissender Information generiert und als geeignete Informationsobjekte speichert. Insbesondere lassen sich Prozesse des Wissenstransfers dann optimieren, wenn dieser die für die Lernenden voraussichtlich relevanten Inhalte vorab selegiert diesen zur Verfügung stellt, so dass eventuell träges Wissen aktiviert und die zu integrierende Information neuer Wissensgebiete besser in vorhandene Wissensstrukturen integriert werden kann. Die bereitgestellten Informationsobjekte können zum einen Dokumente sein, zum anderen aber auch explizit modellierte Verweise und Deskriptoren (Metadaten). Um semantisches Wissen zu kodieren, bedient man sich häufig sogenannter Ontologien, die es erlauben, sprachunabhängig domänenspezifische Zusammenhänge und Abhängigkeiten zu modellieren [Gua95, StM00]. Im einzelnen umfasst der Wissenstransferzyklus die Speicherung, Organisation und Verteilung von Daten, den gezielten Zugriff auf verschiedene Daten zur Informationsgewinnung, Verstehensprozesse zur Wissensgenerierung, Erklärungsprozesse zur Decodierung als Information sowie Decodierung von Information in Daten, welche in anderem Kontext zur Informationsgewinnung wiederverwendet werden können. Speziell die Phasen der Datentransformation können informationstechnisch unterstützt werden, während die Umwandlung zwischen Wissen und Information organisatorischer Maßnahmen bedarf.

2.2 Modellierung von Lernprozessen

Der Erfolg beim Wissenserwerb hängt im wesentlichen auch von der Disposition des Lernenden ab. McCarthy [McC96] unterscheidet zwischen vier grundsätzlichen Typen:

- Für **innovative Lernende** ist die persönliche Bedeutung des Lernstoffes zentral. Sie benötigen explizierbare Gründe, um zu lernen, etwa solche, die neue Information mit eigener Erfahrung kombinieren können, so dass das erworbene Wissen im Alltag direkt nutzbar ist. Hier eignen sich Lerntechniken wie[4], Brainstorming oder Kombination von Wissensgebieten (beispielsweise durch Arbeiten in interdisziplinären Teams).

---

3 Wenn von Rücktransformation gesprochen wird, ist hier natürlich keine mathematisch genaue Abbildung gemeint, da die Art und Weise, wie Information verstanden und damit zu Wissen wird, wesentlich vom situativen und kognitiven Kontext abhängt.

4 Kollaboration bezeichnet die gemeinsame Bearbeitung von Teilaufgaben, die notwendig sind, um ein kollektives Ziel zu erreichen, während Kooperation sich auf die Kommunikationsprozesse beschränkt, welche zur Abstimmung und Verein-

- **Analytisch Lernende** möchten primär ihr eigenes Verständnis bestehender Konzepte durch Erwerb von Faktenwissen vertiefen. Sie profitieren von Instruktion, Analyse und selbständigem Lernen, hier liegt der Schwerpunkt auf linearer, sequenzieller Informationsverarbeitung.
- **Praktisch orientierte Lernende** interessieren sich für direkt anwendbares Wissen und konkrete Fertigkeiten. Am meisten liegen ihnen praktische Übungen, Exkursionen und andere Aktivitäten.
- **Dynamisch Lernende** legen ihr Hauptinteresse auf selbstgesteuerte Exploration. Sie zeichnen sich dadurch aus, Wissen selbständig aneignen zu können und dieses auch leicht anderen zu vermitteln. Für sie eignen sich insbesondere Simulationen oder Rollenspiele.

Die mentalen Prozesse beim Lernen lassen sich als Lernzyklus modellieren. Der Gedanke eines Zyklus ist deshalb naheliegend, weil jeder erfolgreiche Lernprozess Rückwirkungen auf das Vorwissen des Lernenden hat und so wiederholt aufeinander aufbauende mentale Prozesse angestoßen werden. Dieser Gedanke liegt auch dem populären Begriff des lebenslangen Lernens zugrunde. Die Idee des Lernzyklus ist von David A. Kolb [Ko84] im Kontext von Erwachsenenbildung entwickelt worden[5] und bezieht sich folglich primär auf Lernprozesse ausgehend von praktischen Tätigkeiten. Dieses bezeichnet man auch als implizites Lernen, bei dem die Realisierung einer Arbeitsaufgabe im Vordergrund steht, zu deren Bewältigung der Erwerb problemspezifischen Wissens notwendig ist. Im Gegensatz dazu steht bei explizitem Lernen das Begreifen eines Sachverhalts im Vordergrund [Stu00]:

---

barung eines gemeinsamen Arbeitsziels dienen; dies bedeutet, dass die einzelnen Teilziele unabhängig voneinander bearbeitet werden. Koordination schließlich meint die Kommunikation, welche zur Abstimmung einzelner, unabhängig voneinander durchgeführter, aber gruppenbezogener Tätigkeiten erforderlich ist. Der Anteil gemeinsamer Kommunikation und Interaktion nimmt also von der Kollaboration zur Koordination ab, insbesondere bei kollaborativen Prozessen sind regelmäßige und häufige Abstimmungsprozesse notwendig; Entscheidungen werden von allen Gruppenmitgliedern aufgrund eines Gruppenkonsens gefällt. In [BoSch95] sind kooperative Prozesse hingegen enger verzahnt als kollaborative Prozesse. Im folgenden wird fast ausschließlich von Kollaboration die Rede sein, weil diese die faktische Zusammenarbeit zur Erreichung von Zielen angemessener bezeichnet als die Begriffe Kooperation oder Koordination.

5 Grundlage hierfür waren am Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelte Lerntheorien von John Dewey.

- Bei **impliziten Lernprozessen** ergibt sich die kontextuell lernförderliche Einbettung neuer Informationseinheiten durch die gegebene Problemstellung, infolgedessen ist die Behaltensdauer des erworbenen Wissens mittel- bis langfristig (abhängig von der Anwendung des Gelernten). Infolgedessen wird aktives Wissen generiert, was selbst bei einer Deaktivierung (so etwa dann, wenn die Notwendigkeit zur Anwendung über längere Zeit entfällt) relativ leicht wieder zu aktivem Wissen werden kann. Hier eignet sich selbstgesteuertes Lernen gut, da die Ziele für den Lernenden klar ersichtlich sind und meist ohne tutorielle Unterstützung erreicht werden können. Lernen in einer Kleingruppe ist nur dann angemessen, falls zur Lösung der gestellten Aufgaben interdisziplinäres Handeln erforderlich ist. Die Motivation der Lernenden ist primär intrinsisch.
- **Explizites Lernen** lässt sich dadurch charakterisieren, dass konkrete Lernziele erst präzisiert werden müssen, sofern sie nicht im Rahmen der entsprechenden Aus- oder Weiterbildungsmaßnahme vom Dozenten vorgegeben wurden. Hier ist die Motivation häufig extrinsisch und der Lernerfolg hängt davon ab, inwieweit der Lernende die Notwendigkeit zum Wissenserwerb für sich selbst erkennen kann, die sich ergibt aus der persönlichen Anwendbarkeit der aufzunehmenden und zu verarbeitenden Informationen. Infolgedessen ist die Behaltensdauer häufig kurzfristig, etwa wenn das hauptsächliche Ziel das Bestehen einer Prüfung ist und das betreffende Gebiet nicht anschließend vertieft wird. Dies resultiert häufig in trägem Wissen, welches verloren geht, wenn es nicht während der Behaltensdauer aktiviert und gegebenenfalls weitergegeben wird.

Lerntyp	**Implizit**	**explizit**
Zweck des Wissenserwerbs	Bewältigung eines Problems	Begreifen neuer Sachverhalte
primäre Motivation	Eher intrinsisch	eher extrinsisch
Lernstrategie	selbstgesteuert	Fremdgesteuert
Lernerfolg	Erwerb von Fertigkeiten	Erwerb von (Sach-)wissen
Wissenstyp	Aktiv	Träge
Behaltensdauer	mittel- bis langfristig	kurz- bis mittelfristig
Lernformen	Personalisierung	Instruktion
Beispiel	praktische Weiterbildung	akademische Ausbildung

Tabelle 2.1: Implizites und explizites Lernen

Tabelle 2.1 fasst die Charakteristika dieser beiden Lerntypen zusammen. Die Perspektive impliziten Lernens ist primär langfristig, während die Lernziele bei explizitem Lernen meist kurzfristig festgelegt sind, so etwa bei der Einarbeitung in einen neuen Aufgabenbereich bei Eintritt oder Wechsel der Beschäftigung. In der Praxis ergänzen sich implizite und explizite Lernformen, besonders in Zu-

sammenhang mit abstrakten Tätigkeitsfeldern wie etwa Beratung oder Schulung oder dem Erwerb von Problemlösekompetenz. Die Integration aus implizitem und explizitem Typ bezeichnet man auch als motivationales Lernen, weil der Lernende hier aufgrund der ihm bewussten Lernziele eigenmotiviert ist. Dabei ist ihm also bewusst, dass er ein konkretes Ziel nur erreichen kann, indem er sein Wissen gezielt vervollständigt und erweitert.

Unabhängig von der konkreten Ausprägung kann man vier zyklisch sich wiederholende Lernzielklassen unterscheiden [MC94] [GEE98]:

1. **Präsentation relevanter Daten und Fakten**: Ziel ist, dass der Lernende mit Information konfrontiert wird, die sich auf sein Vorwissen bezieht und von diesem als neues Wissen integriert werden soll. Der Lehrende legt hier Teilziele fest und konfrontiert den Lernenden mit relevantem Material. Damit soll dem Lernenden eine Orientierung zum Erreichen der Lernziele gegeben werden. Für diese Phase eignet sich der Modus der Instruktion (also Wissensvermittlung durch Vorlesung oder Vorträge), oder aber auch das Selbststudium wissenschaftlicher Literatur. Unterrichtsmedien dieser Phase sollten explizit am Vorwissen der Lernenden anknüpfen und den Lernstoff geeignet und übersichtlich entsprechend der gesteckten Teilziele strukturieren und präsentieren. Dieser Modus ist an Hochschulen dominierend, zum Teil auch in Seminaren, bei denen im Rahmen der anberaumten Einzelvorträge kein Wissens- oder Lerntransfer vom Vortragenden zu den Hörern stattfindet. Es dominiert also die Rezipierung von Lernstoff (beispielsweise durch Zuhören oder Mitschreiben). Um einen verbesserten Lernerfolg beizutragen, empfiehlt es sich, die Lernenden geeignet zu motivieren, beispielsweise durch Verankerung an praxisorientierten Beispielen. Diese Phase entspricht der Transformation von implizitem zu explizitem Wissen, welches über die weitergegebene Information seitens der Studierenden einen Ausgangspunkt bietet, neues Wissen zu konstruieren. Diesen Schritt bezeichnet man auch als Phase der Informationsvermittlung.
2. **Exploration**: Ausgehend von dem in der Präsentationsphase vermittelten Lernstoff und unter Zuhilfenahme geeigneter Lernmedien (Bücher, Skripten, Telekolleg, multimediale Lerninhalte) soll der Lernende den dargebotenen Stoff logisch strukturieren. Redundante Lernmedien erlauben es, multiple Perspektiven einzunehmen und so den Lernstoff besser zu verarbeiten und zu verstehen. Eine selbstgesteuerte Auswahl der angebotenen Materialien sowie zusätzliche Medien können hier helfen, den Lernprozess entsprechend der persönlichen Bedürfnisse zu gestalten (etwa indem fehlendes Vorwissen erworben oder Bekanntes ausgeblendet wird). Hierfür eignet sich das Selbststudium, da die Vorbedingungen und -kenntnisse individuell verschieden sind. Dabei werden die in einer Präsentationsphase behandelte Konzepte vertieft und ausgebaut. Es handelt sich hier um die Selektionsphase.

3. **Konstruktion**: Ziel ist es, die ausgewählte und als relevant erkannte Information zu abstrahieren, während der Bezug zu konkreten Beispielen oder Randbedingungen dabei hilft, das Gelernte später auf verwandte Situationen anwenden zu können. Es wird also angestrebt, durch Integration mit bekannten Konzepten und Fertigkeiten die dargebotene und selegierte Information als Wissen zu personalisieren, um domänenspezifische Problemlösekompetenz zu erwerben. Indem hier verstärkt für den Lernenden authentische, also praxisrelevante Beispiele oder Problemstellungen angeboten oder besser noch selbst bearbeitet werden, kann die Anwendung des zu erwerbenden Wissens in eine lernzielspezifische Richtung kanalisiert werden. Zusätzlich kann der Transfer des zu erwerbenden Wissens verbessert werden, indem in den Problemlösungsaufgaben der ursprüngliche Kontext graduell verschoben oder aufgehoben wird. Dies kann um so besser erreicht werden, je mehr der Lernende intrinsisch motiviert ist und die Bedeutung des zu erlernenden Bereichs für seine eigenen Ziele erkennt. Wichtig ist neben der Intentionalität (Zielgerichtetheit) des Lernens die Reflexion bezüglich der Ziele, des Vorgehens und des aktuellen Wissensstandes. Durch Konfrontation mit authentischen Problemen und Werkzeugen wird überprüft, ob der Schritt der Abstraktion als Grundlage für die Anwendbarkeit des erworbenen Wissens erfolgreich abgeschlossen werden konnte.
4. **Kollaboration und Kommunikation**: Um zu überprüfen, ob die Integration domänenspezifischer Lerninhalte individuell erfolgreich war, und um gelerntes Wissen dauerhaft zu aktivieren, ist es notwendig, dieses zu externalisieren, indem man es mit anderen Lernenden teilt. Damit kann auch erprobt werden, ob die individuell aufgebauten Wissensstrukturen gültig sind, revidiert, angepasst oder gegebenenfalls erweitert werden müssen. Dadurch kann es zu einer Restrukturierung im Sinn einer Verankerung der modifizierten Wissensstrukturen kommen. Gleichzeitig kann hier Metawissen erworben werden, welches hilfreich ist, um für ein gegebenes Problem geeignete Konzepte und Problemlösungsverfahren ermitteln zu können. Kollaboration ist speziell bei projektbezogenen Arbeiten nötig, bei denen der Wissenserwerb erforderlich ist, um ein gemeinsames Problem zu lösen, beispielsweise durch geeignete informationstechnische Modellierung. Diskussionen sind insbesondere dann hilfreich, wenn das übergeordnete Ziel die Optimierung einer individuell oder kooperativ gefundenen Lösung eines gegebenen Problems ist. Gerade dieser Schritt wird jedoch während des Hochschulstudiums nur selten genutzt: beispielsweise kann der Seminarvortrag die Rolle der Externalisierung partiell erfüllen, es wird aber nur dann ausgetauscht, wenn damit eine Diskussion über den präsentierten Themenbereich stattfindet. Ein anderes Beispiel sind Praktika, in denen jeder Teilnehmende eine in sich abgeschlossene Teilaufgabe übernimmt und löst, ohne dass die individuellen Ergebnisse integriert werden. Gerade damit ist es aber nicht mehr möglich, eine sozial geteilte Wissensbasis zu erzeugen und damit in einer gegebenen

Gruppe das erworbene Wissen langfristig zu erhalten. Ferner können moderierte Diskussionen dazu führen, dass über die vom Lehrenden intendierten Ziele hinaus neue Perspektiven eröffnet werden und aus geteiltem Wissen neue Erkenntnisse resultieren können. Dieser Schritt verhilft den Lernenden auch zu verbesserter Teamfähigkeit, die im wirtschaftlichen Alltag um so wichtiger wird, je mehr Wissen in immer kürzerer Zeit erworben und umgesetzt werden muss, so dass zu vielen Problemlösungsprozessen die Integration der Fähigkeiten und Fertigkeiten der einzelnen Mitglieder einer Gruppe unabdingbar ist[6].

Lernzielklasse	**Präsentation**	**Exploration**	**Konstruktion**	**Kollaboration**
Intention	Informations-transfer	Selektion	Abstraktion	Anwendung
Akteur	Lehrer	Lerner	Lerner	Lerner
Informations-fluss	Lehrer Lerner	Medium Lerner	–	Lerner Lerner
Beispiel	Vortrag	Selbststudium	Tutorium	Lerngruppe

Tabelle 2.2: Charakterisierung der Lernzielklassen im Lernzyklus

Tabelle 2.2 fasst diese vier Lernzielklassen zusammen. Damit ein Lernprozess erfolgreich abläuft, müssen alle vier Phasen erkennbar sein, idealerweise mit ähnlicher Gewichtung. Man erkennt, dass nur in der ersten Phase der Lehrende als Vermittler domänenspezifischer Information eine zentrale Rolle einnimmt, um anschließend immer mehr eine beratende Rolle zu übernehmen[7]. Die bekannten didaktisch-pädagogischen Ansätze nun unterscheiden sich im wesentlichen durch die Gewichtung der einzelnen Lernzielklassen: in der Schule sowie an der Universität dominieren die Phasen Präsentation (Unterricht, Vor-

---

6 Die Idee des verteilten Wissens geht zurück auf den Entwicklungspsychologen Vygotsky, der Anfang des Jahrhunderts behauptet hat, dass sich alle individuellen kognitiven Fähigkeiten zuerst in der Interaktion mit anderen Menschen entwickeln, bevor sie zu implizitem Wissen individuell verarbeitet und unabhängig von der ursprünglichen sozialen Umwelt anwendbar sind. Ein gutes Beispiel hierfür ist der kindliche Spracherwerb, aber auch jedes Lernen einer fremden Sprache im jeweiligen Ausland: durch die Reaktion der Umwelt auf die verbalen Äußerungen ergibt sich eine direkte Rückkoppelung, ob die erlernten Wörter grammatisch, syntaktisch, semantisch und situationsbezogen korrekt angewendet wurden.

7 Im angelsächsischen Sprachraum bezeichnet man dies auch als Orientierung vom *sage on the stage* zum (beratenden) *guide on the side.*

trag), die Phase der Exploration tritt in der Schule durch starke Strukturierung des Lehrmaterials sowie die Nutzung festgelegter Lernmedien zurück und wird an der Hochschule im wesentlichen dem Lerner selbst überlassen. Die Phase der Konstruktion wird als das Lösen von Haus- und Übungsaufgaben und deren anschließende Besprechung durchlaufen, während Kollaboration meistens ganz entfällt[8].

Vor dem Hintergrund des soeben dargestellten Lernzyklus sind die nachfolgend geschilderten Lernstrategien als unterstützend relativ zu den einzelnen Lernphasen anzusehen und nicht im Sinne von sich ausschließenden Alternativen. Man erkennt zusätzlich, dass jeder Lernertyp eine für ihn charakteristische Lernzielklasse bevorzugt, wie in Tabelle 2.3 zusammengefasst wird:

		Beschäftigung			
		abstrakt		konkret	
Disposition	denkend	theoretisch analytisch	Präsentation	dynamisch reflektiv	Exploration
	handelnd	pragmatisch innovativ	Konstruktion	handlungsorientiert praktisch	Kollaboration

Tabelle 2.3: Lernertyp und Lernzielklasse abhängig von Disposition und Beschäftigung

Hieraus wird deutlich, dass eine Lernphilosophie, welche die unterschiedlichen Dispositionen einer heterogenen Gruppe Studierender berücksichtigt, verschiedene pädagogische Ansätze, welche Lernende unterschiedlich stark anleiten beziehungsweise selbständig handeln lassen, integrieren sollte. Dies bedeutet nicht, dass damit auch die übergeordneten Lernziele relativ zu den Lernertypen zu definieren sind, vielmehr müssen verschiedene Mittel und Wege, diese idealerweise gemeinsam von Lehrenden und Lernenden zu ermittelnden Ziele zu erreichen, angeboten oder ermöglicht werden. Bevor dies präzisiert werden kann, werden zunächst verschiedene Theorien des Lernens vorgestellt.

---

8 Dies ist zugegebenermaßen eine starke Vereinfachung, denn einige pädagogische Ansätze (Waldorf, Montessori) betonen tatsächlich das gemeinsame Wirken, und vereinzelt begegnet man projektorientierten Lehr- und Ausbildungsveranstaltungen. Speziell zur Vorbereitung auf Lernzielkontrollen sind im universitären Bereich auch aus der Eigeninitiative von Studierenden zusammengestellte Lern- und Übungsgruppen geläufig.

2.3 Theorien des Lernens

Wegen der großen Zahl der in den letzten Jahrzehnten entwickelten Theorien zum Lehren und Lernen werden diese im folgenden unter den Gesichtspunkten der Instruktion, Kognition und Konstruktion abstrahiert[9] und kritisiert. Von diesen Erkenntnissen ausgehend wird unter dem Begriff des problemorientierten Lernens eine Synthese vorgeschlagen, welche die Vorteile der einzelnen Ansätze kombiniert, gleichzeitig aber deren Nachteile zu vermeiden versucht[10].

2.3.1 Instruktives Lernen

Unter diesem Begriff fasst man Lernprozesse zusammen, die sich auszeichnen durch systematische Unterrichtsplanung, abgegrenzte Fachgebiete, Frontalunterricht und Lernerfolgskontrolle. Lernprozesse dieser Art sind geprägt durch die Präsentation von für den Lernerfolg relevanter Information, welche dann individuell und durch Bearbeiten von Übungsaufgaben zu Wissen abstrahiert werden soll. Der Lehrende übernimmt also hier die aktive Rolle als Mittler, während der Lernende die ihm dargebotene Information zunächst aufnimmt, also passiver Zuhörer ist. Ziel ist der Transport didaktisch aufbereiteten Wissens (Präsentation und Erklärung) vom Lehrenden zum Lernenden, so dass der zu Unterweisende planmäßig und systematisch Grundwissen in einem genau definierten Fachgebiet aufbauen kann. Die Aufgabe des Lehrenden konzentriert sich darauf, sein zu vermittelndes Wissen so als Information zu verpacken, dass der Lernende möglichst optimal angeleitet und sein Lernprozess erfolgreich gesteuert werden kann. R. Gagné [Ga85] schlägt neun universelle Lernschritte für jeden instruktionalen Kontext vor:

1. **Aufmerksamkeit erzeugen**, indem eine geeignete Situation präsentiert wird, die problemrelevant ist;

---

9 Siehe beispielsweise den Hypertext unter http://www.gwu.edu/~tip (Theory Into Practice) von Greg Kearsley, der fünfzig Lerntheorien, achtzehn Lernbereiche sowie neunzehn pädagogische Konzepte als Hypertext aufbereitet hat, sowie – als historischer Abriß – den Hypertext *A Time Capsule of Training and Learning* (http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/history/history.html) von Donald Clark.

10 Reinmann-Rothmeier und Mandl [ReMa98] unterscheiden als Extrempositionen zwischen traditionellen und konstruktivistischen Lehr-Lernphilosophien, kognitivistische Ansätze unterscheiden sich jedoch von beiden Positionen hinreichend, um eine dreifache Kategorisierung (instruktive, kognitive und konstruktive Ansätze) zu rechtfertigen.

2. **Ziele definieren**, welche die Studierenden erreichen sollen und darstellen, wie sie das gelernte Wissen anwenden können;
3. **Bezug zu Vorwissen verdeutlichen**, indem der Bezug zu anderen Wissensstrukturen verdeutlicht wird;
4. **Präsentation domänenspezifischer Materialien** in Form adäquater Informationseinheiten;
5. **Lernmedien verknüpfen**, um den Lernenden adäquat zu führen, etwa durch Verdeutlichung der Querbezüge zwischen einzelnen Informationseinheiten;
6. **Gelerntes Wissen anwenden lassen** in einer passenden praktischen Tätigkeit;
7. **Feedback liefern** aufgrund der Antworten des Lernenden, indem man sein Verhalten analysiert oder ihn dabei unterstützt, oder indem eine schrittweise Lösung des Problems erklärt wird;
8. **Wissen testen**: Nach Beendigung eines Kurses sollte über eine Prüfung ermittelt werden, ob der Lernende das vorgesehene Wissen tatsächlich gelernt hat und dieser kontinuierlich über seinen Fortschritt informiert werden;
9. **Transfer bieten**, indem der Lernende mit ähnlichen Problemsituationen konfrontiert wird, damit er das Wissen abstrahieren kann. Hier bieten sich zusätzliche Übungsaufgaben an.

Aus diesen neun Schritten wird deutlich, dass der Lernende im wesentlichen eine reaktive Rolle einnimmt, so dass aufgrund seines Verhaltens der Lehrende eine entsprechend passende Rückmeldung liefert (Lernen durch Verstärkung). Dieses Prinzip des Behaviorismus, ein Begriff, welcher von J. Watson geprägt wurde, lässt sich zurückführen auf die von I. Pawlow propagierte klassische Konditionierung, nach der Fähigkeiten und Fertigkeiten in Form einer reflexartigen Reiz-Reaktions-Kette eingeübt werden können, und die von B. F. Skinner entwickelte operante Konditionierung, nach der positive Maßnahmen verhaltensverstärkend (also als Belohnung) und negative Maßnahmen verhaltenshemmend (als Bestrafung) wirken. Lernen wird hier primär als Training verstanden, wobei das Gehirn hauptsächlich auf äußere Reize in der vom Lehrenden gewünschten Weise reagieren soll. Demzufolge ist das resultierende Verhalten und Wissen das Ergebnis von belohnenden und bestrafenden Faktoren. Der Wissenserwerb wird hier primär als Speicherung von Information verstanden. Dies entspricht folgenden Prämissen:

- Der Lernstoff ist grundsätzlich vermittelbar. Alle für den Lernprozess notwendige Information kann über Sinneskanäle geeignet kodiert dem Lernenden nahegebracht und von diesem auch aufgenommen werden.

- Der Lehrende kennt die Bedürfnisse des Lernenden. Insbesondere ist sichergestellt, dass dieser über die Vorkenntnisse des Lernenden Bescheid weiß, so dass er geeignet darauf aufbauen kann.
- Der Lehrende kann den Lernprozess steuern, indem er adäquat auf die Handlungen und Äußerungen des Lernenden reagiert.
- Es existiert für jedes zu behandelnde Fachgebiet eine optimale Stoffvermittlung, so dass das Lernziel erreicht werden kann.
- Die Vermittlung über auditive und visuelle Kanäle ist für jede Wissensvermittlung ausreichend.
- Die Lernenden speichern den vermittelten Lernstoff im Gedächtnis ab und verarbeitet ihn intern, es kann jedoch keine Aussage über diese interne Verarbeitung gemacht werden. Auf diese Weise eignen diese sich das Wissen des Lehrenden nach und nach an.

Insgesamt liegt also hier das Schwergewicht auf dem Informationsvermittlungsprozess durch den Dozenten. Die Lernschritte sind entsprechend starr und leiten sich direkt aus den klar und eindeutig formulierbaren Zielen ab. Zur Vermittlung des Lernstoffs spricht man hier von programmierter Instruktion, wenn dieser als Abfolge von Frage-Antwort-Ketten vermittelt wird, so dass der Schwierigkeitsgrad langsam gesteigert und dem Lernenden direkte Rückmeldung gegeben wird. Tutorielle Systeme hingegen sind informationstechnische Programme, bei denen der Ablauf abhängig von den Eingaben des Lernenden (etwa bei Testfragen) entsprechend vorher fest programmierten Optionen vom System gesteuert wird. Beispiele sind Vokabellernprogramme oder Mathematik-Trainer, aber auch spielerische Software als Anreiz zum Üben von Aufgaben.

Es ist heute auf den ersten Blick verwunderlich, dass an der Hochschule der Unterricht vor allem instruktional geprägt ist und damit auf den Behaviorismus zurückgeht. Bedenkt man jedoch, dass bis zur Verbreitung des Buchdrucks der Besitz schriftlicher Aufzeichnung ein Privileg war, wird klar, dass es hinsichtlich der Tradierung von Wissen durch Vermittlung eines Lehrers oder durch Auswendiglernen kaum eine Alternative gab. Im Gegensatz zum Erwerb praktischer Fähigkeiten im Rahmen einer Lehre galt es, geistige Zusammenhänge zu erkennen und umfassende Bildung zu erwerben, die sich primär durch die *artes liberales*[11] definierte, die Voraussetzung für ein wissenschaftlich orientiertes

---

[11] Diese bestehen aus sieben Teilgebieten, welche sich gliedern in das *trivium* (Grammatik, Dialektik und Rhethorik), also das Wortwissen, sowie das *quadri-*

Studium an den höheren Fakultäten (Theologie, Jurisprudenz, Medizin) war. Dahinter stand die Vorstellung, das gesamte Weltwissen kanonisieren zu können. Gleiches Vorwissen konnte vorausgesetzt werden, da der Fächerkanon in gleicher Weise von allen Lernenden durchlaufen werden musste. Analog dazu wurde auch nach der Diversifizierung der Fakultäten für jeden Fachbereich ein Kanon festgelegt, durch den die Ziele klar definiert wurde und damit unabhängig von der Anzahl der Studierenden Gültigkeit erhielt. Mit dem Wegfall einer gemeinsamen Grundausbildung und fächerspezifischer Diversifizierung konnte den individuellen Veranlagungen stärker Rechnung getragen werden, gleichzeitig wurde aber die Lehrform der Vorlesung beibehalten. Damit konnten sich die Studierendenzahlen erhöhen, ohne dass die Anzahl der Lehrenden angepasst werden musste – ein willkommenes Potenzial zur personellen Einsparung, da ein Lehrender auf diese Weise eine große Anzahl Lernender zum erwünschten Ziel führen konnte. Andererseits: Wenn der Behaviorismus davon ausgeht, dass ein Lernender durch die Reaktion eines Lehrenden optimal gesteuert werden kann oder sollte, dann ist festzustellen, dass genau dies im Rahmen des Massenbetriebs Hochschule nicht geleistet werden kann. Folglich verkürzt sich der oben dargestellte Lernzyklus nach Gagné auf die Schritte 4, 6 und 8, nämlich

- die **Präsentationsphase**, während der in Vorlesungen und häufig auch in Übungen Lehrstoff und Musterlösungen dargestellt werden;
- die **Übungsphase**, in der die Studierenden die präsentierte Information zu Wissen verarbeiten sollen, indem sie Lernmedien durcharbeiten und Übungsaufgaben lösen;
- die **Testphase**, in der ein Dozent das zu erwerbende Wissen in Form von Klausuren oder mündlichen Abfragen abprüft..

Gegebenenfalls existiert zu einer Aus- oder Weiterbildungsmaßnahme noch eine Formulierung der Lernziele, diese sind jedoch meist sehr abstrakt gehalten (etwa das Erlernen algorithmischer Grundlagen) oder in der Bezeichnung der Maßnahme implizit kodiert. Eine individuelle Steuerung des Lernprozesses kann zumeist wegen der Masse der Lernenden nicht stattfinden. Hier erhoffte man schon in den Anfängen rechnerbasierter Lernprogramme, mittels Drill & Practice – Programmen sowie tutorieller Software den Defizit an persönlicher Betreuung kompensieren zu können, beide Typen erwiesen sich jedoch als zu starr, um individuell auf die Bedürfnisse der Lernenden eingehen zu können.

---

vium, also das Zahlenwissen (Arithmetik, Geometrie, Astronomie und Harmonielehre).

Auf einer allgemeineren Ebene gibt es ebenfalls einige Kritikpunkte. Einerseits bietet der Behaviorismus unbefriedigende Erklärungsmöglichkeit für explorative Lernprozesse, wie sie beispielsweise beim kindlichen Spracherwerb vorkommen, diese werden zurückgeführt auf Neugierverhalten, welches mit der genetisch-biologischen Entwicklung wächst. Zweitens wird nicht berücksichtigt, dass aufgrund neuer Informationen der Lernende seine Verhaltensweisen selbst anpassen kann, so dass seine Reaktionen nicht nur über die Vermittlung des Lernstoffs determiniert werden. Individuelle Faktoren (etwa Lernfähigkeit oder Geduld) werden nur in ihren Verhaltensergebnissen betrachtet, und schließlich ist zu bemängeln, dass behavioristisch geprägte Lernprozesse meist in trägem, nicht außerhalb des ursprünglichen Lernkontexts anwendbaren und dadurch auch nicht transferierbaren Wissen resultieren. Gerade in anwendungsorientierten Studiengängen wie etwa der Informatik oder der Mikrosystemtechnik sind jedoch praktisch vermittelbare Fertigkeiten, die regelmäßig aufgefrischt werden müssen, unabdingbar. Gerade hier (etwa hinsichtlich der Programmiererfahrung von Erstsemestern) gibt es große Unterschiede, die nicht geeignet aufgefangen werden. Da die Übungsphase meist wenig mit praxisrelevanten Problemen zu tun hat, ergibt sich spätestens auf dem Weg in die Praxis oft das Problem, die erlernten Fähigkeiten zu transferieren auf die Bedürfnisse von Wirtschaft und Industrie.

2.3.2 Kognitive Lernformen

Während im Behaviorismus der Augenmerk auf der Informationsaufnahme liegt, versteht der Kognitivismus das Lernen als vielschichtigen Prozess der Informationsverarbeitung. Dies bedeutet, dass jeder Lernprozess geprägt ist von der Interpretation und Bewertung dargebotener Informationen, indem der Lernende äußere Reize aktiv und selbständig verarbeitet. Wissenserwerb wird hier als Ergebnis von Verstehens- und Interpretationsprozessen gesehen, die eng verknüpft sind mit dem Ziel, Problemlösungsverfahren zu erlernen.

Kognitive Lernformen zeichnen sich aus durch die von Piaget eingeführten Prinzipien der Akkomodation (damit bezeichnet man die Anpassung der erworbenen kognitiven Konzepte an neuartige pragmatische Gegebenheiten) und der Assimilation (also die Integration externer Informationen unter Modifikation der bestehenden kognitiven Strukturen). Das menschliche Gehirn wird als informationsverarbeitendes Gerät gesehen im Sinne eines Sender-Empfänger-Modells; es verarbeitet Eingaben, welche ihm über ein Medium (Lernmittel, Tutor) übermittelt wurden und generiert daraus Ausgaben. Anhand dieser Ausgaben lässt sich ableiten, ob der Lernprozess erfolgreich war. Treten Lernprobleme auf (beispielsweise dann, wenn die vom Lernenden produzierten Ausgaben anders als erwartet ausfallen), so können nach dieser Theorie folgende Ursachen vorliegen:

- die Information war fehlerhaft;
- das gewählte Lernmedium war nicht adäquat;
- die Übertragung des Lernstoffs wurde gestört;
- die Informationsaufnahme des Lernenden war unvollständig (etwa aufgrund mangelnder Motivation);
- die Informationsverarbeitung (Akkomodation oder Assimilation) war nicht erfolgreich (möglicherweise aufgrund mangelndem Vorwissen oder nicht interpretierbarer Informationen).

Anders formuliert: Um einen Lernprozess in Gang zu setzen, bedarf es entsprechender Impulse, beispielsweise intrinsische oder extrinsische Motivation. Für den ersten Fall typisch ist exploratives oder entdeckendes Lernen, welches primär selbstgesteuert abläuft, indem die bestimmten Prozessen zugrundeliegenden Regeln individuell deduziert werden. Ihm liegen an der Heuristik menschlichen Denkens orientierte Erkenntnis- sowie konzeptgesteuerte mentale Prozesse zugrunde. Der Lernende muss dabei Informationen selbst finden, priorisieren und passend anordnen, bevor er selbst daraus Regeln ableiten kann, die ihm das Lösen konkreter Probleme ermöglichen. Die Fähigkeit zur Exploration setzt Neugier und Interesse (idealerweise intrinsische Motivation) des Lernenden voraus, welche durch dessen Aktivität noch gesteigert werden kann. Damit soll die Fähigkeit zur Problemlösung entwickelt und ausgebaut werden. Hier spielt der Begriff der Metakognition als Wissen über die eigenen kognitiven Prozesse, insbesondere über individuelle Strategien des Wissenserwerbs (etwa die bevorzugte Lernstrategie) eine wichtige Rolle.

Eine Schwierigkeit der Selbststeuerung besteht darin, die aufgenommene Information bezüglich des gegebenen Lernziels geeignet zu verarbeiten. Um mentale Prozesse zu verbalisieren und zu verankern, eignet sich hierzu die Technik des sokratischen Dialogs[12]. Hier wird explizit berücksichtigt, dass der

---

[12] Diese wird von Schulmeister [Sch96] neben dem Ansatz des Coaching, bei dem Lernende mit Aufgaben und Aktivitäten zum Üben von Fertigkeiten konfrontiert werden und das Programm auf gezielte Anfrage mit passenden Hinweisen reagiert, unter dem Begriff *Tutorenmodelle* subsumiert und eher in der Nähe instruktioneller Modelle gesehen, da der Kontext der jeweiligen Lernsituation im allgemeinen nicht ausreichend berücksichtigt wird. Dies ist dann naheliegend, wenn das Lernziel oder der Ablauf des betreffenden Systems starr ist und so eine tatsächliche Exploration im Sinne von Experimentieren nicht gegeben ist, nicht unbedingt jedoch, wenn gleichzeitig die Antworten des Lerners dazu dienen, von

Lernende ein Dialogpartner mit eigenen Erfahrungen, Gedanken und Fertigkeiten ist; die Fragen des Lehrenden knüpfen also einerseits an seine Beobachtungen des Lernvorgangs an, kanalisieren diesen aber andererseits auch, um das vom Lehrenden intendierte Ziel zu erreichen. Typisch sind hierfür explorative Umgebungen, die dazu dienen, durch praktische Tätigkeit bestehende Grundkenntnisse zu erweitern und zu ergänzen, gleichzeitig aber die Verankerung abstrahierten Wissens durch gezielte Assoziation mit konkreten Beispielen zu verbessern oder aber erst zu ermöglichen und schließlich auch den Wissenstransfer zu erleichtern durch Konfrontation mit einander ähnlichen Situationen. Typischerweise sind die Fragen des Lehrenden im Kontext einer konkreten Aufgabenlösung zu sehen und haben folgenden Zweck:

- die anfangs wegen des vorgegebenen Lernziels extrinsische Motivation soll intrinsisch verankert werden;
- die Äußerungen integrieren gezielte Tipps und Hinweise, geben aber keine Lösungen explizit vor;
- der Lernende soll aktiv mit den von ihm genutzten lernbezogenen Artefakten umgehen;
- der Lernende soll seine eigenen mentalen Prozesse hinterfragen und explizieren;
- die Führung seitens des Lehrenden ist auf die Bedürfnisse des Lernenden abgestimmt;
- fehlerhafte oder unangemessene Informationsverarbeitung wird frühzeitig erkannt, wobei der Lernende selbst herausfinden soll, worin etwa seine fehlgeleiteten Schlussfolgerungen bestehen.

Beispiele für kognitivistisch geprägte Lernprogramme sind etwa Software-Tutorials, Lernmedien zur Analyse von Verhaltens- und Kommunikationsstrukturen, adaptierbare und adaptive Lernsysteme[13], sowie intelligente tutorielle Systeme, in denen zum einen verschiedene Nutzergruppen und -typen mit ihren

---

diesem ein entsprechendes Profil des Lernfortschritts zu modellieren. Genau diese Charakteristik weisen nämlich instruktionelle Modelle nicht auf.

[13] Adaptierbarkeit bezeichnet die explizite Anpassung eines Systems, während unter Adaptivität die autonome Anpassung eines Systems aufgrund von konkretem Benutzerverhalten verstanden wird.

Rollen (also Lerner[14], Tutor oder Administrator) und Problemdomänen modelliert sind, zum anderen dem Lerner sowie der Domäne problemangepasste Nutzungsschnittstellen bereitgestellt werden[15].

Wie aus der Beschreibung ersichtlich ist, fokussiert der Kognitivismus stark auf den individuellen Lernenden, kann dabei aber soziale Aspekte menschlicher Lernprozesse sowie die Situation der Lernenden nicht ausreichend berücksichtigen. Damit werden kooperative und kollaborative Lernformen nicht unterstützt. Gerade diese sind jedoch zur Explizierung und längerfristigen Verankerung, wie oben gesehen, essenziell. Zudem wird Wissen als extern und unabhängig vom individuellen Bewusstsein existierend betrachtet, welches eben gerade über einen kognitiven Prozess geeignet abgebildet wird. Somit beschränkt sich die Abbildung des Lernverhalten auf die punktuellen Äußerungen oder Interaktionen des Lernenden. Das Gehirn wird im wesentlichen als nicht näher definiertes kognitives Netzwerk angesehen; die Komplexität mentaler Prozesse, die Kontextgebundenheit des Lernens sowie emotionale Prozesse werden also nicht beachtet. Um möglichst viele Aspekte seines Lernfortschritts flexibel abzubilden, ergibt sich ein sehr hoher finanzieller und personeller Entwicklungsaufwand für geeignete Szenarien. Informationstechnische Systeme, die diesen Lerntypus unterstützen, beschränken sich meist auf elementare oder algorithmische Domänen wie Mathematik oder Physik, bei

---

[14] So muss beispielsweise ein Lernermodell zu jedem Zeitpunkt eines didaktisch-pädagogischen Prozesses das aktuelle Wissen des Lernenden definieren können. Es setzt sich zusammen aus deklarativem und prozeduralen Wissen. Man unterscheidet bei der entsprechenden Diagnose Verfahren, die diejenigen Teile des modellierten Expertenwissens markieren, die erfolgreich gelernt wurden (Teilmengen-Modell) sowie solche Modelle, bei denen aus den gegebenen Antworten das Verstandene inferiert wird (Differenz-Modell). Beide Ansätze berücksichtigen jedoch nicht die individuell durchaus unterschiedlichen Lernstrategien, durch die konkretes Lernerverhalten besser begründet werden könnte als durch die jeweils punktuell gegebenen Antworten.

[15] Hier kann es sich um rudimentäre Unterschiede handeln, etwa die Differenzierung von Anfänger-, Fortgeschrittenen- und Expertenmodus, oder aber die Bereitstellung unterschiedlicher technischer Artefakte abhängig von der Qualität der technischen Abbildung, schließlich beispielsweise die Komposition der Nutzungsschnittstelle aus feingranulären Komponenten, die den Präferenzen und Fähigkeiten des Lernenden entsprechen. Grundsätzlich wird jedoch der individuelle Lerner nicht explizit berücksichtigt, weil die jeweils möglichen Optionen nur einzelne, a priori modellierte Problem- oder Personenklassen modellieren können.

denen die Antworten des Lernenden als Momentaufnahmen systemseitig vergleichsweise einfach abzubilden sind.

2.3.3 Konstruktives Lernen

Lernen ist im Konstruktivismus ein aktiver Prozess der Wissenskonstruktion, der individuell verschieden und entsprechend den vorhandenen kognitiven und mentalen Strukturen abläuft. Das erkennende Subjekt generiert Wissen dynamisch, dieses kann also nicht unabhängig vom Individuum existieren. Insbesondere erfolgen selbst einfache Wahrnehmungen (Sehen, Hören, Riechen, Schmecken) nicht durch die Sinnesorgane, sondern als mentale Prozesse durch entsprechende vernetzte Regionen der Großhirnrinde, welche die Sinneseindrücke interpretieren. Da Wissen nicht fest gespeichert ist, kann es nicht ohne eigene Rekonstruktion an andere weitergegeben werden[16]. Diese Wissenskonstruktion ist also nicht direkt vermittelbar, aber sie kann angeleitet werden. Sie ist problembezogen, also ohne Kenntnis der jeweiligen Aufgabe nicht möglich, und kann verstanden werden als Verfeinerung mentaler Strukturen oder Landkarten. Lehrende und Lernende sind Partner in einem Prozess, in dem beide gemeinsam eine Wissensdomäne explorieren, wobei der Lehrende möglicherweise profitiert von seinen weiter elaborierten mentalen Strukturen. Da Repräsentationen keine festen Symbole, sondern ständig neuinterpretierte Darstellungsformen des Erkannten sind, gibt es immer mehrere Abbildungen, also Möglichkeiten der Konstruktion. Die Auseinandersetzung mit konkreten, problembezogenen Aufgaben kann daher den Lernerfolg positiv beeinflussen, weil die Lerninhalte so mit konkreten Kontexten assoziiert und abgebildet werden. Hinsichtlich der Anwendung gelernten Wissens interessieren in diesem Kontext insbesondere der Zusammenhang zwischen Wissen und Handeln, also die Frage, wie erworbenes Wissen problemlösend eingesetzt werden kann. Die Frage nach geeigneter Unterstützung von Lernprozessen dominiert gegenüber Unterricht und Lehren. Der Lehrende hat die primäre Aufgabe, Problemsituationen zu modellieren und geeignete Werkzeuge zur Problemlösung bereitzustellen, schließlich die Lernprozesse beratend und moderierend zu begleiten. Neben dem radikalen Konstruktivismus als Erkenntnistheorie ist insbesondere in jüngster Zeit die Bewegung der Situierten Kognition zu nennen, die besagt, dass jedes Lernen situationsbezogen stattfinden muss, um erfolgreich zu sein. Erkenntnisprozesse können demnach nur im Kontext konkreter und für den Lernenden relevanter Lebenszusammenhänge ablaufen. Wissen entsteht also

---

[16] Dieses Verständnis von Wissen wurde bereits im einleitenden Teil des Kapitels bei der Definition des Lernens und der Beziehung zwischen Wissen und Information zugrundegelegt.

durch interne und subjektive Konstruktion von Ideen und Konzepten. In seiner radikalen Form vertritt der Konstruktivismus die These, dass alle Wirklichkeit intern und individuell konstruiert wird (Solipsismus), die andere Extremposition bildet die erkenntnistheoretische Grundposition des Repräsentationismus, der davon ausgeht, dass im Bewusstsein Abbilder einer objektiven Realität existieren. Eine Zwischenposition lässt sich dadurch charakterisieren, dass zwar von der Existenz einer externen (objektiven) Welt ausgegangen wird, die aber nicht in eindeutiger Weise wahrgenommen werden kann.

Lernen entwickelt sich also aus Handeln, und Handeln geschieht immer in sozialen Situationen, also zusammen mit anderen Individuen und relativ zum jeweils spezifischen Ort des Lernens. Lernprozesse sind also gebunden an räumlichen (und damit auch zeitlichen), sozialen und kausalen Kontext, und sie können nur von Individuen in gleicher oder zumindest ähnlicher Situation befindet, nachvollzogen oder verstanden werden. Nach [MaVa90] sind Menschen strukturdeterminierte, autopoietische Wesen, die autonom und rekursiv organisiert sind, aber auf Perturbationen der Umwelt mit der Konstruktion idiosynkratischer Konzepte reagieren. Lebewesen sind informationell geschlossene Systeme, die Informationen nicht wie objektive Gelegenheiten wahrnehmen, sondern nach individuell verschiedenen Regeln durch Interpretation. Neue Informationen werden entsprechend ihrer Relevanz selegiert, mit bereits vorhandenen verknüpft, wodurch komplexe Wissensstrukturen aufgebaut werden. Nichts anderes besagen die in Tabelle 2.2 erwähnten Phasen der Exploration und Konstruktion von Wissen. Didaktische Ansätze, die vom konstruktivistischen Paradigma geprägt werden, sind etwa

- **Cognitive apprenticeship** [Co89], ein Ansatz, bei dem internalisiertes Expertenwissen genutzt wird, um Lerner gezielt in spezifischen Fertigkeiten anzuleiten. Vom Prinzip her entspricht dieses Verfahren der Unterweisung eines Lehrlings durch einen Meister, mit dem Unterschied, dass die in der Lehrlingsausbildung praktisch vollzogenen Prozesse kognitiv stattfinden. An die Stelle physischer Werkzeuge treten also kognitive Artefakte, die dem Lernenden ermöglichen, die verfügbaren Objekte für den Wissenserwerb gezielt zu verwalten und entsprechend der individuellen Bedürfnisse geeignet zu transformieren. Dadurch wird es notwendig, mentale Prozesse gezielt zu externalisieren. Stilles und heuristisches Wissen spielt als Erweiterung von Faktenwissen eine wichtige Rolle. Um den Lernprozess zu verbessern, wird das Lernumfeld entsprechend der realen Anwendungssituation des zu lernenden Wissens geeignet modelliert. Prozesse werden erklärt und ihre Wirkungsweise explizit begründet, bevor Lernende angewiesen werden, konkrete Aufgaben zu erfüllen, für die das eben erklärte Wissen notwendig ist, hierbei gibt der Lehrende Tipps und Hinweise. Die Lerninhalte orientieren sich an konkreten Anwendungssituationen und im wesentlichen

nicht an fachlichen Einteilungen. Der Lernende soll aufgrund der Beobachtung des Lehrenden zunächst ein mentales Modell bilden. Der Lehrende nimmt die tutorielle Aktivität (*coaching*) im Laufe des Ausbildungsprozesses zurück (*fading*), um den Lernenden zu fordern, das Gelernte an praxisnahen Aufgaben zu erproben. Ausgewählte Teilaufgaben können exemplarisch von dem Lehrenden übernommen werden, bis der Lernende selbständig handeln kann. Schließlich sollen diese ihr Handeln verbalisieren, um das erworbene stille Wissen zu explizieren und somit mentale Prozesse zu aktivieren, welche die aufgebauten Wissensstrukturen festigen, und schließlich, um den Transfer zu gewährleisten, den Lernenden dazu ermutigen, verschiedenartige Verfahren zur Lösung eines gegebenen Problems auszuprobieren.

- **Communities of practice** sind selbstorganisierte Gruppen von gemeinschaftlich arbeitenden Individuen, welche durch ihr gemeinsames Engagement sozial miteinander verwoben sind und ein geteiltes Repertoire an Ressourcen generieren und pflegen. Sie entstehen aufgrund gemeinsamer Interessen, Perspektiven und Aufgaben und arbeiten oft projektbezogen zusammen. Dabei wird angenommen, dass menschliche Kognition und Expertise grundsätzlich verteilt ist und die Kooperation interessenverwandter Individuen dazu beitragen kann, gegenseitig vom Wissen der anderen zu profitieren. Soll dieses erhalten und weitergetragen werden, so können sie sich aufgabenabhängig umbilden und so das erworbene Wissen an neue Teilnehmer transferieren. Dieses bleibt so lebendig und kann situationsabhängig angepasst und erweitert werden. Sie definieren sich also nicht primär über ein konkretes Projekt, auch wenn dieses ein Grund gewesen sein kann, sich ursprünglich zu formieren, sondern über das gemeinsam erworbene und gepflegte Wissen. Indem Wissen geteilt wird, finden informelle Lernprozesse statt[17].

---

[17] Solche Gemeinschaften können allerdings nur dann funktionieren, wenn alle Teilnehmer in ähnlicher Weise bereit sind, ihr Wissen weiterzugeben. Im Hinblick auf wirtschaftsorientiertes Handeln können hier Konflikte entstehen, weil die Interessen des Arbeitgebers, vom Wissen eines Mitarbeiters gegenüber der direkten Konkurrenz zu profitieren, eigentlich nicht mit der Bereitschaft, dieses extern weiterzugeben, zusammenpassen. Mit anderen Worten funktioniert dieser Ansatz nur, wenn der projektierte Nutzen, der für den Einzelnen (und damit für dessen Arbeitgeber) herausspringt, sowohl größer ist als die eingebrachte Kompetenz als auch den Marktvorsprung nicht gefährdet. Aus diesem Grund sind solche *communities of practice* eher selten anzutreffen.

- **Intentional Learning** ist dadurch charakterisiert, aktiv ein gegebenes Lernziel zu erreichen. Damit werden Individuen gefordert, ihren eigenen Lernprozess selbst zu strukturieren und zu steuern. Diese Strategie wurde modellhaft als Lernplattform CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment) implementiert aufgrund elf in [Sc89] formulierten Prinzipien. Danach sollen gemeinsame Aktivitäten die Konstruktion von Wissensstrukturen fördern, expliziert, auf Wissensdefizite positiv reagiert, systemseitig lernprozessrelevante Rückmeldungen geliefert, Rekapitulation von dargebotener Information unterstützt, verschiedene Formen der Wissensorganisation bereitgestellt und Wissenstransfer über multiple Kontexte hinweg erleichtert werden, um nur einige zu nennen.
- **Knowledge-building communities** sind dynamische Lerngemeinschaften, in denen die Mitglieder sich fortwährend neu entsprechend der gestellten Aufgaben einander anpassen müssen, weil die gemeinsame Wissensbasis als Vereinigung des individuellen Wissens sich ständig verändert. Zentral ist hier die Pflege einer gemeinsam verwalteten Wissensbasis, welche die gemeinsamen Fähigkeiten in Form multipler Repräsentationen adäquat abbildet, so dass alle Mitglieder der Gruppe davon profitieren können. Um die erforderliche Motivation mittelfristig zu erhalten, ist es hier insbesondere notwendig, gruppendynamische Prozesse zu beobachten, um die Bereitschaft bei allen Mitgliedern, ihr individuelles Wissen zu teilen, sicherstellen zu können.
- Unter **legitimate peripheral participation** versteht man Lernprozesse, bei denen die Beteiligung der Lernenden an einer gegebenen Aufgabenstellung zunächst beobachtend ist und proportional zum Interesse und den Fertigkeiten graduell zunimmt, so dass Lernen nicht als Wissenserwerb, sondern als Prozess sozialer Beteiligung angesehen wird. Hierbei hängt der Verlauf des Lernprozesses im wesentlichen von der Art und Gestaltung der Situation, mit der der Lernende konfrontiert ist, ab.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass im Konstruktivismus soziale, kommunikative und kooperative Aspekte im Vordergrund stehen. Im Vordergrund steht also die aktive Rolle des Lernenden, der durch einen versierten Pädagogen unterstützt wird. Beobachtet man die verschiedenen konstruktivistisch orientierten Ansätze, so gibt es auch hier eine Reihe theoretischer und insbesondere praktischer Probleme:

1. Nicht jede Erkenntnis, jedes Wissen entsteht im Rahmen individueller Konstruktion und ist situationsbezogen. Zwar ist es richtig, dass Anwendungsszenarien dazu beitragen, dass abstrahiertes Wissen besser behalten werden kann, insbesondere helfen multiple Perspektiven, dieses leichter auf neue oder neuartige Problemlösungssituationen anwenden zu

können. Gerade stilles oder schematisches Wissen zeichnet sich ja dadurch aus, dass der Bezug auf konkrete Situationen eben nicht mehr notwendig ist, entsprechendes Wissen also situationsunabhängig sofort abrufbar und aktivierbar ist. Dazu gehören etwa die sogenannten Kulturtechniken des Lesens, Schreibens und Rechnens – ob Medienkompetenz als vierte Kulturtechnik im Informationszeitalter bezeichnet werden sollte, sei einmal dahingestellt.

2. Problematisch ist die Annahme, dass das Ergebnis von Lernprozessen (und damit auch das Lernziel) nicht vorhersagbar ist. Diese Aussage beruht auf der Annahme, dass Wissenskonstruktion individuell verschieden abläuft, diese muss sich aber immer messen lassen am vorgegebenen Lernziel, ohne das die Lernenden weder über extrinsische noch über intrinsische Motivation verfügen, ihr Wissen zu erweitern. Zudem müssen Lernende selbst erkennen können, ob ein begonnener Lernprozess abgeschlossen ist, und ohne Zielsetzung ist dies schlichtweg nicht möglich.

3. Konstruktivistische Ansätze stellen hohe Anforderungen an den Lernenden. Insbesondere setzen sie voraus, dass dieser eigenmotiviert und selbstverantwortlich Wissen erwerben kann und will. Es ist zwar theoretisch richtig, dass kollaborative Lernformen durchaus lernförderlich sind, allerdings scheitern diese oft an den Egoismen der lernenden Individuen. Damit hängt auch zusammen, dass ein Individuum nur dann aus eigenem Antrieb zu lernen bereit ist, wenn es ihm oder seiner Gruppe erkennbare Vorteile bringt, wenn der damit verbundene Aufwand in Relation zum voraussichtlichen Nutzen steht. Solche Motivation kann beispielsweise in einführenden instruktionalen Phasen erzeugt werden.

4. Konstruktivistische Ansätze sind schwierig mit vorherrschenden instruktional geprägten Unterrichtsformen, insbesondere Frontalunterricht in Schule und Hochschule vereinbar. Um die Bedürfnisse der Studierenden rechtzeitig zu erkennen und entsprechende korrektive oder unterstützende Maßnahmen zu ergreifen – bedarf es ausreichender personeller Unterstützung erfahrener Pädagogen. Dies scheint allerdings nur praktikabel im Rahmen von Kleingruppen und Seminaren.

5. Der Schwerpunkt liegt oft zu stark auf praxisorientierten Anwendungen, die eigentliche Wissenskonstruktion wird eher ausgeklammert. Gerade zum Erwerb von Grundlagen sind hingegen Selbstlernphasen geeignet, um Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten zu entdecken. Vieles davon – physikalische oder mathematische Axiome und Gesetze – sind gerade nicht individuell verschieden, bedürfen keiner kontextabhängigen Interpretation. Individuell in diesem Fall sind dagegen die Assoziationen zu konkreten Beispielen, die helfen, das Gelernte dauerhaft zu behalten.

6. Schwierig scheinen konstruktivistische Ansätze auch im Zusammenhang mit theoretischem oder abstraktem Wissen, weil dabei oft die praktische Anwendbarkeit fehlt (mangelnde Deduktivität). Es ist eine Herausforderung, hier anschauliche Beispiele zu modellieren, um die Fähigkeit zur Induktion beim Lernenden zu fördern – nicht umsonst ist die Gestaltung von konstruktivistisch geprägten Lernmedien ressourcen aufwändig[18]. Eine solche Investition ist eigentlich nur dann zu rechtfertigen, wenn die (potenzielle) Gruppe der Nutzer angemessen groß ist – aber wie soll dabei auf die Bedürfnisse einzelner Lernender geeignet Rücksicht genommen werden, wie es der Konstruktivismus propagiert?
7. Schließlich ergibt sich aus der mangelnden Praktikabilität im Unterrichtsalltag, dass es auch entsprechend wenig Nachweise für erfolgreiche konstruktivistische Lernszenarien gibt. Dazu kommt, dass viele dieser Befunde eher in einzelnen Laborversuchen entstanden und somit nicht ohne weiteres generalisierbar sind.

Konstruktivistisch geprägte Ansätze zeigen jedoch wesentliche Schwächen der – insbesondere an den Hochschulen – zumeist instruktional geprägten Ausbildungsformen auf. Radikaler formuliert: Primär ist es erforderlich, Lehr- und Lernprozesse zu überdenken und die Voraussetzungen erfolgreichen Lernens, bei dem Wissen nicht nur für die nächste Prüfung gelernt wird, zu verbessern, und hier ist jeder Pädagoge gefordert, seine Rolle im Bildungssystem kritisch zu hinterfragen. Mit der Betonung der Kollaboration und der gemeinsamen Wissenskonstruktion wird nämlich deutlich, dass die Rolle des Lehrenden sich radikal verändert, der nicht mehr der Informationsvermittler, sondern Lernberater ist und individuelle Lernsituationen und Bedürfnisse bei der Gestaltung der Bildungsmaßnahme berücksichtigen muss. Dies ist angesichts der schlechten Relation zwischen Lehrenden und Lernenden, insbesondere an den Hochschulen, eine große Herausforderung: wie sollen Lehrende individuelle Ansprechpartner sein, wenn die Anonymität des Massenbetriebs gerade dies verhindert? Hier erhofft man sich durch individualisierte pädagogisch-didaktische Konzeptionen sowie entsprechende informationstechnische Unterstützung (beispielsweise durch kollaborative, netzgestützte Systeme) eine Verbesserung der individuellen Lernprozesse zu erreichen. Kritisch ist hier jedoch anzumerken, dass das Festhalten an traditionellen, instruktional geprägten Lehrformen, bisweilen unter dem Einsatz neuer Techniken (beispielsweise beim

---

[18] Das folgende Kapitel widmet sich speziell dem Autoren- und PublikationsProzess, also der Erstellung von pädagogischen Inhalten, die wesentlicher Bestandteil einer digitalen Bibliothek sind.

Teleteaching, also der Übertragung von Vorlesungen oder Vorträgen an entfernte Orte, sowie beim Note-Taking-Ansatz, bei dem die Aktionen des Lehrenden zusammen mit den genutzten Ressourcen aufgezeichnet und anschließend synchronisiert wiedergegeben werden können) die gegenwärtige Situation nicht verändert, sondern eher noch festigt. Solche Techniken sind durchaus sinnvoll, um in einer Phase der Informationsvermittlung und -präsentation, mit der jeder Lernprozess beginnt, die Lernenden zu motivieren und ihnen Grundlagen zu vermitteln, aber um Lernprozesse per se zu verknüpfen, bedarf es besserer Unterstützung von Wissenskonstruktion aus bereitgestellter Information. Ein anderes Problem besteht darin, dass die Lernziele zumindest im schulischen und universitären Rahmen oft extrinsisch bleiben, zum Beispiel, wenn es darum geht, ein Studium in möglichst kurzer Zeit mit möglichst guten Noten abzuschließen. Dieses Ziel ist an sich nicht falsch, es wird jedoch problematisch, wenn damit nicht der Wille zum Erwerb berufsrelevanter Kompetenz und Fähigkeiten einhergeht[19]. Im nächsten Abschnitt soll deshalb untersucht werden, wie nun die einzelnen Lernformen mit Hilfe der Neuen Medien so kombiniert werden können, dass der anfangs geschilderte Lernzyklus weg von der Instruktion hin zur kollaborativen Wissenskonstruktion optimiert werden kann.

2.3.4 Das Leitkonzept der Problemorientierung

Im Rückblick auf die verschiedenen Lernphasen in einem zyklisch angelegten Prozess wurde festgestellt, dass Lernende sich in ihrer Disposition und Bevorzugung einzelner Formen der Beschäftigung unterscheiden. Instruktional geprägte Formen, wie sie in der traditionellen Lehre vorherrschen, begünstigen beispielsweise analytisch Lernende, während kognitiv geprägte Formen von reflektiven und dynamischen Lernern bevorzugt werden. Konstruktivistische Szenarien schließlich kommen sowohl pragmatisch-innovativen als auch hand-

---

[19] Genau dies wird den Hochschulen seitens der Industrie vorgeworfen, nämlich die Bedürfnisse in der Praxis zu ignorieren. Andererseits ist hier zu entgegnen, dass der Unterschied zwischen einem Studium und einer Berufsausbildung eben darin besteht, dass hier Fertigkeiten wie Problemlösekompetenz, Abstraktionsfähigkeit oder Wissenstransfer erworben werden sollen, dort aber der Umgang mit praktischen Tätigkeiten und Techniken im Vordergrund steht. Insofern dürfen die Hochschulen zum einen nicht zum Handlanger der Industrie werden, zum anderen aber – gerade in anwendungsbezogenen Studiengängen wie etwa Biochemie, Physik oder Informatik – deren Bedürfnisse nicht ignorieren. Große Hoffnung wird mit der Bildung von Kompetenzzentren verknüpft, die den Transfer von der Wissenschaft in die (industrielle) Praxis erleichtern soll, allerdings muss auch hier eine Balance zwischen Anwendungs- und Grundlagenforschung erreicht werden, damit der wissenschaftliche Vorsprung längerfristig gewährleistet werden kann.

lungs- und praxisorientierten Lernenden am meisten entgegen. Es liegt also nahe, einen Kompromiss zwischen den didaktischen Extrempositionen zu finden, um dem Lernenden zu ermöglichen, entsprechend seiner Disposition den Bildungsprozess individuell zu gestalten: Damit ergeben sich die folgenden Prinzipien:

- Lernen und Wissenserwerb hängen eng miteinander zusammen. Wissen entsteht, indem domänenbezogene Ressourcen präsentiert, selegiert, abstrahiert und bezüglich des Vorwissens integriert werden, damit ist Wissenserwerb als ein aktiv-konstruktiver, selbstgesteuerter, situativer und sozialer Prozess anzusehen, wie der Konstruktivismus dies propagiert.
- Die Präsentation von Ressourcen impliziert, dass instruktionale Phasen nicht nur hilfreich, sondern notwendig sind. Insbesondere können sie dazu beitragen, den Lernenden zu motivieren und damit den Lernerfolg zu erhöhen. Sie eignen sich besonders in der Anfangsphase einer Bildungsmaßnahme, in diesem Zusammenhang besteht auch die Möglichkeit, erste Kontakte zu anderen Lernenden zu knüpfen.
- Lernen ist zielgerichtet. Man unterzieht sich – speziell im beruflichen Leben, aber auch in Hochschule und Ausbildung – Bildungsmaßnahmen, um Kompetenzen zu erwerben, die man mittel- oder langfristig benötigt, um bestimmte Problemfelder bearbeiten zu können. Ziele können hierbei kognitiv (Erwerb von Faktenwissen, Einsicht in strukturelle oder kausale Zusammenhänge), affektiv (etwa die Beeinflussung oder Veränderung von Verhalten oder Einstellungen, beispielsweise Kommunikationstrainings) oder psychomotorisch (etwa der Erwerb physischer oder motorischer Fertigkeiten) sein, oder aber eine Kombination dieser Typen (etwa im Fall des Erwerbs einer Fahrerlaubnis). Die Anwendung des gelernten Wissens dient dessen Externalisierung, dies kann bereits in kollaborativen Phasen eingeübt werden, damit werden bestehende oder erworbene Wissensstrukturen gefestigt, revidiert oder erweitert. Wissen ohne Anwendungsbezug wird obsolet und verfällt. Damit ist klar, dass jeder erfolgreiche Lernprozess problemorientiert sein muss.
- Entsprechend der Lernertypen und Lernphasen übernimmt der Lehrende oder Lernberater vielfältige Rollen. Er verdeutlicht die Relevanz einer gegebenen Domäne, wählt relevante Ressourcen aus, die für die Phasen der Exploration genutzt werden können, verhilft dem Lernenden als Ansprechpartner für Rückfragen zum besseren Verständnis, zur Abstraktion und Generalisierung, organisiert Fallbeispiele oder projektbezogene Arbeiten und ermöglicht durch die Konfrontation mit multiplen Kontexten Situierung und Wissenstransfer.

- Lernenden muss der Nutzen der Bildungsmaßnahme im Sinne eines konkreten Lernziels klar sein, ferner, dass die damit verknüpfte Aufgabe nicht individuell lösbar ist, und schließlich müssen sie zum eigeninitiativen Handeln bereit sein. Nur dann kann die Kollaboration mit anderen Studierenden fruchtbar und produktiv sein. Dazu ist ebenfalls die Bereitschaft, Wissen zu teilen und weiterzugeben, nötig. Diese Disposition muss zum einen prinzipiell vorhanden sein, zum anderen hängt sie im konkreten Fall von der jeweiligen Gruppe ab: hier spielen gruppendynamische Prozesse und Aspekte wie gegenseitige Sympathie, gemeinsame Interessen oder ähnliche Perspektiven ebenfalls eine wichtige Rolle. Der Lernende wird zum eigenverantwortlichen Gestalter von Lern- und Arbeitsprozessen.

Ein gutes Beispiel für problemorientiertes Lernen ist die um Ben Shneiderman [KeSh98] entstandene *engagement theory,* deren Kernidee ist, erfolgreiche kollaborierende Gruppen zu bilden (*relate*), die anspruchsvolle Projekte bearbeiten (*create*), welche für nicht am Arbeitsprozess Beteiligte nützlich oder bedeutsam sind (*donate*). Freilich sind solche Projekte erst möglich, wenn ein gemeinsames Grundwissen im zu bearbeitenden Bereich erworben ist, etwa aufgrund einer instruktionalen Phase, wobei das erworbene Wissen sofort aktiviert und vertieft werden kann im Rahmen der durch die jeweilige Gruppe zu bearbeitende Aufgabe. Es ist hinzuzufügen, dass dieser Ansatz sich auf weitgehend anwendungsorientierte Domänen beschränkt[20]. Mit diesem Ansatz werden die folgenden Ziele erreicht:

1. **Teamorientiertes Arbeiten**: Die Gruppenmitglieder sind aufeinander angewiesen, um die gestellte Aufgabe zu lösen. Zunächst ist erforderlich, dass sie das Problem analysieren, um Teilaufgaben zu definieren. Indem sie Problemlösungsstrategien nicht nur entwerfen, sondern auch verbalisieren, tragen sie nicht nur zur Lösung bei, sondern festigen und überprüfen gleichzeitig ihr erworbenes Wissen. Indem sie Teilziele festlegen, wächst auch die Wahrscheinlichkeit, dass jedes der Gruppenmitglieder intrinsisch motiviert ist, die Gesamtaufgabe sorgfältig und erfolgreich zu lösen. Indem man die Gruppenmitglieder zu verstehen versucht, ergibt sich die Möglichkeit, das Problem von verschiedenen Seiten im Sinne multipler Perspektiven zu betrachten.

---

[20] Zwar ist das Szenario im Rahmen der Erfahrung in telematik-gestützten Umgebungen entstanden, es ist jedoch so allgemein formuliert, dass es sich auch auf technikferne Bereiche gut anwenden lässt.

2. **Eigenverantwortlichkeit**: Indem die Lernenden ihr Projekt eigenständig definieren (ausgehend von einer Vorauswahl thematischer Alternativen), können gruppendynamische Prozesse verbessert werden, indem gemeinsam versucht wird, die verfügbaren Ressourcen (also etwa Zeit, Personal, kognitive Werkzeuge oder Materialien) optimal zu nutzen.
3. **Kundenorientierung**: Indem ein für konkrete externe Individuen, Gruppen oder Institutionen nützliches Produkt oder Artefakt entsteht, lernen die Gruppenmitglieder, anwendungsbezogene Projekte durchzuführen, insbesondere also die Kommunikation mit dem Kunden, für den das Produkt entwickelt wird. Die Bemühung, diesen zufriedenzustellen, wächst, wenn das Produkt für dessen Arbeitsalltag relevant ist. Wegen der Authentizität der Problemstellung wird ebenfalls die Motivation der Gruppenmitglieder gesteigert.

Um erfolgreich miteinander arbeiten zu können, ist es notwendig, dass die potenziellen Gruppenmitglieder sich vor Beginn des Projekts zunächst kennenlernen, um einschätzen zu können, ob sie hinsichtlich Kriterien wie Arbeitsstil, Auffassungen oder Problembewusstsein miteinander harmonieren kann, da dies insbesondere eine Voraussetzung dafür ist, mit den zeitlichen Ressourcen ökonomisch umgehen zu können. Der Lehrende nimmt hier eine primär moderierende Rolle ein: zum einen ist er die Schnittstelle zum Kunden und muss überwachen, dass die Erwartungen auf beiden Seiten realistisch sind und erfüllt werden können. Zuvor muss er jedoch mögliche Aufgabenfelder auswählen und anschließend für die Projektfindungsphase die Gruppen beraten. Wenn der Arbeitsfortschritt sowie die Erfahrungen der einzelnen Gruppen und Mitglieder protokolliert werden, können so zusätzlich neu gebildete Gruppen von älteren profitieren, dies ist besonders hilfreich, wenn einzelne Mitglieder noch keine Erfahrung in projektbezogener Tätigkeit sammeln konnten.

Ein Ansatz, der sich ebenfalls konzentriert auf intrinsische Motivierung der Lernenden ist das Goal-Based Scenario (GBS) von R. Schank [Sch95]. Ausgangspunkt eines Lernprozesses sind die individuellen Interessen der Lernenden, aufgrund derer passende Kontexte entwickelt werden, innerhalb derer die Lerninhalte zum Gegenstand der Bildungsmaßnahme gemacht werden können. Um träges Wissen zu vermeiden, müssen authentische Situationen organisiert werden, in denen die Lernenden aktiviert werden. Lehrende bieten instruktionale Unterstützung, soweit diese nötig ist, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Erst dann – unabhängig von den benötigten Ressourcen – gilt die Bildungsmaßnahme als abgeschlossen. Der Lernstoff wird zudem primär bezüglich der selbst gesteckten Ziele verstanden. Wichtig ist ebenfalls, die Möglichkeit zu geben, durch Versuch und Irrtum und ohne Angst, Fehler zu machen, zu lernen. Andererseits muss natürlich ein GBS das Erreichen der vom Lehrenden intendierten Ziele im Sinne von Fertigkeiten und Prozessen

zumindest erleichtern, besser aber noch fördern. Demgegenüber treten Faktenwissen und konkrete Fälle zurück: sie werden zwar möglicherweise während des Lernprozesses benötigt, haben aber eine eher unterstützende Rolle. Das gewählte Szenario benötigt einerseits einen anwendungsnahen Kontext und muss andererseits entsprechend strukturiert werden, um den Lernenden in Richtung der zu erreichenden Ziele zu führen. Der Kontext definiert sich durch die sogenannte Mission, also den Auftrag, sowie eine Rahmenhandlung, während die Struktur gegeben ist über die Zielsetzung und spezifische Handlungsmöglichkeiten oder Operationen:

- Die **Mission** definiert das vom Lehrenden intendierte Ziel. Insbesondere muss geklärt werden, wie für Lernende zu erkennen ist, dieses erfolgreich erreicht zu haben. Damit sollte verbunden sein, auch außerhalb der konkreten Aufgabe eine ganze Reihe ähnlich strukturierter Probleme lösen, also erworbenes Wissen transferieren zu können. Je offensichtlicher dies ist, desto wahrscheinlicher ist der Lernende motiviert, das gegebene Ziel erreichen zu wollen.
- In der **Rahmenhandlung** werden einzelne Situationen und Szenen konkretisiert, mit denen Lernende konfrontiert werden, um das durch die Mission definierte Ziel zu erreichen. Diese kann wesentlich dazu beitragen, den Lernenden zu begeistern, sich auf das GBS einzulassen, und zwar um so mehr, je eher die Rahmenhandlung seinen Interessen und Neigungen entgegenkommt. Die Rahmenhandlung sollte in sich abgeschlossen, kohärent und realitätsnah sein. Idealerweise wird dabei angeknüpft an Vorwissen oder vertraute situative Kontexte, in denen sich der Lernende gut zurechtfinden und somit sein Vorwissen gezielt anwenden kann.
- Der **Fokus** definiert die generelle Klasse der lernbezogenen Aufgaben, so etwa Konstruktion (beispielsweise durch die simulierte Gründung eines Unternehmens, welches zur Lösung des Problems relevant ist), Diagnose (etwa die Analyse von Problemsituationen innerhalb des virtuellen Unternehmens), Exploration (Suche nach Maßnahmen, mit deren Hilfe die diagnostizierten Probleme gelöst werden können) und Steuerung (beispielsweise die Moderation alltäglicher Unternehmensprozesse im Unternehmen). Ein GBS muss sich nicht auf eine dieser Klassen beschränken, jedoch sollten diese zur intendierten Mission passen. Wenn etwa im Vordergrund der Erwerb von Problemlösungsstrategien steht, dann spielt die Diagnose verschiedener Problemsituationen sowie Exploration als Suche nach geeigneten Maßnahmen sicher eine wichtigere Rolle als Konstruktion und Steuerung.
- Die **Operationen** legen die im Rahmen des Fokus möglichen und sinnvollen Handlungen des Lernenden im GBS fest. Sie ergeben sich durch die Bereitstellung allgemeiner oder problemlösungsspezifischer Werkzeuge, durch die Auswahlmöglichkeit zwischen verschiedenen situationsspezifischen Alterna-

tiven oder durch die Möglichkeit, spezielle Fragen zu stellen. Beispielsweise könnte das GBS Handbücher, Nachschlagewerke oder Informationsbroschüren bereitstellen, die bei unerwarteten Situationen Hilfe bieten können.

Damit gestaltet sich die Konstruktion eines GBS in folgenden sechs Schritten:

1. **Identifikation** der von Lehrenden intendierten und der von den Lernenden zu erwerbenden Fertigkeiten;
2. **Entwicklung einer oder mehrerer Missionen**, innerhalb derer die Fertigkeiten erforderlich sind und welche die Lernziele definieren;
3. **Suche nach einem geeigneten Fokus**, welcher die Einübung der intendierten Fertigkeiten zur Erreichung der Ziele erfordert;
4. Entwicklung einer geeigneten und fokussierten **Rahmenhandlung**;
5. **Planung der einzelnen Operationen**, die der Lernende durchführen muss, um das Ziel zu erreichen. Diese hängen von verschiedenen Faktoren ab, so etwa ob das GBS von einzelnen oder in Gruppen arbeitenden Lernenden zu nutzen sind, ob diese direkt oder mediengestützt mit konkreten Situationen interagieren, ob Lernende eher produktiv, explorierend oder abstrahierend (etwa durch das Schreiben von Texten, welche den Lernprozess ex post reflektieren sollen) agieren;
6. **Entwicklung dazu passender problemspezifischer Lernumgebungen**, also die Implementation des GBS.

Wie ersichtlich ist, impliziert eine am Ansatz der GBS orientierten Bildungsmaßnahme eine äußerst sorgfältige und aufwändige Planung sowie ein hohes Maß an Kreativität (etwa zur Konzeption der Rahmenhandlung). Wenn diese mit Hilfe informationstechnischer Mittel umgesetzt werden soll als explorative Lernumgebung, stellt sich die Frage, woher die dazu nötigen zeitlichen und personellen Kapazitäten rekrutiert werden sollen. Die Verwirklichung eines GBS impliziert nämlich die Produktion einer multimedialen, interaktiven Lerneinheit und wirft damit die im nächsten Kapitel behandelten Probleme bei der Inhaltserstellung auf. Sosehr das Konzept schlüssig und der Ansatz zu begrüßen ist, stellt sich die Frage, ob GBS-orientierte Lernumwelten über prototypische Realisierungen hinaus im Alltag verwirklicht werden können. Schließlich stellt sich noch die Frage nach dem Transfer auf Alltagsprobleme, da der Lernende mit einer modellierten und möglichst realitätsnahen Umgebung konfrontiert wird, diese aber eben doch nur ein Surrogat für reale Bedingungen und Anwendungen darstellt.

Beide Ansätze sind zwar stark von konstruktivistischen Prinzipien geprägt, schließen jedoch explizit den Lehrenden als Moderator und Ansprechpartner ein, insbesondere können instruktionale, kognitivistische und konstruktivistische

Komponenten flexibel gewichtet und eingebracht werden. Im Mittelpunkt steht der Lernende, der gefordert wird, aktiv ein Problem zu bearbeiten, und während im Beispiel der Goal-Based Scenarios die Lernumgebung primär simuliert wird, zielt die engagement theory ganz klar auf praxisnahen, nicht akademisch festgelegten Nutzen. Insofern kann sie die Lernenden durch geeignete Auswahl der Aufgaben besser auf Anforderungen in der Wirtschaft vorbereiten, andererseits kann ein GBS mit Hilfe informationstechnischer Unterstützung Situationen und Bedingungen simulieren, die in der Realwelt nicht modellierbar sind und eignet sich so speziell zum Erlernen von Fallbeispielen oder Problemlösungssituationen.

2.4 Netzbasiertes Lernen zur Unterstützung multipler Lernformen

Im vorangegangenen Abschnitt wurden verschiedene Lerntheorien vorgestellt, um anschließend unter dem Konzept der Problemorientierung eine Möglichkeit zu finden, deren Vorteile zu verbinden und gleichzeitig die kritisierten Nachteile zu vermeiden. Zunächst ist nun zu skizzieren, welche telematischen Systeme und Verfahren im Kontext problemorientierten Lernens prinzipiell und sinnvollerweise eingesetzt werden können, um anschließend einen eigenen Ansatz zu konkretisieren, welcher es erlaubt, unterschiedliche Lernprozesse mit Hilfe neuer Medien sinnvoll und flexibel zu unterstützen.

2.4.1 Telematische Werkzeuge und ihre Funktion in Lernprozessen

Speziell seit der Verbreitung internetgestützter Systeme und Anwendungen wird diesen ein großes Potenzial zur Gestaltung und Unterstützung unterschiedlicher Lehr- und Lernformen zugesprochen. Woran liegt dies?

Zunächst einmal können durch synchrone und asynchrone Kommunikationsformen zeitliche und räumliche Beschränkungen überwunden werden. Dazu sind jedoch proportional zu den aufkommenden Datenströmen, welche im Kommunikationsprozess entstehen, angemessene Übertragungsbandbreiten erforderlich[21]. Speziell für synchrone Szenarien ist aber auch eine garantierte

---

[21] Für den akademischen Bereich ist vor allem das Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN) zu nennen, welches in der Startphase ab Frühjahr 2000 eine Anschlusskapazität von bis zu 2.5 Gbit/s erreicht, dies ist vergleichbar mit dem amerikanischen Wissenschaftsnetz Abilene. Das G-WiN bietet insbesondere Dienste wie MBone (multicast backbone), Punkt-zu-Punkt-Verbindungen sowie einen ATM-Dienst. Dieser bietet hohe Bandbreiten und garantierte Dienstgüte, eignet sich also beispielsweise für synchrone datenintensive Übertragungen und

Dienstgüte wünschenswert, damit die Datenströme in Echtzeit beim Übertragungsziel ohne nennenswerte Verluste ankommen. Schließlich sind – insbesondere um eine breite Akzeptanz zu erreichen – geringe Kosten anzustreben.

Darüber hinaus sind derartige Systeme noch vergleichsweise neu, und wie G. Kearsley [Kea98] anschaulich zeigt, ist das Aufkommen neuer Technologien wie etwa Sprachlabor, Bildungsfernsehen oder rechnergestützter Unterricht zur Unterstützung von Bildungsprozessen immer begleitet von Hoffnungen, die sich aus verschiedenen Gründen meistens nicht erfüllt haben. Dies zeigt aber nicht primär – wie häufig behauptet wird –, dass die jeweils eingesetzten Techniken noch nicht ausgereift sind, sondern weist vielmehr darauf hin, dass diese zum Goldenen Kalb erhoben werden, ohne nach einer Lösung für die zahlreichen nichttechnischen Bildungsproblemen zu suchen. Abstrahiert man von den einzelnen Entwicklungen auf diesem Gebiet, so geht es eigentlich immer darum, eine stärkere Individualisierung von Bildungsprozessen zu ermöglichen, um besser auf die entsprechenden individuellen Bedürfnisse eingehen zu können. Gefragt sind hier neue pädagogische und bildungspolitische Konzepte sowie innovative problemorientierte Lernformen, wie sie beispielsweise im Abschnitt 2.3.4 skizziert wurden. In diesem Kontext können dann telematische Werkzeuge tatsächlich helfen, störende Randbedingungen zu überwinden. Und nicht zuletzt hängt der Erfolg dieser Werkzeuge davon ab, ob der Aufwand, sie zu nutzen, für Lehrende wie Lernende gleichermaßen vertretbar ist. Natürlich kann der Einsatz neuer Technik kurzfristig motivationsfördernd wirken, dieser Effekt schwindet jedoch meist schon bald, nachdem die Faszination des Neuen vergangen ist.

Besonders hinsichtlich des Fernlernens werden telematische Medien sehr euphorisch betrachtet. Im Rahmen traditionellen Fernunterrichts werden die Lernmedien (Studienbriefe, Skripten, Diskette, CD-ROM) auf dem Postweg zusammen mit zu lösenden Aufgaben verschickt. Kontakt zu anderen Lernenden besteht kaum und ist allenfalls individuell zu realisieren, falls zwei Lernende einander bekannt sind. Hier können WWW-gestützte Systeme tatsächlich allen Lernenden eines Kurses über eine gemeinsame Plattform Techniken anbieten, die individuelle und gruppenbezogene Kommunikation erleichtern. Neu sind dann aber nicht die Kommunikationsmittel (E-Mail, Newsgroups und Chat gibt es schon einige Jahrzehnte), sondern die Integration mit der Speicherung von Lerninhalten. Da es sich aber zumeist um nicht-interaktive Medien (Texte) handelt, dient das Internet hier vornehmlich als Distributionsmittel. Neue

---

Kommunikationsprozesse. Bei anhaltendem Wachstum wird das prognostizierte monatliche Datenvolumen im G-WiN im Jahr 2004 auf 6 PetaBytes anwachsen.

Möglichkeiten ergeben sich beispielsweise durch kooperative Räume, wobei der Nutzen angesichts zumeist individualisiert voneinander Studierender eher beschränkt zu sein scheint.

Die folgende Tabelle illustriert den Einsatz technologisch unterstützter Lernformen in Abhängigkeit von räumlichen und zeitlichen Bedingungen. Anschließend werden die einzelnen Alternativen näher erläutert.

	synchron	**asynchron**
lokal	– [22]	CBT rechnergestütztes Praktikum[23]
verteilt	Teleteaching CSCW (WYSIWIS) Videokonferenz, Chat	Mail, News Diskussionsforen Note-Taking[24] CSCW WBT

Tabelle 2.4: Telematische Unterstützungsmöglichkeiten für heterogene Lernszenarien

- **Vorträge und Vorlesungen** als Beispiele instruktional geprägter Lehrformen können an andere Orte übertragen und dort empfangen werden, dies bezeichnet man als Teleteaching. Im allgemeinen sendet dabei ein Dozent an verschiedene verteilte Standorte, wobei die übermittelten Daten per Beamer auf einen Bildschirm oder eine Großbildleinwand projiziert werden, so dass beispielsweise mehrere Studenten pro Übertragungsort den Lehrenden sehen und hören können. Über einen Rückkanal können an den einzelnen Standorten Fragen an den Dozenten gestellt werden. Eine Alternative hierzu ist die Übertragung der Datenströme an den heimischen Arbeitsplatz, damit auch räumlich entfernte Studierende von der

---

22 Ein zeitlich und räumlich festgelegte Lernform ist natürlich die Vorlesung, allerdings bezieht sich die Tabelle explizit auf informationstechnisch unterstützte Szenarien.

23 Damit sind beispielsweise die in anwendungsorientierten Fächern gängige Nutzung technischer Hilfsmittel zur Lösung praktischer Aufgaben gemeint im Kontext von Lehrveranstaltungen wie etwa Rechnerübung oder chemisches Praktikum.

24 Systeme zum Note-Taking werden zur Aufzeichnung von Präsentationen am Vortragsort eingesetzt. Der Eintrag in der Tabelle bezieht sich jedoch auf die verteilte und asynchrone Nutzbarkeit solcher Aufzeichnungen.

Lehrveranstaltung profitieren können. Ist eine dabei eingesetzte elektronische Tafel gemeinsam nutzbar (*shared whiteboard*) sowie der Audiokanal als Vollduplex-Verbindung[25] nutzbar, so lassen sich auch fachliche Diskussionen unter Beteiligung mehrerer verteilter Partner, wie dies in Seminaren vorkommen kann, durchführen.

- **Vorträge** können aufgezeichnet werden und zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgerufen werden. Die Spanne reicht hier von einfachen Videoaufnahmen als MPEG- oder Video-Datenstrom zu symbolischen Aufzeichnungsverfahren, welche insbesondere alle Aktionen des Dozenten auf einer elektronischen Tafel (*whiteboard*) registriert und Synchronisationsinformation zu den anderen Datenströmen (Video, Audio, externe Anwendungen) speichert, so dass diese Aufzeichnung nicht nur synchrone Wiedergabe, sondern auch wahlfreien Zugriff auf einzelne Segmente der Aufzeichnung gestatten. Die symbolische Aufzeichnung und Wiedergabe mehrerer Datenströme bezeichnet man als Note-Taking-Verfahren.
- **Videokonferenzsysteme** eignen sich – wegen der zumeist garantierten Bandbreite und Dienstgüte – für Abstimmungsprozesse in Echtzeit, idealerweise zwischen zwei Kommunikationspartnern, weil hier auch nonverbale Kommunikationsmittel wie Gestik und Mimik übermittelt werden können. Bei mehreren Kommunikationspartnern an verschiedenen Orten kann es Abstimmungsprobleme geben, die aber mit geeigneten moderierenden Prozessen abgefangen oder kompensiert werden können. Dies trifft auch auf den Chat zu, hierunter versteht man textbasierte synchrone Kommunikation, durch entsprechende symbolische Surrogate (Emoticons) kann die Beschränkung des geschriebenen Wortes etwas reduziert werden. Speziell hier bedarf es moderierender Eingriffe, wenn ein sinnvoller und produktiver Austausch stattfinden soll.
- **Diskussionsforen und Mailinglisten** ermöglichen es Interessensgemeinschaften, Nachrichten und (mittels Mail-Attachment) auch Dokumente auszutauschen, wobei jeder Beitrag an eine zentrale Adresse geschickt wird und dort nach Bedarf längerfristig gespeichert wird, so dass man im ersten Fall zeitunabhängig darauf zugreifen kann *(client pull)*, oder aber im zweiten Fall die Beiträge direkt an die einzelnen Abonnenten weiterverteilt wird (*server*

---

[25] Vollduplex bedeutet, dass zeitgleich mehrere Kommunikationspartner sprechen und empfangen können. Im Gegensatz dazu kann bei einer Halbduplex-Verbindung immer nur eine Person sprechen. Damit sind dann aber Diskussionen, wie sie in Seminaren idealerweise möglich sein sollten, erschwert, weil spontane Einwürfe nicht möglich sind.

push). Mailinglisten-Archive[26] gestatten auch den späteren Zugriff auf Diskussionsbeiträge.

- **Gemeinsame Arbeitsbereiche** erlauben das Speichern und Bearbeiten verschiedenartiger Dokumente über proprietäre oder WWW-basierte Zugriffsmöglichkeiten. Sie stellen eine Erweiterung gegenüber Diskussionsforen dar, denn es können nicht nur Beiträge neu generiert und abgelegt, sondern auch nachträglich über eine gemeinsame Schnittstelle verändert oder ergänzt werden. Oft sind sie gekoppelt mit geeigneten Benachrichtigungsmechanismen, die die Beteiligten über Veränderungen am Dokumentenbestand synchron oder asynchron informieren können. Content Management Systeme[27] legen den Schwerpunkt auf die Administrierung und Speicherung von Dokumentenbeständen über ihren Lebenszyklus hinweg und integrieren Funktionen wie Versionenkontrolle oder Annotationsmöglichkeiten, während CSCW-Systeme[28] eher die Koordination von Arbeitsprozessen betonen. In diesem Zusammenhang wird die enge Koppelung gemeinsamer Arbeitsräume zur synchronen Interaktion oft mit dem Akronym WYSIWIS (What You See Is What I See) bezeichnet. Dies bedeutet, dass jeder der Partner die einzelnen Aktionen der anderen im (virtuellen) Arbeitsbereich verfolgen und beeinflussen kann. Liegt der Schwerpunkt auf der Unterstützung kommunikativer Prozesse, so spricht man von Groupware. In diesem Zusammenhang wird häufig der Begriff der *awareness* gebraucht;

---

26 Sie werden generiert durch Software, welche E-Mail-Beiträge nach RFC 822 und dem MIME-Standard in HTML umwandelt und auf einem WWW-Server nach verschiedenen zeitlichen oder logischen Kriterien geordnet und durch Hyperlinks verknüpft abspeichern kann. Am weitesten verbreitet ist das Programm MhonArc (http://www.oac.uci.edu/indiv/ehood/mhonarc.html) von Earl Hood.

27 Hier gibt es inzwischen eine kaum zu überschauende Menge an unterschiedlichen Anbietern. Die meisten davon konzentrieren sich auf die Verwaltung flüchtiger Inhalte (Web Content Management), andere legen ihren Schwerpunkt auf die Administration der in einer Firma erstellten und benötigten digitalen Dokumente (Intranets). Einer der Vorreiter ist das System der Firma Hyperwave (http://www.hyperwave.de), welches beispielsweise als Archiv der Süddeutschen Zeitung (http://www.szarchiv.de) genutzt wird.

28 Am bekanntesten dürfte – zumindest in akademischen Kreisen – das BSCW-System (Basic Support for Cooperative Work), sein, eine Entwicklung der Forschungszentrum Informationstechnik GmbH (GMD), welches inzwischen durch die Firma OrbiTeam (http://www.orbiteam.de) weiterentwickelt und vermarktet wird. Andere Systeme unterstützen nicht nur asynchrones kooperatives Arbeiten, sondern auch synchrone Autorenprozesse, wie beispielsweise die Software DOLPHIN der CSCW-Gruppe am GMD-Institut IPSI in Darmstadt.

damit ist ein Verständnis und das Bewusstsein über die arbeits- oder lernbezogenen Aktivitäten der Kommunikations- oder Kooperationspartner gemeint, die zum Kontext für die eigene gruppenbezogene Aktivität wesentlich beiträgt. Ihre Verbesserung kann zu gesteigerter spontaner informeller Kommunikation beitragen und hilft Gruppenmitgliedern, gleichmäßig und umfassend über den Stand der gruppenbezogenen Aktivitäten informiert zu sein und damit auch, bewusster Entscheidungen treffen zu können[29]. Workflow-Systeme konzentrieren sich dagegen auf die Unterstützung logistischer Prozesse (beispielsweise Produktion und Vertrieb von Waren). Letztere spielen insbesondere im Kontext elektronischer Handelsplattformen (Business-to-Consumer-Bereich) eine tragende Rolle.

- Relativ jung ist der Forschungsbereich CSCL (Computer Supported Cooperative Learning), dessen Wurzeln sich zum einen auf den soeben erwähnten Bereich CSCW zurückführen lassen, zum anderen Fragen des Wissensmanagements behandelt. Im Vordergrund stehen hier die Fragen, wie Informationstechnik gezielt eingesetzt werden kann, um kooperative Lernprozesse zeit- und ortsunabhängig zu verbessern und wie zu erwerbende oder erworbene Wissensstrukturen geeignet abzubilden sind, um die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften zu unterstützen. Eine wichtige Prämisse hierbei ist, dass zur Bewältigung berufsbezogener Aufgaben anwendungsspezifisches Wissen in immer größerem Maße benötigt wird und somit Lern- und Arbeitsprozesse verschmelzen. Ein Grund hierfür sind auch in wachsendem Maße projektbezogenes Arbeiten, welches vielfältige Abstimmungsprozesse zwischen den Mitgliedern einer häufig verteilt agierenden Gruppe erfordert. Ein Problem hierbei ist nicht nur die zeitliche und räumliche Distanz, sondern auch das Fehlen nonverbaler Kommunikation[30]. Der Bereich integriert weiterhin Aspekte der Hypermedia-

---

29 Man unterscheidet zwischen allgemeinem Wissen über die Gruppe als Arbeitsgemeinschaft, so etwa Information darüber, wer sich wo wann physisch aufhält (informelle Awareness), über die Struktur der Gruppe (bezüglich Verantwortlichkeiten, Status und Position im GruppenProzess (strukturelle A.), über das Interesse und Engagement im Rahmen gemeinsamer Arbeiten sowie dem Wissen über besondere Fertigkeiten (soziale A.), und schließlich über den gemeinsamen Arbeitsbereich, also wer wann welche Artefakte wie und aus welchem Grund verändert hat (arbeitsbereichsbezogene A.).

30 Genauer: Nonverbale Kommunikation findet in jedem VerständigungsProzess statt – beispielsweise nutzen wir beim Telefon Gestik und Mimik, obwohl wir nur auditiv mit dem Kommunikationspartner verbunden sind – allerdings können bei verteilten Kommunikationspartnern die entsprechenden Signale mangels passender Kanäle nicht geeignet übertragen und empfangen werden.

Forschung und des Elektronischen Publizierens, befasst sich aber auch mit dem Thema Digitale Bibliotheken als Infrastrukturen zur Nutzung wissenschaftlicher Dokumente, um das es in dieser Arbeit geht. Lehr- und Lernsysteme, die in diesem Kontext entwickelt worden sind, zielen darauf, synchrone und asynchrone Kommunikationsformen mit Mechanismen zur Speicherung und Nutzung von Lernmedien und spezifischen zusätzlichen Funktionen, wie etwa Self-Assessment oder Annotationsmöglichkeiten, unter einer homogenen Plattform zu integrieren, um so den Lernenden vielfältige Optionen zur Gestaltung ihres Lernprozesses entsprechend ihres Lerntypus zu bieten. Sie werden häufig unter dem Begriff WBT (Web-Based-Training) subsumiert in Abgrenzung zu stationärer Lernsoftware (CBT, Computer Based Training). Sie dienen auch dazu, die im WWW vorhandene mangelnde Struktur des Angebots zu spezifischen Bereichen zu kanalisieren, damit ist es allerdings notwendig, dass Lehrende – analog zur Bereitstellung eines lehrveranstaltungs- oder semesterbezogenen Handapparats relevante Lernmedien den Studierenden zur Verfügung stellen oder zumindest Hinweise zur sinnvollen Recherche zu einem gegebenen Thema geben.

2.4.2 Ein didaktischer Ansatz zum telematisch unterstützten problembasierten Lernen

Wie deutlich wurde, können in synchronen Szenarien nicht alle Aspekte menschlicher Kommunikation technisch mediiert werden, erschwerend kommt bei asynchronen Lernmodi ein Mangel an sozialer Präsenz hinzu[31], der die Koordination kollaborativer Arbeit (Verantwortlichkeiten, Informationsaustausch, Zugriff auf gemeinsam zu nutzende Artefakte) erschwert. Die partielle Wahrnehmung der Kommunikations- und Kooperationspartner führt also zum einen zu sensorischer Deprivation[32], zum anderen zu eingeschränkter gegenseitiger Vertrautheit. Die Komplexität der Kommunikations- und Kooperationswerkzeuge kann sich zudem störend auf die Interaktion gemeinsam Lernender auswirken, dies ist insbesondere bei Übertragungsstörungen der Fall, falls die Dienstgüte nicht gesichert ist. Besonders Abstimmungsprozesse zum Erreichen oder Ausbauen eines gemeinsamen Wissenshintergrunds werden beeinträchtigt.

---

31 Hier ist etwa die eingeschränkte oder fehlende Wahrnehmung für den Lern- oder Arbeitsfortschritt des kooperierenden Partners gemeint; organisatorische Hilfen wie gemeinsame Dokumentenbestände können nur punktuell einen Eindruck vermitteln, nicht aber über individuelle mentale Prozesse.

32 Damit ist ein Zustand hochgradiger Reizisolation gemeint, hier besonders das technisch bedingte Fehlen taktiler und olfaktorischer, teilweise auch akustischer Wahrnehmung im Kontext von Kollaborationsprozessen.

Aus diesem Grund empfehlen sich hybride Lernszenarien, bei denen sich zum einen Präsenzphasen mit räumlich und zeitlich verteilten Perioden abwechseln, zum anderen sich die einzelnen Lernphasen (Instruktion, Exploration, Konstruktion, Transfer) in kurzen Zyklen abwechseln, so dass von den Lernenden aktive Partizipation gefordert wird: Das folgende Konzept eröffnet eine Möglichkeit problemorientierten Lernens und orientiert sich gleichzeitig an gegebenen Randbedingungen universitärer Lehre (etwa festgelegte Vorlesungsstunden oder Abschlussprüfungen).

1. **Zielsetzungs- und Kennenlernphase**: Dozenten und Studenten treffen sich zu Beginn der Bildungsmaßnahme für etwa eine Doppelstunde mit Pause. Der Lehrende erläutert den zu behandelnden Themenbereich und schildert die Konzeption der Veranstaltung sowie das Evaluationskonzept zur formativen und summativen Bewertung. Für jede Einheit sind Teilziele zu entwerfen, dazu ist ein kurzer Überblick über jeden der Bereiche erforderlich, für den sich zuvor je eine Gruppe Studierender, welche sich mit einem spezifischen Teilbereich beschäftigen werden, gebildet haben. Zwischen den beiden Stunden soll die Zeit genutzt werden, primär die Mitglieder der eigenen Gruppe kennenzulernen und diese eventuell zu wechseln. Jede dieser Gruppen soll sich im Anschluss diese Ziele in und außerdem den Bezug zu den anderen Teilbereichen in einer Brainstorming-Phase überlegen, im Anschluss werden die Ergebnisse zusammengetragen, diskutiert und ergänzt. Mit dem zu erreichenden übergeordneten Lernziel verbindet sich eine konkrete Aufgabe, die von jeder Gruppe nur gemeinsam gelöst werden kann. Dazu existiert für jeden Bereich eine Reihe von Vorschlägen des Dozenten. Als Aufgabe sollen die Lernenden in einem Fragebogen innerhalb der folgenden Woche das Konzept der Veranstaltung nach unterschiedlichen Kriterien bewerten. Für diese Phase ist keine telematische Unterstützung erforderlich. Falls es sich um verteilte Lernende handelt, ist erwünscht, dass sich diese an einem gemeinsamen Ort versammeln.
2. **Instruktion und Exploration**: Für jeden Bereich nimmt der Dozent einen Kurzvortrag auf, der zur Vermittlung der Grundlagen dient und eine Woche, bevor das jeweilige Thema behandelt werden soll, zusammen mit Initiativfragen[33] und entsprechenden Hinweisen auf Lernressourcen, bereitgestellt wird. Damit werden mehrere Ziele verbunden:

---

[33] Initiativfragen dienen dazu, die Lernenden auf wichtige Punkte hinzuweisen und Denkprozesse anzuregen. Sie werden zusammen mit den entsprechenden Segmenten des Vortrags als textuelle Annotationen gespeichert. Auch für andere Lernme-

- der Lernende soll überprüfen, ob er den im Vortrag erklärten Stoff verstanden hat;
- fortgeschrittene Fragen erfordern die selbständige Erforschung passender wissenschaftlicher Literatur;
- die Fragen bereiten auf die nachfolgende Diskussion vor.

Unterstützende technische Hilfsmittel sind hier für den Lehrenden Note-Taking-Verfahren sowie für die Studierenden integrierte Lernumgebungen oder zumindest Dokumentenspeicher, auf denen relevante Hintergrundmaterialien abgelegt sind. Hier können auch die Initiativfragen, welche beispielsweise mit einem Werkzeug für Self-Assessment-Tests erstellt sein können, abgespeichert werden. Typischerweise findet diese Phase individuell statt, um selbständig aus der dargebotenen Information Wissen zu konstruieren, es ist jedoch auch denkbar, dass der Lernstoff zusätzlich in kleinen Lerngruppen diskutiert wird. Verteilte Lernumgebungen sollen die Lernenden in die Lage versetzen, ihre eigenen Ideen in Dokumenten zu speichern (Kreation), miteinander über ihre Arbeit und ihren Lernprozess und darauf bezogene Aspekte zu diskutieren (Kommunikation), sich gegenseitig innerhalb der eigenen Gruppe, aber auch gruppenübergreifend zu unterstützen (Kooperation), eine individualisierte Struktur des eigenen virtuellen Lernraums zu erstellen, beispielsweise durch personalisierte Verweise oder die individuelle Gruppierung von im Zusammenhang mit dem Lernprozess relevanten Artefakten (Konstruktion), sowie zur gemeinschaftlichen Erstellung, Wartung und Pflege des Informationsraums (Kollaboration)[34]. Für jede aufgenommene Einheit sollen passende Kurzfragebögen beantwortet werden, damit die fehlende Möglichkeit zur spontanen Rückmeldung wie im traditionellen Vorlesungsszenario zumindest teilweise kompensiert wird.

3. **Elaboration und Konstruktion**: Ausgehend von den vorbereitenden Vortragseinheiten moderiert der Dozent in Form eines kollektiven sokratischen Dialogs eine vertiefende Diskussion. Als Anregung können hier weitere didaktisch sinnvolle Artefakte (Videos, Simulationen, Animationen) präsentiert werden. Gezielte Fragen sorgen dafür, dass die aktive Teilnahme gleichmäßig ausfällt. Für jedes Thema wird verlangt, dass eine schriftliche

---

dien sind solche Initiativfragen sinnvoll, dabei empfiehlt sich ein Wechsel des Mediums, so dass sich etwa für Textdokumente Audio-Annotationen empfehlen.

[34] Hier ist keine Neudefinition der Begriffe Kollaboration und Kooperation intendiert, sondern eher ihre Konkretisierung im Hinblick auf verteilte virtuelle Lernumgebungen.

Zusammenfassung der Diskussion erstellt wird, die in der folgenden Stunde durch einen Vertreter einer der Gruppen – nicht aber diejenige, die sich für das zuvor besprochene Thema entschieden hatte – vorzutragen ist. Über einen gemeinsamen Dokumentenspeicher werden die Zusammenfassungen gesammelt. Damit wird verknüpft, dass für jede Zusammenfassung ein Teilnehmer einer anderen Gruppe diese kritisch kommentieren und durch eigene Hinweise ergänzen muss. Hierfür eignen sich gemeinsame Arbeitsbereiche eines CSCW-Systems. Wenn die Orte der Interaktion zwischen den Beteiligten des didaktischen Prozesses verteilt sind, finden die vertiefenden Diskussionen zeitversetzt statt, wobei an jedem Standort ein Lehrender die Rolle des Moderators übernehmen muss. Wenn es gelingt, sich zeitgleich zusammenzufinden, so können die Diskussionen abschließend zusammengefasst und jeweils an die anderen Orte übertragen werden. Dazu eignen sich Techniken des Teleteaching (shared whiteboard, Audio- und Videokanal). Zur Bewertung der gemeinsamen Treffen seitens der Studenten eignen sich pro Diskussionsrunde vier bis fünf halbstrukturierte Interviews, welche von Tutoren durchgeführt werden. Dabei wird jeweils eine Woche im Voraus festgelegt, welche Studierende interviewt werden.

4. **Dialog**: Studierende können außerhalb der gemeinsamen Sitzungen über eine typisierte Annotationsmöglichkeit Fragen zum Thema stellen, die dann von Tutoren oder vom Dozenten asynchron beantwortet werden. Dazu ist eine Lernumgebung mit Mail-Versendemöglichkeit hilfreich, wobei jeder Studierende sich auf Fragen (und die jeweiligen Antworten) abonnieren können sollte. Jedes Mal, wenn eine gestellte Frage beantwortet wurde, generiert das System also eine Nachricht und speichert diese auch permanent (beispielsweise in einem Diskussionsforum) ab. Zusätzlich führt der Dozent in regelmäßigen Abständen (etwa alle drei Wochen) eine virtuelle chatbasierte Sprechstunde durch, deren Verlauf gespeichert und später asynchron wieder abgerufen werden kann. Damit wird das Lernmaterial dynamisch angereichert durch lernerspezifische Ergänzungen und Hinweise. Diese Annotationen werden als Teil des Bewertungskonzepts ausgewertet.

5. **Vertiefung und Transfer**: Für jedes Thema sind individuelle Übungsaufgaben (etwa in zweiwöchigem Turnus) zu lösen, hier wird geprüft, ob der behandelte Lernstoff auch in anderen Kontexten anwendbar ist. Idealerweise haben diese Übungen nur thematischen, aber nicht anwendungsspezifischen Bezug zu der jeweiligen Aufgabe einer Gruppe. Über ihren Arbeitsfortschritt muss jede Gruppe in größeren Abständen (ca. alle drei Wochen) dem Dozenten berichten und dies auch schriftlich ablegen. Diese Zusammenfassungen sind ebenfalls für die anderen Gruppen einzusehen und annotierbar.

6. **Präsentation der Gruppe mit Diskussion**: Nach Abnahme durch den Dozenten etwa zwei bis drei Wochen vor Ende der Veranstaltung stellen die

Gruppen ihre selbstgewählten Aufgaben und deren Lösungen in einem Vortrag vor, hierbei muss jedes Gruppenmitglied zur Präsentation beitragen – so kann durch Sprecher- und Medienwechsel die Aufmerksamkeit aller Beteiligten gesteigert werden. Eine schriftliche Ausarbeitung dient zur Protokollierung des bearbeiteten Projekts.

7. **Schlussprüfung**: Um dem erworbenen Wissen formale Relevanz zu geben – dies bedeutet vor allem, sicherzustellen, dass sich jeder mit allen Themenbereichen gleichermaßen beschäftigt hat –, finden zum Abschluss der Veranstaltung mündliche Prüfungen statt, deren erfolgreiches Bestehen zusammen mit dem erfolgreichen Abschluss der Gruppenaufgabe als benotete Studienleistung angerechnet wird[35]. Direkt im Anschluss zur Prüfung wird jeder Studierende nochmals im Rahmen eines halbstrukturierten Interviews befragt, diese Angaben dienen zur summativen Evaluation der Lehrveranstaltung.

Dieses Lehrveranstaltungskonzept ist anwendbar auf Gruppen von etwa 40 bis 60 Studierende und Veranstaltungen, welche nicht primär Grundlagen vermitteln (also idealerweise vertiefende Vorlesungen des Hauptstudiums). Es vereint Phasen der Instruktion mit kognitiven und konstruktiven Aspekten und orientiert sich damit am Leitkonzept der Problemorientierung. Außerdem umfasst es formative und summative Evaluation als integralen Bestandteil. Telematische Unterstützung – idealerweise in Form einer verteilten Lernumgebung mit kommunikativen Funktionen – ist für jede der geschilderten Phasen als unterstützendes Werkzeug hilfreich, aber nicht notwendig, da der Hauptaugenmerk auf der didaktischen Konzeption liegt[36]. Durch synchrone Werkzeuge des Teleteaching können auch verteilte Gruppen angemessen unterstützt werden. Da der Ablauf sich in vielen Aspekten an traditionelle Vorlesungen anlehnt (durch wöchentliche Treffen, Übungsaufgaben, tutorielle Betreuung), kann er nahtlos in das Konzept bestehender (universitärer) Lehre eingepasst werden. Andererseits

---

[35] Möglichkeiten sind der Erwerb eines Scheins, die Anrechnung auf den Studienabschluss oder die Vergabe von Credit Points, die es erlauben, eine erworbene Studienleistung auch an einer anderen Hochschule anrechnen zu lassen. Vorreiter sind bei letzterer Alternative in Deutschland die rheinland-pfälzischen Universitäten.

[36] Die Aufnahme des Lernstoffs für die Studierenden als Quelle zur Vorbereitung kann natürlich ohne geeignete technische Unterstützung nicht realisiert werden. Geht man von der gewöhnlichen Teilung einer Lehrveranstaltung in Vorlesung und Übung aus, könnte der Dozent gegen Ende der Übung den entsprechenden Kurzvortrag live halten, diesen konventionell (etwa auf Kassette) aufnehmen und daraus ein Transkript anfertigen lassen, welches den Studierenden ausgeteilt wird.

erhebt die Konzeption und Durchführung einer derart realisierten Lehrveranstaltung hohe Ansprüche an Dozenten (Vorbereitung, insbesondere Auswahl möglicher Aufgaben sowie kontinuierliche Betreuung der Gruppen) und Studenten (regelmäßige Berichte, teamorientiertes Arbeiten, Wechsel zwischen individueller und gruppenbezogener Arbeit). Im Gegensatz zur *engagement theory* integriert es Phasen der Vermittlung von Grundlagen, die dort implizit vorausgesetzt werden, verzichtet aber auf projektbezogene Anwendung in nichtakademischem Kontext[37] und ist damit auch für nicht primär anwendungsorientierte Studiengänge passend. Gegenüber dem Ansatz der Goal-Based-Scenarios erfordert es deutlich weniger Aufwand in der Konzeption. Indem man die einzelnen Phasen unterschiedlich gewichtet, kann man das vorgestellte Konzept auch für Praktika (stärkere Betonung der praxisorientierten Komponenten, Reduzierung oder Weglassen der instruktionalen Phasen, damit ergeben sich weitgehende Ähnlichkeiten zum Ansatz der *engagement theory*) sowie Seminare (Forcierung der diskursorientierten Bestandteile sowie der gemeinschaftlichen Exploration behandelter Themen durch Dozenten und Studenten) anwenden.

Offen bleibt jedoch die Frage, wie traditionelle Massenveranstaltungen mit mehreren hundert Studenten geeignet didaktisch unterstützt werden, so dass die Studierenden aktiv beteiligt sind an der Konstruktion des zu erwerbenden Wissens. Prinzipiell ist eine Teilung in mehrere von je einem Dozenten betreuten Großgruppen denkbar, wobei – ausgehend von der gemeinschaftlichen Planung durch die Dozenten, so etwa die Auswahl der Themenbereiche und möglichen Gruppenprojekte – die einzelnen Aktivitäten der Großgruppen weitgehend unkoordiniert zueinander ablaufen, die Übungsaufgaben hingegen gemeinschaftlich konzipiert werden können. Die Anwendbarkeit auf größere Gruppen ist jedoch kein primäres Problem des vorgestellten Ansatzes, sondern deutet auf ein prinzipielles Problem der Massenhochschule hin: eine angemessene Betreuung der Studierenden ist bei mehreren hundert Lernenden besonders in Grundstudiumsveranstaltungen nicht zu realisieren. Die naheliegende Maßnahme, die Stellen für Lehrpersonal je nach Bedarf zu erhöhen oder aber zu senken,

---

[37] Sofern es sich aus dem Problembereich ergibt, können auch nichtakademische Anwendungen als Problemstellung gewählt werden, dies ist aber nicht zwingend erforderlich, so dass sich insgesamt die Bandbreite der Wahlmöglichkeiten verbreitern sollte.

scheidet aus, weil die Lehrenden zumeist nicht kündbare Beamte sind[38]. Was sind die Alternativen, um die Studienzahlen zu beschränken?

1. **Beschränkung der Zulassungszahlen** durch Numerus Clausus (NC): Da der Notendurchschnitt, welcher hier zur Bewertung herangezogen wird, im besten Fall lediglich ein Abbild punktueller Leistung (als Resultat der Abiturprüfungen) ist, kann er keine realistische Aussage über die Studienfähigkeit hinsichtlich eines gegebenen Faches machen, allenfalls eine sehr pauschale Einschätzung hinsichtlich der Fähigkeit geben, kurzzeitig gespeichertes Wissen abzurufen.
2. **Normierte Eingangstests**: Meistens beschränken sich diese auf das Abprüfen sprachlicher und mathematischer Leistungen, für die die entsprechenden kognitiven Areale vorwiegend in der linken Großhirnhemisphäre liegen, nicht aber metakognitive Fähigkeiten. Auch hier ergibt sich nur ein punktuelles und partielles Bild kognitiver Fähigkeiten.
3. **Strukturierte Interviews**: Diese dienen dazu, dass sich die Hochschulen ihre Studenten zumindest teilweise selbst heraussuchen können. Es ist klar, dass personelle und zeitliche Kapazitäten nicht ausreichen, um die Gesamtzahl an möglichen Erstsemestern zu befragen, so dass dieser Ansatz häufig kombiniert wird mit einer Vorauswahl aufgrund anderer Kriterien, etwa der Abiturleistung. Diesbezüglich stellt sich die Frage nach dem Kriterium: werden nur die von den Noten her „schlechten" Kandidaten interviewt, selegiert man nach dem Zufallsprinzip einen festgelegten Prozentsatz, oder nimmt man die fachnahen Abiturleistungen als Kriterium?
4. **Herausprüfen im Grundstudium**: Häufig werden die Klausuren während des Grundstudiums in ihrem Schwierigkeitsgrad so angepasst, dass nach den Prüfungen die Anzahl bestehender Lehrender in etwa dem entspricht, was die Hochschule „verkraften" kann. Dies ist genau dann zu hinterfragen, wenn die Durchfallquoten sich implizit orientieren an der Zahl der Immatrikulationen und nicht an periodisch etwa gleichbleibenden Kriterien.

Keiner dieser Vorschläge erscheint für sich allein sinnvoll, und auch eine Kombination kann das gewünschte Ziel, ein angemessenes Abbild domänenspezifischen Wissens zu erhalten, bestenfalls approximieren. Dies liegt an der Schwierigkeit, metakognitive individuelle Fähigkeiten objektiv zu externalisieren – sie erschließen sich nur implizit durch problembezogenes

---

[38] Eine Diskussion über Sinn und Zweck beamteter Lehrpersonen hier einzufügen, übersteigt die Kompetenz des Autors und ist zudem angesichts des Fokus dieser Arbeit nicht notwendig.

Beobachten der Probanden anhand konkreter zu lösender Aufgaben. Dies erscheint zwar – wie im vorgeschlagenen Konzept zur Unterrichtsgestaltung – bezogen auf konkrete Themenbereiche durchaus möglich, wenn man allerdings die Studierfähigkeit bewerten möchte, so scheint keine Alternative zur punktuellen Beurteilung in Sicht. Hingegen kann die Bereitstellung von interaktionsfördernden Lernmedien (beispielsweise über eine verteilte Lernumgebung) den aktiven Umgang mit dem zu erlernenden Lernstoff begünstigen, hier ist allerdings der Aufwand der Konzeption und Produktion, wie im folgenden Kapitel erläutert wird, signifikant und kaum zu reduzieren.

2.5 Zusammenfassung

Aufbauend auf der Erkenntnis, dass Lernen als Erwerb relevanten und anwendbaren Wissens aufgefasst werden kann, wurde zunächst untersucht, wie implizites oder explizites Lernen mit unterschiedlichen Lernstrategien verknüpft werden können. Dies führte zur Modellierung allgemeiner Lernprozesse als vierstufiger Zyklus, in dem sich Präsentation, Exploration, Konstruktion sowie Kollaboration und Kommunikation abwechseln und ergänzen und je nach Aufgabenstellung unterschiedlich gewichtet sind. Lernszenarien, welche die unterschiedliche Disposition Lernender berücksichtigen, um auf individuelle Bedürfnisse eingehen zu können, sollten also heterogene Ansätze – hier subsumiert in den Begriffen Instruktion, Kognition, Konstruktion – vereinigen, dies wurde am Leitkonzept der Problemorientierung verdeutlicht. Dessen Hauptziel ist es, Lernprozesse an konkreten Aktivitäten zu verankern, damit erworbenes Wissen nachhaltig verfügbar bleibt, insbesondere über das Individuum hinweg. Unter diesem Aspekt spielen kollaborative Lernformen eine wichtige Rolle.

Schließlich wurde ein praxistaugliches Szenario zur Unterstützung problemorientierten Lernens vorgestellt, welches sich an die gegebenen Randbedingungen universitärer Lehre anlehnt, gleichzeitig aber die Potenziale telematischer Werkzeuge nutzt, um auch in verteilten Szenario die unterschiedlichen Phasen des Lernprozesses geeignet zu unterstützen. Das Konzept stellt hohe Anforderungen an Lehrende (erhöhter Vorbereitungs- und Betreuungsaufwand) und Lernende (kontinuierliche Mitarbeit, regelmäßige Berichte, teamorientiertes Arbeiten, individuelle und gruppenbezogene Arbeit). In jeder Phase wird aktive Beschäftigung mit dem Lernstoff verlangt, so dass die Bildung trägen Wissens vermieden wird. Um Defizite zu erkennen und zu korrigieren, ist es notwendig, dieses Konzept in einer vertiefenden Lehrveranstaltung zu erproben. In diesem Zusammenhang. interessiert insbesondere, ob die für die Evaluation zusammengetragenen Daten ausreichen, um signifikante Aussagen zu erhalten. Voraussetzung für den Erfolg ist, dass alle Beteiligten sich gleichermaßen auf die erhöhten Anforderungen einlassen.

Weil neue, insbesondere rechnergestützte Techniken an sich noch keine Verbesserung des Lernerfolgs bewirken, ist zu betonen, dass der hier vorgestellte Ansatz nicht die Technik in den Mittelpunkt rückt – ein insbesondere in den Informationswissenschaften prädominante Herangehensweise –, sondern Pädagogik und Didaktik. Er ist als Rahmenkonzept zu verstehen, so dass sich die konkrete Ausprägung nach den festgesetzten Zielen, der Art der Lehrveranstaltung, der verfügbaren Technik und den sinnvoll einsetzbaren Artefakten zur Verdeutichung von Lerninhalten richtet. Im Gegensatz zu anderen problemorientierten Ansätzen, welche implizit davon ausgehen, dass auf vorher erworbenem Grundwissen aufgebaut werden kann, wird hier insbesondere die Präsentation von Information als Grundlage zum Wissenserwerb integriert, so dass alle Phasen des Lernzyklus unterstützt werden.

3 Konzeption und Erstellung von Lernmitteln für eine digitale Bibliothek

Digitale Bibliotheken im Kontext universitärer Ausbildungsumgebungen definieren sich zum einen über eine Infrastruktur, welche dem Nutzer zeit- und ortsabhängig Dienste zur Nutzung bibliotheksbezogener Ressourcen (Nutzerkataloge, verteilte Datenbanken, Profil- und Lieferdienste) bereitstellt, zum anderen durch fachspezifische, lernförderliche Medien, die von Lehrenden und Lernenden gleichermaßen aktiv genutzt werden können. Eigene Erfahrungen aus unterschiedlichen Forschungsvorhaben im Bereich digitale Bibliotheken (beispielsweise das vom BMBF geförderte Projekt MeDoc [BBB+98] sowie das EU-Projekt LIBERATION [Stu99]) haben gezeigt, dass deren Dienste von einer gegebenen Nutzermenge langfristig nur unter folgenden Bedingungen genutzt werden:

- die Anzahl verfügbarer Lernmedien ist für die Nutzergruppe relevant und substanziell;
- die Lernmedien stehen im Umfeld der Nutzer nur in elektronischer Form zur Verfügung oder weisen gegenüber den alternativen Versionen (etwa gedruckte Lehrbücher) zusätzliche (also über das reine Lesen hinausgehende) Funktionen auf, etwa Aktualisierungen oder zusätzliche Module;
- digitale Medien sind plattformübergreifend nutzbar;
- die Infrastruktur integriert die Bestellung und Nutzung heterogener Inhalte und Formate (z. B. gedruckte und retrodigitalisierte[39] Medien) .

Somit ergeben sich nicht nur erhöhte Anforderungen an die Infrastruktur zur Publikation heterogener Medien (Cross-Media Publishing), sondern an die Medien selbst und damit an den Prozess ihrer Erstellung. Hierzu wird zunächst erörtert, inwieweit eine wirtschaftlich vertretbare Produktion multimedialer Medien überhaupt denkbar ist. Viele multimediale Verlagsprodukte werden mit Hilfe geeigneter integrierter Autorensysteme wie ToolBook, Authorware oder Director erstellt; der nachfolgende Abschnitt erläutert deshalb, inwieweit diese sinnvollerweise im Kontext innovativer Produkte mit heterogenen Komponenten nutzbar sind. Exemplarisch für die Nutzung in verschiedenen Formaten sind hybride Lehrbücher, bei denen die gedruckte Version der Texte als Grundgerüst

---

[39] Retrodigitalisierung bezeichnet den Prozess, Medien, welche primär analog publiziert wurden, im Nachhinein zu digitalisieren, um sie elektronisch verfügbar zu machen.

für eine auf CD-ROM oder DVD vertriebene multimediale Umsetzung dient. Die hier vorkommenden Schwierigkeiten sowie einige Lösungsmöglichkeiten werden exemplarisch anhand der Produktion eines Lehrbuchs über Prinzipien des Algorithmenentwurfs [Ott98] erläutert. Es folgen Überlegungen, inwieweit multimediale Publikationen mit dem Ziel der flexiblen Wiederverwendbarkeit erstellt werden können, um die substanziellen Kosten, die bei ihrer Produktion entstehen, zu senken. Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung.

3.1 Publikationsprozesse im Umbruch

Relevanz und Aktualität hängen vor allem im Fall naturwissenschaftlicher Publikationen zu Lernzwecken eng miteinander zusammen: sofern ein gutes Lehrbuch sich nicht auf einen reinen Überblick eines Fachgebiets beschränkt, sollten aktuelle Ergebnisse aus Forschung und Wirtschaft im Abstand von etwa zwei bis drei Jahren in Neuauflagen eingearbeitet werden. Für konventionelle Publikationsprozesse in Kooperation mit wissenschaftlichen Verlagen ist eine Lebensdauer einzelner Auflagen unter zwei Jahren wegen der einhergehenden Kosten praktisch nicht zu verwirklichen, bei elektronischen Publikationen sind zumindest in der Theorie kontinuierliche und einfach durchzuführende Änderungen möglich. Dieser Abschnitt widmet sich den allgemeinen Randbedingungen, welche bei der Entwicklung multimedialer Lernmedien zu beachten sind. Dabei geht es um die Integration heterogener Dokumente in unterschiedlichen Formaten, hier wird zunächst differenziert zwischen Autoren-, Nutzer- und Archivformaten. Da alle Lernmedien einen hohen Anteil textueller Komponenten aufweisen, widmet sich der folgende Abschnitt der Erfassung strukturierter Textdaten. Anschließend wird verdeutlicht, dass die für Lernmedien ermittelten pädagogischen, didaktischen und technischen Anforderungen die Notwendigkeit zur interdisziplinären Entwicklung nach sich zieht. Schließlich werden noch die geläufigsten Multimedia-Entwicklungsmodelle erwähnt, welche die speziellen Erfordernisse gegenüber konventioneller Software-Entwicklung berücksichtigen, allerdings eher als Rahmenmodell denn als konkretes Entwicklungsmodell aufzufassen sind.

3.1.1 Autoren-, Nutzer- und Archivformate

Weil Autorenformate sich in der Regel von den elektronischen Formaten, mit denen die späteren Nutzer arbeiten, unterscheiden, ist auf eine Konsistenz zwischen Autorendaten und Nutzerdaten zu achten. Dies lässt sich am besten dadurch erreichen, dass schon auf Autorenseite Inhalte und Medienströme digital erfasst und in einem durchgängigen Prozess zum Endprodukt transformiert werden. Bei konventionellen Lernmedien werden heutzutage Texte und Abbildungen bereits am Rechner erstellt, wobei leistungsfähige Editoren es erlauben, Formatierung und Gestaltung druckfertig festzulegen. Der Verlag erhält

zumeist einen Ausdruck der Publikation in papiergebundener Form und erzeugt daraus die Druckvorlagen für die Papierversion. Die Publikationskette ist also nicht durchgängig (Medienbruch), und damit sind die endgültige Publikationsform (Druck) und damit auch die Nutzungsmöglichkeiten bereits festgelegt. Die Möglichkeiten zur Bereitstellung in elektronischen Formaten beschränken sich dann auf folgende Alternativen:

- Umwandlung der Autorenformate in digitale Nutzerformate einschließlich Einarbeitung der für die digitale Nutzung gewünschten Funktionen. Man nennt diesen Prozess auch Konvertierung. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn zum einen die Autoren bekannt sind und die entsprechenden Dateien zur Verfügung stellen können oder wollen.
- Retrodigitalisierung, also Scannen der gedruckten Version mit anschließender Zeichenerkennung (OCR / optical character recognition). Weil jede Seite für sich manuell erfasst und die Algorithmen zur Zeichenerkennung abhängig von der Qualität der Vorlage sowie den gewählten Schrifttypen unterschiedliche Ergebnisse liefern, ist es hier notwendig, das Ergebnis am Rechner nachzubearbeiten und die Dokumente entsprechend der Vorlage neu zu formatieren.

Die für digitale Medien typischen Kennzeichen wie Querverweise als Hyperlinks sowie alle zusätzlich gewünschten Funktionen (Volltextindexierung, mediale und funktionale Erweiterungen) müssen ebenfalls manuell eingearbeitet werden, wenn sie nicht schon in den Autorenformaten eingearbeitet wurden. Wegen des erheblichen Aufwands können derartige Prozesse zur digitalen Aufbereitung nur exemplarisch oder prototypisch durchgeführt werden. Dieser Aufwand ist andererseits beispielsweise im Falle alter Handschriften gerechtfertigt, welche aus Haltbarkeitsgründen dem Endnutzer im Original nicht mehr zur Verfügung gestellt werden können. In diesem Fall werden neben der Übertragung auf Mikrofilm zur langfristigen Archivierung den potenziellen Nutzern zusätzlich Rasterbilder als Abbildung der einzelnen Seiten zur Verfügung gestellt.

Damit ist ersichtlich, dass die nachträgliche Bereitstellung von Lehrbüchern in digitaler Form nur bedingt wirtschaftlich sein kann. Der einhergehende Aufwand ist nur dann gerechtfertigt, wenn der anvisierte Nutzerkreis hinreichend groß ist und die Kosten für die Nutzung den Aufwand der Konvertierung oder Retrodigitalisierung kompensiert werden können[40]. Weil es

---

[40] In Kapitel 5 werden die Alternativen zur Abrechnung digitaler Medienangebote diskutiert.

ebenfalls unwirtschaftlich ist, abhängig vom Distributionsformat parallel voneinander ablaufende Produktionsverfahren einzuführen, ist ein Publikationsprozess wünschenswert, welcher angesichts des raschen technologischen Fortschritts verschiedene Endprodukte ermöglicht, wobei aber die Anzahl gemeinsamer Arbeitsschritte zu maximieren ist, um den gesamten Produktionsaufwand zu minimieren. Idealerweise sollte dazu der Autor alle von ihm intendierten Funktionalitäten in unterschiedlichen Publikationsformen schon im Ursprungsformat definieren können, so dass diese dann ohne Mehrarbeit in die entsprechenden Objekte des Nutzerformats (etwa Lesezeichen oder Verknüpfungen) umgesetzt werden können.

Hier stellt sich allerdings das Problem, dass viele Autorenformate proprietär sind und sich in Produktzyklen von etwa 1-3 Jahren weiterentwickeln. Zwar integrieren die Hersteller der entsprechenden Autorenwerkzeuge Routinen, die es ermöglichen, auch ältere Dateien mit neueren Versionen ihres Programms nutzen zu können (Rückwärtskompatibilität), die langfristige Nutzbarkeit (mehrere Jahrzehnte) ist jedoch bei proprietären Formaten nicht gewährleistet. Daher benötigt man Archivformate, welche zwischen (medienunabhängiger) Struktur sowie (medienabhängiger) Präsentation unterscheiden können. Ferner sollten sie es ermöglichen, die Komponenten einer Publikation symbolisch auszuzeichnen sowie deren strukturellen, funktionalen und temporalen Abhängigkeiten zu modellieren. Als Format bietet sich hier für textorientiertes Material etwa XHTML[41] an, für zeitabhängige Modellierung etwa SMIL[42], für Hypermedia-El-

---

[41] XHTML ist eine Konkretisierung der Meta-Markup-Sprache XML (eXtended Markup Language) zur Auszeichnung von Texten. XML ist abgeleitet von SGML (Standard Generalized Markup Language) und dient dazu, semantische Auszeichnungen zur Strukturierung eines Dokuments in einzelne Komponenten zu definieren und diese zu identifizieren. Damit können Struktur und Semantik sowie Abhängigkeiten einzelner Komponenten von Dokumenten unabhängig von deren späteren Formatierung definiert werden, und zwar mittels einer DTD (Document Type Definition). Auf diese Weise können domänenspezifische Sprachen zur symbolischen Auszeichnung, sogenannte Markup-Sprachen (etwa MathML für mathematische sowie CML für chemische Formeln), definiert werden. Außerdem können entsprechende Dokumente zwischen unterschiedlichen Applikationen ausgetauscht werden, da es sich um ein nicht-proprietäres Format handelt. XML-Parser erlauben es, festzustellen, ob ein vorliegendes XML-Dokument entsprechend seiner in der DTD definierten Grammatik syntaktisch wohlgeformt ist. Die Umsetzung in graphische Zeichen wird dann mittels CSS (Cascading Style Sheet) festgelegt. Erweiternd dazu ermöglichen es XSL-Stylesheets (eXtensible Style Language), XML-Dokumente zu transformieren.

emente schließlich XLink und XPointer[43]. Damit ist es theoretisch möglich, ein beliebiges Dokument systemunabhängig als semantisches Netz zu modellieren, wobei die einzelnen Knoten nicht weiter modularisierte Inhalte repräsentieren und die Kanten die entsprechenden räumlichen, temporalen, semantischen und funktionalen Abhängigkeiten zwischen einzelnen Knoten andeuten.

Die Repräsentation komplexer Dokumente unabhängig von ihrer späteren Ausprägung erfordert jedoch eine detaillierte Kenntnis der entsprechenden Markup-Sprachen, die bei den Autoren nicht vorausgesetzt werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass selbst bei verlagsseitig vorgegebenen Dokumentenvorlagen, etwa für Word oder LaTeX, diese kaum oder nicht korrekt eingesetzt werden, etwa wenn eine Überschrift nicht logisch als solche gekennzeichnet wird, sondern über Font und Schriftgröße die Formatierung entsprechend angepasst wird, so dass im Nachhinein die strukturelle Funktion der entsprechenden Komponente nicht mehr ermittelt werden kann. Formatvorlagen sind zudem fast ausschließlich an den Erfordernissen von Printprodukten orientiert und nicht zwischen einzelnen Verlagen abgesprochen, so dass Autoren beim Wechsel des Verlags und anschließender Neuauflage ihrer Publikationen die entsprechenden Quelldokumente an die neuen Formatvorlagen anpassen müssen.

3.1.2 Erfassung strukturierter Daten für Textdokumente

Um schon auf Autorenseite strukturierte Daten zu erfassen, gibt es im wesentlichen drei Alternativen[44]:

1. Nutzung eigenständiger XML/SGML-Editoren: Hierbei handelt es sich um Texteditoren, welche das vom Autor verfasste Dokument strukturell in einer Markup-Sprache ablegen. Diese Alternative wird speziell bei rein text-

---

XSL baut auf den Erfahrungen mit DSSSL (Document Style Semantics and Specification Language) auf.

42 SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) ermöglicht es, die zeitlichen Abhängigkeiten einzelner Komponenten zu definieren, Hyperlinks mit einzelnen Medienobjekten zu assoziieren sowie das Layout der entsprechenden Präsentation auf dem Bildschirm zu definieren.

43 XLink dient zur Erzeugung und zur Beschreibung von Verweisen zwischen Ressourcen, während XPointer die Adressierung zwischen und innerhalb von XML-Dokumenten ermöglicht.

44 Siehe auch die Vorhabensbeschreibung des vom BMBF geförderten Projekt aTool innerhalb des Global-Info-Programms (http://www.in.tum.de/~brueggem/aTool).

orientierten Publikationen von manchen Verlagen gewählt[45]. Dagegen spricht, dass XML-Editoren wenig verbreitet und für eine dezentrale Erstellung und Weiterverarbeitung der Manuskripte nicht geeignet sind.

2. Verbesserung der Dokumentenvorlagen für Autoren durch regelgeführte Strukturierung oder Anreicherung mit semantischer Information. Dabei können aber wegen der proprietären Formate Automatisierungsprozesse schlecht unterstützt werden.
3. XML-Plugin für die vom Autor genutzte Textverarbeitung, beispielsweise als parametrisierbares Add-In für Word. Variiert der Autor den Präsentationsstil, so wird ein generisches Auszeichnungselement eingefügt, welches dann später vom Autor semantisch spezifiziert werden kann. Dabei kann die Erweiterung beispielsweise per Analogieschluss für jedes graphisch gleichermaßen formatierte Element das gleiche Auszeichnungselement vergeben, so dass sich für den Autor nur ein geringfügiger Mehraufwand ergibt. Durch die Parametrisierung mittels Strukturvorgabe (also durch eine XML-DTD), Stylesheet (also der Formatvorgabe des Verlags), Textverarbeitungs-Formatvorlage, Mapping-Tabelle (zur Abbildung formatbezogener Eigenschaften auf semantische Auszeichnungen) sowie XSL-Stylesheets (zur Dokumententransformation und -präsentation) können prinzipiell unbeschränkt viele Dokumententypen verlagsunabhängig unterstützt werden. Zu ergänzen ist dies durch einen Viewer, damit die Beteiligten am Publikationsprozess überprüfen können, ob die Nutzersicht für das erstellte Dokument dem gewünschten Resultat entspricht.

Dieser Ansatz eignet sich für mit verbreiteten Autorenwerkzeugen (Word, LaTeX) erstellte Publikationen, welche sich auf textuelle und graphische Elemente beschränken. Dabei entfallen nämlich bei geschickter Spezifikation der Parameter (XML, XSL, Mapping, Stylesheet) alle Schritte zur Nachbearbeitung, weil das für den Nutzer bestimmte Dokument automatisch generiert wird. Durch Veränderung der XSL-Transformationen kann ohne Mehraufwand hinsichtlich des ursprünglichen Dokuments ein anderes Ausgabeformat (beispielsweise PDF) generiert werden. Er ist daher vor allem für Printprodukte geeignet, die zusätzlich in elektronischer Form erscheinen und für die der Datenträger primär der Distribution und weniger zur Nutzung am Bildschirm dient. Beispiel hierfür sind Konferenz-Proceedings und wissenschaftliche Zeitschriften, wie sie beispielsweise vom Springer Verlag, ACM oder IEEE als CD-ROM oder im

---

[45] Nach dieser Variante arbeitet beispielsweise der C.H.Beck Verlag, München, insbesondere für regelmäßig fortgeschriebene Veröffentlichungen, wie beispielsweise juristische Loseblattsammlungen.

WWW zumeist kostenpflichtig angeboten werden. Gegenüber der gedruckten Fassung bietet die digitalisierte Version für sich keinen Mehrnutzen, dieser kann jedoch durch zusätzliche Nachbearbeitung (etwa Volltextindexierung) erreicht werden. Eine faktische Zusammenarbeit zwischen mehreren Beteiligten ist – abgesehen von eventueller Ko-Autorenschaft und Lektorat – nicht notwendig, so dass aufwändige Koordinierungsprozesse entfallen können.

Die soeben behandelten Publikationen beschränken sich auf Text, Bilder und Graphiken, da die Erscheinungsform als gedrucktes Medium nur statische, zeitunabhängige Komponenten zulässt. Die Bereitstellung in digitaler Form eröffnet jedoch die Möglichkeit, dynamische, zeitabhängige Bestandteile zu integrieren, etwa Tonaufnahmen, Filme oder audiovisuelle Komponenten, ferner Animationen zur Visualisierung naturwissenschaftlicher oder algorithmischer Vorgänge. Schließlich können auch interaktive Simulationen, virtuelle Welten oder Laboratorien eingebunden werden.

3.1.3 Entwicklung von Lernmedien im interdisziplinären Team

Während bei statischen Publikationen wie etwa konventionellen Lehrbüchern das Schwergewicht auf der textuellen Umsetzung der zu vermittelnden Inhalte liegt, haben Graphiken und Abbildungen eher unterstützenden Charakter. Weil der Autor sich somit auf den Text konzentriert, ist die Realisierung vergleichsweise einfach. Durch die Einführung von Interaktion und Dynamik ergibt sich jedoch für multimediale Produkte eine veränderte Arbeitsweise, da unterschiedliche Personenkreise an der Entwicklung beteiligt sind:

- **Autoren** konzentrieren sich auf die Umsetzung der inhaltlichen und didaktischen Vorstellungen unter Verwendung unterschiedlicher Modalitäten. Sie legen neben dem Inhalt auch die grundsätzliche Zusammensetzung des von ihnen erstellten Lernmediums fest.
- Für **Nutzer** ist es wichtig, dass sie mit dem Lernmedium effektiv, anschaulich und praxisorientiert lernen können, dies ist insbesondere für die Konzeptionsphase im Lernzyklus eminent wichtig.
- **Programmierer** sind an wiederverwendbaren Modulen interessiert, um den Aufwand der Softwareentwicklung und damit die Produktionskosten gering zu halten. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch eine problemangepasste Nutzungsschnittstelle sowie die Wahl geeigneter Komponenten, beispielsweise hinsichtlich plattformübergreifender Nutzbarkeit.
- **Designer** konzentrieren sich darauf, gestalterische Richtlinien (wie etwa die Beschränkung der gleichzeitig manipulierbaren Objekte auf dem Bildschirm oder konsistentes Layout) umzusetzen.

- Für **Pädagogen** ist eine aktionsorientierte Gestaltung (der Nutzer muss aktiv mit dem Lernmedium umgehen, damit er Wissen selbständig konstruieren und vertiefen kann) sowie die Einbindung in verschiedene Lernszenarien (etwa einer Demonstration eines Experiments im Frontalunterricht kontra Selbststudium) wichtig.

Man sieht, dass damit auch unterschiedliche Interessen auftreten, die in Einklang gebracht werden müssen. Beispielsweise spricht ein konsistentes Layout a priori gegen die Wiederverwendung softwaretechnischer Komponenten, welche über eine vorab festgelegte graphische Nutzungsschnittstelle verfügen, die mit den gestalterischen Richtlinien für das zu erstellende Produkt nicht kompatibel ist.

3.1.4 Anforderungen an Lernmedien

Im Zusammenhang mit multimedialen Lernmedien sind zunächst einige Begriffsklärungen notwendig. Allgemein stellt ein Medium einen Transportkanal für kommunizierbare oder zu vermittelnde Inhalte dar. Dies impliziert gleichzeitig einen Informationsträger (Buch, CD-ROM, DVD, Mikrofilm), der aus einem gegebenen Material (Papier, Ton, Stein, Schellack) hergestellt wurde. Der Informationsträger wird mit Hilfe einer technischen Hardware (Tageslichtprojektor, Wandtafel, Bildschirm, aber auch Videorecorder, Fernseher, Radiogerät) genutzt, so dass die gespeicherten Daten über die menschlichen Sinne (auditiv, visuell, haptisch oder taktil) wahrgenommen werden kann, und zwar entweder direkt, also ohne vorgeschaltete Dekodierung, oder aber sie müssen vorab durch geeignete Software aufgrund ihrer datentechnischen Kodierung (Graphik, Zeichensatz, Datenformat) verarbeitet werden, die über die menschlichen Sinne wahrnehmbare Daten produziert[46]. Man unterscheidet digitale Medien also hinsichtlich Medium, Kodierung und Sinnesmodalität:

- **Multimedialität**: Integrierte Nutzung heterogener Speicher- und Präsentationstechnologien;
- **Multicodalität**: Nutzung unterschiedlicher Symbolsysteme oder Codierungen wie Text, Graphik, Audio oder Video;

---

[46] Diese Unterscheidungen der Medientypen lehnt sich an die in [Ste00] vorgenommenen Einteilung in Informationsaustauschmedium (hier Informationsträger), Speichermedium (Erweiterung des Materials des Datenträgers), Präsentationsmedium (hier technische Hardware), Perzeptionsmedium (hier menschliche Sinne) sowie Repräsentationsmedium (hier datentechnische Codierung) an. Die Klasse der Übertragungsmedien (Kabelnetz, Funk, Satellit) wird nicht gesondert betrachtet.

- **Multimodalität**: es werden unterschiedliche Sinnesmodalitäten (beispielsweise visuelles oder auditives System) angesprochen.

Medientypen beeinflussen also zum einen die datentechnische Kodierung, zum anderen den nutzbaren Informationsträger und damit auch die mögliche Publikationsform. Man nutzt sie zur Repräsentation von zu übermittelnden (geistigen) Inhalten in einem konkreten Medium. Insofern handelt es sich dabei um die Instanziierung eines (abstrakten) Mediums. Ein multimediales Dokument entsteht demnach als Produkt der rechnergestützten Integration heterogener (technischer) Medientypen. Hypermediale Dokumente erweitern den Begriff Multimedia um strukturelle und assoziative Querverweise, die etwa als typisierte Hyperlinks oder als Lesezeichen realisiert werden können.

Indem man verschiedene Modalitäten ausnutzt, sollen komplexe Sachverhalte nicht nur anschaulich dargestellt werden, sondern die mentale Verarbeitung der dargebotenen Information und damit der Wissenserwerb soll durch die Kombination unterschiedlicher Sinneskanäle verbessert werden. Nach dem Modell der doppelten Enkodierung von Paivio [CP91] geschieht nämlich die Verarbeitung von Sprache (sequenziell) und Bildern (analog) getrennt voneinander; die entsprechend präsentierte Information wird in Logogenen beziehungsweise Imagenen gespeichert, wobei für bedeutungsähnliche sprachlich und bildlich dargebotene Informationen spezielle Querverbindungen semantische Verknüpfungen darstellen, welche die Informationsverarbeitung erleichtern[47]. Dies kann jedoch nur dann der Fall sein, wenn die dargebotene Information funktional synchronisiert ist. Welche Medienkombinationen sinnvoll sein können, wird nicht weiter erörtert, da es viel wichtiger ist, ob der zu vermittelnde Inhalt angemessen repräsentiert wird [Has95]. Beispielsweise kann ein Algorithmus als Programmtext in Pseudocode abstrakt dargestellt werden, dies erfordert allerdings vom Betrachter, sich den Ablauf des präsentierten Verfahrens in der Reihenfolge der Abarbeitung und damit indirekt auch der Zeit vorstellen zu können. Eine Visualisierung als Animation oder Video kombiniert die Repräsentation der manipulierten Datenobjekte mit der Darstellung von Zustandsübergängen, so dass das Verstehen verbessert werden kann unter der Voraussetzung, dass der Bezug zwischen Programmtext und Visualisierung für den Betrachter ersichtlich ist. Ob es sich um eine adäquate Umsetzung handelt,

---

[47] Für die unterschiedliche Verarbeitung spricht, dass Fähigkeiten wie beispielsweise die ganzheitliche räumliche Erfassung eines projizierten Bildes oder die Gruppierung von Bildelementen nach Gestaltprinzipien andere Strategien erfordert als das Textverstehen.

hängt nicht zuletzt von einer angemessenen Einbettung eines Dokuments in einen sinnvollen pädagogischen Kontext ab.

Die technische Kodierung eines Dokuments oder einer Komponente wird als Format bezeichnet. Infolgedessen schränkt ein Medium die Wahl des Formats ein, determiniert sie allerdings nicht[48]. Man unterscheidet das Autoren- oder Quellformat, in dem Inhalte durch Autoren bearbeitet und verändert werden, vom Präsentations- oder Zielformat, mit dem der Nutzer eines Dokuments interagiert. Schließlich ist noch das Archivformat zu nennen, welches dazu dient, ein Medium langfristig und plattformunabhängig speichern zu können. Diese Unterscheidungen – insbesondere der Begriff Autorenformat – beziehen sich nicht direkt auf bestimmte technische Formate, sondern vielmehr auf den Entstehungsprozess eines Dokuments[49]. Idealerweise sollten Autoren-, Speicher- und Nutzerformate identisch oder über automatische Transformationen ineinander zu überführen sein. Dies ist jedoch zum einen bei heterogenen Komponenten nicht zu gewährleisten, zum anderen nicht möglich, wenn das Nutzerformat nicht von vorneherein festgelegt ist und entsprechend dem genutzten System variieren kann, so etwa HTML-Dokumente, welche nicht nur über WWW-Browser, sondern ebenfalls über Mobiltelefone (WAP, GPRS, UMTS) abrufbar sein sollen. Im Normalfall ergeben sich also mehrere Transformationsschritte über Zwischenformate, welche jeweils spezifische Eigenschaften oder Beschränkungen aufweisen. Beispielsweise geht die strukturelle Auszeichnung eines Word-Dokuments bei der Konvertierung in PostScript normalerweise verloren, desgleichen die Verknüpfung einer Animation mit dem zugrundeliegenden Algorithmus bei der Überführung in ein Video.

Lernmedien sollen didaktische Inhalte angemessen präsentieren, zu lernendes Wissen optimiert aufbereiten und organisieren, indem verschiedene Sinneskanäle alternativ oder synchron genutzt werden können, die Nutzer intrinsisch motivieren und entsprechend problemorientierter Lernprinzipien

---

48 Eine Graphik kann beispielsweise unkomprimiert als Bitmap (BMP), verlustfrei komprimiert im GIF-Format (Graphics Interchange Format) oder verlustbehaftet komprimiert als JPEG-Datei (Joint Photograph Experts Group) gespeichert werden.

49 Beispielsweise kann HTML direkt über einen Editor produziert werden (Autorenformat), oder aber als Ergebnis eines Exports aus Textverarbeitungsprogrammen wie Word, LaTeX, Powerpoint generiert worden sein (Nutzerformat). Nur im ersten Fall ist das Autorenformat mit dem Nutzerformat identisch.

interaktionsfördernd sein[50]. Es hängt von der didaktischen Perspektive ab, ob man Lernmedien die Funktion zuschreibt, didaktische Prozesse zu steuern und zu regeln (Behaviorismus), oder eher zu unterstützen (Kognitivismus, Konstruktivismus). Im ersteren Fall wird die Vermittlung von Inhalten durch ein Medium als Ergänzung oder als Ersatz für einen Dozenten gesehen, im zweiten Fall ist eher die Einbettung in lernförderliche Rahmenbedingungen von Interesse.

3.1.5 Technische Anforderungen bei der Entwicklung multimedialer Lernsoftware

Im Gegensatz zu konventionellen Medien, welche sich auf Schrift und Abbildungen beschränken, können multimediale Produktionen, welche in Lernkontexten eingesetzt werden sollen, entsprechend den oben erwähnten heterogenen Anforderungen nur interdisziplinär realisiert werden. Dies erfordert eine sorgfältige Planung zur optimalen Koordinierung der Arbeitsprozesse, um eine zeit- und damit auch kostengünstige Produktion zu ermöglichen. In den meisten Fällen handelt es sich um Multimedia-Entwicklungen, welche für sich allein oder ergänzend zu einem Lehrbuch als Software-Produkt vertrieben werden. Aus diesem Grund ist es naheliegend, Prinzipien der Software-Entwicklung[51], welche sich aus den drei Bereichen SW-Management (für Planung und Organisation), SW-Entwicklung und SW-Qualitätssicherung zusammensetzt, auch für die Produktion von Lernmedien zu übernehmen. Hier stellt sich aber das Problem, dass für Multimedia-Entwicklungen aufgrund der heterogenen Anforderungen und Arbeitsweisen der beteiligten Personen oder Gruppen keine durchgängigen Leitlinien eingeführt sind und die genutzten Werkzeuge sich auf die Unterstützung des Implementierungsprozesses beschränken. Weil also die Entwicklungsabläufe für didaktische Medien produktabhängig sind und nicht auf die aus der Software-Entwicklung bekannten Methoden und Prinzipien abgebildet werden können, sind CASE-Tools, die die einzelnen Entwicklungsphasen von der Planungs- und Definitionsphase über die Entwurfsphase und die Implementierung bis zum endgültigen Test vor der Abnahme durch den Kunden

---

50 Dies bedeutet nicht nur das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine, sondern ebenfalls den Austausch zwischen gemeinsam Lernenden, um etwa in einer Dialog- oder Experimentierphase Gelerntes zu teilen oder in der Praxis auszuprobieren.

51 Balzert [Bal00] definiert Software-Entwicklung als „zielorientierte Bereitstellung und systematische Verwendung von Prinzipien, Methoden, Konzepten, Notationen und Werkzeugen für die arbeitsteilige, ingenieurmäßige Entwicklung und Anwendung umfangreicher Software-Systeme".

unterstützen, nicht nutzbar. Folgende zusätzlichen Bedingungen sind im Entwicklungsprozess zu berücksichtigen:

- In die Analyse müssen neben funktionalen und operativen Kriterien auch software-ergonomische, didaktische, designorientierte und psychologische Anforderungen einfließen, und zwar in weitaus größerem Maße, als dies für allgemeine Softwareprodukte der Fall ist.
- Präsentation, Navigation, Struktur, Lernprozesse sowie die inhaltliche Aufbereitung müssen explizit und voneinander unabhängig berücksichtigt werden können.
- Da die Präsentation von Lernmedien wichtig ist, muss schon in einem frühen Stadium ein Prototyp entwickelt werden, an dem die Umsetzung der einzelnen Kriterien überprüft und schrittweise verfeinert werden kann (*rapid prototyping*). Bei Softwareprodukten hingegen werden solche Prototypen erst zu einem vergleichsweise späten Stadium kurz vor der Fertigstellung bereitgestellt als Alpha- oder Beta-Release.
- Die Produktion der in der Lernsoftware integrierten Einzelmedien ist aufwändig und kann bisweilen nicht vom Entwicklerteam selbst durchgeführt werden (etwa im Fall einer Filmproduktion oder bei verbalen Erklärungen durch professionelle Sprecher).

3.1.6 Modelle für die Multimedia-Softwareentwicklung

Wenn auch keine Werkzeuge bekannt sind, welche den Entwicklungsprozess allgemeiner hypermedialer Anwendungen und speziell Lernmedien unterstützen[52], so existieren doch eine Reihe modellbasierte Ansätze, welche die verschiedenen Phasen zu integrieren versuchen:

- **MVC** (Model-View-Controller) ist ein Modellierungskonzept der objektorientierten Programmierung, ursprünglich im Zusammenhang mit Smalltalk-80 realisiert, welches das Anwendungsmodell (M) von seiner Repräsentation (V) und von der Steuerung des Modells seitens des Nutzers (C) unterscheidet. Bei einer Zustandsänderung des Modells werden dessen Views von der Veränderung benachrichtigt, eine nutzerinitiierte Veränderung über das User Interface wird vom Controller registriert und im Falle einer Zustandsänderung übersetzt in einen Request zur Änderung des Zustands oder direkt

---

[52] Viele professionelle Lernmedien zur Distribution auf CD-ROM werden tatsächlich mit Hilfe von Autorensystemen entwickelt und implementiert, allerdings fehlt es hier an systematischen Entwurfsprinzipien.

in eine Aktualisierung der Sicht(en). Durch die Trennung des Modells wird beispielsweise ein Rapid Prototyping-Prozess (also die Entwicklung verschiedener Nutzersichten, um beispielsweise unterschiedliche Interaktionsmuster zu testen) wesentlich erleichtert.

- **OOHDM** (Object-Oriented Hypermedia Design Model) unterscheidet zwischen den Aktivitäten konzeptionelles Design zur semantischen Modellierung der Anwendungsdomäne (Entwicklung eines objektorientierten Domänenmodells mit Klassen, Beziehungen, Attributen und Teilsystemen), Navigations-Design unter Berücksichtigung kognitiver Aspekte, Nutzerprofile und -aufgaben (Definition von Knoten, Verweisen und Zugriffsstrukturen[53]), abstraktes Design der Nutzungsschnittstelle durch Modellierung der wahrnehmbaren Objekte, Implementierung der Metaphern zur Interaktion sowie Beschreibung der Schnittstelle der Navigationsobjekte (Definition der Interaktionsobjekte, Steuerung der Navigation sowie Synchronisation der einzelnen Komponenten) sowie der Implementationsphase [SR95].
- Im **RMM-Modell** (Relationship Management Methodology) wird zunächst ein Entity-Relationship-Diagramm zur Erfassung der zu modellierenden Applikation generiert. Durch Gruppierung verwandter Entitätstyp-Attribute werden sogenannte Slices definiert, die den späteren Sichten des Benutzers entsprechen. Das resultierende ER^+-Diagramm enthält Entitätstypen, Beziehungen und Slices. Aus den Beziehungen zwischen den Entitätstypen werden nun alle Navigationspfade abgeleitet. Daraus entsteht das RMDM-Diagramm, aufgrund dessen die nachfolgenden Schritte[54] (Conversion Protocol Design, User Interface Screen Design, Runtime Behavior Design) parallel durchgeführt werden können. Es schließt sich das Screen Design an, bevor die eigentliche Implementierungsphase zur Realisierung des zu testenden fertigen Produkts folgt [ISB95].
- In **HyDev** (Hypermedia Development) wird eine multimediale Anwendung mittels dreier Beschreibungsmodelle spezifiziert: dem Domänenmodell,

---

[53] Knoten stellen Sichten auf die Klassen des Domänenmodells dar, während Verweise aus den Beziehungen zwischen den Klassen des Domänenmodells abgeleitet werden.

[54] Im Conversion Protocol Design wird für jedes Element des RMDM-Diagramms entsprechende Objekte der Zielplattform festgelegt. Analog dazu wird im User Interface Design für jedes Objekt das Bildschirm-Layout festgesetzt, und im Runtime Behavior Design entscheidet sich, ob Inhalte von Knoten und Verweisziele statisch oder dynamisch zur Laufzeit generiert werden.

welches zu präsentierende Einheiten und ihre Beziehungen untereinander sowie räumliche Objekte und Klassen mit eigenständigem Verhalten (Agenten) definiert. Dieses wird instanziiert, so dass das resultierende Instanzenmodell die wesentlichen Eigenschaften der zentralen Objekte der Anwendung erfasst. Schließlich beschreibt das Repräsentationsmodell die wichtigsten Aspekte der Repräsentation der Nutzerobjekte sowie der Navigation zwischen ihnen, wobei allerdings konkrete Medienobjekte oder Formate noch nicht berücksichtigt werden [PVS98].

- **UML** (Universal Modelling Language) integriert verschiedene Diagrammtypen für die einzelnen Phasen des Software-Entwicklungsprozess, nämlich zur Spezifikation, Struktur, Verhalten und Dokumentation des zu entwickelnden Systems: In Strukturdiagrammen wird der Aufbau einzelner (objektorientierter) Klassen, also deren Attribute und Methoden definiert sowie die Beziehungen zwischen einzelnen Klassen, nämlich Assoziation, Aggregation, Komposition und Vererbung. Use-Case-Diagramme dienen zur logischen und temporalen Darstellung von Interaktionen mit externen Nutzern oder Systemen. Man unterscheidet hier Sequenzdiagramme, welche zeitliche Abläufe festhalten und Kollaborationsdiagramme, welche die Zusammenarbeit einzelner Objekte festlegen, von Zustandsdiagrammen zur Modellierung der möglichen Zustände eines Objekts während seiner Lebenszeit. Schließlich können in Aktivitätsdiagrammen zeitgleiche Abläufe im Anwendungsfall aufgezeigt werden. Implementationsdiagramme gliedern sich in Komponentendiagramme, welche die Abhängigkeit zwischen Quellcode und Maschinencode beziehungsweise zwischen Compiler und Laufzeitsystem festlegen, sowie Einsatzdiagramme, welche die Verteilung einzelner Objekte auf verteilter Hardware angeben. Es handelt sich also weniger um einen konkreten Entwicklungsansatz als vielmehr um ein Rahmenmodell, welches unterschiedliche Modellierungstechniken für die verschiedenen Phasen der Multimedia-Entwicklung vereinigt [GRJ99].

- Zusammenfassend wurden in diesem Abschnitt die grundsätzlichen Aspekte beleuchtet, die bei der Erstellung multimedialer Lernmedien zu berücksichtigen sind. Für die Wiederverwendbarkeit einzelner Komponenten unabhängig vom Ausgabemedium ist hierbei die strukturierte Speicherung der Rohdaten unerlässlich. In diesem Zusammenhang wurden auch grundlegende Begriffe hinsichtlich der Präsentation, Codierung und Repräsentation didaktischer Komponenten diskutiert. Die Entwicklung von Lernsoftware kann zwar als Software-Entwicklungsprozess gesehen werden, weil allerdings in weit stärkerem Maße didaktische, pädagogische und ergonomische Kriterien zu berücksichtigen sind, ist es schwierig, hier einen durchgängigen Arbeitsablauf unter Nutzung von CASE-Tools zu definieren. Zum Abschluss wurden verschiedene abstrakte Modelle zur Entwicklung hypermedialer Produkte vorgestellt. Weil diese sehr abstrakt sind und zudem

Lernmedien überwiegend mit Autorensystemen entwickelt werden, widmet sich der folgende Abschnitt den Möglichkeiten und Grenzen dieser Systeme, um deren Eignung hinsichtlich der Entwicklung komplexer multimedialer Anwendungen mit heterogenen Komponenten und Formaten zu untersuchen.

3.2 Autorensysteme zur Implementierung multimedialer Dokumente

Wegen der Möglichkeit der raschen Erstellung von Prototypen eines Anwendungssystems (*Rapid Prototyping*) werden für die Implementierung im wesentlichen Multimedia-Autorensysteme, also graphisch-interaktive Software-Entwicklungsumgebungen zur Erstellung interaktiver Multimedia-Anwendungen genutzt. Sie dienen dazu, das Netzwerk aus Informationsobjekten und deren semantischen und funktionalen Beziehungen programmatisch umzusetzen. Wegen des großen Funktionsumfangs erfordert ihre Nutzung eine substanzielle Einarbeitungszeit. Der Funktionsumfang multimedialer Produkte ist festgelegt durch die Möglichkeiten des jeweils gewählten Autorensystems und allenfalls durch primitive Skriptsprachen geringfügig erweiterbar, so etwa zur Definition komplexer Beziehungen zwischen einzelnen Komponenten. Deswegen ist es schwierig, anwendungsspezifisch notwendige Erweiterung für ein Lernmedium zu implementieren, wenn das Autorensystem die dazu notwendigen Funktionen nicht bereitstellt.

Da die gesamte Implementierung im Rahmen des Autorensystems durchgeführt wird, besteht das integrierte Produkt aus Komponenten in proprietären Datenformaten, welche in anderen Kontexten nur schwer wiederzuverwenden sind. Um eine breite Anwendbarkeit zu ermöglichen, gibt es mittlerweile wegen der Popularisierung des WWW Exportschnittstellen für HTML, Flash oder andere Web-taugliche Formate. Veränderungen an den einzelnen exportierten Komponenten, etwa zur Integration in einen spezifischen didaktischen Kontext, haben keine Auswirkungen auf die Ursprungsformate, so dass eine Neuentwicklung diese nachträglichen Modifikationen erneut nachziehen muss. Wünschenswert wäre hier eine stärkere Koppelung von Ursprungs- und Exportformaten. Die visuelle Manipulation einfacher Interaktionselemente ist zwar benutzerfreundlich, jedoch wesentlich zeit aufwändiger als direkte Programmierung; diese erfordert jedoch spezielle Fertigkeiten und lässt sich nicht intuitiv durchführen. Andererseits ist die Modellierung und Implementierung komplexer Interaktionsobjekte ohne visuelle Unterstützung komplex, dabei kann allerdings leichter eine enge Koppelung mit dem Modell oder Programm erreicht werden im Gegensatz zu visuell erstellten Interaktionsobjekten. Externe Formate und Komponenten können nur eingeschränkt integriert werden, aber zumindest ermöglicht dies eine flexiblere, weil unabhängig von den meist nur rudimentären Editoren des Autorensystems durchführbare Entwicklung und

Manipulation mit der Beschränkung, dass die Koppelung zwischen internen und externen Komponenten nur lose ist.

Man unterscheidet im wesentlichen drei Grundtypen von Autorensystemen, wobei das Unterscheidungskriterium hier die Art und Weise ist, wie die Definition zeitlicher Relationen sowie der Navigationsformen unterstützt wird

- **timeline-basiert**: hier werden die temporalen Beziehungen zwischen Informationsobjekten symbolisch über eine Zeitachse festgelegt, dadurch definiert man den zeitlichen Ablauf der Gesamtanwendung. Meistens verfügt man dabei um verschiedene Kanäle, so dass mehrere Objekte synchronisiert zueinander angeordnet werden können. Autorensysteme dieses Typs (etwa Macromedia Director) gebrauchen Metaphern aus der Filmproduktion. Dabei werden die einzelnen multimedialen Elemente als *Darsteller* bezeichnet, die *Bühne* ist das für den Anwender jeweils sichtbare Fenster, das *Drehbuch* definiert den logischen und zeitlichen Ablauf der Anwendung, schließlich bezeichnet man die fertig integrierte Anwendung als *Film*. Mit der zeitlichen Anordnung aller vorkommenden Objekte zueinander ist die Anwendung vollständig realisiert. Zeitachsenbasierte Systeme eignen sich vor allem für selbständig ablaufende Präsentationen mit einfachen Benutzerinteraktionen, da sich komplexe räumliche, semantische und funktionale Beziehungen nur schlecht modellieren lassen.
- **graph- oder flowchart-basiert**: mit diesen Systemen legt man über Diagramme den Informationsfluss (sequenziell, parallel oder zeitversetzt) der einzelnen Objekte, die ikonisch repräsentiert werden, fest. Bedingte Anweisungen werden dadurch realisiert, dass von einem Objekt aus mehrere Kanten verzweigen, wobei etwa eine nutzergesteuerte Interaktion oder eine Parameterabfrage festlegt, welche der Alternativen im folgenden Schritt gewählt wird. Bekanntestes Beispiel hierfür ist Authorware. Damit lassen sich besonders gut interaktionslastige Anwendungen (Tests, einfache Simulationen) entwickeln, da Ereignisse in Flussdiagrammen gut modellierbar sind.
- **area-basiert**: hier werden einzelne Bildschirme, wie sie dem Nutzer präsentiert werden, als Flächen mit Interaktionselementen modelliert, beispielsweise als Karten oder als Buchseiten. Einzelne Objekte können durch Kanten verbunden sein, so dass eine nutzergesteuerte Interaktion in einem Wechsel der aktuellen Fläche oder Karte resultiert und damit eine andere Bildschirmseite präsentiert wird. Anwendungen, welche mit diesen Systemen (etwa ToolBook, HyperCard, SuperCard) entwickelt sind, beschränken sich im wesentlichen auf das Umblättern von statischen Bildschirmseiten und eignen sich bedingt für die Umsetzung multimedialer Bücher.

Entwickler, die mit Autorensystemen arbeiten, interagieren also mit konkreten Objekten, manchmal auch mit Komponenten, deren jeweiliges Verhalten skriptbasiert definiert und verfeinert werden kann. Allerdings handelt es sich dabei immer um instanziierte Objekte und nicht um abstrakte Klassen im Sinn objektorientierter Programmiersprachen. Konzepte wie Vererbung sind damit nicht zu realisieren, da für jede Anwendung ein schon bestehendes Objekt kopiert werden muss, so dass sich Wiederverwendung weitgehend auf Aggregierung primitiver Komponenten (etwa einfache Interaktionsobjekte) beschränkt. Defizite, die durch das jeweilige Entwicklungsparadigma bedingt sind, lassen sich nur teilweise durch skriptbasierte Erweiterungen kompensieren. Zur Auslieferung wird entweder eine proprietäre Abspielsoftware zusammen mit den Daten auf den auszuliefernden Datenträger (CD-ROM, DVD) gebrannt oder aber zur Nutzung über WWW nach HTML, JavaScript, Java oder ergänzende Formate (etwa Flash für Animationen) exportiert. Zur Nutzung ist es erforderlich, ein meist kostenfreies Browser-Plugin installiert zu haben.

Ein grundlegender Unterschied zu WWW-Editoren wie Macromedia Dreamweaver besteht darin, dass diese die Erstellung komplexer HTML-Dokumente mit teilweise programmatischen Erweiterungen (JavaScript) ermöglichen, und zwar im späteren Nutzerformat. Damit weisen sie gegenüber Autorensystemen eine meist eingeschränkte Funktionalität auf, die sich nach den jeweils aktuellen Versionen der WWW-Formaten richtet. Zwar kann man dank JavaScript auch komplexere interaktive Anwendungen generieren, allerdings ergeben sich durch die unterschiedliche Interpretation der Daten durch verschiedene Browser-Typen oft gravierende Kompatibilitätsprobleme, weil die Hersteller der Browser sich nicht an die Spezifikation der Standards halten und somit de facto der Code nicht portabel ist[55]. Vom Entwicklungsparadigma ähneln WWW-Editoren am ehesten area-basierten Autorensystemen, weil sie den Nutzer in der Erzeugung statischer HTML-Seiten unterstützen, welche angereichert werden können durch spezifische Interaktionselemente wie beispielsweise Auswahlmenüs.

Komplexe multimediale Anwendungen wie etwa datenbankgestützte virtuelle Umgebungen lassen sich schon deshalb schlecht mit Autorensystemen erstellen, weil diese über keine Mehrbenutzerumgebung verfügen und somit keine integrierte arbeitsteilige Entwicklung möglich ist. Aus diesem Grund werden zunächst die einzelnen Komponenten mit jeweils geeigneten Werkzeugen erstellt und anschließend über ein Multimedia-Autorensystem verknüpft. Weil

---

[55] Ist ein passendes Plugin für einen gegebenen Browser verfügbar, so ist garantiert, dass die mit einem Autorensystem generierte Anwendung vollständig ausgeführt werden kann.

man generell auf der Instanzenebene arbeitet, ist eine Überarbeitung umso aufwändiger, je stärker die einzelnen Komponenten integriert oder abhängig voneinander sind. Falls diese nicht vom ursprünglichen Entwickler durchgeführt wird, ist eine konzeptionelle Erfassung umso schwieriger, je komplexer das Produkt gestaltet ist. Hier bietet sich eine Verbindung zu konzeptionellen Multimedia-Entwicklungsmodellen an, am Beispiel eines virtuellen naturwissenschaftlich-technischen Labors wird die Verbindung von UML-Entwurfsmethodik und Verwendung eines gängigen Autorensystems [BDS+98] gezeigt[56].

- Zusammengefasst wird festgestellt, dass Autorensysteme sich eignen für die Entwicklung multimedialer Präsentationen ohne Nutzerinteraktion (zeitachsenbasierte Systeme), für interaktionslastige Anwendungen (graphbasierte Systeme) oder für Anwendungen, welche sich auf die Abfolge von Bildschirmseiten beschränken. Für ein multimediales Lehrbuch, welches dem Nutzer eine weitgehend freie Navigationsmöglichkeit im Dokumentenbestand ermöglichen, aber auch komponentenspezifische Interaktionsmöglichkeiten eröffnen soll, welches also die verbale und audiovisuelle Präsentation von Fachwissen mit Animationen und Simulationen zur selbständigen Exploration kombiniert, sind Autorensysteme nicht geeignet. Der folgende Abschnitt skizziert primär am Beispiel des multimedialen Lehrbuchs „Prinzipien des Algorithmenentwurfs“ [Ott97] sowie sekundär anhand der Konvertierung des ursprünglich als Printversion konzipierten Lehrbuchs „Algorithmen und Datenstrukturen“ [OtWi96] sowohl die grundsätzlichen Vorüberlegungen zur digitalen Aufbereitung und die Wahl der einzelnen Komponenten und Medien als auch die konkrete Realisierung für die lernförderliche Nutzbarkeit.

3.3 Konzeption und Erstellung multimedialer Lehrbücher in akademischem Kontext

Weil die Produktion multimedialer Anwendungen so aufwändig ist, erstrebt man, diese in unterschiedlichen Kontexten wiederzuverwenden. Dies ist besonders sinnvoll hinsichtlich Lernmedien im forschungs- und anwendungsnahen Umfeld, da man hier regelmäßig einzelne Komponenten dem Stand der Forschung und Technik anpassen muss, selten allerdings gleichmäßig über die

---

[56] Virtuelle Labore sind komplexe Simulationen, so dass die Interaktionen zwischen dem Nutzer und den einzelnen modellierten Hilfsmittel sehr umfangreich sein können. Es ist also ein substantieller Anteil programmtechnischer Erweiterungen (etwa. in Lingo) erforderlich, um die vom Autorensystem vorgegebenen primitiven Interaktionstypen geeignet kombinieren zu können.

Gesamtheit aller Komponenten. Dies spricht gegen einen monolithischen Aufbau, wie sie die mit Autorensystemen entwickelten Produkte aufweisen. Insbesondere sollte es möglich sein, vielfältige Dokumentenformate einzubinden sowie komplexe Interaktionen oder Subsysteme modellieren zu können, um problemorientiertes Lernen zu fördern.

- Das multimediale Lehrbuch, über dessen Planung und Entwicklung in diesem Abschnitt berichtet wird, ist primär für die Offline-Nutzung von einem Datenträger aus konzipiert, und zwar als Erweiterung der gedruckt publizierten Anteile. Es setzt sich zusammen aus wissenschaftlichen Artikeln zu ausgewählten Themen sowie jeweils dazu passend ein aufgezeichneter Vortrag, wobei die dort genutzten Vortragsfolien ebenfalls gesondert verfügbar sind. Diese werden ergänzt durch passende Animationen und Simulationen, um die selbständige Exploration des Nutzers zu fördern. Im folgenden wird deshalb zunächst die grundlegende Konzeption motiviert. Vor der eigentlichen Entwicklung einzelner Komponenten war es notwendig, ein Konzept zur problemangepassten und wirtschaftlich tragfähigen Entwicklung zu finden; dieses ist zwar zum einen exemplarisch, aber zum anderen auch übertragbar auf ähnliche Publikationen. Daran anknüpfend wird die rechnertaugliche Produktion textueller Komponenten erörtert. Anschließend werden Verfahren zur möglichst originalgetreuen Reproduktion von Vorlesungen oder Vorträgen besprochen, um schließlich auf die Generierung von Animationen und Simulationen einzugehen. Schließlich stellt sich die Frage, wie man plattformunabhängige und plattformabhängige Komponenten miteinander verknüpft, um die betriebssystemübergreifende Nutzung des fertigen Produkts zu ermöglichen. Damit sollen die Erfahrungen im Rahmen der Konvertierung eines konventionellen und der Konzeption und Produktion eines innovativen multimedialen Lehrbuchs geschildert und reflektiert werden.

3.3.1 Konzeption multimedialer Lehrbücher

Je enger die vier im letzten Kapitel vorgestellten Phasen des Lernzyklus (Präsentation, Exploration, Konstruktion, Kollaboration) miteinander verwoben sind oder aufeinander folgen, desto intensiver ist der Lernprozess. Je eher dem Lernenden die Möglichkeit gegeben wird, präsentierte Information nicht nur mental zu verarbeiten, sondern auch problemorientiert anzuwenden, desto eher kann die Bildung trägen Wissens vermieden werden. Während konventionelle Lernmedien im wesentlichen nur die Exploration des Lernstoffs ermöglichen, erlaubt die Integration dynamischer und interaktiver Medien dem Lernenden, multiple Perspektiven einzunehmen. Darüber hinaus wird die im vorigen Kapitel im Kontext des dort entwickelten vierstufigen Lernzyklus erläuterte Phase der Konstruktion unterstützt, indem praxisnahes Arbeiten an realitätsnahen Modellen zur Erprobung komplexer Vorgänge ermöglicht wird, die anderweitig zu

aufwändig, zu kostspielig oder überhaupt nicht durchführbar wären[57]. Vorträge ausgewiesener Fachleute können dabei zur Unterstützung von Präsentationsphasen eingesetzt werden.

- Der Prozess der Wissensvermittlung konzentriert sich also auf das gesprochene und geschriebene Wort. Hinsichtlich der gedruckten Komponenten wird man in vielen Fällen auf Manuskripte eigener oder (nach Absprache) fremder Lehrbücher zurückgreifen, hier ergibt sich zwangsläufig das bereits eingangs skizzierte Problem der Konvertierung. Filme und Animationen sind während der Präsentationsphase dann sinnvoll einzusetzen, wenn sie das Vorgetragene aus einer anderen Perspektive darstellen oder komplexe abstrakte Vorgänge oder Verfahren demonstriert werden sollen. Lehrtexte bilden den Lernstoff ab und vertiefen ihn. Verknüpft man ein multimediales Lehrbuch mit anderen Ressourcen innerhalb einer offenen Lernumgebung, welche spezifische Funktionen zur synchronen und asynchronen Kommunikation oder zur Personalisierung (beispielsweise Annotationen) zur Verfügung stellt, so kann auch Kollaboration partiell unterstützt werden. Partiell meint hier, dass die Zusammenarbeit über Rechnernetze die dabei auftretenden Kommunikations- und Abstimmungsprozesse nur teilweise abbilden kann, etwa über geschickt gewählte Surrogate. So können beispielsweise Symbole wie Emoticons genutzt werden, um Zustimmung oder Bedenken zu signalisieren). In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass Lernmedien dieser Art die konventionellen Lernmittel und -methoden nicht ersetzen, sondern ergänzen oder erweitern sollen, indem sie die unterschiedlichen Phasen einer Lehrveranstaltung geeignet abbilden.

3.3.2 Vorüberlegungen für die Produktion elektronischer Lehrbücher

Konventionelle Lehrbücher beschränken sich auf statische Medien, nämlich Text und Abbildungen. Mit der Einteilung in Kapitel, Abschnitte und Unterabschnitte ergibt sich eine hierarchische Struktur, die sich als Baum visualisieren lässt[58]; die Einteilung dient dazu, den Lernstoff in inhaltlich abgeschlossene Komponenten zu gliedern. Der Autor konzipiert eine Grobstruktur, die dann im

---

[57] Beispiele sind etwa das Training angehender Piloten in Flugsimulatoren oder die Durchführung komplexer medizinischer Operationen an virtuellen Modellen.

[58] Tabellen und Abbildungen einer gedruckten Publikation können entweder als gesonderter Baum strukturiert werden, oder man erweitert die Knoten der entsprechenden Abschnitte zu Clustern, welche die darin vorkommenden Komponenten gruppieren.

Prozess des Schreibens verfeinert wird. Falls mehrere Beiträge zusammengetragen werden, so ist der Herausgeber für einen kohärenten Gesamtaufbau verantwortlich, während die Strukturierung der Einzelbeiträge den jeweiligen Autoren überlassen wird. Die logische Struktur wird über das Medium Papier linearisiert. Das Inhaltsverzeichnis ermöglicht über die jeweiligen Seitenzahlen einen direkten Zugang zu den einzelnen Knoten der logischen Struktur; ist ein Index vorhanden, so ergibt sich ein assoziativer Zugriff in die einzelnen Knoten hinein. Weiter hat der Nutzer über die aktuelle Seitenzahl sowie den Gesamtumfang immer eine ungefähre Orientierung, wo innerhalb des Buchs er sich gerade befindet. Strukturelle Verweise ergeben sich also über den logischen Aufbau der Publikation, während assoziative Referenzen entweder als zusätzliche Verzeichnisse oder über als Text eingebettete Hinweise (etwa „siehe Abschnitt 3.4") entstehen. Um dem Nutzer der elektronischen Version eines Textes die Orientierung gleichermaßen zu erleichtern, müssen die entsprechend vorgegebenen strukturellen und assoziativen Verweise als Hyperlinks explizit umgesetzt werden[59]. Erweitert man nun den gedruckten Text als Grundlage durch digitale Komponenten, so ist zu überlegen, wie man diese vom Text aus referenziert (strukturelle Überlegungen) und wie man die inhaltlichen Beziehungen zwischen ihnen ausführt (gestalterische Fragen). Da es sich um eine inhaltlich abgeschlossene Produktion handelt, ist zu gewährleisten, dass der Nutzer nicht nur weiß, wo innerhalb des Dokuments er sich befindet, sondern auch wohin er navigieren kann und welche Bereiche er schon genutzt hat. Dies ist deshalb eine Herausforderung, weil es sich bei der resultierenden logischen Struktur um einen gerichteten azyklischen Graphen handelt. Hier bieten sich zur Verbesserung der Orientierung graphische Übersichten an[60].

Automatische Visualisierungsverfahren für gerichtete Graphen sind dann sinnvoll, wenn es sich um semantisch komplexe Beziehungen zwischen einzelnen Komponenten handelt oder die Darstellung adaptiv je nach Erwartungen und Vorwissen des Nutzers erzeugt werden soll. Dazu ist jedoch eine strukturelle Beschreibung aller Abhängigkeiten zwischen den Komponenten, wie dies etwa XML erlaubt, notwendig. Allerdings erfordert dies eine geeignete Beschreibung

---

[59] Die Orientierung anhand der ursprünglichen Seitenzahlen ist nur dann sinnvoll, wenn das Layout der elektronischen Version dem der gedruckten Fassung entspricht. So bietet etwa der Adobe Acrobat Reader dem Nutzer die Möglichkeit, gezielt bestimmte Seiten anzuspringen.

[60] Für umfangreiche Lehrmedien, speziell solche, die entweder nur in digitaler Form verfügbar sind oder bei denen die Anzahl der Komponenten oder die Präsentation sich grundlegend von der gedruckten Version unterscheidet, eignen sich automatische Visualisierungsverfahren für Graphstrukturen.

der semantischen Beziehungen, welche je nach Anwendungsgebiet unterschiedlich ausfällt, sowie Kenntnis der entsprechenden Editoren, und schließlich eine geeignete Anwenderumgebung, welche das jeweilige semantische (Teil-)Netz für den Nutzer adäquat visualisieren kann. Dies ist sinnvoll, wenn entsprechende Techniken in mehreren Publikationen wiederverwendet werden können oder aber wenn diese als Framework zur Verfügung stehen, um die einzelnen Komponenten einzubetten. Eine solche Umgebung stand jedoch im Fall des zu realisierenden multimedialen Lehrbuchs nicht bereit, so dass sich das Interesse auf die Integration der einzelnen Komponenten sowie deren Verknüpfung konzentrierte.

Nach diesen prinzipiellen Überlegungen zur geeigneten Abbildung der Struktur eines multimedialen Lehrbuchs lassen sich die bei dessen Entwicklung verfolgten Ziele wie folgt zusammenfassen:

- Der Aufwand des Autorenprozesses soll minimiert werden, damit statische Medien mit vertrauten Werkzeugen erstellt und bearbeitet werden können.
- Nutzung verfügbarer Werkzeuge, eigene Hilfsmittel und Workarounds sind nur dann zu entwickeln oder einzusetzen, wenn verfügbare Software nicht ausreicht.
- Interaktionsmöglichkeiten für den Nutzer, welche die Formate oder die zur Nutzung der einzelnen Komponenten benötigten Anwendungsprogramme bereitstellen, sind adäquat zu nutzen; sie sollen also den Gebrauch erleichtern, ohne die kognitiven Fähigkeiten zu überfordern.
- Die Bearbeitung der Zielformate soll intuitiv (graphisch orientiert) möglich sein.
- Rapid Prototyping: Beliebige Einzelkomponenten sollen zur raschen Erstellung von Prototypen auf einfache Weise integriert werden können.
- Das multimediale Buch soll flexibel in unterschiedlichen Lehr- und Lernszenarien eingesetzt werden können.
- Struktur, Layout und Benutzerführung sollen konsequent und konsistent sein.
- Der Nutzer soll sich in der elektronischen Version auch unter Zuhilfenahme des gedruckten Buches gut orientieren können.
- Die elektronische Version des Lehrbuchs soll logisch und semantisch abgeschlossen sein.
- Problemangepasste Anwendungen zur Realisierung der einzelnen Komponenten sollen ohne formatbezogene Einschränkungen integriert werden können.

- Das Lehrbuch soll plattformübergreifend nutzbar sein, insbesondere auch unter den Betriebssystemen Windows und MacOS.
- Es soll ermöglicht werden, die jeweils aktuellen Software-Komponenten zu nutzen, wobei der zusätzliche Installationsaufwand zu minimieren ist.
- Mehrere Komponenten sollen simultan und parallel genutzt werden können.
- Das multimediale Buch soll sowohl als unabhängige Offline-Anwendung (vom Datenträger aus) oder in lokalen Netzen (LAN) über WWW-Browser[61] genutzt werden können.

Die Nutzung von Autorensystemen schied also von vorneherein aus, da diese mit proprietären Formaten arbeiten. Außerdem hätte dies eine vollständige Neuentwicklung aller Komponenten des Lehrbuchs ohne Möglichkeit zur Wiederverwendung existierender Komponenten bedeutet. Damit ergab sich auch, dass Autoren- und Nutzerformat für die statischen Medien sich voneinander unterschieden, zumal Texte und Folien mit unterschiedlichen Werkzeugen erstellt worden waren. Gleichzeitig ergab sich durch die Forderung nach der Integration vielfältiger Formate, dass ein hyperlinkfähiges Dokumentenformat für die textuellen Komponenten zu wählen war.

Weil die Entwicklung somit im Kontext einer offenen Arbeitsumgebung mit verfügbaren Werkzeugen durchzuführen war, stellte sich die Frage nach einem geeigneten Entwicklungskonzept, um Mehrfachaufwand zwischen den Beteiligten zu vermeiden und verfügbare Ressourcen optimal zu nutzen. Zum einen verlief die Entwicklung einzelner Komponenten parallel zu deren Integration. Andererseits konnten gemäß konstruktivistischen Ansätzen die Lernziele nicht absolut definiert werden, sondern hängen vom jeweiligen Einsatz in einem konkreten Lernszenario oder als Ergänzung zu einer universitären Lehrveranstaltung ab. Daher erwiesen sich didaktische Vorgehensmodelle (wie zum Beispiel behavioristisches Instruktionsdesign[62]) als nicht geeignet. Stattdessen wurde vorausgesetzt, dass sich die Lernziele entsprechend der konkreten Nut-

---

61 Wegen der zu übertragenden hohen Datenmengen der Vorträge (insbesondere Audio) und der Übertragungskosten wurde eine globale Verfügbarkeit über Netzgrenzen hinweg nicht gefordert, zumal die Distributionsform des Lehrbuchs die für die digitale Nutzung notwendigen Daten einschließt.

62 Ein behavioristisch orientierter Entwicklungsprozess beginnt beispielsweise mit der Definition der Lehrziele, bevor darauf aufbauend ein Vortest entwickelt wird, damit der Nutzer seinen Wissensstand ermitteln kann. Abgeschlossen wird eine Lerneinheit durch einen Nachtest, der überprüfen soll, ob anhand der präsentierten Komponenten der Lernende tatsächlich das vorgegebene Ziel erreicht hat.

zung ergeben, so dass etwa für die spätere Einbettung in eine Lehrumgebung solche Lernziele ergänzend spezifiziert werden und adäquat verknüpft werden können.

In der industriellen Praxis werden häufig statische Entwicklungsmodelle eingesetzt, welche die konkreten Erfahrungen in der Produktion multimedialer Lernsoftware bündeln, etwa ausgehend vom Ansatz des Instructional Systems Design (ISD), welcher die Faktoren benennt, die den Entwicklungsprozess wesentlich beeinflussen und diese als verschachtelte Teilsysteme des Produktionsablaufs darstellt [Ke98]. Elemente solcher ISD-Modelle sind stets Analyse, in der die Durchführbarkeit des Projektvorhabens zu prüfen ist; Design, welches von formativer Evaluation begleitet wird, um die Konzeption zu optimieren, Produktion, welche abschließt mit einer summativen Evaluation, und schließlich der Implementation, also der Planung und Durchführung der Bildungsmaßnahme, die ebenfalls evaluiert wird, um die Effizienz und Effektivität ermitteln zu können. Die davon abgeleiteten Modelle sind jedoch in hohem Maße betriebs- und produktabhängig. Viele dieser Modelle gehen davon aus, dass sich einzelne Entwicklungsphasen voneinander abgrenzen und somit sequenzialisieren lassen und setzen implizit den Einsatz von Autorensystemen voraus. Andere Modelle berücksichtigen zwar, dass einzelne Aufgaben voneinander abhängig durchzuführen sind und gliedern die Aufgaben in voneinander abhängige Aktivitätscluster[63] [Ke98], bleiben jedoch dabei so allgemein, dass ihr konkreter Nutzen fraglich ist. Durch die Aufteilung einzelner Aufgaben (Nachedieren der Vorträge, Produktion der Filme und Weiterentwicklung der Software) und regelmäßige Absprache untereinander könnte man ebenfalls von sich überschneidenden Aktivitätsclustern sprechen, ohne dass dies jedoch eine eigene Vorgehensweise bei der Entwicklung implizieren würde.

Für die Planung hypermedialer Produkte werden in der Konzeptionsphase häufig Drehbücher eingesetzt, die entsprechend der Entwicklung in einem Film primär die zeitliche Komponente bei der Nutzung eines Produkts festhalten. Handelt es sich jedoch zusätzlich zu dynamischen Vorgängen oder festgelegten Lernpfaden um vielfältige Interaktionsmöglichkeiten mit einzelnen Komponenten (etwa mittels Simulationen oder über den wahlfreien Zugriff auf Datenströme), so wird es schwierig, diese Aspekte zweidimensional abzubilden. Drehbücher bieten sich dann an, wenn problemangepasste Nutzungsschnittstellen zu implementieren sind sowie ergonomische Fragen eine wichtige

---

63 Unterschieden werden Analyse, Design, Produktion, Implementation, Wartung und Evaluation, wenn diese Phasen jeweils problemabhängig unterschiedlich große Überlappungen aufweisen, ist diese Differenzierung fraglich.

Rolle spielen. Beides war jedoch im Fall des multimedialen Lehrbuchs nicht der Fall, weil hier auf die Funktionen der Anzeigesoftware für die textuellen Komponenten (Adobe Acrobat Viewer) zurückgegriffen wurde. Somit wurde auf ein Drehbuch verzichtet.

Durch den Themenbereich und die inhaltliche Aufbereitung war zwar das Fachgebiet umrissen, der Nutzer sollte jedoch nicht auf den Bezug zu einer konkreten Lehrveranstaltung oder einer festgelegten Veranstaltungsform beschränkt sein. Daraus ergab sich für die elektronische Umsetzung, dass zwar keine didaktischen Pfade vorgegeben wurden, jedoch ausreichende Möglichkeiten zur Orientierung (etwa durch Querverweise) zu geben waren. Die Anzahl notwendiger Hyperlinks steht in direktem Zusammenhang mit der Aufteilung in einzelne Komponenten. Je feingranulärer einzelne Module, desto schwieriger ist es, diese zu dekontextualisieren. Aus diesem Grund benötigt man zusätzliche erklärende Dokumente, welche ihrerseits wiederum zu verknüpfen sind. Außerdem ergibt sich dadurch zwangsläufig die Notwendigkeit, die inhaltlichen Beiträge abhängig von der späteren Nutzungsform zu machen, so dass Übergänge zwischen Unterabschnitten für die elektronische Version nicht genutzt werden könnten. Das gesamte Manuskript müsste also redigiert, passende Fragmente gefunden und der Seitenumbruch entsprechend angepasst werden. Abgesehen von dem erheblichen zusätzlichen Aufwand wäre die gedruckte mit der elektronischen Version hinsichtlich Text und Abbildungen nicht mehr äquivalent.

Hinsichtlich der genutzten Software, die parallel zu der Entwicklung des Lehrbuchs kontinuierlich weiterentwickelt wurde, verzichtete man, diese zusammen mit den Komponenten auf dem Datenträger zu vertreiben. Konkret entschied man sich, nur die plattformunabhängigen Komponenten, nämlich Text, Video und Audio, über CD-ROM auszuliefern, während alle benötigte Software, Animationen und Simulationen als betriebssystemspezifisches Archiv gepackt und über einen zentralen FTP-Server bereitgestellt wurde. Dieses Vorgehen wird wie folgt begründet:

- Unterschiedliche Betriebssysteme der potenziellen Nutzer: Zwar verfügt die Mehrzahl aller Nutzer über einen Rechner mit Windows-Betriebssystem, im naturwissenschaftlich-akademischen Bereich, dem die große Mehrheit der potenziellen Käufer entstammt, sind jedoch auch zahlreiche Nutzer von Unix und Linux zu verzeichnen. Damit können bei Bedarf auch zusätzliche Versionen der Software bereitgestellt werden, ohne die Daten für die CD-ROM-Distribution verändern zu müssen.

- Ein weiterer Grund bestand darin, dass im allgemeinen Software, falls frei verfügbar, nur persönlich genutzt werden darf, allerdings nicht in kommerziellen Produkten[64].
- Ferner wäre es erforderlich gewesen, für jede neue Version auch der eigenen Software den Nutzern ein Update zu schicken, dies hätte erfordert, dass jeder Nutzer sich durch den Kauf des Lehrbuchs zentral registriert, um die Software-Updates versenden zu können.
- Schließlich hätte die Bereitstellung aller benötigten Tools für alle zu unterstützenden Plattformen eine signifikante Erhöhung des benötigten Speicherplatzes erfordert. Zwar ist dies weniger kritisch für DVD-Datenträger, diese waren jedoch zur Zeit der Entwicklung erst wenig verbreitet, so dass man dadurch den Nutzerkreis von vornherein eingeschränkt hätte.

Neben diesen Gründen ergaben sich jedoch für Produzenten, Distributoren und Kunden folgende Vorteile:

- die Lernenden können jederzeit die jeweils aktuelle Version der Software selbst lokal installieren und nutzen;
- das Risiko für den Verlag wird minimiert, da dieser nicht haftbar ist für Komponenten, welche nicht zusammen mit dem Verlagsprodukt (also dem Lehrbuch) vertrieben werden;
- von Nutzern entdeckte Fehler in der Software können schnell behoben und durch eine neue Version des entsprechenden Archivs bereitgestellt werden;
- andere Betriebssysteme lassen sich ergänzend unterstützen, auch wenn die Software hierfür bei der Erstauflage des Buchs noch nicht bereitsteht, sondern erst später nachgeliefert wird.

Die Trennung von plattformabhängigen und plattformunabhängigen Komponenten erwies sich auch für die Integration der einzelnen Komponenten zur Nutzung über den lokalen WWW-Server als günstig. Dabei wurde die Software in einem kollektiv nutzbaren Verzeichnis gespeichert, so dass die nicht-statischen Komponenten, insbesondere die aufgezeichneten Vorträge, vom schnelleren direkten Zugriff über das lokale Netzwerk profitierten, währenddessen die statischen Komponenten über das tendenziell langsamere HTTP-Protokoll übertragen wurden. Damit ließen sich die statischen Komponenten (Texte, Graphiken) auch über das lokale Netzwerk hinaus nutzen. Durch die Integration

---

[64] Da die hier besprochenen Publikationen in Zusammenarbeit mit einem Verlag produziert wurden, handelt es sich um ein kommerziell vertriebenes Produkt.

in die digitale Bibliothek auf dem lehrstuhleigenen WWW-Server war es insbesondere möglich, die einzelnen Komponenten zu erweitern und zu ergänzen, etwa durch Annotationen oder durch Verweise auf ergänzende Materialien.

3.3.3 Manuskripte als Grundlage multimedialer Lehrbücher

Üblicherweise werden die Texte für Publikationen heutzutage rechnergestützt verfasst. Am weitesten verbreitet ist als Autorenformat vermutlich Word, seltener WordPerfect. Im naturwissenschaftlichen Bereich hat sich allerdings das Textsatzsystem LaTeX durchgesetzt, welches es dem Autor erlaubt, druckreife Manuskripte zu erstellen. LaTeX bietet Autoren den Vorteil, Texte symbolisch auszeichnen zu können, ohne sich um das spätere Layout kümmern zu müssen (abgesehen von globalen Angaben wie etwa Textgröße oder Seitenformatierung). Dies ist besonders bei mathematischem Formelsatz vorteilhaft. Andererseits haben Textsatzsysteme nur eingeschränkte Möglichkeiten, was die Platzierung einzelner Seitenelemente (beispielsweise Graphiken) betrifft, so dass jede Änderung am Autorenformat einen oder mehrere Verarbeitungsschritte erfordert, um ein geeignetes Nutzerformat zu generieren. Man kann sich also auf den zu vermittelnden Inhalt konzentrieren und sich ggf. durch Anpassung einzelner Parameter erst zum Schluss um das endgültige Layout kümmern.

Für die Bereitstellung als hybrides Medium sind hinsichtlich der verwendeten Schrift sowie der Textaufteilung gesondert Überlegungen anzustellen. Bei gedruckten Dokumenten werden Attribute wie Schriftgröße und -art durch den Autor einmalig festgelegt. Beispielsweise eignen sich hier besonders Schrifttypen mit Serifen[65], da sie die Lesbarkeit speziell bei geringen Schriftgrößen verbessern. Für den Bildschirm sind jedoch serifenlose Schriften und großzügigeres Layout besser zu lesen. Textsatzsysteme sind hier im Vorteil, weil das endgültige Layout erst durch den Übersetzungsprozess entsteht. Dabei ist jedoch wichtig, dass man skalierbare Schriften wählt[66]. Speziell für umfangreiche Dokumente, wie es Kapitel in Lehrbüchern sind, ist es wünschenswert, dass der Nutzer sich sowohl in der gedruckten als auch in der elektronischen Version des Lehrbuchs gut zurechtfindet, etwa über die Seitenzählung oder über

---

[65] Serifen sind kleine Abschlussstriche bei manchen Schrifttypen wie etwa Times oder Courier.

[66] Vektorgraphik-Schriften sind je nach Ausgabegerät skalierbar, sie werden über passende Graphik-Befehle (zum Beispiel Linien oder Kreisbögen) bei der Ausgabe auf einem PostScript-Drucker beschrieben. Pixelgraphiken hingegen, wie etwa die Computer Modern-Fonts, sind für eine feste Auflösung (300 dpi) berechnet und deshalb nicht skalierbar.

ausreichende strukturelle Verweise, beispielsweise wenn zu einer relevanten Stelle im Buch eine zusätzliche multimediale Erweiterung im elektronischen Medium gefunden werden soll. Es bietet sich hier an, jede Seite des Manuskripts auf zwei, drei oder vier Bildschirmseiten aufzuteilen und diese entsprechend zu nummerieren (etwa 15 B, 23 A) oder aber, das Layout beizubehalten und eine Vergrößerung einzelner Seiten zu ermöglichen und gleichzeitig den Rand zu reduzieren[67]. Dadurch leidet allerdings die Orientierung; speziell die Notwendigkeit, am Bildschirm horizontal zu scrollen, hemmt den Lesefluss.

Im Kontext hypermedialer Lernmedien lassen sich – ausgehend von den bisherigen Überlegungen – zunächst einige Anforderungen an optimale Nutzerformate stellen:

1. Das Format ist über verschiedene Betriebssysteme hinweg portabel. Dies bedeutet, dass Software zum Anzeigen des Mediums plattformübergreifend erhältlich ist.
2. Es kann von einer langfristigen Verfügbarkeit passender und kostenfreier Viewer ausgegangen werden, wobei der Hersteller Rückwärtskompatibilität zu älteren Format-Versionen garantiert.
3. Das Layout des elektronischen Textes ist konsistent mit der gedruckten Version.
4. Die logische Struktur des Dokuments kann direkt aus dem Textformat herausgelesen werden.
5. Querverweise im Text können als Hyperlinks verwirklicht werden (*endogene Verweise*), die Integration externer Komponenten über Hyperlinks in anderen Formaten oder der Verweis auf Dokumente in WWW-Servern (*exogene Verweise*) sind realisierbar.
6. Die Navigation im gleichen und zwischen verschiedenen Dokumenten ist schnell und die zum Verfolgen eines Verweises nötige Zeit ist annähernd konstant und nicht proportional zur Größe des referenzierten Dokuments.
7. Das Datenformat zur Speicherung ist kompakt, so dass lange Ladezeiten vermieden werden.

---

[67] In gedruckten Medien dient der Rand einerseits zur größeren Übersichtlichkeit einer Seite, andererseits hinsichtlich gebundener Bücher zur besseren Lesbarkeit, speziell am Seitenrand der Bindung. Für elektronische Texte kann dieser Rand jedoch häufig reduziert werden, ohne den Lesefluss zu stören.

Mögliche Nutzerformate im Zusammenhang mit dem WWW sind HTML und PDF. Sie erfüllen beide die Bedingungen (1), (5) und (6). Nicht gebräuchliche Schrifttypen oder Fonts können in PDF-Dokumente eingebettet werden, so dass diese auch auf Plattformen darstellbar sind, welche die Fonts nicht bereitstellen. Ist ein nicht eingebetteter Schrifttyp nicht auf der Nutzerplattform erhältlich, so wird dieser durch einen der verfügbaren Typen angenähert. Auch Bedingung (2) kann als erfüllt vorausgesetzt werden: bei HTML gibt es vielfältige Hersteller, die verbreitetsten Viewer sind auch kostenfrei verfügbar, wobei allerdings die Umsetzung des HTML-Codes nicht immer vergleichbar erfolgt. Im Falle von PDF liefert der Entwickler des Formats (Adobe) zugleich auch den für die Anzeige nötigen Viewer. Auch in diesem Fall kann von Rückwärtskompatibilität sowie langfristiger Verfügbarkeit ausgegangen werden[68], solange der Hersteller das Format unterstützt.

Hinsichtlich der übrigen Bedingungen zeigt sich jedoch, dass die Stärken des einen die Schwächen des anderen Formats sind:

- HTML ermöglicht die symbolische Beschreibung von Textfunktionen (beispielsweise Überschriften oder Listen). Struktur und Layout sind voneinander getrennt[69], Mathematischer Formelsatz wird nicht unterstützt, drucktypische Elemente wie Ligaturen können nicht dargestellt werden. Da Informationen zum Layout nicht speziell kodiert werden müssen, ergeben textlastige Dokumente kleine und damit schnell übertragbare Dateien. Sofern nicht im Dokument selbst festgelegt, kann der Nutzer schrifttypenbezogene (Größe, Font) und andere (Hintergrund, Breite des Fensters) Parameter selbst entsprechend seiner Bedürfnisse wählen. Verschiedene Browsertypen stellen HTML-Code unterschiedlich dar, Graphiken können nur ungefähr positioniert werden. Die meisten kommerziellen Textverarbeitungsprogramme verfügen über HTML-Export, und mit `latex2html` [L2H99] können auch

---

68 Neben dem Adobe Acrobat Reader kann inzwischen auch das Programm ghostview, welches zum Anzeigen von PostScript-Dateien dient, PDF-Dateien anzeigen, jedoch nur die Elemente der einzelnen Seiten, nicht jedoch übrige Objekte wie Thumbnails, Lesezeichen, Annotationen oder Querverweise.

69 Für zahlreiche Tags in HTML 4.0 gilt dies nicht mehr, da hier typographische Einschränkungen (Schriftgrad und -größe) bereits durch den Autor vorgegeben werden können. Diese Entwicklung entspricht dem Bedürfnis zur Layout-Gestaltung, was insbesondere im Zusammenhang mit kommerziellen Auftritten von großer Bedeutung ist. Außerdem ist es möglich, durch geeignete Cascading Style Sheets für jedes Dokument das passende Layout festzulegen und damit die Einstellungen im Browser zu überschreiben.

mit LaTeX gesetzte Dokumente zumindest rudimentär nach HTML übersetzt werden. HTML-Dokumente können mit jedem beliebigen Texteditor bearbeitet werden.

- PDF ist eine Weiterentwicklung der Sprache PostScript und beschreibt Dokumente mittels funktionaler Objekte (Graphik, Text, Lesezeichen, Annotationen). Das Layout ist festgelegt, die Seitengröße kann über Viewer-Software skaliert werden. Die Typographie hängt von den jeweils im Autorenformat gewählten Schrifttypen ab, nicht vorhandene Typen werden automatisch approximiert. Die Objekttypen, welche sich auf sichtbare Seitenelemente beziehen, können teilweise erheblich komprimiert abgelegt werden (beispielsweise Lempel-Ziv-Welsh-Codierung (LZW) für Text, Graphiken und Abbildungen, aber auch JPEG (für Bildobjekte) oder CCITT und Run-Length-Encoding für monochrome Bilder), wobei die Komprimierung parametrisiert werden kann. Da es sich bei PDF um ein proprietäres Format handelt, sind zur Generierung von PDF-Dokumenten aus Autorenformaten beziehungsweise zu deren Bearbeitung die Werkzeuge der Adobe Acrobat-Suite notwendig[70]. Da jedes PDF-Dokument über einen Index aller verwendeten Objekte (etwa Seiten, Datenströme, Lesezeichen oder Annotationen) verfügt, ist ein wahlfreier Zugriff auf das Anfangsbit jedes beliebigen Objekts möglich, ohne dass zunächst alle bis dahin vorkommenden Objekte gelesen werden müssen[71]. Beim Parsen eines PDF-Dokuments wird von der Wurzel des Dokumentenbaums aus in Tiefensuche vorgegangen, so dass die Reihenfolge der Speicherung für die einzelnen Objekte beliebig sein kann. Da für jedes Objekt seine Byte-Position in der Datei vermerkt ist, kann möglicherweise bei Korrumpierung der Datei, etwa

---

[70] Sofern man als Autorenformat LaTeX benutzt und über den Konverter pdfTeX verfügt, der frei erhältlich ist, so kann man nicht nur auf direktem Wege das Nutzerformat PDF erzeugen (also ohne Umwege über DVI und PostScript), sondern spezielle Hypermedia-Objekte (Lesezeichen, Thumbnails, Annotationen, Quicktime-Video) schon im Quellformat spezifizieren. Das Makropaket hyperref gestattet es, alle symbolischen Querverweise sowie Indexeinträge als pdfmark-Befehle in PostScript-Dokumenten zu speichern, aus denen der Acrobat Distiller dann entsprechende Objekte (Lesezeichen, Querverweise) erzeugt [Me98]. Die Klassenbibliothek pdflib ermöglicht es, PDF-Dokumente dynamisch aus beliebigen Anwendungen heraus zu generieren.

[71] Wenn beispielsweise in einem PDF-Dokument von der Seite x auf die Seite y verwiesen wird, so werden nach Folgen des entsprechenden Hyperlinks die Objekte der Seiten x+1 ... y-1 nicht geladen. Speziell für lange oder graphiklastige Dokumente ergibt sich ein schneller Seitenaufbau.

durch Verschiebung der Speicherpositionen, das entsprechende Dokument überhaupt nicht mehr korrekt angezeigt werden.

Parallele Präfix–Summe: Einleitung

Der Vortrag über die Parallele Präfix–Summation wurde von Herrn Prof. Widmayer am 15. November 1996 am Institut für Informatik in Freiburg gehalten. Ziel des Vortrages war es, die Parallelisierung von Algorithmen am Beispiel der Präfix–Summation zu erläutern. Dazu werden zunächst die Grundlagen des parallelen Rechnens am Beispiel der Summenbildung in einem Array erläutert. Anschließend wird ein Modell einer PRAM (Parallel Random Access Machine) gegeben und die Effizienz von PRAM–Algorithmen diskutiert. Als Beispiel wird die parallele Berechnung des Minimums in einem Array behandelt, bevor verschiedene PRAM–Modelle vorgestellt werden.

Im Hauptteil wird der Algorithmus zur parallelen Berechnung von Präfix–Summen ausführlich hergeleitet und erläutert. Dabei spielt die Zuordnung der Operationen zu Prozessoren eine wichtige Rolle, welche mittels Brents Lemma optimiert werden kann.

Im dritten und letzten Teil werden einige Anwendungen der Präfix–Summation vorgestellt, und zwar das Komprimieren eines dünn besetzten Arrays, das Komprimieren eines solchen Arrays zu einer verketteten Liste, die Simulation eines endlichen Automaten und die Addition zweier Zahlen mittels einer digitalen Addier–Schaltung.

Parallele Präfix–Summe: Einleitung

Der Vortrag über die Parallele Präfix–Summation wurde von Herrn Prof. Widmayer am 15. November 1996 am Institut für Informatik in Freiburg gehalten. Ziel des Vortrages war es, die Parallelisierung von Algorithmen am Beispiel der Präfix–Summation zu erläutern. Dazu werden zunächst die Grundlagen des parallelen Rechnens am Beispiel der Summenbildung in einem Array erläutert. Anschließend wird ein Modell einer PRAM (Parallel Random Access Machine) gegeben und die Effizienz von PRAM–Algorithmen diskutiert. Als Beispiel wird die parallele Berechnung des Minimums in einem Array behandelt, bevor verschiedene PRAM–Modelle vorgestellt werden.

Im Hauptteil wird der Algorithmus zur parallelen Berechnung von Präfix–Summen ausführlich hergeleitet und erläutert. Dabei spielt die Zuordnung der Operationen zu Prozessoren eine wichtige Rolle, welche mittels Brents Lemma optimiert werden kann.

Im dritten und letzten Teil werden einige Anwendungen der Präfix–Summation vorgestellt, und zwar das Komprimieren eines dünn besetzten Arrays, das Komprimieren eines solchen Arrays zu einer verketteten Liste, die Simulation eines endlichen Automaten und die Addition zweier Zahlen mittels einer digitalen Addier–Schaltung.

Abbildung 3.1: Vergleich zweier Dokumentenformate: PDF (links) und HTML (rechts)

PDF erfüllt also zusätzlich Bedingung (4), also statisches Layout. Dabei gibt es jedoch keine Möglichkeit, die logische Dokumentstruktur zu erfassen (5), wie dies idealerweise bei HTML der Fall ist. Schließlich sind PDF-Dokumente, insbesondere deren textuellen Komponenten, nicht ohne weiteres zu modifizieren und bieten daher größere Sicherheit. HTML eignet sich also vor allem für textlastige Dokumente, bei denen das Layout sekundär ist, also etwa Artikel in Konferenzbänden oder Online-Lexika, aber auch für automatisch generierte Ausgaben, beispielsweise aufgrund einer Datenbankabfrage, da HTML-Code über das CGI-Interface eines WWW-Servers einfach generiert werden kann. Für Lehrbücher und professionell gesetzte wissenschaftliche Zeitschriften, bei denen das Layout wichtig ist, aber auch für alle Dokumente mit mathematischem Formelsatz, ist PDF die erste Wahl. Bei beiden Lehrbüchern waren die Texte in LaTeX verfasst, allerdings standen einschränkend noch keine Makropakete zur Verfügung, die es ermöglicht hätten, die strukturellen und assoziativen Verweise in Hyperlinks oder Lesezeichen zu übersetzen. Diese Optionen sind bei Verwendung von Office-Produkten, etwa Word, noch eingeschränkter[72]. Zudem stellte sich die Frage, wie die verfügbaren Funktionen von PDF optimal ausgenutzt werden könnten, um dem Leser die Orientierung zu erleichtern. Weil die Konvertierung der Dokumente über DVI und PostScript nach PDF durchgeführt

[72] Liegt als Ausgangsformat ein PC-basiertes Format wie etwa Word vor, so kann man mittels PDF Writer ein PDF-Dokument herausschreiben, welches sich allerdings in Layout und Struktur nicht vom Original unterscheidet, also etwa nicht nach Abschnitten fragmentiert ist, dem Text inhärente Querverweise werden ebenfalls nicht als Hyperlinks umgesetzt, so dass die Möglichkeiten zur automatischen Umsetzung aus dem Autorenformat noch eingeschränkter sind.

wurde, ging jede strukturelle Information verloren, dies bedeutete einen erheblichen Nachbearbeitungsaufwand für die elektronische Version. Insbesondere für das multimediale Lehrbuch, bei dem Autoren und Produzenten parallel arbeiteten, bedeutete jede Änderung am Autorenformat eine entsprechende Anpassung der konvertierten Dateien. Die automatische Umsetzung der Querverweise (insbesondere aus dem Index) hätte diesen Mehrfachaufwand erheblich reduziert. Eine andere Schwierigkeit ergibt sich, wenn mehrere Autoren beteiligt sind, welche die vom Verlag vorgegebenen Dokumenten-Vorlagen nicht oder nur teilweise berücksichtigen[73]. Vor der Transformation in andere Formate ist es deswegen notwendig, die vorgegebenen Dokumentenvorlagen einzubinden, inkompatible Makropakete zu deaktivieren, Autorendateien mit den fehlenden oder fehlerhaften Auszeichnungen zu versehen, skalierbare Schriften einzubinden und zusätzliche symbolische Verweise (etwa Terme für die automatische Indexgenerierung) anzubringen.

Der Umbruch wurde gegenüber der gedruckten Vorlage nicht verändert, allerdings wurde jedes Kapitel getrennt voneinander in das Zielformat PDF übersetzt[74], um die Ladezeiten zu verringern. Außerdem erleichtert dies die Wiederverwendung einzelner Abschnitte[75]. Für jedes Kapitel wurde eine kurze erläuternde Einleitung verfasst, welche nicht in der gedruckten Version verfügbar ist. Die einzelnen Kapitel wurden mit dieser Einleitung, den Folien des aufgenommenen Vortrags sowie einer manuell generierten Übersichtsseite verknüpft. Zusätzlich wurde ein Verzeichnis aller Animationen, Simulationen und Videos erstellt, schließ-

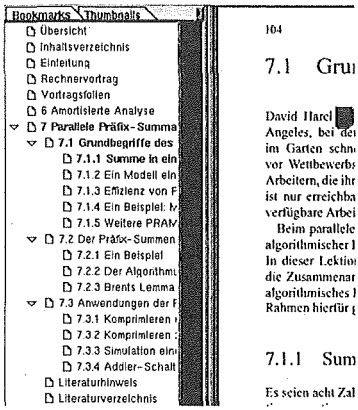

Abbildung 3.2: Hierarchische Navigation im Text

---

73 Dokumentenvorlagen werden nur in den seltensten Fällen angenommen, hier ist es nötig, formalisierbare Richtlinien zu kodieren und in die Autorenwerkzeuge zu integrieren.

74 Wie oben erwähnt, war keine direkte Übersetzung möglich, sondern das Zielformat wurde nach Kompilation zu DVI und Übersetzung nach PostScript erstellt.

75 Dies ist freilich nur wie im vorliegenden Fall dann möglich, wenn die einzelnen Kapitel nicht notwendigerweise aufeinander aufbauen, also kontextfrei genutzt werden können.

lich eine Übersichtsseite, über die alle textuellen Komponenten erreichbar sind. Die symbolischen und strukturellen Querverweise wurden, wie in Abbildung 3.2 ersichtlich, sämtlich manuell als Lesezeichen[76] realisiert. Zusätzlich wurden alle impliziten Querverweise in Inhaltsverzeichnis, Kapiteln und Index als farblich typisierte Hyperlinks (siehe Tabelle 3.1) umgesetzt, mit Ausnahme der Literaturverweise.

Verweis auf ...	**farbliche Typisierung[77]**
Text	schwarz
Folien	rot
Vorträge / Startpunkte	grün
Animationen	blau
Simulationen	magenta
Filme	cyan

Tabelle 3.1: Farbliche Typisierung der Verweise abhängig vom Medientyp

---

76 Lesezeichen in PDF sind hierarchische Menüs, die es erlauben, die Struktur eines Dokuments unabhängig von den angezeigten Seiten nachzubilden, wobei der Nutzer die einzelnen Hierarchieebenen je nach Bedarf ein- oder ausblenden kann. Genauer verweist das Wurzelobjekt jedes PDF-Dokuments auf einen balancierten Seitenbaum, wobei jeder Knoten maximal sechs Nachfolger hat, sowie einen sog. Outline-Baum, welcher die einzelnen Lesezeichen-Einträge als gesonderte Objektstruktur verwaltet. Lesezeichen definieren sich wie Hyperlinks auch über Start- und Zielanker, wobei letzterer ein ganzes Dokument beliebigen Typs, eine per URL referenzierbare WWW-Adresse oder aber eine geometrische Position auf einer Seite eines PDF-Dokuments sein kann. Startanker sind bei Lesezeichen assoziiert mit einer gesonderten textuellen Lesezeichen-Markierung, während sie sich bei Hyperlinks über die geometrische Position eines Seiten-Objekts definieren. Für Zielanker, welche mit einer geometrischen Position eines Seitenobjekts assoziiert sind, kann zusätzlich ein Vergrößerungsfaktor angegeben werden; dies eignet sich etwa für medizinische Abbildungen, die über die Aktivierung eines Lesezeichens vergrößert angezeigt werden sollen. Annotationen können ebenfalls als Verweise innerhalb des gleichen Dokuments angesehen werden, da sie ebenfalls über einen Quellanker – nämlich eine geometrische Position auf einer Dokumentseite – sowie einem Ziel, nämlich dem eingebetteten Annotationsobjekt mit textuellen Inhalt, verfügen.

77 Die farbliche Typisierung wurde jeweils schon im Autorenformat vorgenommen, weil man mit Acrobat Exchange Links entweder nur sichtbar (durch ein farbliches Rechteck) oder unsichtbar gestalten kann, nicht aber nur durch Färbung des entsprechenden Begriffs.

Dies hätte nämlich bedeutet, die gerade betrachtete Seite des Dokuments zu verlassen, da die Referenzen in einem gesonderten Literaturverzeichnis abgelegt sind. Hier wurde beschlossen, pro Verweis ein Annotationsobjekt einzuführen, welches an der entsprechenden Stelle über der jeweiligen Seite angezeigt wird, so dass per Mausklick in einem verschiebbaren Fenster die Referenz nachgesehen werden kann, ohne den Lesefluss zu stören[78].

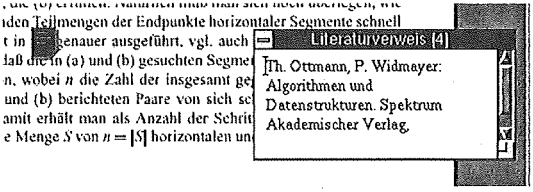

Abbildung 3.3: Literaturverweise als Annotationen im Text

Annotationen können mittlerweile nicht nur Text, sondern auch Audio und Video-Objekte sein, zusätzlich unterscheidet man verschiedene parametrisierbare Typen. Diese Möglichkeiten bestanden allerdings zur Zeit der Produktion des Lehrbuchs noch nicht.

Für jede Abbildung wurde eine gesonderte Datei als Screenshot gespeichert, welche über einen mit der Abbildung sowie dem entsprechenden Verweis im Text verknüpften Hyperlink in einem externen, im Programmpaket mitgelieferten Viewer angezeigt werden kann. Dabei besteht die Möglichkeit, die extern angezeigte Abbildung zu skalieren, um Details, welche nur unbefriedigend zu erkennen sind, anzuzeigen[79]. Diese konnten also parallel zum Text

---

78 Theoretisch bietet diese Funktion auch dem Nutzer die Möglichkeit, das Dokument zu personalisieren mit eigenen Anmerkungen. Dazu ist es jedoch zum einen erforderlich, dass er die entsprechende kostenpflichtige Software (Adobe Acrobat Exchange) nutzen kann, zum anderen aber auch, dass er Schreibrechte für das entsprechende Dokument hat, da Annotationen als Objekt innerhalb des annotierten Dokuments gespeichert werden. Damit müßte der Nutzer zunächst eine lokale Kopie für die eigene Nutzung erstellen, welche dann aber nicht mehr mit den übrigen Komponenten assoziiert ist.

79 Bei Screenshots handelt es sich genaugenommen um Rasterbilder, die bei Vergrößerung keine zusätzliche Bildinformation aufweisen. Jedoch können nicht mit dem bloßen Auge sichtbare Details durch Vergrößerung und anschließende Kantenglättung für den Nutzer hervorgehoben werden, so dass der Eindruck eines detaillierteren Bildes entsteht.

angesehen werden, ohne die Skalierung der entsprechenden Seite des Artikels anpassen zu müssen. Hauptgrund für die optionale externe Anzeigemöglichkeit war jedoch, dass Abbildungen nicht immer auf der gleichen Seite wie deren Referenz abgebildet ist.

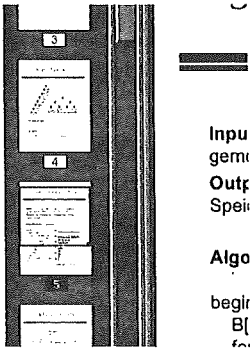

Abbildung 3.4: Visuelle Foliennavigation

Für den erleichterten visuellen Zugriff auf einzelne Seiten wurden für alle statischen Dokumente daumennagelgroße Miniaturversionen, sogenannte *thumbnails*, generiert, diese können analog zu den Lesezeichen im linken Rahmen des Viewers angezeigt werden. Schließlich wurden alle PDF-Dokumente volltextindexiert, so dass die entsprechende dokumentübergreifende Suchfunktion des PDF-Viewers genutzt werden kann. Damit konnten vier der sieben in [Glo97] diskutierten Prinzipien zur Navigation im hypermedialen Raum verwirklicht werden, nämlich

- **Verweise**: statisch, also vom Autor festgelegt, und zwar vollständig endogen (also nicht über den Dokumentenbestand hinausgehend). Hierbei mussten nur solche Links explizit modelliert werden, welche die nichtlineare Navigation betrafen, da der Acrobat Viewer die sequenzielle Ansicht konsekutiver Seiten als eingebaute Funktionalität erlaubt. Die Lesezeichen-Objekte sind hierbei hierarchische Verweise, während die Verweise aus dem Index Ähnlichkeits-Verweise darstellen. Referenzen auf andere Komponenten können als assoziative Verweise angesehen werden;
- **Suchbarkeit** (durch die Nutzung der integrierten Suchfunktion), und zwar dokumentenintern oder komponentenübergreifend;
- **Hierarchie**: durch die Übernahme des Inhaltsverzeichnisses zu den Kapiteln sowie als Kapitelstruktur über die modellierten Lesezeichen;
- **Ähnlichkeit**: über den Index werden ähnliche Begriffe zueinander in Relation gesetzt, jedoch nicht direkt im Sinn eines Glossars miteinander verknüpft.

Im Vordergrund stand also die intuitive Nutzbarkeit sowie die nutzergesteuerte Orientierung und Navigation innerhalb der einzelnen Komponenten und weniger adaptive oder interaktive Funktionen. Ersteres konnte erreicht werden durch die Wahl des Formats (PDF) in Verbindung mit skalierbaren Schriften sowie die Funktionen der kostenfrei erhältlichen Acrobat Reader-Software. Dabei wurde die Orientierung durch sorgfältige Umsetzung aller strukturellen und assoziativen Querverweise über Hyperlinks und Lesezeichen sowie Integration von Thumbnails und dokumentenübergreifender Volltextsuche optimiert. Damit

eignen sich die statischen Komponenten nicht nur zum Selbststudium, sondern ebenfalls zum Nachschlagen und zur Orientierung, nicht zuletzt durch identisches Layout der gedruckten sowie der elektronischen Version. Somit konnten viele der Vorteile gedruckter Publikationen (wahlfreier Zugriff, gute Orientierung) abgebildet werden.

3.3.4 Aufzeichnung von Vorträgen und deren Integration

In der universitären Lehre sind Vorträge ein integraler Bestandteil der instruktionalen Phase. Sie dienen dazu, um aufbereitete Information dem Lernenden zu präsentieren, um diesem den Erwerb fachspezifischen Wissens zu erleichtern. Dieses kann später mit Hilfe von geeigneten Lernmaterialien (Skripten, Bücher) passend vertieft werden. Die Kombination von fachlicher Expertise, didaktischen Qualitäten und Vermittlung von Information bezogen auf lokale Lehr- und Lernbedingungen ermöglichen es, auch aktuelle Forschungsergebnisse einfließen zu lassen. Es ist somit wünschenswert, von diesen Vorteilen nicht nur die eigenen Studierenden, sondern auch andere interessierte Hochschullehrer profitieren zu lassen, indem Vorträge zu ausgewählten Themen an andere Standorte übertragen und zusätzlich aufgezeichnet werden. Um nicht nur ein möglichst authentisches Abbild des Live-Szenarios zu geben, sondern auch eine flexible Nutzbarkeit bei der Wiedergabe zu ermöglichen, werden anhand einer entsprechenden Untersuchung folgende aus der Sicht des Nutzers grundlegende Anforderungen in [Mü00] aufgestellt:

- **Authentizität**: Alle Datenströme der Präsentation sollten in guter Qualität ohne Datenverlust aufgezeichnet und synchron zueinander wiedergegeben werden können, so dass die Ähnlichkeit zwischen Aufnahme und Wiedergabe maximal ist. Für die Integration in elektronische Medien müssen die Datenformate digital sein.
- **Kompaktheit und flexible Nutzbarkeit der Datenströme**: Videoaufzeichnungen, die eventuell nachträglich digitalisiert werden, sind nicht nur redundant, sondern erlauben auch keinen wahlfreien Zugriff in Echtzeit. Flexibilität bedeutet auch Retrieval und Erweiterbarkeit, und damit sind symbolische Aufzeichnungstechniken geboten. Applikationsunabhängige Aufzeichnungen, beispielsweise auf der Ebene des eingesetzten Fenstersystems, lassen zwar die Wiedergabe beliebiger plattformabhängiger Applikationen zu, eignen sich jedoch nicht für eine problemangepasste Nutzung.
- **Orientierung**: Dies bedeutet zusätzlich zur reinen Wiedergabe mit nutzerinitiierten Unterbrechungen den sekundengenauen Zugriff auf einzelne Segmente des Datenstroms. Diese kann noch verbessert werden durch zeitunabhängige Navigation bei gleichzeitiger Perzeptibilität visueller

Aktionen (*random visible scrolling*) sowie sofortige Fortsetzung der Wiedergabe beim nutzergesteuerten Sprung innerhalb des Datenstroms.

Das Note-Taking-Verfahren Authoring on the Fly (AOF) [MüOt00] erfüllt diese Bedingungen und wurde deswegen genutzt, um die zu integrierenden Vorträge zu jedem der Lehrbuchkapitel aufzuzeichnen. Die Dozenten nutzten hierbei das Whiteboard *wb* aus dem MBone-Toolset [Eri94]; es handelt sich dabei um eine elektronische Tafel, in die alle während des Vortrags benutzten Folien hineingeladen wurden und zusammen mit den Annotationen des jeweiligen Lehrenden (mittels Polygonen, Kreisen oder Hervorhebungen) aufgenommen wurden. Zusätzlich konnten zur besseren Visualisierung lernstoffunterstützende Animationen und Filme gezeigt werden, die entsprechenden Start- und Stopzeiten wurden ebenfalls aufgezeichnet. Jedes der Objekte beziehungsweise dessen Referenz als Dateiname (Folien, Annotationen, externe Applikationen) ist symbolisch in einer SGML-Datei abgespeichert. Zusätzlich werden bei jeder Veränderung durch Hinzufügen oder Löschen eines Objekts (in der Regel im Abstand von Sekundenbruchteilen) die Indizes aller zu diesem Zeitpunkt aktiven Objekte abgespeichert, so dass der Zustand auf der elektronischen Tafel, synchronisiert durch den Audio-Datenstrom, zu jedem beliebigen Zeitpunkt rekonstruiert werden kann. Der Dozent saß während des Vortrags vor dem Bildschirm des Rechners, auf dem das von ihm genutzte Whiteboard und damit auch die Aufnahmesoftware lief, so dass große Teile seines Oberkörpers verdeckt waren. Obwohl das Videobild des Dozenten ebenfalls aufgezeichnet wurde, stellte sich heraus, dass der Nutzen durch die fehlende oder jedenfalls kaum sichtbare Gestik und Mimik, gemessen an der notwendigen Datenmenge sehr begrenzt ist, es wurde daher nicht integriert.

Der Aufwand für den Dozenten ist gering, da er sich auf die Gestaltung der Vortragsfolien sowie die inhaltliche Gliederung und Ausformulierung konzentrieren kann. Dabei bestehen keine Einschränkungen hinsichtlich des Autorenformats, um die Folien zu erstellen, unter der Bedingung, dass diese nach PostScript transferiert werden können, das Importformat für die elektronische Tafel. Für die Präsentationsphase ist lediglich eine kurze Eingewöhnungszeit erforderlich, um die wichtigsten Auszeichnungsmöglichkeiten auf der Tafel kennenzulernen. Für die Wiedergabe über einen WWW-Browser zusammen mit der nötigen Software zum Abspielen der Vorträge kann automatisch eine geeignete Online-Präsentation exportiert werden. Dabei werden die Folien verlustfrei als einzelne GIF-Dateien abgespeichert.

Der wahlfreie Zugriff ist entweder über Rollbalken des Wiedergabe-Tools möglich oder mittels Steuerung durch externe Viewer wie WWW-Browser oder, in diesem Fall, PDF-Viewer, da diese ebenfalls über Hyperlinks beliebige externe Applikationen mit PDF-Dokumenten verknüpfen können.

Um eine inhaltsorientierte komfortable Nutzung zu ermöglichen, wurde daher beschlossen, für jeden zu integrierenden Vortrag eine geeignete hierarchische Gliederung zu erzeugen (siehe Abbildung 3.5). Dabei kann für jeden Eintrag an die entsprechende Stelle im Vortrag gesprungen werden (über grüne Pfeile). Parallel dazu ist es (über rote nummerierte Rechtecke) möglich, zur dazu passenden Folie zu springen. Schließlich können, falls vorhanden, die innerhalb des Zeitintervalls bis zum darauffolgenden Startpunkt während des Vortrags genutzten Applikationen und zusätzlich dazu passende Simulationen gestartet werden. Da die Vortragenden eine solche Gliederung nicht mit- oder nachlieferten, musste auch diese mittels einer erneuten Wiedergabe des Vortrags heuristisch ermittelt und in Ressourcen-Dateien die dazu passenden Startpunkte abgespeichert werden. Parallel dazu wurde jeder Vortrag mit einem geeigneten Editor [Ma96] bearbeitet, um unerwünschte Sprechpausen, fehlerhafte Aktionen auf der elektronischen Tafel oder andere Redundanzen herauszuschneiden. Da durch das Nutzerformat (PDF) die Länge der einzelnen Seiten festgelegt war, ergab sich eine variable Länge der einzelnen Übersichten für die Vorträge zwischen einer und zwei Seiten, welcher im wesentlichen von deren Strukturierung abhing. Die Übersichtsseiten wurden ebenfalls im gleichen Autorenformat wie die übrigen textuellen Komponenten erstellt, um konsistentes Layout und Typographie zu erreichen. Die farbliche Typisierung (Startpunkte, Folien, Animationen, Simulationen) wurde hierbei in den Quelldateien, also im Autorenformat, vorgenommen, so dass sich der Aufwand auf das manuelle Editieren der Datei im Nutzerformat beschränkte, um die Querverweise sowie die Lesezeichen anzubringen. Damit hat der Nutzer nicht nur eine inhaltliche Übersicht des Vortrags; zusätzlich wird durch die strukturierte Gliederung der schnelle Zugriff auf Segmente des zu rekapitulierenden Vortrags wesentlich erleichtert.

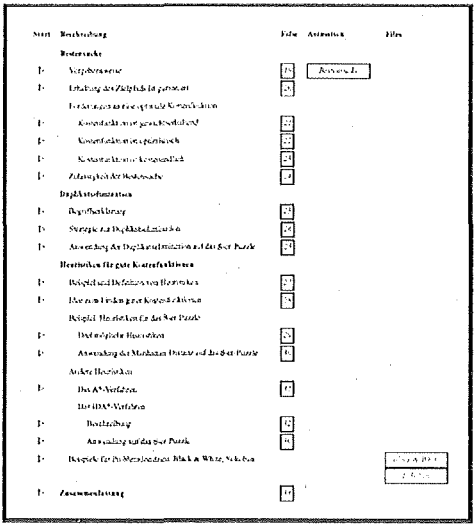

Abbildung 3.5: Übersichtsseite eines aufgezeichneten Vortrags

Ausgehend von der automatisch generierten Präsentation erwies es sich als problematisch, die mit dem Editor erstellten zeitlichen Änderungen in korrekte

Zeitstempel zu übertragen, da diese nicht automatisch aktualisiert werden konnten. Es hat sich andererseits aber gezeigt, dass das Edieren aufgenommener Vorträge nicht nur sehr aufwändig ist, sondern viel von dem wünschenswerten Live-Charakter einer Vorlesung nimmt und kurze Pausen oder Versprecher während der Wiedergabe nur unwesentlich stören. Schließlich wird dadurch der Aufwand zur Produktion eines multimedialen Lehrbuchs wesentlich erhöht.

Die Wiedergabe externer Applikationen (Animationen, Simulationen, Videos) ist nicht mit der Wiedergabe des Vortrags synchronisiert und hängt nicht nur von der Prozessorleistung ab, sondern auch von der momentanen Rechnerauslastung. Dies stellt jedoch unter der Voraussetzung, dass die genutzten Animationen und Filme nur von kurzer Dauer sind, keine wesentliche Einschränkung dar, da abweichende Ablaufgeschwindigkeiten leicht mental korrigiert werden können. Probleme ergaben sich dadurch, dass in einem Vortrag die Erklärungen des Dozenten zu einer Animation wesentlich länger dauerten als die Abspielgeschwindigkeit, so dass die Erklärungen nicht zu den jeweils gezeigten Aktionen im Fenster der Animation passten. Schließlich ist es jederzeit möglich, ohne Verzögerung und wahlfrei an die passende Stelle im Vortrag zurückzuspringen oder die externe Applikation unabhängig vom Vortrag zu nutzen.

3.3.5 Integration externer Applikationen in multimediale Lehrbücher

Komponenten, welche als Software in einer bestimmten Programmiersprache geschrieben sind und durch eine virtuelle Maschine interpretiert oder direkt als binärer Code ausgeführt werden und in eine gegebene Anwendungsumgebung integriert werden, werden externe Applikationen genannt. In diesem Abschnitt liegt der Schwerpunkt auf Animationen, die häufig zur Verdeutlichung abstrakter Verfahren eingesetzt werden. Die Integration allgemeiner Softwareprodukte mit graphischer Ausgabe wird nicht gesondert betrachtet, da diese eine Verallgemeinerung darstellen und hier im Rahmen der Integration in Lernmedien vereinfachte Randbedingungen gelten (etwa hinsichtlich der Nutzung, die in der Regel nicht an andere Komponenten gekoppelt ist)[80].

---

[80] Wenn man beliebige Applikationen in WWW-Umgebungen integriert, so handelt es sich nicht um Daten, die durch ein externes Programm zu interpretieren sind. Man kann sich behelfen, indem man den Namen des auszuführenden Programms und andere nötige Parameter an den Browser übergibt, wobei ein spezieller vom Server über das HTTP-Protokoll geschickter Mime Type im Aufruf eines generischen Skripts resultiert, welcher das spezifizierte Programm zusammen mit den angegebenen Parametern auf Betriebssystemebene aufruft. Diese Lösung

Zunächst soll erläutert werden, warum es didaktisch sinnvoll ist, visualisierende Verfahren in der Grundausbildung für Informatiker einzusetzen. Sie spielen deshalb eine so wichtige Rolle, weil sie ausgehend von einem gegebenen Algorithmus dessen Ablauf an konkreten Beispielen exemplifizieren können. Anders als bei Filmen, die zusammengesetzt sind aus Einzelbildern, die mit einer vorgegebenen Bildrate abgespielt werden, wird über die graphischen Modellierung der zu transformierenden Datenstrukturen sowie die zeitliche Veränderung eine flexiblere Nutzung (beispielsweise die schrittweise Aktivierung einzelner Programmschritte) ermöglicht. Damit werden mentale Konstruktionen, die der Lerner sonst anhand verbaler Beschreibung oder mit Hilfe einzelner Abbildungen eines Lehrbuchs weitgehend abstrakt durchzuführen hat, konkretisierend und exemplifizierend erleichtert. Allgemein helfen Visualisierungen, die Vermittlung von Wissen zu beschleunigen, weil bildliche Signale und Informationen schneller als Text und Audio sowie parallel verarbeitet werden können. Simulationen erweitern das Konzept von Animationen, indem sie zusätzlich die Parametrisierung visualisierter Verfahren ermöglichen, so etwa die Auswahl eigener Zahlen für einen Sortieralgorithmus, oder das Setzen von Knoten oder Kanten in einem geometrischen Algorithmus wie etwa der Delauney-Triangulation[81]. Geometrische Algorithmen sind deshalb besonders geeignet, visualisiert zu werden, weil die hier verwendeten Datenstrukturen geometrische Objekte beschreiben (beispielsweise Pfade im zweidimensionalen Raum, Topologien und andere), so dass die Wahl geeigneter graphischer Repräsentanten sich gewissermaßen intuitiv ergibt. Speziell für das Gebiet Algorithmen und Datenstrukturen existieren nicht nur einzelne Beispiele animierter Verfahren, sondern Programmbibliotheken (etwa CGAL [Ov96] oder LEDA [MeN95]), welche es erlauben, mit geringem Aufwand ganze Klassen von Algorithmen zu visualisieren.

---

wurde für die Animationen und Simulationen gewählt und lässt sich auf beliebige ausführbare Programme übertragen.

81 Der Übergang zwischen Animationen und Simulationen erscheint fließend und hängt davon ab, wie man Interaktion definiert. [HaD98] verwenden den Begriff Animation generell für die Visualisierung algorithmischer Verfahren und unterscheiden sieben Abstufungen hinsichtlich der Interaktion, die vom reinen Ablauf des Verfahrens (etwa wenn das System als Ausgabe einen Film generiert) über die Steuerung der Ablaufgeschwindigkeit, der Parametrisierung der Eingabedaten vor beziehungsweise deren Veränderung während des Ablaufs des Verfahrens reichen.

Die Visualisierung abstrakter Vorgänge ähnelt vielfach der Produktion eines Films mit dem Unterschied, dass die vorkommenden Charaktere hier Datenstrukturen (für die Themen im Grundstudium Informatik sind dies etwa Listen, Stapel oder Bäume) sind und das Drehbuch durch den Programmtext in Pseudocode, also abstrahiert von einer programmiersprachlichen Implementierung, determiniert wird. Die in Zusammenhang mit den zu visualisierenden Datenstrukturen relevanten Operationen im Programmtext müssen in Einzelschritten graphisch umgesetzt werden. Dabei kann zwischen einzelnen Schritten interpoliert werden, um fließende Übergänge zu erreichen. Häufig werden hierzu Keyframe-Animationstechniken angewendet, so dass die Visualisierung zwischen vom Animator definierten Zuständen oder Frames interpoliert. Um diese Übergänge dynamisch erscheinen zu lassen, wenden manche Systeme Pfad-Transitions-Mechanismen an [St90], die es erlauben, neben geometrischen Operationen (Rotation, Translation, Skalierung) auch andere Modalitäten (Farbwerte, Helligkeit, Sättigung, Audio) zu nutzen und insbesondere Übergänge zwischen einzelnen Zuständen als zeitabhängige Pfade zu definieren. Hierbei ist vom Designer zu beachten, dass modale Änderungen primär dazu dienen sollten, den Nutzer auf eine wichtige Veränderung im Algorithmus hinzuweisen. Nicht-motivierte graphische Ereignisse zerstreuen dagegen die Aufmerksamkeit. Schließlich sollten Menge und Komplexität der graphischen Objekte beschränkt sein, so dass das Abstraktionsniveau direkt mit der Komplexität des dargestellten Verfahrens korreliert.

Animations-Bibliotheken wie XTango [St92], Polka [St95] oder Zeus [Br92] erleichtern die Visualisierung von Algorithmen, indem spezifische Stellen des Programmtextes als interessante Ereignisse [BrSe85] und damit als Auslöser für die sequenzielle Ausgabe geeigneter graphischer Objekte markiert werden können, zusätzlich werden Routinen zur Synchronisation von Programmablauf und graphischer Umsetzung bereitgestellt[82]. Nach dem Prinzip der interessanten Ereignisse von Brown werden der Ablauf des Algorithmus und dessen Visualisierung nicht voneinander getrennt, wenn die Routinen zur graphischen Repräsentation direkt im Quellcode ergänzt werden und dieser somit bei jeder Änderung der Visualisierung neu übersetzt werden muss. Eine Alternative hierzu besteht darin, in den Programmtext Methodenaufrufe zu integrieren, welche von einer konkreten Visualisierung abstrahieren, die dann außerhalb des Algo-

---

[82] Implizit wird hier angenommen, dass es sich um sequenziell ablaufende Programme handelt. Bei parallelen Algorithmen kommt die Frage nach der Sequentialisierung der parallel ausgeführten Programmschritte in einer kohärenten Visualisierung hinzu, andererseits sollte auch ersichtlich sein, welche Ausführungsschritte parallel ablaufen.

rithmus spezifiziert wird. Hier ist es zweckmäßig, zwischen Objekteigenschaften (also die die Datenstruktur spezifizierenden Parameter) und Objektattributen (also die zu deren Visualisierung gewählten Parameter) zu unterscheiden [Hi98], wobei letztere erst außerhalb des Algorithmus festgelegt werden.

Wenn der Quelltext an interessanten Ereignissen durch Methodenaufrufe ergänzt wird, spricht man von prozeduraler Annotation. Diese Methoden legen fest, welche graphische Aktion aufgrund der Veränderung im Algorithmus auszuführen ist. Dagegen bezeichnet deklarative Annotation die Weitergabe von Daten oder Datenstrukturen an eine (externe) Komponente, welche für die Visualisierung verantwortlich ist, so dass eine Änderung der Variableninhalte sich direkt auf die Visualisierung des Verfahrens auswirkt. Dies kann sogar ganz ohne Kenntnis des Quelltextes erreicht werden, wenn die visualisierende Komponente die Möglichkeit hat, aufgrund des genutzten Laufzeitsystems während des Ablaufs des Verfahrens die Änderung relevanter Variablenwerte zu bemerken. Diese bestimmen jedoch nur implizit die einzelnen Arbeitsschritte eines Verfahrens, so dass für die Visualisierungskomponente zusätzliche Zustandsvariablen eingeführt werden müssen, die die Transition zwischen interessanten Ereignissen abbilden können. Insgesamt erlaubt also das Konzept der deklarativen Annotation eine weitgehende Entkoppelung von Algorithmus und Animation.

Eine andere Beschränkung zeigt sich durch die vorgegebene Menge der in einer Animationsbibliothek vorgegebenen graphischen Primitive, welche es erst durch geeignete Komposition erlauben, komplexe Datenobjekte geeignet zu modellieren, so dass Visualisierungen, welche sich nicht auf die Manipulation der vom System vorgegebenen geometrischen Objekte beschränken, meist nur unter erheblichem Aufwand zu realisieren sind[83]. Die Systeme, welche nach diesem Paradigma implementiert sind, gehen von einer Trennung zwischen Fachexperten (also Informatiker oder Mathematiker) und Visualisierer aus, wobei die visuelle Umsetzung vereinfacht wird durch Auswahlmöglichkeiten aus einer graphi-

---

[83] Je primitiver die graphischen Ausdrucksmöglichkeiten sind, desto mehr Objekte mit jeweils wenigen Attributen benötigt man für eine problemangepaßte Visualisierung. Für Animationssysteme, welche eine möglichst große Menge verschiedener Verfahren visualisieren sollen, handelt es sich meist um geometrische Grundobjekte oder gar einzelne Pixel. Systeme, welche sich für die Visualisierung einer spezifischen Klasse domänenspezifischer Verfahren (beispielsweise heuristische Suche) eignen, stellen dem Visualisierer Objekte zur Verfügung, die eine Modellierung nahe am Problembereich ermöglicht, hier ist die Zahl der zu manipulierenden geometrischen Objekte vergleichsweise klein und die Anzahl der Attribute eher groß.

schen Bibliothek. Gegenüber diesen prozeduralen Animationsbibliotheken haben objektorientierte Animationsbibliotheken den Vorteil, dass hier die Entwicklung eigener graphischer Mechanismen zur Visualisierung durch Verfeinerung existierender (abstrakter) Klassen vereinfacht ist [Mü00]. Die Darstellung komplexer Datenstrukturen sowie deren Verhalten wird jedoch nicht erleichtert, wenn lediglich auf einfache graphische Primitive zurückgegriffen werden kann.

Ein weiteres Problem ist grundsätzlicherer Art: Bibliotheken, welche die Visualisierung ausführbarer Programme erlauben, bilden die zeitliche Veränderung der Daten einer konkreten Implementierung ab, nicht aber den ihr zugrundeliegenden Algorithmus, so dass die markierten Ereignisse sich primär auf Veränderungen einer konkreten Datenstruktur beziehen. Damit kann der Nutzer nicht zwischen unterschiedlichen Abstraktionsniveaus wählen, um beispielsweise für ihn unwichtige Details ausblenden. Ob Animationen daher generell zur Verbesserung des Verständnisses algorithmischer Abläufe beitragen, ist umstritten [KST00]; allerdings scheint es für den Erwerb algorithmischen Wissens von Vorteil zu sein, wenn Lernende selbst gegebene Algorithmen visualisieren[84] [St96].

Animationsbibliotheken werden vor allem verwendet, um eingeführte Klassen grundlegender Verfahren, wie beispielsweise Sortieralgorithmen, die sich in der Art der Operationen (z. B. Auswahl und Vertauschung von Zahlen) ähneln oder bekannte abstrakte Datentypen (z. B. Listen, Stapel, Bäume) genutzt werden. Da dies für die Mehrzahl der animierten Verfahren für das hier besprochene multimediale Lehrbuch zutraf, fiel die Wahl auf das oben erwähnte XTango-System, mit dem es aufgrund voriger Erfahrung vergleichsweise einfach war, die vorlesungsbegleitenden Animationen zu generieren. Komplexere Verfahren wurden mit Hilfe anderer Systeme animiert und als Film integriert.

In diesem Abschnitt wurden bisher die Möglichkeiten zur Generierung von Algorithmenanimationen diskutiert. Im folgenden sollen nun mögliche Einsatzszenarien aufgezeigt werden. Hierbei wird das Online-Szenario, also die Nutzung im Rahmen einer Live-Präsentation unterschieden vom Wiedergabemodus, welcher für die Wiedergabe von im Note-Taking-Verfahren

---

[84] Dies leuchtet unmittelbar ein, wenn man davon ausgeht, dass problemorientiertes, aktivierendes Lernen generell förderlich für die Anwendbarkeit erworbenen Wissens ist. Wenn Studierende selbst Algorithmen visualisieren, ist das Verständnis des Verfahrens Grundvoraussetzung dafür, um sinnvolle graphische Visualisierungen für gegebene Ereignisse eines Algorithmus finden zu können.

aufgezeichneter Vorträge relevant ist, und schließlich im Kontext von Lernumgebungen sowie multimedialen Lernmedien das Offline-Szenario:

- Für das **Online-Szenario** muss die Animation zusammen mit den Aktionen auf dem Whiteboard sowie dem Audio- und optional dem Videostrom des Dozenten synchron am Empfangsort wiedergegeben werden. Hier besteht die Möglichkeit, entweder alle externen Applikationen an allen Übertragungsorten zu installieren, oder aber nur die Visualisierung des animierten Algorithmus zu übertragen. Das erste Szenario hat den Vorteil, dass nur Start- und Stop-Kommandos übertragen werden müssen, die externe Anwendung läuft dann aber nicht synchronisiert zur Anwendung am Ursprungsort ab, so dass die Erklärungen des Dozenten mit der Visualisierung des Verfahrens möglicherweise nicht Schritt halten. Dies hängt wesentlich von der Auslastung des Zielrechners sowie dessen Hardware-Ausstattung ab. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die genutzte Animation auf allen Plattformen, auf die übertragen wird, ablaufbar sein muss. Schließlich sind damit auch keine schrittweisen Ausführungen algorithmischer Verfahren möglich, weil die dazu notwendige Steuerung applikationsintern abläuft und daher zwischen Sender und Empfänger nicht synchronisiert werden kann. Im zweiten Szenario wird das Netzwerk durch die kontinuierliche Übertragung der graphischen Zeichenoperationen (beispielsweise bei Export des Displays beim X-Window-System) wesentlich belastet, so dass dies die Synchronisierung der einzelnen Datenströme und damit die Übertragung insgesamt beeinträchtigen kann. Um dies zu kompensieren, wäre im Fall externer Applikationen der Dozent bei Beeinträchtigung der Ablaufgeschwindigkeit an den Übertragungsorten geeignet zu informieren, um ggf. sein Sprechtempo anzupassen; dies bedeutet jedoch eine höhere kognitive Belastung. Wenn man schließlich Visualisierung und Algorithmus trennt, so würde es genügen, Ereignisse zu senden, welche am Übertragungsort eine entsprechende graphische Aktion auslösen. Dazu bedarf es einer Synchronisation zwischen den Instanzen der externen Applikationen. Für das Wiedergabe- und Offline-Szenario eignet sich diese Lösung jedoch nicht, weil dies bedeuten würde, dass auf jedem Rechner, der die Animationen abspielt, ein ebensolches Client-Server-System installiert sein müsste [Mü01].
- Für die **Wiedergabe** müssen die vom Dozenten generierten Datenströme synchronisiert wiedergegeben werden, um den Live-Charakter der aufgezeichneten Vorlesung zu erhalten; dies ermöglicht eine spezielle Software, welche die nach dem AOF-Verfahren symbolisch aufgezeichneten Aktionen mit dem Audiostrom synchronisiert wiedergeben kann [MüOt00]. Zusätzlich zur internen Steuerung ist es möglich, den Ablauf der Wiedergabe extern zu steuern; im Fall des multimedialen Lehrbuchs erfolgt dies über die manuell ermittelten thematischen Wechsel, denen je ein Startpunkt auf der Übersichtsseite zu jedem der Vorträge zu den Kapiteln des multimedialen

Lehrbuchs entspricht. Um eine breite Nutzung zu ermöglichen, ist hier eine plattformunabhängige Nutzung der Animationen wünschenswert.

- Das **Offline-Szenario** dient dazu, den Lernenden die vortragsunabhängige Nutzung der dort genutzten Applikationen zu ermöglichen. Zusätzlich wurden für das multimediale Lehrbuch weitere Animationen sowie einige Simulationen integriert, die das Verständnis des Materials erleichtern sollen. Die vortragsunabhängige Nutzung hat den Vorteil, die Ablaufgeschwindigkeit ganz den eigenen Bedürfnissen anpassen zu können. Die so integrierten Applikationen sind an inhaltlich sinnvoller Stelle ebenfalls über die Übersichtsseiten der Vorträge sowie in einem eigenen Verzeichnis aller genutzten externen Applikationen abrufbar. Auch hier ist es wünschenswert, die Animationen betriebssystemunabhängig nutzen zu können. Parallel zu der Integration in das multimediale Lehrbuch wurden die dort genutzten Animationen mit anderen nach dem gleichen Verfahren visualisierten Algorithmen in eine kommentierte Sammlung verschiedener Verfahren aus dem Gebiet Algorithmen und Datenstrukturen integriert, welche über konventionelle WWW-Server per Export des Displays – und damit beschränkt auf das X-Window-System – genutzt werden können.

Weil die Animationen und Simulationen mit Hilfe des XTango-Animationssystems erstellt wurden, sind sie nur auf Rechnern mit X-Window-System lauffähig. Für das Wiedergabe-Szenario ist die Ablaufgeschwindigkeit ohnehin nicht synchron zum ursprünglichen Ablauf bei der Aufnahme. Somit ergibt sich bei der Umwandlung der Animationen in QuickTime- oder MPEG-Filme kein nennenswerter qualitativer Verlust[85]. Dadurch sind die animierten Algorithmen auch unter den Betriebssystemen Windows und MacOS nutzbar, wobei für das Offline-Szenario sich die Interaktionsmöglichkeit auf die einem Video-Recorder ähnlichen Kommandos des abspielenden Viewers beschränken. Für die Simulationen, deren Merkmal es ja ist, mit dem Programmablauf durch geeignete Wahl interagieren zu können, ist eine Konvertierung in einen nur begrenzt steuerbaren Film jedoch keine Alternative. Die komplette Neuentwicklung der Animationen ohne Unterstützung durch eine dedizierte Programmbibliothek oder aber die Portierung des Codes auf Java wäre zwar theoretisch denkbar gewesen, damit wäre das Ziel der ressourcensparenden Entwicklung durch die

---

[85] Die Abspielgeschwindigkeit hängt wesentlich von der vom Video-Player gewählten Abspiel-Strategie ab – beispielsweise so rasch wie möglich oder auch mit konstanter Geschwindigkeit –, so dass es im allgemeinen nicht gelingt, die Bildrate exakt der Abspielgeschwindigkeit bei der Aufnahme anzupassen.

maximale Wiederverwendung passender Komponenten beziehungsweise die Anpassung existierender Animationen jedoch verfehlt worden.

Es ist wünschenswert, die in das multimediale Buch integrierten Animationen auch unabhängig davon in Online-Umgebungen bereitzustellen. Hierbei stellt sich – wie auch beim oben geschilderten Online-Szenario – die Frage nach der Verteilung von Algorithmus und Visualisierung. Dabei unterscheidet man drei Szenarien [Hi99]:

- Der Algorithmus und die Visualisierung laufen auf dem gleichen Rechnersystem, dem Server; die graphische Ausgabe wird an den anfordernden Client übertragen. Dieses Modell ist im hier genutzten XTango-System implementiert. Für Animationen, bei denen Ablauf des Algorithmus und dessen Visualisierung durch das Laufzeitsystem eingeschränkt sind sowie nicht oder nur schlecht getrennt werden können, gibt es dazu keine Alternative.
- Der übersetzte Code des Algorithmus wird an den Client übertragen und dort ausgeführt oder interpretiert sowie visualisiert. Dies ist der Fall bei plattformunabhängig in Java implementierten Verfahren (Applets), wobei die graphische Umsetzung im Fenster des WWW-Browsers eingebettet abläuft. Bei komplexen Verfahren oder Visualisierungen wird der Client-Rechner erheblich belastet. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere für Simulationen, bei denen Nutzer mit den animierten Verfahren interagieren (etwa die Änderung geometrischer Parameter zur Laufzeit).
- Zwischen dem Ablauf des Algorithmus und seiner Visualisierung zu trennen bietet sich dann an, wenn das zu animierende Verfahren komplexe Datenstrukturen manipuliert, diese aber abstrahiert beim Client dargestellt werden. Dies ist speziell für hochgradig parallele Algorithmen, welche auf Mehrprozessorsystemen ausgeführt werden, geeignet, wobei die für die Visualisierungskomponente relevanten Daten gebündelt oder sequenzialisiert über die Schnittstelle zum Client übertragen werden müssen. Ein anderer Anwendungsfall sind betriebssystemspezifische Anwendungen, für die die Visualisierung aber plattformübergreifend zu realisieren ist. Damit lassen sich aber auch leichter unterschiedliche Sichten auf einen Algorithmus realisieren, etwa um das Abstraktionsniveau den persönlichen Bedürfnissen anzupassen.

3.3.6 Integration plattformabhängiger und plattformunabhängiger Komponenten

Wie in Abschnitt 3.3.2 erwähnt, wurden die betriebssystemabhängigen Komponenten (Programme, Skripte) nicht zusammen mit den auf den mit dem gedruckten Buch ausgelieferten Datenträgern enthaltenen Komponenten (Texte, Graphik, Video, Audio, Daten für die aufgezeichneten Vorträge) ausgeliefert. Um die Software nutzen zu können, mussten also Daten und Programme

verknüpft werden, hier unterscheiden sich die für UNIX-Derivate (inklusive Linux) notwendigen Routinen erheblich von den für Windows und MacOS notwendigen Installationsdateien. Insbesondere musste hinsichtlich der Animationen aufgrund des Betriebssystems für eine gegebene Verknüpfung differenziert werden, ob das XTango-Programm zu starten war oder der entsprechende QuickTime-Film. Da jede Animation ein individuell ausführbares (nicht interpretiertes) C-Programm darstellt, die nur für die UNIX-Pakete inkludiert sind, ergeben sich wesentlich höhere Archivgrößen (zwischen 10 und 24 MB) als für Windows (etwa 1.5 MB). Für die Filme im MPEG-Format erwies sich im praktischen Umgang als nachteilig, dass diese bei den UNIX-Paketen die Installation eines spezifischen MPEG-Players erforderten, die einigen Nutzern Schwierigkeiten bereitete. Hier wäre es von Vorteil gewesen, die entsprechenden Aufrufe bei der Installation abhängig von verfügbaren Playern anpassen zu können[86], dies hätte aber die Installation kompliziert. Hinsichtlich der Animationen besteht das viel grundsätzlichere Problem, dass diese für eine bestimmte Betriebssystemversion kompiliert wurden und somit unflexibel hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen sind, zumal es sich um wiederverwendete Programme handelt, die zwar zur Zeit der Produktion im Quelltext vorlagen. Andererseits jedoch wäre es für den Anwender zu aufwändig gewesen, aus den möglicherweise mitgelieferten Programmcodes erst selbst ein ausführbares Programm für die eigene Konfiguration zu kompilieren.

3.4 Langfristige Wiederverwendbarkeit

Ein eingangs erwähnter Grund dafür, dass für die Entwicklung keine geschlossene Autorenumgebung gewählt wurde, bestand darin, dass man einzelne Komponenten des multimedialen Lehrbuchs auch in anderen Kontexten unter minimalem Aufwand wiederverwenden wollte. Ein anderer zu bedenkender Aspekt ist, inwieweit die Konfiguration des Datenbestandes flexibel genug ist, um für eine Neuauflage geeignet angepasst werden zu können.

Wesentlich als Inhaltsträger sowie zur Navigation sind die textuellen Dokumente, die im PDF-Format ausgeliefert wurden. Parallel dazu wurden die

---

[86] Da der benötigte MPEG-Player mpeg2play zwar kostenfrei verfügbar ist, allerdings nur zum persönlichen Gebrauch, ist unklar, ob man ihn (wie etwa den Adobe Acrobat Reader) als Drittanbieter vertreiben darf, auch wenn dies nicht auf dem mitgelieferten Datenträger, sondern einem ergänzenden Software-Archiv wäre. Es besteht hier eher das grundsätzlichere Problem der heterogenen Konfigurationen der jeweiligen Plattformen, die man für ein unter verschiedenen Betriebssystemen lauffähiges Produkt nicht voraussehen kann.

LaTeX-Dateien der Autoren zusammen mit den Stylesheets des Verlags in einem gesonderten Archiv abgespeichert, da für jede Neuauflage die Autorendateien zu modifizieren und anschließend in das Zielformat PDF zu konvertieren sind. Sofern strukturelle Auszeichnungen auch bei einer Überarbeitung verwendet werden, kann man unter Zuhilfenahme eines Makropakets wie `hyperref` strukturelle und logische Querverweise automatisch in das hier gewählte Zielformat umsetzen. Damit erspart man sich zumindest für die Buchkapitel erhebliche Mehrarbeit. Eine andere Frage betrifft die Einbindung anderer Materialien wie in diesem Fall Vortragsaufzeichnungen, Videos oder Animationen. Um die dafür notwendigen Verweise automatisch umzusetzen, sollte schon während der Planungsphase festgelegt werden, welche Komponenten geeignet sind und welche Navigationsmöglichkeiten dem Nutzer bereitgestellt werden sollen. Dies sind aber zwei unterschiedliche Aufgaben, die eine betrifft den Autor, die andere den Designer. Folglich wäre es sinnvoller, dies trennen zu können, indem man zunächst alle Materialien integriert und anschließend softwareunterstützt eine Hypermedia-Struktur über den selegierten Komponenten bildet, wobei die Querverweise zusammen mit den Autorenformaten abgespeichert werden, um diese mit den einzelnen atomaren Komponenten (Text oder Graphik) assoziieren zu können. Es ist jedoch kein Software-Werkzeug bekannt, welches dieses für das gewählte Autorenformat oder gar für beliebige Formate leistet. Damit kommt auf den Autor oder den Herausgeber die Aufgabe zu, Dokumenten- und Navigationsstruktur festzulegen und diese in den Quelldateien entsprechend umzusetzen. Nur so kann gewährleistet werden, dass Objekte nicht auf der Layout-Ebene (also hinsichtlich der Seite und der geometrischen Position) miteinander assoziiert werden, wie dies bei der Nachbearbeitung für die aktuelle Version der Fall war.

Die aufgezeichneten Vorträge sind nur schwer zu fragmentieren und in einzelnen Ausschnitten in anderem Kontext zu nutzen. Dies liegt natürlich daran, dass ein Vortrag eine in sich abgeschlossene thematische Einheit darstellt mit geeigneten Überleitungen zwischen den durch die Gliederung vorgegebenen Punkten, trotzdem wäre es nützlich, wenn bei einer Überarbeitung eine durch technische oder forschungsbezogene neue Erkenntnisse motivierte Segmente hinzugefügt werden sollten. Gerade dies ist jedoch mit den verfügbaren Werkzeugen nicht möglich, zwar kann man mit einem Editor [Ma96] Ereignisse löschen und verschieben, allerdings keine neuen Bestandteile hinzufügen. Ferner besteht das Problem, dass man gerne automatisch eine Gliederung einer Präsentation erstellen würde, wobei mehrere Teilschwierigkeiten auftauchen:

- Die ursprünglich aufgestellte Gliederung, wie sie auf einer der ersten Folien häufig angezeigt wird, ist häufig noch grobstrukturiert und wird erst im Laufe des Vortrags verfeinert;

- Die thematische Gliederung geht nicht einher mit Folienwechseln, bisweilen behandeln mehrere Folien ein geschlossenes Thema, andererseits kann auch ein Themawechsel innerhalb einer Folie stattfinden oder der Dozent entscheidet sich für spontane Einschübe.

Eine Möglichkeit wäre, über eine Erweiterung des genutzten Whiteboards mittels Texterkennung jeweils die erste Zeile einer Folie schon während der Vorbereitung für die Aufzeichnung als möglichen thematischen Punkt zu interpretieren und den Vortragenden über ein graphisches Werkzeug diese automatisch erstellte Zusammenfassung strukturieren und korrigieren zu lassen. Zusätzlich könnten einzelne Einträge mit der jeweils passenden Folie sowie eventuell benutzten externen Applikationen verknüpft werden. Während des Vortrages könnte das System aufgrund der Folienwechsel dann automatisch eine Restrukturierung vornehmen (so zum Beispiel dann, wenn sich die Reihenfolge ändert oder einzelne Folien ausgelassen werden). Schließlich hätte der Vortragende direkt nach dem Vortrag die Aufgabe, die Strukturierung nochmals zu überarbeiten. Dies würde allerdings nur Verknüpfungen mit Folienwechseln zulassen, nicht aber mit spezifischen zeitlichen Ereignissen zwischen zwei Folienwechseln. Diese Struktur könnte dann als XML-Dokument abgelegt werden, woraus sich eine automatische Übersicht im Autorenformat für die spätere Online-Version leicht generieren ließe. Für jeden angegebenen Themawechsel ließe sich dann eine mögliche von der logischen Ebene abhängige Fragmentierung als Zeitstempel anbringen. Hierbei sollte ein Segment nicht automatisch parallel zum gesamten Vortrag herausgelöst werden sollte, weil eventuell notwendige kontextuelle Information außerhalb der ermittelten Segmentgrenzen liegen könnte. Eine andere Möglichkeit wäre, den Vortragenden selbst während der Präsentation explizit Markierungspunkte setzen zu lassen, welche sich dann als Segmentgrenzen eignen könnten[87].

Sowohl bei der Konvertierung des Lehrbuchs als auch bei der Neuerstellung des multimedialen Buchs wurde beschlossen, alle Verweise als PDF-Objekte in die textuellen Komponenten einzubetten. Hier stellt sich die Frage, inwieweit die endogenen Verweise auf andere Komponenten der Publikation für die Wiederverwendbarkeit in anderen Kontexten hinderlich ist. Da diese Verweise als Objekte fest eingebettet sind und nicht erst zur Laufzeit erzeugt werden, müssen sie nämlich vor der Wiederverwendung gelöscht werden, da sie in

---

[87] Ein solches Vorgehen bleibt natürlich problematisch, da zum Verständnis eines einzelnen Segments eines Vortrags möglicherweise Vorwissen notwendig ist, welches in einem anderen Abschnitt einleitend erwähnt wurde. Dies müßte dann vom Vortragenden im Falle der Wiederverwendung geeignet ergänzt werden.

anderem Kontext nicht aufgelöst werden können. Unabhängig vom Erstellungsprozess setzt dies aber für das gewählte Nutzerformat PDF voraus, dass man über die dazu notwendigen proprietären Werkzeuge verfügt, um entsprechende eingebettete Verweise oder Lesezeichen konsistent löschen zu können. Es geht also um die Herauslösung kontextunabhängig zu nutzender Informationseinheiten aus einer hypermedialen Publikation, und es wird – um die Diskussion um urheberrechtliche Aspekte zu vermeiden – vorausgesetzt, dass dies in Absprache mit den Autoren und Produzenten geschieht.

Für die weitere Diskussion wird unterschieden zwischen direkten (Texte, Graphiken, Animationen oder Filme) sowie indirekten Informationsträgern[88] (Anker, Verweise, Lesezeichen, Annotationen[89]). Letztere lassen sich charakterisieren als Daten, welche erst durch den Bezug auf andere Objekte als Information erfasst werden können. Für eine gegebene hypermediale Publikation mit n unterscheidbaren direkten Informationsträgern kann also jede Teilmenge aus $k < n$ Komponenten nur dann herausgelöst werden, wenn die Menge der darin eingebetteten indirekten Informationsträger auch im neuen Kontext vom Nutzersystem aufgelöst werden können. Für in Offline-Szenarien zu nutzende Komponenten gilt verschärfend das Kriterium der *semantischen Abgeschlossenheit*. Es besagt, dass alle indirekten Informationsträger sich auf Bestandteile der k herauszulösenden Komponenten beziehen müssen, dies heißt insbesondere, dass alle exogenen Verweise zu löschen sind[90] oder dass die Menge der direkten Informationsträger solange vergrößert wird, bis kein indirekter Informationsträger mehr auf einen der nicht herausgelösten $n - k$

---

88 Weil angenommen wird, dass jedes Objekt einer digitalen Publikation Information vermittelt – ein typisierter Verweis etwa referenziert nicht nur eine Komponente, sondern bettet für den Nutzer über seine Parameter implizit oder explizit zusätzliche relevante Angaben ein –, wurde hier bewusst der Begriff Informationsträger gewählt.

89 Annotationen können je nach Sichtweise direkte oder indirekte Informationsträger sein: Sie beziehen sich immer auf einen anderen Informationsträger (etwa ein Zitat auf eine Literaturangabe oder ein Kommentar auf eine Textstelle), können andererseits aber auch (beispielsweise als Graphiken oder Texte) eigene Information. Die technische Realisierung als Unterscheidungskriterium hilft hier nicht zur Klärung, da Annotationen sowohl eingebettet als auch als eigenständige Hypermedia-Objekte realisiert werden können.

90 Die Differenzierung nach endogenen und exogenen Verweisen ist also abhängig vom Nutzungskontext zu sehen. Wenn man beispielsweise einen der aufgezeichneten Vorträge gesondert herauslösen will, so wird der Hyperlink auf das Lehrbuchkapitel zum exogenen Verweis.

Komponenten verweist. Hier ist erforderlich, jeden indirekten Informationsträger dahingehend zu überprüfen, ob seine Inklusion die Regel der semantischen Abgeschlossenheit nicht verletzt. Da in einer offenen Entwicklungsumgebung mit heterogenen Werkzeugen die einzelnen Informationsobjekte nicht geschlossen verwaltet werden, ist dies ohne zusätzlichen Implementierungsaufwand nur manuell möglich. Eine Alternative dazu wäre, indirekte und direkte Informationsobjekte getrennt voneinander zu verwalten als Umsetzung des Dexter Hypertext Reference Model (für statische Medien) [HaS94] oder dessen Erweiterung für zeitabhängige Medien, dem Amsterdam Hypermedia Model [HBR94], wie dies manche Hypermedia-Systeme in einer Mehrschichten-Architektur (z. B. HyperWave [Mau96]) implementieren: ein Within-Component-Layer ist verantwortlich für die Speicherung der internen Struktur der Objekte, also der direkten Informationsobjekte, welche korrespondieren mit abstrakten Objekten, die über indirekte Informationsobjekte in einem Netzwerk aus Knoten und Kanten in einem Storage Layer verwaltet werden. Schließlich ist ein Run-Time Layer verantwortlich, die Graphstruktur des Storage Layers im Nutzersystem so abzubilden, dass der Zugriff auf direkte Informationsobjeke ermöglicht wird. Über geeignete Präsentationsspezifikationen können zahlreiche Navigationshilfen automatisch erzeugt werden, beispielsweise über Graph- oder Inklusionsdiagramme, Hierarchiestrukturen oder Suchfunktionen. Ein offenes Hypermedia-System dieser Art bietet für den Nutzer folgende Vorteile:

- **Erweiterbarkeit**: Wenn auf der Ebene der elementaren Dokumente (Within-Component-Layer) eine verteilte physische Speicherung möglich ist, so kann der durch eine multimediale Publikation vorgegebene Objektgraph durch eigene Objekte (dies können etwa Annotationen und thematisch relevante Dokumente sein) beliebig erweitert werden, so dass das auf CD-ROM gespeicherte Lernmedium personalisiert werden kann. Insbesondere erlaubt die getrennte Speicherung direkter und indirekter Informationsobjekte die Erweiterung bestehender Dokumente durch Markierungen, Anker und Verweise, ohne diese zu modifizieren. Man kann sich die Interaktionsfläche ähnlich einer transparenten Scheibe vorstellen, welche über eine aktuelle Seite des betrachteten Dokuments gelegt ist.
- **Visualisierung von Objektstrukturen**: Viele Hypermedia-Systeme bieten die Möglichkeit automatischer Sichten auf den Objektbestand, so dass man außer den strukturell umgesetzten Verweisen (und möglicherweise als Alternative zu Lesezeichen) Teilgraphen automatisch visualisieren kann, um die Orientierung im Dokumentenbestand zu erleichtern. Um die Effizienz zu verbessern, wäre es hier angebracht, nicht nur die strukturellen, sondern auch die semantischen Beziehungen zwischen einzelnen Informationsobjekten geeignet graphisch darstellen zu können.

- **Benutzermodell**: Integriert das Hypermedia-System eine Nutzerverwaltung, so lässt sich ein einfaches Nutzermodell realisieren, indem man etwa zwischen Anfängern, Fortgeschrittenen und Experten unterscheidet. Abhängig davon ließen sich etwa auch nutzer- oder gruppenabhängig unterschiedliche Graphstrukturen auf dem gleichen Dokumentenbestand definieren.
- **Individuelle Nutzerpfade**: Navigation durch Pfade ließe sich bei einer Nutzerverwaltung ebenfalls realisieren, so dass abhängig vom gewählten Nutzertypus über den vorgegebenen Dokumentengraphen verschiedene vorgeschlagene Pfade (Guided Tours) definieren und individuell erweitern lassen.

Insgesamt eröffnen sich also viele Möglichkeiten hinsichtlich Flexibilität und Personalisierung des Lernmediums. Bei näherer Betrachtung fallen allerdings auch einige Nachteile auf:

- Es ist problematisch, fremde Software, auch wenn sie frei verfügbar ist, mitzuliefern. Bei der beschlossenen Trennung zwischen Programmen und Daten wäre zwar auf die bei der Entwicklung aktuelle Version des Hypermedia-Systems ein Verweis möglich gewesen, dessen Gültigkeit ist jedoch nicht zu garantieren, und man ist gebunden an die vom Hersteller oder Entwickler vorgegebenen Nutzungsplattformen. So erwies sich die Entscheidung gegen die Entwicklung auf Basis einer lokalen Datenbank des Systems Hyper-G, welches während der Projektlaufzeit im Rahmen einer Firmenausgründung kommerzialisiert wurde, als richtig, weil die ursprünglich vorgesehene Client-Software in der darauffolgenden Version zum einen keine lokalen Datenbanken mehr lesen konnte, zum anderen ihre Weiterentwicklung eingestellt wurde und sie damit auch nicht mehr allgemein verfügbar war.
- Sollen indirekte Informationsobjekte im Laufzeitsystem automatisch eingebettet werden können, so sind dazu für jeden Dokumententyp, in dem diese spezifizierbar und zu nutzen sein sollen, eigene (proprietäre) Viewer zu implementieren und mitzuliefern, weil man sonst hinsichtlich nicht vom System unterstützter Formate beschränkt ist, Zielanker von Verweisen auf ganze Fremddokumente zu erstellen, nicht jedoch von diesen auf Dokumente in intern unterstützten Formaten.
- Eigene Software müsste langfristig gepflegt werden, so dass der zusätzliche Aufwand erheblich wäre. Bei Fremdsystemen dieser Art, welche vorwiegend in Prototypen in Forschungsprojekten implementiert werden, ist die langfristige Nutzbarkeit ebenfalls nicht sicherzustellen, ebenso wenig der Export in nicht-proprietäre Daten- oder Dokumentstrukturen wie beispielsweise XML, um den Transfer zwischen unterschiedlichen Systemen zu erleichtern.
- Die Präsentationsschicht ist in einem offenen Hypermedia-System meistens vorgegeben und bestenfalls geringfügig parametrisierbar, teilweise werden

auch Eigenimplementierungen zur Verknüpfung mit tertiären Präsentationssystemen ermöglicht. Der Aufwand hierfür ist jedoch nur dann vertretbar, wenn diese Schnittstelle mehrfach wiederverwendet wird. Das Design eines multimedialen Lehrbuchs hängt jedoch wesentlich von der Problemdomäne und von der Komplexität der verwendeten Komponenten ab, so dass auch hiervon Abstand genommen wurde.

- Für die Nutzung in beliebigen Kontexten wäre es erforderlich, neben den eigentlichen direkten Informationseinheiten des Dokumentenspeichers die Objektstruktur in indirekte Informationseinheiten zu exportieren sowie das Layout, welches durch das Laufzeitsystem festgelegt wird, festzuschreiben, um nicht vom Hypermedia-System abhängig zu sein. Automatischen Dokumentenexport unterstützen allerdings diese Systeme nur rudimentär, so dass zur Zusammenstellung für den Nutzer meist erheblicher Mehraufwand erforderlich ist.

Insgesamt stellt man fest, dass Hypermedia-Systeme vor allem die Phase der Entwicklung unterstützen können durch Funktionen wie beispielsweise Versionenkontrolle, definierbare Arbeitsabläufe, Sammlung der zu verwendenden Komponenten sowie Strukturierung eines semantischen Netzes. Gerade bei multimedialen Produktionen, für die das Vorgehen während der Produktion stark vom jeweiligen Produkt abhängt und wenig formalisiert werden kann, eignen sich aber eher Kommunikationswerkzeuge zur informellen Kollaboration, die es auch erlauben, flexibler auf sich verändernde Randbedingungen einzugehen. Der resultierende Objektgraph kann zusammen mit den Komponenten im Falle einer Exportmöglichkeit nach XML in einer flachen Struktur unabhängig vom ursprünglichen Entwicklungssystem gespeichert und – sofern komplementär dazu diese Daten geeignet importiert und interpretiert werden können – auch wiederverwendet werden. Offen bleibt jedoch die Frage, wie aus dem gerichteten Graphen, welcher die direkten und indirekten Informationseinheiten modelliert, durch geeignete Transformation die Präsentation für den Nutzer generiert wird, zumal diese stark domänen- und produktabhängig ist. Eine geeignete Unterstützung im Kontext eines Hypermedia-Systems wäre beispielsweise die halbautomatische Generierung eines Glossars, indem der Autor bestimmte Begriffe mit passenden Erklärungen verknüpfen kann, das System aber automatisch alle anderen Vorkommnisse des Begriffs mit der gleichen Erklärung verknüpft. Ähnliche Begriffe könnten dann manuell mit existierenden Glossareinträgen verknüpft werden, eventuell mit Abstufungen (etwa Haupt- und Nebenbegriffe); gleichzeitig wäre es möglich, vor der Erstellung eines neuen Glossareintrags die Liste der existierenden Begriffe zu konsultieren. Eine andere Möglichkeit wäre es, Deskriptoren mit nichtindexierbaren Komponenten (beispielsweise Videoströme) zu assoziieren und diese nicht nur als mögliche Glossareinträge zu verwenden, sondern neben der Volltexterschließung eine Attributsuche zu ermöglichen.

3.5 Zusammenfassung

Eine digitale Bibliothek wird nur bei attraktiven Dienstleistungen und Inhalten genutzt werden. Da es illusorisch ist, den Bestand einer konventionellen wissenschaftlichen Bibliothek komplett zu digitalisieren, muss ein integrierter Zugriff auf heterogene Medien (Bücher, Mikrofilm oder elektronische Lehr- und Nachschlagewerke) realisiert werden. Allerdings reicht es nicht aus, die zugehörige Infrastruktur als reines Distributionsmedium zu sehen. Freilich sind es nicht zusätzliche Funktionen per se (Suchbarkeit, dynamische Komponenten, schneller Online-Zugriff), welche die Qualität eines elektronischen Mediums ausmachen, sondern vielmehr gezielt ausgesuchte Elemente, welche problemorientierte Interaktion fördern und multiple Perspektiven auf den Lernstoff ermöglichen.

Lernmedien werden – im Gegensatz zur klassischen Softwareentwicklung – nach wie vor weitgehend ohne grundsätzliche Systematik entwickelt. Dies lässt sich unterschiedlich begründen: es gibt große Unterschiede in der Konzeption und Realisierung je nach Problembereich, andererseits sind keine Werkzeuge analog den CASE-Tools bekannt, welche den gesamten Prozess von der Konzeption bis zum fertigen Produkt unterstützen, die für multimediale Produktentwicklung notwendigen heterogenen Werkzeuge sind nicht geeignet integrierbar, und schließlich sind viele Aspekte wie etwa das Design oder die Ergonomie des Produkts nicht zu formalisieren. Zwar existieren Methodologien für die Multimedia-Entwicklung, jedoch sind diese weitgehend theoretischen Konzepte nicht direkt anwendbar.

Grundsätzlich gibt es drei Möglichkeiten der Entwicklung multimedialer Lernmedien:

- **Implementierung mit Autorensystemen**: Sie bieten vielfältige Möglichkeiten der Modellierung, allerdings bedarf es einer aufwändigen Einarbeitungszeit, um die gebotenen Funktionen ideal ausnützen zu können. Die Einbindung beliebiger Komponenten ist jedoch nicht möglich, ebenso wenig die plattformübergreifende Nutzung der fertigen Produkte. Mehrbenutzerunterstützung, wie sie bei der Multimedia-Entwicklung notwendig wäre, ist nicht gegeben. Weil dem interdisziplinären Charakter hinsichtlich der Entwicklung nicht ausreichend Rechnung getragen werden kann, sind viele der mit Autorensystemen erstellten Produkten entweder nur mit großem Aufwand zu entwickeln oder didaktisch nicht gelungen und damit nicht lernförderlich.

- **Heterogene Entwicklungssysteme**: Einzelne Komponenten können weitgehend unabhängig voneinander entwickelt werden, die Integration kann durch Anreicherung der Dokumente mit hypermedialen Funktionen realisiert wer-

den. Dieser Weg wurde exemplarisch für den Fall eines multimedialen Lehrbuchs über Prinzipien des Algorithmenentwurfs gewählt, wobei im Vordergrund die konsistente und intuitive Nutzung des fertigen Produkts stand. sowie geringer Implementationsaufwand. Ohne softwaretechnische Unterstützung kollaborativer Prozesse ist der Nachbearbeitungsaufwand erheblich, führt aber zu innovativen Produkten.

- Die **Realisierung mit Hilfe einer offenen Hypermedia-Entwicklungsumgebung** bietet als Vorteil die einfache strukturelle und semantische Modellierung von direkten und indirekten Informationsobjekten, wobei allerdings die Umsetzung in das fertige Produkt nicht im Zentrum des Interesses steht. Speziell gibt es nur eingeschränkte Möglichkeiten, Design und Layout festzulegen, auch schränkt diese Art der Entwicklung die Wiederverwendbarkeit in anderen Kontexten ein: je spezieller das Modell, desto schwieriger ist es wiederzuverwenden. Umgekehrt sind zwar allgemeine Modelle mehrfach nutzbar, benötigen jedoch der Ergänzung, um den spezifischen Anforderungen nach Produkt und Domäne zu genügen. [Sü99] schlägt ein Rahmenmodell vor, das es erlaubt, auf unterschiedlicher Abstraktionsebene Struktur und Semantik für unterschiedliche Lernmedien XML-basiert zu definieren[91]. Bei unbefriedigenden Exportmöglichkeiten ist es erforderlich, das Produkt zusammen mit der Entwicklungs- oder einer damit korrespondierenden Nutzungsumgebung mitzuliefern, deren langfristige Wartbarkeit jedoch meist nicht gesichert ist. Hinsichtlich der langfristigen Wartbarkeit ergeben sich durch die datenbankgestützte Speicherung der Komponenten Vorteile für eine Überarbeitung, allerdings ist die Umsetzung in ein vom Anwender zu nutzendes Produkt problematisch und mit viel Handarbeit verbunden.

Es ist also zusammenfassend zu erkennen, dass der Entwicklungsaufwand für multimediale Produkte wegen der unterschiedlich zu berücksichtigenden Kriterien (zum Beispiel Struktur, Gestaltung oder Ergonomie) nicht wesentlich zu reduzieren ist, zumal je nach Produkt individuelle Anforderungen gestellt werden. Eine konsequente Trennung in Autorensicht, Speichersicht und

---

91 Für das Gebiet der Informatik wird dabei die LM^2L (Learning Material Markup Language) vorgeschlagen, bei der in Kombination mit XSL auch verschiedene Nutzersichten definierbar sind, allerdings wäre es dazu erforderlich, dass Autoren und Designer mit Werkzeugen arbeiten können, die es erlauben, sowohl Inhalte als auch verschiedene Sichten zu spezifizieren und dabei automatisch die mit der jeweiligen Grammatik konformen XML-Dokumente und XSL-Templates generieren.

Nutzersicht ist schon deshalb nicht durchzuhalten, weil Layout, Struktur und Funktionalität nicht streng voneinander getrennt werden können.

Einsparungspotenziale ergeben sich dann, wenn einzelne Komponenten wiederverwendet werden können. Dabei ist es nicht nur für den Autor schwierig, zu dekontextualisieren – je feingranulärer das Produkt, desto relevanter der Kontext zu anderen lernbezogenen Dokumenten –, sondern ebenfalls die Einbettung heterogener Fremdmodule in einen gemeinsamen durch Autor oder Dozent vorgegebenen Lernkontext. Dies ist ein vorwiegend intellektuell fordernder Prozess, hier können offene Lernumgebungen dem Dozenten helfen, sich auf die Zusammenstellung und Verknüpfung von Lernmaterialien im Hinblick auf eine konkrete Aus- oder Weiterbildungsmaßnahme zu konzentrieren. Relevanter als die technisch gelungene Umsetzung des zu vermittelnden Inhalts ist jedoch die Einbettung in einen pädagogischen Prozess, welcher nicht nur den Erwerb von Wissen fördert, sondern auch dessen Anwendung sowie Transferierbarkeit auf verwandte Kontexte. Hier ist primär die Motivation des Lernenden wichtig: kurzfristig lässt sie sich möglicherweise durch dynamische oder interaktive Medien steigern, längerfristig ist aber erforderlich, dass der Lernstoff als relevant und in der beruflichen oder privaten Praxis anwendbar erscheint. Animationen beispielsweise können einen abstrakten Vorgang veranschaulichen, der Lernende muss jedoch aus der konkreten Umsetzung das Verfahren verstehen können, um dieses praktisch auf analoge Situationen anwenden zu können. Schließlich ist eminent wichtig, dass das Medium dem Lernenden strukturelle Orientierung bietet, so dass er beispielsweise jederzeit weiß, welche Komponenten er schon bearbeitet hat und welche Teile er zur Erreichung eines bestimmten Lernziels sinnvollerweise auswählen sollte. Um zu überprüfen, ob ein Thema rudimentär verstanden wurde, können einfache Selbst-Tests integriert werden; sinnvoller ist es jedoch, Lernende über den gesamten Prozess der Bildungsmaßnahme aktiv zu beteiligen und beispielsweise bestimmte Informationen und Zusammenhänge mit eigenen Worten formulieren zu lassen im Sinne einer kontinuierlichen Evaluation. Didaktische Modelle, welche verschiedene Lernphasen geeignet miteinander kombinieren, wie beispielsweise im vorigen Kapitel vorgeschlagen, können hier die Lerneffizienz entscheidend verbessern.

4 Bereitstellung und Nachweis elektronischer Publikationen

Publikationen sind dauerhafte Produkte menschlicher Vorstellung, die der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden und deren Vertrieb oder Nutzung als physikalische oder digitale Medien mit verschiedenen Rechten verbunden sein können. Neben dem abstrakten Werk, das beispielsweise urheberrechtlich geschützt sein kann, unterscheidet man physikalische (atomare) Manifestationen abstrakter Werke (Bücher, Zeitschriften) und digital kodierte Formen, ferner auch Aufführungen, die zeitlich und räumlich beschränkt sind (etwa eine Autorenlesung). Letztere können wiederum in atomarer oder digitaler Form (beispielsweise in Form einer Aufnahme oder Niederschrift) genutzt werden. Neben unterschiedlichen Manifestationen (abstrakt, physisch, digital oder zeitlich-räumlich) unterscheidet man auch Ableitungen, also zum einen Komponentenbeziehungen, zum anderen unterschiedliche Versionen einer Publikation. Beschränkten sich die in konventionellen Publikationen genutzten Modalitäten durch die Beschränkung physikalischer Medien auf Text und Bild, also statische Formen, ermöglicht der Einsatz digitaler Techniken den Einsatz vielfältiger dynamischer Ausdrucksformen wie Ton, Film und Animationen, sowie interaktive Formen wie Simulationen, Experimente und virtuelle Welten.

Für den Vertrieb und die Nutzung physischer, aber auch digitaler Publikationen sind zum einen geeignete Infrastrukturen notwendig (Grossist, Logistik, Buchhändler, Bibliothek, Dokumentenspeicher), zum anderen können nutzerorientierte Systeme verschiedene Zugangs- und Mehrwertdienste (Recherche, Annotation, Kommunikation und Kooperation) bündeln und die Attraktivität eines Bibliotheksdienstes erhöhen. In diesem Kapitel werden die dazu verwendeten Technologien und Infrastrukturen implizit vorausgesetzt, zumal hier Ressourcen und Investitionen erforderlich sind, die langfristig durch zentrale Betreiber (Kompetenz- oder Rechenzentren) eingeführt, installiert und gewartet werden müssen; eine Eigenentwicklung eines im akademischen Umfeld passenden Systems übersteigt die finanziellen und personellen Ressourcen einer Bildungseinrichtung bei weitem. Hingegen ist es sinnvoll und ratsam, modulare Einzelsysteme, welche die anfallenden Dienste und Aufgaben (Nutzer- und Lieferantenbetreuung, Recherche, Bestellung, Lieferung und Abrechnung) integrieren und gekapselt bereitstellen, einzusetzen unter der Bedingung, dass diese über normierte Schnittstellen interoperieren können (siehe dazu auch [EnFe00]). Für akademische Einrichtungen problematisch sind – auch bei Sonderkonditionen – bezüglich der anwendernahen Systeme häufig die damit verbundenen

hohen Kosten, man setzt deshalb in verschiedenen Bereichen auf Open-Source-Produkte, wobei es sich um ursprünglich im akademischen Rahmen entwickelte Prototypen handelt[92]. Ob neben der Anzahl der zu erwartenden Betreiber die Menge der Entwickler, welche zu Verbesserungen und Erwieterungen des Basisprodukts beitragen können, groß genug ist, damit sich substanzielle Synergieeffekte einstellen und die Funktionalität und Leistungsfähigkeit mit kommerziellen Produkten konkurrieren kann, ist allerdings unklar; positive Beispiele hierfür sind das Betriebssystem Linux sowie verschiedene UML-basierte Software-Entwicklungsumgebungen und -werkzeuge.

Gemäß dem Titel dieser Arbeit liegt der implizite Schwerpunkt auf Medien, welche Lehr- und Lernprozesse geeignet unterstützen können, allerdings sind die hier dargestellten Ergebnisse auch über diesen Rahmen hinaus gültig. Von zentralem Interesse ist an dieser Stelle zunächst der systematische und nachhaltige Nachweis digitaler und analoger Medien, der unabdingbare Voraussetzung für die Suche und die Nutzbarkeit von Publikationen ist, wobei der Schwerpunkt auf der Seite des Inhaltslieferanten (*content provider*) liegt. Vereinfachend wird hier angenommen, dass es sich hier um Lerninhalte handelt, die kostenfrei anderen Lehrenden zu Verfügung gestellt wird beziehungsweise für die die jeweiligen Nutzungsbedingungen explizit mit dem Anbieter zu verhandeln sind. Im Zusammenhang mit der langfristigen Nutzbarkeit stellt sich auch die Frage nach der persistenten Referenz von Ressourcen unabhängig vom jeweiligen Speicherort. Dies wird exemplarisch am Beispiel des im Verlagswesen populären Digital Object Identifier besprochen, welches ein Referenzsystem auf Basis einer Implementierung der sogenannten Uniform Resource Names (URN) ist.

Die europaweite ARIADNE-Initiative stellt eine Reihe von Werkzeugen bereit, welche die verteilte Speicherung und Nutzung heterogener Medienangebote nach dem LOM-Metadaten-Schema erlaubt. Die damit verbundenen Randbedingungen erschweren jedoch die Integration in die betrieblichen Abläufe wissenschaftlicher Bibliotheken, die allerdings erforderlich ist, um die dort eingestellten Medien systemunabhängig nachweisen zu können. Aus diesem Grund widmet sich der zweite Abschnitt den notwendigen Anpassungen im Arbeitsab-

---

92 Jüngstes Beispiel in Deutschland ist die CampusSource-Initiative in Nordrhein-Westfalen (siehe http://www.campussource.de), welche von einem Expertenkonsortium der Universitäten Hagen, Köln, Münster, Paderborn und Essen geleitet wird und zum Ziel hat, Systeme zur Unterstützung multimedialen Lernens zu verbreiten und diese in ein Rahmenkonzept zur technologischen Fundierung virtueller Universitäten einbetten will.

lauf, um die Lieferung und Nutzung digitaler Dokumente in Kooperation mit wissenschaftlichen Bibliotheken oder Medienzentren zu ermöglichen.

Erfahrungen im Wissenschaftsbereich zeigen, dass ein Medienangebot nur dann angenommen wird, wenn zum einen für den Benutzer eine kritische Masse relevanter Medien genutzt werden kann, wobei die einzelnen Medien nicht anderweitig verfügbar sind (beispielsweise über die lokale Bibliothek oder als freie Quelle im WWW) und wenn zweitens die Nutzung dieser Medien mit einem häufig nicht näher spezifizierten Mehrwert verknüpft ist, etwa Komponenten, welche nicht in gedruckter Form realisierbar sind und gedruckte Medien erweitern oder ergänzen (hybride Publikationsformen) oder personalisierbare Funktionen oder Komponenten (Benachrichtigung, Annotation, individuelle Zusammenstellung einzelner Module). Für den Benutzer ist deshalb die von einzelnen Teilsystemen abstrahierende Verwaltung und Verteilung heterogener und multimedialer Dokumentenbestände wichtig; dies ist Thema des Abschnitts 4.3. Damit verknüpft ist schließlich im Hinblick auf die langfristige Nutzbarkeit die Frage nach persistenter Medienhaltung als Spezialfall der Datenhaltung, die sich speziell bei digitalen Dokumenten mit dynamischen und interaktiven Komponenten wegen der immer kürzeren technologischen Innovationszyklen sowie der abnehmenden Haltbarkeit von Speichermedien in verstärktem Maße stellt.

4.1 Systematische Erschließung didaktischer Medien

Der Nachweis und die Nutzbarkeit von Publikationen war vor dem digitalen Zeitalter auf deren Manifestation in Form eines physikalischen Mediums bezogen und erfordert eine eindeutige Möglichkeit der Identifikation, welche ihrerseits die Grundlage für den Erwerb, die Inanspruchnahme und die Nutzung von Urheber- und Autorenrechten ist. Diese ist beispielsweise durch Codes wie ISBN für Bücher[93], ISSN für Zeitschriften[94] oder ISMN für Musikalien[95] ge-

---

93 Bücher und andere monographische Veröffentlichungen werden nach dem ISBN-System (International Standard Book Number) bezeichnet, wobei auch audiovisuelle und elektronische Datenträger (CD-ROM) miteingeschlossen werden. Es geht zurück auf das SBN-System, welches 1967 realisiert wurde. Eine ISBN-Nummer umfaßt 10 Zeichen, die sich gliedern in vier Teile variabler Länge, nämlich den Code des Landes, in dem das Werk herausgegeben wird, die Nummer des Verlages, eine Nummer für den Titel und eine Prüfziffer, welche modulo 11 berechnet wird (wenn das Ergebnis der Berechnung 10 ist, wird der Buchstabe X verwendet). In Analogie zum SICI (siehe Fußnote 94) dient der BICI (Books Item and Contribution Identifier) dazu, einzelne Bestandteile (beispielsweise Seiten,

geben, wobei eine Publikation je nach Manifestation und Edition unterschiedliche Bezeichner hat[96]. Die Bezeichner beziehen sich also nicht auf das (abstrak-

---

Kapitel oder Sektionen) einer mit dem ISBN gekennzeichneten Publikation eindeutig identifizieren zu können.

94 Regelmäßig und aufeinanderfolgend unter identischem Titel und ohne a priori festgesetztes Ende erscheinende Publikationen gelten als in Serie erscheinend, diese werden mit dem ISSN gekennzeichet, welcher sich aus zwei Gruppen mit je vier Ziffern zusammensetzt. Die letzte Ziffer ist eine Prüfziffer modulo 11, wobei auch hier der Buchstabe X für die Zahl 10 steht. Ändert sich der Titel einer seriellen Publikation, wird ihr auch eine neue ISSN-Nummer zugewiesen. Um auch kleinere Einheiten seriell erscheinender Publikationen kennzeichnen zu können, wird die SICI-Nr. (Serial Item and Contribution Identifier, ANSI/NISO Z39.56-1996) verwendet, die sich zusammensetzt aus dem ISSN-Code, gefolgt vom Erscheinungsjahr oder -datum in Klammern sowie der Nummer der Ausgabe (bei mehreren Zahlen, also etwa der 5. Ausgabe im 31. Jahr, sind diese durch Doppelpunkt getrennt). In spitzen Klammmern folgt die Seitenzahl sowie ein Akronym des Titels der Publikation. Eine Reihe Codes schließen den Bezeichner ab, die es somit ermöglichen, auch einzelne Abschnitte eines Artikels zu referenzieren.

95 ISMN-Codes sind als ISO 10957 seit 1992 in Gebrauch und aus dem ISBN-System entstanden. Dieses System kann als dessen Untermenge angesehen werden, zumal die Nummern von der gleichen Behörde verwaltet werden. So hat ein ISMN-Code ebenfalls 10 Stellen, die sich zusammensetzt aus dem Buchstaben M als erster Stelle, ferner mehreren Ziffern für den Verlag sowie den Titel der Musikalie. Abgeschlossen wird die Nummer durch eine modulo 11 errechnete Prüfziffer.

96 Andere Bezeichnersysteme sind ISRC (International Standard Recording Code) zur Identifizierung einzelner Aufnahmen eines Werks, ISAN (International Standard AudioVisual Number) zur Kennzeichnung von Filmen und Videos oder ISWC (International Standard Work Code) zur Identifizierung einer (abstrakten) musikalischen Komposition. Durch die Erweiterung um eine Stelle auf 11 Stellen, so dass die Art des Mediums als Buchstabe abgekürzt werden kann (etwa T für *tune* (engl.)) kann dieser Bezeichner auch für Literatur und andere Kunst verwendet werden. Abgesehen von der Prüfziffer ergeben sich mit 9 Stellen also insgesamt 10^9 Möglichkeiten zur Kennzeichnung je Medientyp, wobei die Kennzeichnung kontextunabhängig durchgeführt wird und so in unterschiedlicher Granularität durchführbar ist. Voraussetzung zur Vergabe ist, dass die im EntstehungsProzess der Ressource involvierten Personen oder Gruppen über eine CAE-Nummer (Compositeur, Auteur, Editeur) eindeutig identifizierbar sind.

te) Werk, sondern auf dessen (nutz- oder erwerbbares) physikalisches Medium[97]. Dies ist auch unproblematisch, solange man sich auf gedruckte Medien beschränkt, bei der die Möglichkeit der Instanziierung begrenzt und überschaubar ist. Wenn man digitale Medien betrachtet, so können abstrakte Werke nicht nur über unterschiedlicher Modalitäten realisiert werden, sondern auch in unterschiedlichen Medienformaten. Hier ist es essenziell, dass – im Unterschied zu Bezeichnersystemen wie ISBN oder ISSN – die verschiedenen Ausprägungen eines digitalen Objekts direkt aufeinander bezogen werden können. Weil die potenziellen Ausprägungen eines digitalen Mediums mannigfaltig sind, rekurriert man hier gewöhnlich auf eine integrierte Beschreibung inhaltlich oder funktional identischer Versionen, wobei angenommen wird, dass der Anbieter der Ressource diese unterscheidbare Versionen lokal differenziert.

Zur Ordnung und Gliederung von Publikationsbeständen ist im Bibliothekswesen der Einsatz lokaler Katalogsysteme üblich. Vor der Vernetzung der Katalogsysteme war es ausreichend, entsprechend einem geeigneten eigenen Schema die Bestände zu erfassen und auszuweisen. Mit der Vereinigung lokaler Kataloge ergibt sich die Notwendigkeit einheitlicher Systeme zur Sacherschließung, damit kann diese Aufgabe auch innerhalb eines Bibliotheksverbunds aufgeteilt werden, so dass die Daten zu einmal erfassten Medien von beteiligten Bibliotheken direkt übernommen werden können.

Seit der Verbreitung internetbasierter Dienste, allen voran des World Wide Web, kann – im Gegensatz zu der Zeit, als die Veröffentlichung und der Vertrieb von Publikationen von Verlagen, Buchhandlungen und Bibliotheken dominiert wurde – prinzipiell jeder zum Anbieter digitaler Medien werden. Die vormals klare Grenze zwischen Publikationen, Software und audiovisuellen Medien verschwimmt wegen der in digitaler Form nutzbaren multiplen Modalitäten. Gleichzeitig ist es aber auch notwendig, Medien eindeutig identifizieren zu können, so dass von verschiedenen Versionen und Exemplaren einer Ressource abstrahiert werden kann. Der Grund dafür ist, dass zum einen neue Versionen einer Publikation sofort der Öffentlichkeit bereitgestellt werden können, zum anderen eine Publikation in unterschiedlichen Formen und Dokumentenformaten sowie

---

97 Genauer: Zwei Instanzen einer Ressource werden bezüglich einem Indexierungssystem ISBN, ISSN oder ISMN mit unterscheidbaren Nummern versehen, wenn sich ihre physikalischen Manifestationen voneinander unterscheiden. So erhalten die gebundene und die Taschenbuch-Version des gleichen Titels unterschiedliche Katalognummern und werden in bibliographischen Indexsystemen in unterscheidbaren Einträgen erfaßt; ein Klavierauszug und eine Einzelstimme des gleichen Werks enthalten unterschiedliche ISMN-Codes.

an mehreren Standorten vorliegen kann. Damit ergibt sich die Notwendigkeit, dass Fachreferenten der Bibliotheken sowie einzelne Autoren zur geeigneten Erschließung von Lernmedien intensiver als bisher miteinander kooperieren.

Bezüglich elektronischer Distributionsformen hängt das Problem eindeutiger Identifizierung eng zusammen mit dem Nachweis bibliographischer Daten oder – verallgemeinert – Metadaten. Zentral für die inhaltliche Erschließung sind hier verbale und klassifikatorische Nachweismethoden, von denen die wichtigsten besprochen werden. Der Informationsaustausch zwischen Anbietern und Nutzern erfordert bei heterogenen Systemen allerdings auch die Austauschbarkeit über standardisierte Protokolle, hier ist im bibliothekarischen Bereich das anschließend beschriebene Z39.50-Protokoll verbreitet. Ebenfalls essenziell sind anbieterübergreifend nutzbare Austauschformate für (deskriptive) Metadaten, diese beziehen sich jedoch weitgehend ausschließlich auf gedruckte Medien und schließen Aspekte wie technische Randbedingungen oder didaktisch sinnvolle Einsetzbarkeit nicht ein. Um diese Defizite zu kompensieren, arbeitet die IEEE im Rahmen der Learning Objects Metadata-Gruppe an einem für akademische und industrielle Anwender gleichermaßen befriedigenden Standard zur umfassenden Beschreibung von Lernmedien. Anschließend wird die Entwicklung von Standards zur globalen und eindeutigen Erschließung und Nutzung digitaler Publikationen als Erweiterungen konventioneller Medienformen besprochen. Hier stellt sich auch die Frage nach der Erweiterbarkeit um lokal relevante deskriptive Daten, welche beispielsweise zur fachadäquaten Beschreibung von Einzelaspekten einer Ressource notwendig sein können.

4.1.1 Bibliographische Daten und Metadaten

Metadaten sind, allgemein formuliert, Daten über andere Daten. Um dies für den Bereich des Publikationswesens zu präzisieren, wird zunächst einmal den Begriff der Ressource eingeführt. Damit ist jede Art einer physikalischen oder virtuellen / ideellen und referenzierbaren Entität[98] gemeint. Eine referenzierte Ressource nennen wir auch Denotat. Wir verstehen dann Metadaten als deskriptive, explikative oder ergänzende Daten zu einer Ressource. Sie werden benötigt, um einerseits die vielfältigen Eigenschaften digitaler Ressourcen ausreichend granulär modellieren zu können, zum anderen die Vielfalt digitaler Medien einheitlich zu klassifizieren, und schließlich zur verteilten Speicherung von Medien zwischen heterogenen Organisationen, die jeweils für ihre individuell verschiedenen Bedürfnisse Medien elektronisch erfassen, systematisieren und austauschen möchten (Interoperabilität) oder verschiedene bestehende Erfassungen

---

98 von griech. ens = seiend, existierend

einer Ressource innerhalb einer Institution harmonisieren (Intraoperabilität). Hierbei kann es sich um eine rein bibliographische Erfassung ebenso handeln wie ein Kommentar, ein Dokument zum Hinweis auf Errata oder die Aufzeichnung einer Rede zur Präsentation eines Buches. Ferner kann es sich um inhaltlich eigenständige oder abhängige Daten handeln, im zweiten Fall spricht man auch von Annotationen[99].

Bibliographische Daten sind damit ein Spezialfall von Metadaten, nämlich deskriptive Parameter zur Sacherschließung von Publikationen, um diese zu archivieren und ihren langfristigen Zugang zu gewährleisten, insbesondere auch in Bezug auf ihre Auffindbarkeit innerhalb eines größeren Dokumentenbestands[100]. Dies geschieht durch die Verwaltung bibliographischer Kataloge, in die nach jeweils vereinbarten und (eventuell relativ zu einem bestimmten Fachgebiet) eindeutigen Kriterien die verfügbaren Publikationen über Autor, Titel und Sachgebiet oder auch Schlag- und Stichwörtern sowie möglicherweise spezifischen Klassifikationsschemata eingetragen werden. Während im ersteren Fall aus einem sprachbezogenen Vokabular geeignete deskriptive Begriffe ausgewählt werden, um eine Ressource semantisch zu erfassen, werden im zweiten Fall Medien bezüglich definierter Eigenschaften in eine hierarchische Struktur eingeordnet, die deren Erschließung durch Stöbern erleichtert. Es handelt sich um einander ergänzende Verfahren, da zum einen die Menge der Publikationen, die ein Stichwort gemeinsam haben, in unterschiedlichen Klassen eingeordnet sein können, zum anderen die in einer Klasse zusammengefassten Medien disjunkte Stichwortmengen aufweisen. Entsprechend eignet sich Verschlagwortung zur begrifflichen, Klassifikation jedoch zur thematischen Eingrenzung.

Schlagwortkataloge werden als nationalsprachliche Thesauri unter der Redaktion von Bibliotheksverbünden regelmäßig erweitert, um aktuellen Anforderungen an die verbale Sacherschließung gerecht zu werden. In Zusammenhang mit den entsprechenden Regeln steht ein Instrumentarium zur Verfügung, welches die sprachspezifischen Eigenheiten berücksichtigt und somit nur in einem begrenzten Sprachraum anzuwenden ist.

---

99 Man erkennt an diesem Beispiel, dass Daten und Metadaten nicht scharf voneinander getrennt werden können, sondern dass die Einteilung auch vom Kontext der Betrachtung abhängt.

100 Langfristig gesehen stellt sich das Problem, wie Medien so archiviert werden können, dass ihre Nutzung sichergestellt werden kann. In Abschnitt 4.4 wird dies näher erläutert, gleichzeitig soll hier angedeutet werden, dass die begrenzte Lebensdauer von Medien, Hard- und Software die Archivierung multimedialer Inhalte erschwert.

Im Unterschied dazu entspricht jede Klassifikation einer (künstlichen) Strukturierung der Welt in einzelne, disjunkte Gruppen, so dass die Menge der einzuordnenden Objekte überschaubar bleibt. Hier sind nur die Bezeichner der Klassen sprachabhängig, so dass sich die Möglichkeit eines universell anwendbaren Schemas ergibt. Allen Klassifikationsmechanismen gemeinsam ist, dass sie regelmäßig bearbeitet und aktualisiert werden, um wissenschaftlichen Entwicklungen Rechnung zu tragen, allerdings werden dabei obsolete Kategorien weitergeführt, um eine Neuindexierung umfangreicher Medienbestände zu vermeiden. Eine inkrementelle Neuklassifizierung ist jedoch in größeren Zeitabständen sinnvoll, um langfristig eine konsistente Sacherschließung gewährleisten zu können. Während bis in die jüngere Vergangenheit noch karteikartengestützt gearbeitet wurde, ermöglicht es günstige Hard- und Software, sowohl die Datenerfassung wie auch die Recherche datenbankgestützt abzuwickeln. Seit einigen Jahren gibt es bedingt durch die Verbreitung des WWW auch über öffentliche Netze allgemein zugängliche Verbundkataloge. Damit ist es wünschenswert und erforderlich, dass der bibliographische Nachweis von Medien bibliotheksübergreifend vereinheitlicht wird, um jeweils für den gleichen Dokumentenbestand und einer konkreten Anfrage die gleiche Suchantwort zu erhalten.

4.1.2 Verbale Nachweismethoden

Verfahren zur Verknüpfung von inhaltlich deskriptiven Begriffen zur Beschreibung von Medien zählen zu den verbalen Nachweismethoden. Sie werden auch als indexierende Methoden bezeichnet. Man unterscheidet hier zwischen der Vergabe von Stichwörtern und der Verschlagwortung. Stichwörter sind frei wählbare Begriffe zur thematischen Beschreibung einer Ressource, die direkt aus ihren textuellen Komponenten entnommen werden. Sie werden zumeist aus Titel sowie Untertitel eines Dokuments ermittelt. Dies kann automatisiert durchgeführt werden, indem aus der Menge aller vorkommenden Wörter alle Stoppwörter beseitigt werden sowie anschließend flektierte Wörter regelbasiert auf ihre Grundform zurückgeführt und Verbformen substantiviert werden. Solche Verfahren eignen sich auch zur Indexierung von Textdateien, um eine Volltextsuche auf digitalisierten Dokumentenbeständen als ergänzende Möglichkeit des Retrieval anzubieten. Schwierigkeiten ergeben sich, wenn der Titel keine Hinweise auf den Inhalt gibt. Insgesamt jedoch spielen Stichwörter für die Sacherschließung eine untergeordnete Rolle. Schlagwörter hingegen sind das Thema einer Publikation beschreibende Substantive, welche nicht notwendigerweise der zu erfassenden Publikation entnommen sein müssen. Man unterscheidet hier zwischen freien Termini, die direkt dem Dokument oder dem Wortschatz des Indexierers entnommen sind, und kontrollierte Termini, die aus einem Thesaurus oder einer Schlagwortliste (der sog. Schlagwortnormdatei) stammen. Die Nutzung freier Termini hat jedoch neben dem Vorteil flexibel

wählbarer Begriffe mehrere Nachteile wie etwa die Behandlung von Synonymen (verschiedene Wörter gleicher Bedeutung), Homonymen (identische Begriffe unterschiedlicher, kontextabhängiger Bedeutung) und Polysemen (Begriffe, deren Bedeutung sich historisch bedingt ausgeweitet hat). Je stärker das Vokabular in den Dokumenten normiert ist, desto weniger Schwierigkeiten ergeben sich in Zusammenhang mit freien Termini. Bei kontrollierter Indexierung wird zurückgegriffen auf Normdateien, in denen Homonyme und Polyseme mittels deskriptiver Homonymenzusätze unterschieden werden. Dadurch steht ein normierter, terminologisch kontrollierter Wortschatz bereit.

Um geeignete Deskriptoren, welche die Ressource sinnvoll beschreiben, finden zu können, ist eine inhaltliche Analyse notwendig. Für textuelle Dokumente kann diese unterstützt oder ergänzt werden durch Verfahren zur Volltextindexierung, für multimediale Ressourcen jedoch ist die themen- und inhaltsbezogene Kenntnis unabdingbar. Falls vorhanden, werden als Hilfsmittel zur Festlegung von Schlagwörtern meist Zusammenfassungen (Abstracts), Klappentexte oder Inhaltsverzeichnisse genutzt. Kann das Thema einer Publikation nicht durch ein einziges und eindeutiges Schlagwort erfasst werden, werden nach festgesetzten Regeln sogenannte Schlagwortketten entwickelt, die allerdings immer nur in einer festgesetzten Kombination auftreten. Ihre Tiefe (also die Zahl der deskriptiven aneinandergereihten Begriffe) wird der Übersichtlichkeit halber meist beschränkt, etwa auf sechs Begriffe. Man unterscheidet hier zwischen präkombinierten und postkombinierten Termini. Erstere sind aus mehreren Einzeltermen zusammengesetzte Schlagwörter, die im verwendeten Schlagwortverzeichnis bereits enthalten sind. Letztere sind Begriffe, die erst aufgrund zusammengehöriger Einzeltermini gebildet werden (beispielsweise Kind + Krankheit = Kinderkrankheit). Die Bildung von Schlagwortketten kann auch sinnvoll sein, um neue oder neuartige Sachverhalte oder -gebiete zu kennzeichnen, ohne jedoch neue Schlagwörter zu verwenden. Damit wird auch vermieden, unnötig viele Komposita verwenden zu müssen. Berührt ein Werk viele verschiedene Themenbereiche, kann es erforderlich sein, mehrere Schlagwortketten anzugeben, deren maximale Zahl jedoch meist begrenzt ist.

Ein Beispiel für die Sacherschließung mittels Schlagwörtern sind die in deutschsprachigen Bibliotheken angewendeten Regeln für den Schlagwortkatalog (RSWK), die zusammen mit der Schlagwort-Norm-Datei (SWD) ein geeignetes Instrumentarium für die intellektuelle Beschlagwortung einer Ressource bieten, wobei immer der Inhalt und die Beschreibung eines Werkes, nicht sein Titel, ausschlaggebend ist. Die Schlagwortnormdatei wird aufgrund der verbalen Inhaltserschließung der beteiligten Bibliotheken täglich aktualisiert

und umfasst mittlerweile 430.000 Schlagwörter sowie etwa eine halbe Million Verweisungen[101].

Nach den RSWK werden selbständige Werke erfasst, also etwa keine Einzelbeiträge in Sammelbänden. Oberbegriffe sind nicht neben davon abgeleiteten speziellen Termini zu verwenden. Ein relevantes Thema ist in einer Schlagwortkette abzubilden, die höchstens sechs Schlagwörter umfasst. Handelt es sich um mehrere Aspekte, so ist ein geeigneter Oberbegriff zu wählen, falls dies nicht möglich ist, sind bis zu zehn Schlagwortketten möglich. In der Regel werden Beziehungen zwischen einzelnen Schlagwörtern oder -wortketten nicht dargestellt, man spricht von gleichordnender (im Unterschied zu syntaktischer) Indexierung. Schließlich orientieren sich die RSWK weniger an Fachvokabular als an Allgemeinenzyklopädien.

Verbal indexiert werden Sach- und Fachliteratur, Lehr- und Schulbücher, Belletristik, Filme, gedruckte Bücher, elektronische Datenträger (CD-ROMs, Disketten), Online-Publilkationen und Sachvideos, weiteres Material kann fakultativ einbezogen werden. Homonyme und Polyseme werden durch spezielle Homonymenzusätze in spitzen Klammern unterschieden.

Man unterscheidet hier verschiedene Schlagworttypen (Personen, Geographie / Ethnographie, Sachgebiete, Erscheinungsform)[102]. Die Reihenfolge der Schlagwörter einer Schlagwortkette richtet sich nach den Schlagwortkategorien in der genannten Reihenfolge. Besonders wegen Bereichen mit erheblicher wissenschaftlicher Entwicklung wie etwa der angewandten Informatik oder der Mikrosystemtechnik muss die Schlagwortnormdatei in kurzen Abständen

---

[101] Andere Schlagwortnormdateien vergleichbarer Größe sind die Library of Congress Subject Headings mit 245.000 Einträgen, sowie die indirekt von der Library of Congress Subject Headings abgeleitete französische RAMEAU-Datenbank mit 130.000 Termen.

[102] Personenschlagwörter werden für Einzelpersonen sowie Personengruppen aus Mythologie und Literatur mit einer fester Anzahl Mitglieder verwendet. Geographisch-ethnographische Schlagwörter wählt man zur Bezeichnung aktueller und historischer Länder, Ländergruppen, Verwaltungseinheiten, Orte, geologische Regionen, Sprachgebiete, aber auch für fiktive geographische Einheiten. Auch hier sind eventuell Homonymenzusätze nötig. Sachschlagwörter schließlich sind Allgemein- und Individualbegriffe, welcher keiner anderen Schlagwortkategorie zugeordnet werden können. Formschlagwörter schließlich kennzeichnen die Publikationsform, es werden dabei etwa 150 verschiedene Typen unterschieden.

aktualisiert werden. Vorschläge hierzu werden innerhalb der landesweiten Verbünde zentral gesammelt und redigiert, bevor sie online in die entsprechende Datenbank eingegeben werden können. Es ergeben sich etwa 30.000 Neueinträge jährlich, so dass die Schlagwortnormdatei einem ständig wachsenden Thesaurus entspricht, der für alle angeschlossenen Bibliotheken verbindlich ist. Um rückwärtskompatibel zu sein, ist es nicht zulässig, einmal hinzugefügte Begriffe wieder herauszulöschen.

4.1.3 Klassifikatorische Nachweismethoden

Klassifikationen teilen Objekte in jeweils disjunkte Gruppen (Klassen) entsprechend unterscheidbarer Merkmale oder Eigenschaften. Ein Klassifikationssystem ist also die strukturierte Darstellung von Klassen und der zwischen ihnen bestehenden Begriffsbeziehungen. Es werden jeweils diejenigen Objekte in einer Klasse zusammengefasst, die mindestens ein Klassem, also ein klassifikatorisches Merkmal, gemeinsam haben. Jede Klasse wird verbal durch einen passenden Namen bezeichnet. Um einzelne Klassen kompakt abbilden zu können, benutzt man meistens Notationen, also nach definierten Regeln gebildete Zeichenfolgen, die die Stellung der Klasse im systematischen Zusammenhang abbildet.

Bibliographische Klassifikationen sind normierte Untergliederungen eines oder mehrerer Fachgebiete, deren Zweck es ist, Publikationen anhand ihrer Eigenschaften gezielt einordnen (klassifizieren) zu können, um für den potenziellen Nutzer das Finden der zu einem gegebenen Thema passenden Literatur zu erleichtern[103]. Solche Schemata werden auch als allgemeine Werkzeuge zur Wissensklassifikation bezeichnet.

Bibliographische Klassifikationsschemata haben die Schwierigkeit, lediglich hierarchische Strukturen abbilden zu können im Sinne von Baumordnungen

---

[103] Solange der Bezug von Publikationen lokal an eine definierte (Fach-)Bibliothek gebunden ist, können je nach Gebiet unterschiedliche Klassifikationsschemata eingesetzt werden, die normalerweise direkt mit der Gruppierung der Medien in den Regalen oder Archiven korrespondiert Je nach Umfang oder Grad der Spezialisierung sind dabei unterschiedliche Grade der Unterteilung denkbar, so dass beispielsweise die Klassifikation einer Fachbibliothek im wesentlichen das von ihr vertretene Sachgebiet zusammen mit angrenzenden Bereichen unterteilen wird, während eine allgemeine Bibliothek, die eine große Menge an Fachgebieten vertritt, innerhalb dieser eine geringere Auffächerung vornimmt. Soll jedoch eine bibliotheksübergreifende Recherche ermöglicht werden, so ist dazu zunächst die Normierung oder Anpassung verwendeter Klassifikationsschemata nötig. Damit wird aber eine erneute Sacherschließung aller nachgewiesenen Medien nötig.

(Monohierarchie), in Einzelfällen ist es nötig, einzelne Begriffe mehrfach ableiten zu können, so dass sich eine Polyhierarchie ergibt. Der Begriff der Hierarchie orientiert sich an beobachteten Merkmalen, so dass bei zwei Begriffen mit gleichen Merkmalen, von denen einer jedoch zusätzliche Merkmale aufweist, dieser als hierarchisch untergeordnet angesehen wird. Speziell auf Gebieten, die mehrere Bereiche tangieren oder verschiedene Aspekte beleuchten können, ist es aber denkbar, zu einem semantischen Begriff über ganz unterschiedliche konzeptuelle Verfeinerungen zu gelangen. Zum anderen können sich die Beziehungen zwischen Klassifikationstermen zeitlich bedingt auch erweitern, verengen oder verlagern. Dieser Beobachtung versucht man, über den Einsatz selbst-adaptierender semantischer Netze Rechnung zu tragen. Solche Verfahren aus der Forschung in den Gebieten der Künstlichen Intelligenz (KI) und des Information-Retrieval (IR) indexieren anhand einer Positivliste (Thesaurus) oder einer Negativliste (Stoppwörter) ein (textuelles) Dokument, führen die gefundenen Terme regel- oder wörterbuchbasiert auf Normalformen oder normierte sinnverwandte Begriffe zurück, anhand derer eine automatische Vorklassifikation erreicht werden kann. Die extrahierten Begriffe können ebenfalls als Menge potenzieller Schlagwörter angesehen werden. Sie werden meist mit manuellen Verfahren kombiniert, um die Fehlerrate konventioneller Indexierungsansätze zu verringern.

Es ist hier zu unterscheiden zwischen universellen, nationalen, domänenspezifischen und eigenentwickelten Schemata. Das Ziel allgemeiner Schemata ist es, die Sacherschließung unabhängig spezifischer Fachgebiete und nationaler Interessen zu unterstützen. Das Interesse, dieses durch Anpassung und Erweiterung regelmäßig zu pflegen, ist nicht von einzelnen Institutionen abhängig und kann somit länderübergreifend vorausgesetzt werden. Nationale Klassifikationsschemata unterscheiden sich hiervon dadurch, dass sie länderspezifisch erstellt und genutzt werden, in ihrem Anspruch jedoch gleichermaßen eine alle Fachbereiche übergreifende Klassifikation anvisieren. Da die Menge der diese Systeme nutzenden Institutionen national oder regional begrenzt ist, bestehen potenzielle Kompatibilitätsprobleme mit universellen Schemata. In beiden Fällen hat die breite Anwendung den Vorteil, dass die entsprechenden Systeme den Bibliotheksnutzern vergleichsweise bekannt sind, so dass sie sich in der damit aufgestellten hierarchischen Ordnung intuitiv zurechtfinden. Im Gegensatz dazu können domänenspezifische Klassifikationsschemata, deren Nutzung nicht national beschränkt sein muss, gezielt auf die entsprechenden, sich potenziell kontinuierlich verändernden Bedürfnisse zur Sacherschließung eines einzelnen Fachgebiets eingehen, so dass sich vergleichsweise feingranuläre Klassen bilden lassen. Wegen der fachlichen Beschränkung sind sie leichter zu handhaben als fachübergreifende Schemata. Die folgende Tabelle fasst die vier genannten Typen zusammen:

	transnational	(sub)national
domänenübergreifend	universell	länderspezifisch
domänenspezifisch	sachbezogen	proprietär

Tabelle 4.1: Klassifikatorische Nachweismethoden

Proprietäre Klassifikationsschemata werden beispielsweise den Katalogen spezieller Diensteanbietern im Internet zugrundegelegt, die ihr (begrenztes) Angebot für den Anwender spezifisch strukturieren wollen, wobei auch wirtschaftliche Interessen eine wachsende Rolle spielen. Ursprünglich parallel zu Suchdiensten entstanden sind sie angesichts wachsender Informationsmengen mit Suchmechanismen auf indexierten Daten kombiniert worden. Als Beispiel für die Kombination verbaler und klassifikatorischer Sacherschließung eröffnet sich damit die Möglichkeit, Index- oder Volltextsuche thematisch geführt einzugrenzen[104]. Als Nachteil ist zu nennen, dass spezifische Klassifikationsmechanismen subjektiv, also stark vom Interesse des jeweiligen Anbieters abhängig und damit schwierig zu harmonisieren sind. Dies ist insbesondere in interdisziplinären Fach- und Forschungsgebieten problematisch. Proprietäre Schemata schließlich können sich stark national, regional oder sogar individuell unterscheiden oder entwickeln, oder bisweilen sogar innerhalb kurzer Zeit obsolet werden. Wegen ihrer Subjektivität sind sie häufig unvollständig und schwierig auf allgemeinere Schemata abzubilden. Oft fällt dabei die Wartung auf einen kleinen Personenkreis zurück, so dass die damit verbundenen Kosten sehr hoch sind, und zwar in Abhängigkeit von der Anpassung an aktuelle Bedürfnisse. Somit sind proprietäre Systeme nicht zur Klassifikation wissenschaftlicher Literatur geeignet. Bei kontinuierlich gewarteten Klassifikationsschemata ist dagegen die Notwendigkeit der Re-Indexierung gering, da sich die etablierten hierarchischen Strukturen kaum ändern, sondern bestehende Kategorien allenfalls verfeinert werden. Die Einordnung der davon tangierten Ressourcen in abgeleitete Kategorien ist dann überschaubar, da solche Änderungen inkrementell durchgeführt werden können. Konzeptuell kann man eine Ressource, die mittels verschiedener Schemata klassifiziert wurde, als in mehrere semantische Netze eingebunden auffassen, die sich untereinander ergänzen können. In der Informatik etwa hat sich hier international die ACM Computing-Klassifikation durchgesetzt. Für nur in diesem

[104] Neben Sammeldiensten für Internet-Ressourcen wie *Yahoo!* mit proprietärem Klassifikationsschema aus 30.000 dynamisch gewachsenen Kategorien mit zahlreichen Querverbindungen, welche die Einteilung neuer Ressourcen erheblich erschweren, sind Firmen zu nennen, die ihren Warenkatalog online anbieten. So hat etwa *Amazon* sein ursprünglich rein publikationsorientiertes Angebot auf zahlreiche andere Waren (CDs, Spiele, technische Artikel) ausgeweitet und dazu ein auf die Angebote abgestimmtes proprietäres Klassifikationsschema entwickelt.

Gebiet genutzter Literatur ist die Indexierung nach diesem System unproblematisch[105], schwierig wird es bei interdisziplinär angelegten Publikationen wie für den Bereich der Ausbildung mit Neuen Medien, der auch die Pädagogik und die Didaktik tangiert, da hinreichend genaue Klassifikatoren nicht vorgesehen sind und oft erst in der folgenden Version eingeführt werden können. Dies kann bisweilen zu lokalen Erweiterungen führen, die als präzisierende Aufgliederung bestehender klassifikatorischer Begriffe anzusehen sind.

Fachspezifische und universelle Klassifikationssysteme sind meist in mehreren Sprachen nutzbar, wenn die einzelnen Klassifikatoren mit numerischen Bezeichnern assoziiert sind, denn dann benötigt man lediglich eine sprachlich verbindliche Übersetzung der einzelnen klassifikatorischen Termini in eine neue Zielsprache, ohne dass hinsichtlich der Struktur oder des Inhalts eines Ressourcenbestandes Änderungen nötig sind. Außerdem können diese Klassifikationen maschinell verarbeitet werden. Das Problem der Klassifikation nach verschiedenen Systemen ist auch dann relevant, wenn gemeinsame Kataloge verbundweit genutzt werden, wie etwa im Südwestdeutschen Bibliotheksverbund. In solchen Fällen ist es sinnvoll, bereits nach lokal oder fachlich beschränkten Kriterien erschlossenen Ressourcen durch automatische Konvertierungsverfahren in ein universell oder national gebräuchliches einheitliches Format zu übersetzen, um die zeit- und arbeitsintensive Neuerschließung großer Dokumentenmengen zu vermeiden.

Unter den universellen Verfahren am weitesten verbreitet ist hier das Dewey Decimal Classification Scheme (DDC), zu nennen sind darüber hinaus die Universal Decimal Classification (UDC) und das Schema der Library of Congress (LCC)[106]. Im deutschen Sprachraum scheiterte die Ausarbeitung einer einheitli-

---

[105] Genaugenommen gilt dies nur eingeschränkt, da die ACM-Klassifikation weit weniger häufig revidiert wird, als dies angesichts der Entwicklungen in der Informatik geboten wäre, vor allem im Hinblick auf die Anwendungsorientierung. Somit besteht häufig das Bedürfnis zu lokalen Verfeinerungen, die jedoch nicht aufeinander abgestimmt sind.

[106] Das LCC-Schema wurde 1899 eingeführt, um die 1800 angelegten Sammlungen der Library of Congress neu zu erfassen. Jede der 21 Hauptklassen wird mittels eines lateinischen Großbuchstaben benannt, mit Ausnahme von fünf Buchstaben, die als Bezeichner für Unterklassen genutzt werden. Die Notation setzt sich abwechselnd aus Buchstaben und Ziffern zusammen, ist komplex und schwer zu verstehen. Eine offizielle und handhabbare Übersicht aller Klassifikatoren ist nicht verfügbar; das Schema wird in etwa 46 Bänden von der Library of Congress publiziert. Wegen der dezentralen Wartung der einzelnen Klassen stellt man fest, dass die Strukur des Schemas sehr heterogen ausfällt. Es wird vor allem in angelsächsi-

chen nationalen Systematik zur klassifikatorischen Erschließung mehrfach, mittlerweile sind die am weitesten verbreiteten Schemen im wissenschaftlichen Bereich die Regensburger Verbundklassifikation (RVK) im südwestdeutschen Bibliotheksverbund sowie die Basisklassifikation (BK) in den norddeutschen Bundesländern. Im öffentlichen Bereich werden spezielle Systematiken (ASB, KAB)[107] angewendet, die erwähnten Klassifikationsverfahren spielen dort keine Rolle.

Insbesondere im Zusammenhang mit der Erschließung großer Dokumentenmengen, wie sie beim Aufbau von Internet-Katalogen durchgeführt werden muss, werden automatische Klassifikationsverfahren eingesetzt, welche anhand von Volltextindizes oder Stichwortlisten eine heuristische Einordnung in das jeweils verwendete Klassenschema vorschlagen. Zum einen ist das Forschungsprojekt Scorpion zu nennen, welches mit der Dewey-Dezimalklassifikation arbeitet, dessen einzelne Klassen jeweils mit Schlagwörtern (LCSH[108]) assoziiert sind. Für ein zu klassifizierendes Dokument wird anhand der verfügbaren Metadaten und der vorkommenden Begriffe im Text eine nach Trefferwahrscheinlichkeit geordnete Liste potenzieller Klassen generiert, aus denen dann die jeweils passende manuell ausgewählt werden kann.

Ein anderes Beispiel ist der GERHARD-Dienst[109] an der Universität Oldenburg, der einen robotergesteuert automatisch erstellten Index deutscher Web-Server nutzt, um die Ressourcen automatisch anhand der Universalen Dezimalklassifikation (UDC) hierarchisch einzuordnen. Dabei wird zunächst aufgrund einer computerlinguistischen und statistischen Analyse der natürlichsprachige Inhalt der berücksichtigten HTML-Seiten[110] in geeignete Klassen abgebildet. Zunächst

---

schen, aber auch in einigen nordischen Ländern genutzt. Im Gegensatz zu DDC und UDC ist LCC ein amerikanisches Klassifikationssystem und somit nicht multilingual einsetzbar, obwohl die Notation enumerativ und daher nicht sprachabhängig ist.

107 ASB: Allgemeine Systematik für Öffentliche Bibliotheken / KAB: Klassifikation für Allgemeine Bibliotheken

108 Library of Congress Subject Headings

109 GERman Harvest Automated Retrieval and Directory

110 Da es sich hier um einen Nachweisdienst handelt, welcher sich auf wissenschaftlich relevante Information spezialisiert, werden anhand einer manuellen Vorauswahl Diensteanbieter im deutschsprachigen WWW zu relevanten Themen ausgesucht. Hierunter fallen alle Server wissenschaftlicher Aus- und Weiterbildungs-

wurde hierzu ein Wörterbuch erstellt, welches die natürlichsprachlichen Begriffe der UDC auf passende Klassennotationen abbildet. Für jedes zu analysierende Wörterbuch wird nun der vorverarbeitete Textinhalt (Entfernung der HTML-Tags, Normierung von Umlauten, Entfernung von Stoppwörtern) aufgrund der Zerlegung in Textphrasen durch Präfixanalyse auf geeignete Einträge des Wörterbuchs (und damit indirekt auf passende Klassennotationen) abgebildet, wobei Terme im Titel und in Metadaten-Feldern höher gewichtet werden als Vorkommnisse im eigentlichen Text, außerdem längere Textphrasen stärker als kürzere. Auch die Häufigkeit des Vorkommens eines Terms wird hierbei berücksichtigt. Die dadurch entstehende Menge potenzieller Klassen wird verglichen mit der jeweiligen Auftrittswahrscheinlichkeiten der assoziierten Terme des Textes, wobei von mehreren Klassennotationen der längste gemeinsame Präfix ausgewählt wird; die Zuordnung zu einer Klasse ist umso sicherer, je häufiger der Präfix in der unbereinigten Klassenmenge vorkommt. Je länger ein ausgewählter Präfix, desto genauer kann das Dokument klassifiziert werden. Prinzipiell lässt sich das Verfahren auf beliebige textuelle Formate ausweiten, sofern ein solches Dokument im ASCII-Format automatisch abbildbar ist. Für Audio-Dokumente könnten so Methoden der automatischen Spracherkennung eingesetzt werden, um einen Transkription des gesprochenen Textes oder dessen signifikanten Teile zu generieren. Für Medienströme ohne Audiokanal könnte eine Zusammenfassung oder Beschreibung als vom Autor oder Herausgeber geliefertes Textdokument als Grundlage für die automatische Klassifizierung dienen. Als Ergebnis werden jedem Dokument dabei im Durchschnitt sechs bis sieben Klassen zugewiesen. Die für die Klassifikation relevanten Terme werden in einer Datenbank abgelegt und über eine entsprechende WWW-Anbindung zur Suche bereitgestellt.

Zusammenfassend erleichtern universelle Klassifikationsverfahren die Integration heterogener Dokumentenbestände und ermöglichen die parallele Suche auf Dokumentenspeicher unterschiedlicher Anbieter. Passende Broker-Dienste, welche zwischen Nutzerkomponente und Speicher geschaltet werden, können zwischen unterschiedlichen, aufeinander abbildbaren Schemata übersetzen und in heterogenen Ausgabeformaten gelieferten Suchergebnisse als homogenen Datenstrom an den Nutzeragenten zu übermitteln. Ist der Dokumentenbestand oder die Zielgruppe thematisch beschränkt und der Bestand oder die potenziellen Interessen durch ein geeignetes fachspezifisches Schema abbildbar, so erzielt man genauere Klassifikationsmöglichkeiten. Schließlich ermöglicht die Kombination

---

einrichtungen, also Universitäten und Fachhochschulen. Der notwendige Aufwand ist gering, da sich die Zahl entsprechender Server kaum verändert.

verbaler und klassifikatorischer Erschließungsmethoden benutzerseitig eine strukturierte Ausgabe der Rechercheergebnisse, und die jeweilige Menge, auf der gesucht wird, kann themenbezogen eingeschränkt oder auch erweitert werden (durch Präzisierung oder Verallgemeinerung entlang der Klassenhierarchie).

4.1.3.1 Die Dezimalklassifikation nach Dewey (DDC)

Die DDC wurde 1873 von Melvin Dewey konzipiert und erschien drei Jahre später in der ersten Ausgabe. Die Redaktion liegt bei der Library of Congress, die das Regelwerk mittlerweile in der 21. Auflage herausgegeben hat (Stand 1996). Angewendet wird dieses System 135 Ländern und mehr als 30 Sprachen von etwa 200.000 Bibliotheken. In den USA fallen hierunter etwa 85% aller Bibliotheken, darunter jedoch nur etwa ein Viertel der wissenschaftlichen Bibliotheken. Hierbei werden die Sach- und Fachgebiete und ihre Unterteilungen auf entsprechende Ziffernfolgen abgebildet. Alle Medien, die so klassifiziert werden, können dann beispielsweise über eine einheitliche Suche in Rubriken vom Anwender ermittelt werden. Die Zahlen haben den Vorteil, dass sprachübergreifende Sacherschließung ermöglicht wird, der Nutzer kann dann über eine von Rechercheinstrumenten durchgeführte Abbildung der Klassifikationscodes auf Bezeichner intuitiv suchen.

Dazu gibt es Übersetzungen in mittlerweile 30 Sprachen, bisher existiert für den deutschsprachigen Raum keine entsprechende Abbildung, so dass es bisher keine wissenschaftliche Bibliothek in Deutschland gibt, die nach Dewey katalogisiert. In den deutschen Bibliotheksverbünden liegen allerdings die bibliographischen Informationen der mit Dewey erschlossenen Daten der britischen Nationalbibliothek sowie der Library of Congress als Fremddaten vor. Auf höchster Ebene werden zehn Hauptklassen unterschieden, die alle insgesamt möglichen Wissensgebiete abdecken.

Code	Klassenbeschreibung
000	Allgemeines, Informatik, Kulturwissenschaften
100	Philosophie, Parapsychologie, Psychologie
200	Religionswissenschaften, Theologie
300	Sozialwissenschaften, Recht, Verwaltung
400	Sprachwissenschaften
500	Mathematik, Naturwissenschaften
600	Medizin, Technik, Landwirtschaft, BWL, Angewandte Wissenschaften
700	Kunst, Architektur, Musik, Sport
800	Literaturwissenschaften
900	Geographie, Geschichte, Hilfswissenschaften

Tabelle 4.2: Basisklassen der Dezimalklassifikation nach Dewey

Jede Hauptklasse ist dann nochmals in zehn Divisionen und diese wiederum in zehn Sektionen unterteilt, wobei nicht alle Sektionen benutzt werden. Theoretisch ergeben sich also 10^2 Divisionen sowie 10^3 mögliche Sektionen. Sie werden jeweils mit einer Dezimalziffer kodiert, wobei die minimale Länge der Notation drei Ziffern beträgt, so dass die fehlenden Ziffern mit 0 aufgefüllt werden. Einzelne Sektionen können nach festgelegten Regeln weiter unterteilt werden, dies wird angezeigt, indem weitere Ziffern nach einem Dezimalpunkt folgen. Es ergibt sich eine strukturelle hierarchische Ordnung aus derzeit etwa 30.000 Klassen, die symbolisch als Baumordnungsdiagramm dargestellt werden kann. Die notationsbezogene Hierarchie ergibt sich daraus, dass Nummern, die eine beliebige Kategorie unterhalb von Sektionen bezeichnen, länger sind als die Bezeichner für die hierarchisch übergeordneten Kategorien. Während zum einen also eine ausreichend präzise Einordnung in Rubriken möglich ist, kann die Klassifikationstiefe bei Bedarf erweitert werden.

Die Überarbeitung der DDC wird stark beeinflusst von den Vorschlägen der Anwender. Zweimal jährlich legt ein Gremium die Richtlinien zur Überarbeitung ausgewählter Bereiche fest, damit verbunden ist etwa alle 7 Jahre eine Neuauflage der Klassifikation; über Aktualisierungen zwischen den Neuauflagen wird regelmäßig informiert.

Kritisch ist anzumerken, dass die Regeln zur Notationsbildung zahlreiche Ausnahmen aufweisen und so ihre Anwendung recht kompliziert ist. Zweitens ergeben sich inhaltliche Schwächen, so etwa die ungleichmäßige Abbildung von Fachgebieten in unterschiedlich große Gruppen (Sprach- und Literaturwissenschaft als relativ kleine Domänen werden genauso wie Naturwissenschaften oder Technik in je eine Hauptklasse abgebildet, neue Fachgebiete wie etwa die Informatik sind erst als Untergruppe einer Sektion der ersten Hauptklasse (Allgemeines) vermerkt, obwohl konkrete Bezüge zur Mathematik (500-600) und Technik (600-700) bestehen. Dem könnte jedoch abgeholfen werden, indem die sprachspezifischen Klassenbezeichnungen, welche bekannt sind, in Form eines Thesaurus zur Verfügung gestellt werden, so dass ein anwenderseitig ausgewähltes Fachgebiet direkt über die gewählte Bezeichnung mit der (für den Nutzer unsichtbaren) entsprechenden Notation assoziiert wird. Damit kann ein zu klassifizierendes Medium automatisch in eine systemseitig generierbare Klassifikationshierarchie eingeordnet werden. Dieser Thesaurus muss allerdings ebenfalls regelmäßig entsprechend der Überarbeitung, also spätestens bei der nächsten Neuauflage, angepasst werden. Hierbei ist jedoch unklar, ob dabei eine Neuerfassung der bisher indexierten Medien nötig ist. Nur falls eine oder mehrere bisherige Klassen auf eine neue Klasse abgebildet werden, lässt sich dieser Vorgang automatisieren. Ein weiteres Problem bezüglich der Entwicklung spezifischer Fachgebiete ist ihre korrekte Einordnung, insbesondere bei interdisziplinären Bereichen (etwa der Bioinformatik), so dass zu einer logischen

Oberklasse gehörenden Bereiche in unzusammenhängende Teilbäume der Hierarchie eingeordnet sind.

4.1.3.2 Die Universale Dezimalklassifikation (UDC)

Der Ursprung der UDC liegt im Dewey-Klassifikationssystem, dieses wurde gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts mit Zustimmung von Dewey von P. Otlet und H. LaFontaine angepasst, um die Grundlage zu einer sachlich geordneten, weltweiten Bibliographie zu legen. Seit 1992 ist ein eigenes Konsortium mit der Pflege und Erweiterung der Klassifikation betraut, welches aus der Federation Internationale de Documentation (FID) sowie nationalen Organisationen besteht. Diese vertreten nationale Herausgeber und Arbeitsgruppen, welche für die länderspezifischen Ausgaben verantwortlich sind.

Das Klassifikationsschema beschränkt sich nicht nur wie DDC auf die Kodierung einzelner Klassen als Ziffern, sondern es ist mittels Sonderzeichen möglich, eine gewählte Klasse auf beliebiger Hierarchieebene anhand ihrer Relation zu einer anderen gegebenen Klasse zu spezifizieren. Dazu notiert man zwischen beiden Klassen das jeweilige Relationensymbol, wie die folgende Tabelle anhand von Beispielen (teilweise aus [No99]) verdeutlicht. Diese Erweiterungsmöglichkeit bezieht sich jedoch nur auf bestimmte Klassen. Zum einen gibt es klassenübergreifende Erweiterungen, man spricht hier von allgemeinen Anhängezahlen, andererseits aber auch klassenspezifische Erweiterungen (besondere Anhängezahlen). Erweiterungen von Sektionen (also Klassen auf der dritten Hierarchieebene) werden mit einem Dezimalpunkt wie bei DDC angefügt. Die Notation ist somit übersichtlicher und ausdrucksstärker als bei einer rein hierarchischen Klassifikation, man spricht deshalb auch von der Klassenbildung durch Postkombination, indem Basisklassen durch Anhängezahlen erweitert werden.

Die Hauptklassen sind bis auf die Integration von Sprach- und Literaturwissenschaft identisch mit DDC, so dass die dadurch freigewordene Hauptklasse gegebenenfalls neu besetzt werden kann. Die UDC besteht also aus einer Haupttafel, welche in unterschiedlich umfangreichen Ausgaben herausgegeben wird und in der aktuellen Standardversion[111] über 61.000 Klassen umfasst, ferner den Regeln und Symbolen für die Verknüpfung mehrerer Klassifikationsnummern, den allgemeinen sowie besonderen Anhängezahlen sowie einem Register.

---

[111] Die vollständige Fassung umfasst schätzungsweise 220.000 Unterklassen, ist aber wegen ihres Umfangs kaum noch sinnvoll zu handhaben.

Das Schema wird von einem eigenen Konsortium jährlich aufgrund der eingegangenen Vorschläge zur Verfeinerung und Anpassung revidiert und erweitert. So ist etwa die Klassifizierung für die Bereiche Informatik, Physik und Chemie in den letzten 5 Jahren komplett neugestaltet worden, dies reflektiert zum einen die rapide Entwicklung neuartiger Forschungsgebiete insbesondere in den Naturwissenschaften, zum anderen Bestrebungen, mit anderen Standards besser zu harmonisieren. Speziell bezüglich der besonderen (also klassenspezifischen) Anhängezahlen ist eine kontinuierliche und sehr aufwändige Revision und Anpassung nötig. Somit fällt der Umfang des Regelwerks zur Universalen Dezimalklassifikation wesentlich größer aus, so dass es zwar zum einen schwieriger ist, die anwendbaren Regeln zu überblicken, zum anderen aber wegen der speziellen Anhängezahlen der konkrete Prozess der Klassifikation wesentlich erleichtert wird.

Symbol	**Funktion**	**Beispiel**	
+	Konkatenation ohne besondere Relation	159.9+37	Pädagogik und Psychologie
/	Zusammenfassung mehrerer Klassen	592/599	Systematische Zoologie
:	Beziehung zwischen Klassen	070:32	Journalismus und Politik
[ ]	Subordination	31:[622+669] (485)	Statistik des Bergbaus und der Metallurgie in Schweden
::	Verschmelzung zweier Einzelbegriffe	61::796	Sportmedizin
=	Sprache	821=20	Englischsprachige Literatur
(0xx)	Form	78(051)	Musikzeitschriften
(xxx)	Ortsangabe	75(931)	Malerei Neuseelands
(=xx)	Ethnische Gruppen	176(=956)	Sexualmoral der Japaner
"xxx"	Zeitliche Angaben	17"20	Ethik im 21. Jahrhundert
*	Codes und Notationen	546.42.027*90	Strontium 90
A..Z	Alphabetische Erweiterung	75REM	Gemälde Rembrandts
.00x	Gesichtspunkt	329.001.7	Reform der politischen Parteien
-05	Personen-Spezifikation	659.113.7-053.5	Werbeerfolg bei Kindern im Schulalter

Tabelle 4.3: Regeln und Symbole für die Verknüpfung der Klassifikationsnummern der Universalen Dezimalklassifikation

Neben dem oben erwähnten GERHARD-Dienst wird UDC im OPAC-Katalog der ETH Zürich und ihrer Kooperationspartner eingesetzt[112]. Damit ist es gegenüber DDC wesentlich einfacher, das Schema neben der verbalen Sacherschließung als allgemeines Klassifikationsverfahren in deutschen Bibliotheken einzuführen. Allerdings spricht dagegen, dass die Terminologie teilweise veraltet und somit aus wissenschaftlicher Sicht nicht mehr sachgerecht ist. Dazu kommt, dass die Aktualisierung der Klasseneinteilung wegen der Revision der Anhängezahlen sehr langsam verläuft, so dass viele Hauptklassen auf dem Stand der 70er und 80er Jahre sind. Die Klassenbildung durch Postkombination ist trotz der verfügbaren Regeln hauptsächlich ein intellektueller Prozess, damit aufwändig und schlecht zu automatisieren.

4.1.3.3 Andere bibliothekarische Klassifikationsschemata

Proprietäre Methoden zur Klassifikation spielen mit der Einführung von Verbundkatalogen eine untergeordnete Rolle und werden im allgemeinen ergänzend genutzt, um die lokale Einordnung der Medien abzubilden, da sie zwar den lokalen Bedürfnissen ideal entsprechen, aber inkompatibel zueinander sind. Aus diesem Grund orientieren sich individuelle „Haussystematiken" zumeist formal und inhaltlich an dem Schema der Library of Congress.

Ein Kompromiss zwischen universalen und fachspezifischen Methoden stellen verbundorientierte Klassifikationen dar, die zum einen regionale und nationale Bedürfnisse abbilden, zum anderen aber auch einen breiten Gültigkeitsbereich aufweisen, da sie in Kooperation aller Verbundpartner entstanden sind. Wegen der überschaubaren Menge an Anwendern ist eine vergleichsweise rasche Anpassung an sich abzeichnende Entwicklungen möglich. Schließlich ist der Umfang aller Klassen geringer, wenn sie sich nur auf spezielle Publikationsformen – wie etwa wissenschaftliche Literatur bei RVK und BK – spezialisieren und damit besser zu handhaben als universelle Verfahren.

Die Regensburger Verbundklassifikation (RVK)

Die Regensburger Verbundklassifikation wird seit den 60er Jahren als universelle Aufstellungssystematik für Hochschulen mit regionalem Schwerpunkt in Bayern, Sachsen, Berlin und Brandenburg eingesetzt. Sie besteht aus 34 Fachsystematiken, die unabhängig voneinander entstanden sind und kontinuier-

---

[112] Die Entwicklung lief unter dem Akronym ETHICS beziehungsweise ETHICSplus an der ETH Zürich und wird gegenwärtig als NEBIS (Netzwerk von Bibliotheken und Kommunikationsstellen in der Schweiz) weitergeführt.

lich weiterentwickelt werden. Dies hat einerseits zur Folge, dass die einzelnen Systematiken sehr unterschiedliche Spezialisierungsgrade aufweisen, zum anderen tauchen einige der insgesamt etwa 118.000 Klassen an verschiedenen Stellen im Hierarchiebaum auf, so dass man von einer Polyhierarchie spricht. Die Grundnotation entsteht, indem man die mit bis zu zwei Buchstaben abgekürzte Fachsystematik um drei bis sechs Zahlen ergänzt, die zur Verfeinerung einer Systematik verwendet werden. Hierbei bilden aufeinanderfolgende Zahlen die einzelnen Hierarchiestufen ab, so dass die Notation nicht den Rang in der Hierarchie abbildet. Die Tiefenhierarchie kann so bis zu dreizehn Ebenen aufweisen, wobei die Klassifizierungskriterien sehr unterschiedlich sein können, beispielsweise spielen in den Geisteswissenschaften historische und geographische Kriterien eine wichtige Rolle. Die Verschränkung von klassifikatorischer und verbaler Erschließung wird erreicht, indem der verwendete Wortschatz mit der Schlagwortnormdatei abgeglichen wird. Über das Register zur Systematik, welches etwa 100.000 Einträge umfasst, kann man also eine gegebene Klasse direkt mit einer passenden Schlagwortkette assoziieren. Ende 1996 waren etwa 5.5 Mio. Titel mit Hilfe der RVK erschlossen. Nachteile sind die fehlende Internationalität, die Inkompatibilität zu Daten von der Deutschen Bibliothek Frankfurt/Main (DDB), die sehr ungleichgewichtige Gliederung und Strukturierung und die Inkompatibilität zu anderen Indexierungsverfahren. Dennoch wird die RVK mittlerweile von 33% aller wissenschaftlichen Bibliotheken mit stark steigender Tendenz genutzt.

Die Basisklassifikation (BK) des Gemeinsamen Bibliotheksverbunds

Die im Gemeinsamen Bibliotheksverbund (GBV) der Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen gebräuchliche Basisklassifikation (BK) wurde von der niederländischen Basisklassifikation abgeleitet. Dieses noch recht junge Schema, dass zwischen 1986 und 1991 entwickelt wurde, ist eine polyhierarchische Klassifikation, die für die Recherche in OPACs wissenschaftlicher Bibliotheken in Verbindung mit der Schlagwortsuche entwickelt wurde und hat somit praktisch keine eigenständige Erschließungsfunktion. Aus diesem Grund weist sie eine geringe Gliederungstiefe und damit auch Anzahl unterschiedlicher Klassen auf, deren Rolle es vor allem ist, den fachlichen Kontext für präzisierende verbale Einträge zu liefern. Insbesondere wurde im Laufe der Anpassung eine Umstrukturierung und einzelne Unterteilung vorhandener Klassen nach geographischen und temporalen Aspekten notwendig, die 1995 abgeschlossen wurde.

Die Basisklassifikation gliedert sich in 5 Großgruppen (Allgemeines, Geistes-, Naturwissenschaften, Technik, Sozialwissenschaften), die aus insgesamt 48 Hauptklassen bestehen. Zur Gliederung werden fast ausschließlich sachliche Kriterien angewendet, geographische und historische Kriterien findet man in den

geisteswissenschaftlichen und historischen Fächern. Jede dieser Klassen hat eine aus zwei Stellen bestehende Nummer, insgesamt gibt es vier Hierarchiestufen, so dass sich insgesamt 2100 Klassen ergeben. Notiert wird eine Klasse, indem auf die Nummer der Hauptklasse nach einem Dezimalpunkt eine zweite Gruppe von zwei Ziffern folgt. Hierbei gilt die Einschränkung, dass bei der weiteren Unterteilung höchstens zehn Klassen eine gemeinsame Oberklasse aufweisen dürfen. Ein Register ist nicht verfügbar. Der Grad der Unterteilung einzelner Hauptklassen ist sehr inhomogen, so dass sich das Schema abhängig vom jeweiligen Fachgebiet unterschiedlich gut eignet. Wegen der direkten Koppelung an ergänzende verbale Indexierungsverfahren sowie der geringen Gliederungstiefe eignet sich die BK nur bedingt auch als Aufstellungssystematik und wird dementsprechend nur von 15% aller wissenschaftlichen Bibliotheken angewendet.

Die Informatik-Klassifikation der ACM

Als Beispiel für ein fachspezifisches Schema wird abschließend die Klassifikation der Association of Computing Machinery erwähnt, nach der viele Informatik-Fakultäten ihre Publikationen indexieren. Dieses monohierarchische System wurde 1964 eingeführt und 1982 komplett revidiert. Die mittlerweile vierte Überarbeitung auf der Basis dieser Version ist 1998 abgeschlossen worden. Bei einer Bearbeitung werden die 11 Hauptklassen, welche mit lateinischen Großbuchstaben (A – K) abgekürzt werden, nicht verändert. Die Anzahl der jeweiligen Unterklassen ist nicht begrenzt, diese werden enumerativ fortgesetzt. Zu jeder Hauptklasse existiert eine Unterklasse für Verschiedenes (abgekürzt mit m) für Objekte, die in eine Hauptklasse, aber in keine existierende Unterklasse einzuordnen sind. Außerdem existieren zu jeder elementaren Klasse eine Reihe von Deskriptoren, welche die Eigenschaften der einzuordnenden Publikationen näher beschreiben, so dass sich ein vierstufiges Schema ergibt mit insgesamt über 2.200 Klassen. Die meisten Änderungen ergeben sich auf der niedrigsten Hierarchieebene, diese sind vor allem technologisch begründet, etwa durch die Popularisierung von Multimedia-Systemen oder durch abnehmende Relevanz von Minirechnern. Einmal vergebene Klassen werden jedoch aus Gründen der Rückwärtskompatibilität nicht gelöscht, sie sollen aber für die zukünftige Erschließung nicht mehr verwendet werden. Ergibt sich die Notwendigkeit, eine elementare Klasse weiter zu differenzieren, so wird diese als Klasse auf der nächsthöheren (also meistens der dritten) Ebene neu eingeführt. In der Praxis wird jede Publikation für eine Aufstellungssystematik vor Ort in genau eine Klasse eingeordnet, im allgemeinen werden jedoch mehrere passende elementare Klassen angegeben, da ein Medium häufig mehrere Aspekte thematisch verarbeitet, so dass es über multiple Klassifikationsketten erschlossen werden kann. Für die lokale Aufstellung ist dann bei multiplen Angaben eine Primärklasse zu selegieren.

4.1.4 Das Z39.50-Protokoll

Mit Hilfe des im Bibliothekswesen verbreiteten Protokolls Z39.50 werden Basisfunktionen eines Information Retrieval-Systems realisiert, nämlich die Selektion aus einer Menge an Datensätzen und deren Übermittlung zum Anwender, als Teil eines lokalen Bibliotheks-Katalogs anwendbar auf entfernte und verteilte Datenbank-Systeme. Z39.50 ist definiert als OSI-Anwendungsprotokoll (Ebene 7 des ISO/OSI-Modells), wird aber in nahezu allen Implementierungen als Internet-Protokoll angewendet, wobei die einzige Anforderung an niedere Dienste eine Vollduplex-Bytestream-Verbindung wie etwa TCP ist. Die Übersetzung der Anfrage zwischen (anfragendem) Client und (informationsverarbeitenden) Server erfolgt über eine geeignete Transfer-Syntax (RPNQuery[113]), deren Mächtigkeit zumindest theoretisch eine Abbildung aller möglichen und denkbaren Abfrage-Syntaxen erlaubt. Im Gegensatz etwa zu HTTP handelt es sich um ein verbindungs- und zustandsorientiertes Protokoll. Z39.50 regelt Transaktionen in Client-Server-Systemen, nicht jedoch die Verarbeitung der an den Server geschickten Daten oder die Aufbereitung von Datenbankabfrage-Ergebnissen beim Client. Als Basisarchitektur wird angenommen, dass über einen bestimmter Server eine oder mehrere Datenbanken mit definierten Zugriffspunkten angeboten werden.

Die wichtigsten Dienste von Z39.50-Implementationen sind

- **Initialisierung** (INITIALIZE): Über diesen Dienst authentifiziert sich die Client-Anwendung gegenüber der genutzten Anwendung des Servers, zusätzlich werden für die Dauer der Verbindung gültige protokollspezifische Parameter ausgehandelt wie beispielsweise Version des Protokolls, anwendbare Dienste, Sprache sowie die Authentifizierung des Nutzers.
- **Suche** (SEARCH): Definition komplexer, strukturierter Abfragen an eine oder mehrere Datenbankdienste über eine generische Transfer-Syntax. Das Ergebnis einer Suche ist eine Menge von Datensätzen (result sets), die den in der Abfrage spezifizierten Kriterien genügen. Diese stehen serverseitig zur Übertragung bereit und können weiter verfeinert werden. Zur weiteren Unterscheidung besteht jedes Element aus einem Suchergebnis aus einem Tripel (*n*,*db*,*id*), wobei *n* die Position des einzelnen Ergebnisses in der zurückgelieferten Liste anzeigt, *db* der Name der Datenbank, von der das

---

[113] RPN steht für Reverse Polish Notation, dies ist die umgekehrt polnische Notation. Dabei wird der Operator einer (binären) Operation jeweils hinter beide Operanden angefügt.

Element zurückgeliefert wird, sowie ein Identifikator *id*, mit dem das Element relativ zur Datenbank *db* adressiert werden kann

- **Präsentation von Suchergebnissen** (PRESENT): Über diesen Mechanismus wird die Übertragung von Suchergebnissen angefordert. Es können Inhalt und Format der zurückgegebenen Datensätze definiert werden, so etwa die Rückgabe von Teilmengen (beispielsweise Werte 10 bis 20). Übersteigt eine angeforderte Ressource die maximale Größe einer einzeln zurücklieferbaren Nachricht (*message*), muss diese segmentiert werden, so dass dem Anwender mehrere Datenpakete geliefert werden[114].
- **Management von Suchergebnissen**: Es können Suchergebnisse erzeugt, benannt, gespeichert und selegiert werden. Auf diese Weise kann ein Client neue Suchkriterien auf ein gespeichertes Suchergebnis anwenden, etwa um es zu verfeinern, zu erweitern oder zu ergänzen, oder es können Suchergebnisse verschiedener angefragter Server gemischt werden.
- **Ressourcen-Verwaltung**: Für zugangsbeschränkte Datenbestände kann bezogen auf einzelne Operationen der Zugriff geregelt werden, dies ist insbesondere wichtig für kostenpflichtige Datensätze, beispielsweise Fachinformations-Datenbanken
- **Transaktions-Verwaltung**: Es kann eine Statistik der von einem Client aus erfolgten Datenbankabfragen verwaltet werden, so dass mit Hilfe der jeweiligen Abrechnungs-Schemata benutzer- oder institutionsbezogene Rechnungen erstellt werden können.
- **Datenbank-Verwaltung**: Es können zur Wartung von Datensätzen notwendige Operationen (Löschen, Erweitern, Aktualisierung) durchgeführt werden.
- **Abbruch der Verbindung**: Dadurch kann eine initiierte Verbindung aus verschiedenen Gründen (Ende der Aktionen, Timeout, Sicherheitsverletzungen, Protokollfehler, Überschreitung eines zeitlichen Limits) vom Client oder Server selbständig abgebrochen werden, indem zuvor alle aktiven Operationen terminiert werden. Dies muss keine Terminierung der Netzwerk-Verbindung nach sich ziehen[115].

---

[114] Die hier vorzunehmende Segmentierung hat keine Beziehung zu der vom TCP-Protokoll durchgeführten Aufteilung in kleine, numerierte Datenpakete, die beim Client wieder zusammengesetzt werden.

[115] Genauer: Jede Sitzung zwischen Aufbau und Abbruch der Netzwerkverbindung umfaßt genau eine anwendungsbezogene Verbindung (*a-association*), die mehrere protokollbezogene Verbindungen (*z-association*) umfassen kann. Letztere können

Das Protokoll definiert darüber hinaus eine generische Abfragesprache, um systemabhängig definierte Abfragen eines Nutzers in ein allgemeines Format abzubilden. Sie muss mächtig genug sein, um die Abfrage-Syntax zwischen verschiedenen Systemen korrekt abbilden zu können und umfasst beispielsweise eine Definition der nutzbaren Attribut-Namen, aber auch nutzbare Relationen, Positionen innerhalb eines Feldes, Strukturattribute wie Phrasensuche, Wortsuche oder Freitext, Trunkierungen sowie Vollständigkeit von Suchfeldern. Daneben können verschiedene Transfer-Formate zwischen Server und Client spezifiziert werden (etwa MARC für bibliographische Daten oder GRS-1[116] für generische, insbesondere auch multimediale Daten), eine Sprache, die definiert, wie Datensätze eines Abfrageergebnisses zwischen Server und Client transferiert werden, sowie einen Mechanismus EXPLAIN, mit dem Informationen über die Dienste des Server-Systems abgefragt werden können. Dies sind beispielsweise verfügbare Datenbanken, ihre Schnittstellen, Betriebszeiten und -kosten sowie andere Informationen wie sie für die automatische Anpassung von Clients, die auf Server mit heterogenen Datenbanksystemen zugreifen, benötigt werden.

Um die Semantik der angefragten Datenbanken zu reflektieren, definiert ein Server Zugangspunkte (*access points*), die wohldefinierten Attributen entsprechen, auf denen zu suchen ist (etwa der Titel oder der Autor einer Publikation), die jedoch nur für den Nutzer von Bedeutung sind. Die Felder eines Suchformulars, die ein Nutzer passend ausfüllt, sind dann mit den passenden Zugangspunkten assoziiert, so dass die Eingabe mechanisch in eine Abfrage gemäß Z39.50 übersetzt werden kann. Für jede Datenbasis, die mit unbekannten Attributen operiert, muss diese Verbindung mit einer wohldefinierten Semantik für den Nutzer neu definiert werden. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, die Zugangspunkte gemäß eines universell gültigen Standards definieren zu können, da erst hiermit Interoperabilität zwischen Datenbanken und verteilte Suche in heterogenen Medienspeichern ermöglicht werden. Dazu genügt es, wenn der Anbieter der Datenbank die intern verwendeten Datensätze auf die im Standard vereinbarten Felder abbildet.

Der WAIS-Dienst[117], der die Suche auf verteilten Datenbanken über einen WWW- oder Telnet-Client ermöglicht, nutzt zur Kommunikation eine

---

sowohl vom Client wie auch vom Server abgebrochen werden, und eine einmal terminierte *z-association* kann nicht wieder aufgebaut werden. Eine z-association umfaßt mehrere konsekutive oder parallele Z39.50-Operationen.

[116] Generalized Record Syntax One

[117] Wide Area Information Servers

Teilmenge der Operatoren des Z39.50-Protokolls, insbesondere werden keine Befehle genutzt, die zustandsorientiert den Datenbankserver abfragen. Andererseits wird das Protokoll erweitert durch Operatoren, mit denen eine Ergebnismenge zu einer Anfrage geordnet an den Client zurückgegeben werden kann (*relevance feedback*), welche ihrerseits in die Version 2 von Z39.50 integriert wurden. Ein WAIS-System besteht also aus einer Reihe von Clients, die über das TCP/IP-Protokoll einen Server kontaktieren. Dieser beantwortet (Freitext-)Suchanfragen mit Hilfe von Indexfiles textueller Dokumente. Hierbei kann eine Liste von Stoppwörtern genutzt werden, die zur Folge hat, dass Wörter eines Dokuments, die in dieser Liste vorkommen, nicht in den Index aufgenommen werden[118]. Eine Menge von Dokumenten zusammen mit ihrem assoziierten Index nennt man eine WAIS-Datenbank. FreeWAIS-sf[119] erweitert WAIS um die Möglichkeit, spezielle Suchfelder (*structured fields*) für die indexierten Dokumente zu spezifizieren, so dass strukturierte Dokumente schneller und gezielter durchsucht werden können. Dazu werden während des Indexierens für jedes Feld separate Indizes aufgebaut, auf die auch komplexe Boolesche Suchanfragen angewendet werden können. Als Nachteil ist zu nennen, dass die parallele Suche auf verteilten Datenbasen mit heterogenen Schemata nur noch eingeschränkt möglich ist. Aus diesem Grund wurde als Erweiterung das Gateway SFgate implementiert, welches als Schnittstelle zwischen dem Anfrageformular des Clients und dem angefragten (WAIS)-Server die Aufgabe hat, einerseits die über ein HTML-Formular eingegebenen Anfragen an mehrere Server passend für jede assoziierte Datenbank zu transformieren und die Suchergebnisse entsprechend ihres Rankings[120] zu mischen und über das HTTP-

---

118 Beispiele für Stoppwortkandidaten sind Artikel, Adverbien, Präpositionen oder Numerale.

119 Sowohl freeWAIS-sf wie auch SFgate sind vom Lehrstuhl Informationssysteme der Universität Dortmund entwickelt worden.

120 Der jeweilige Wert wird von freeWAIS-sf mit Hilfe des Vektorraummodells berechnet. Danach kann sowohl die Anfrage als auch das Dokument als Vektor von Gewichten modelliert werden, die jeweils mit Merkmalen (beispielsweise Begriffe oder Schlüsselwörter) der Dokumentenmenge assoziiert werden. Sei hierzu $D=(d_1, \ldots, d_m)$ eine endliche Menge von (suchbaren) Dokumenten, sowie $T = (t_1, \ldots, t_n)$ eine endliche Menge von Termen aus der Anfrage. Dann ist zu jedem Term t_k aus T $w_{i,k}$ das Gewicht des Terms t_k bezüglich des Dokuments d_k. Die Gewichte des Dokuments d_i werden zum Vektor $d_i = (w_{i,1}, \ldots, w_{i,n})$ zusammengefaßt, er beschreibt also das Dokument im Vektorraummodell und wird deswegen Dokumentenvektor genannt. Der Vektor $Q = (q_1, q_2, \ldots, q_n)$, der die Wichtigkeit der einzelnen Query-Terme modelliert, wird dementsprechend als Anfragevektor bezeichnet. Um die Güte zwischen Abfrage und geliefertem

Protokoll pro Eintrag eine Kopfzeile (etwa die Überschrift oder ein kurzer textueller Auszug) an den Nutzer zurückzuliefern und beispielsweise als HTML-Seite aufzubereiten. Technisch gesehen wird eine Suchanfrage über das Common Gateway Interface (CGI) an das die Anfrage verarbeitende Skript weitergeleitet, welches gleichzeitig die selegierten Datenbank-Server kontaktiert. Wenn daraufhin ein Eintrag ausgewählt wird, kontaktiert das Gateway den Server, von dem die jeweilige Antwort herrührt, damit dieser die damit assoziierten Dokumente zurückliefert, um sie dann vom Client anzeigen zu lassen.

4.1.5 Standardisierter Austausch von Metadaten: Bibliothekarische Ansätze

Die Untersuchung von Austauschformaten für Metadaten zur Beschreibung von Ressourcen zeigt, dass im angelsächsischen Raum das MARC-Format und dessen Derivate verwendet werden, in Deutschland benutzt man ein dazu

---

Dokument zu bezeichnen, nutzt freeWAIS-sf das Kosinusmaß, welches den Kosinus des Winkels zwischen Dokumenten- und Anfragevektor ausdrückt: Zu einem Dokument d_i berechnet sich das Skalarprodukt zwischen Q und d_i als

$$Q * d_i = \|Q\| * \|d_i\| * \cos(\varphi)$$

wobei φ der Winkel zwischen den Vektoren Q und d_i ist. Wenn $\|x\|$ die euklidische Norm des Vektors x bezeichnet, die sich berechnet als $\|x\| = \mathrm{sqrt}(\Sigma_{i=1,n} x_i^2)$, so ergibt sich nach Auflösen der obigen Gleichung nach $\cos(\varphi)$ der Ausdruck

$$\cos(\varphi) = (\Sigma_{k=1,n} q_k * w_{i,k})/\mathrm{sqrt}(\Sigma_{k=1,n} w_{i,k}^2 \Sigma_{k=1,n} q_k^2)$$

Als Gewicht wird zumeist das Produkt aus Termhäufigkeit im Dokument d_i und inverser Dokumentenhäufigkeit (*inverse document frequency*, idf) eingesetzt. Sei im folgenden $f_{i,k}$ die absolute Anzahl an Vorkommen des Terms t_k im Dokument d_i, m die Anzahl der Dokumente sowie n_k die Zahl der Dokumente, in denen der Term t_k vorkommt. Dann berechnet sich das Gewicht als

$$W_{i,k} = f_{i,k} * \mathrm{idf} = f_{i,k} * \log_2(m/n_k)$$

Das Ähnlichkeitsmaß als der Kosinus des Winkels φ zwischen dem Anfragevektor und dem Dokumentenvektor ist theoretisch durch das Intervall [-1,1] beschränkt, nimmt man jedoch an, dass alle Gewichte $W_{i,k} \in \mathbf{R}^+$ nichtnegative Werte annehmen, so erhält man als Wertebereich das Intervall [0,1]. Der Wert für das Kosinusmaß ist also umgekehrt proportional zum Winkel, so dass dieser umso größer ist, je geringer das Ähnlichkeitsmaß zwischen beiden Vektoren ist. Eine maximale Übereinstimmung ergibt sich also, wenn die Anfrage- und Dokumentvektor gleiche Ausrichtung haben. Alternativ dazu kann man dieses Maß auch als euklidisch normalisiertes Skalarprodukt zwischen beiden Vektoren interpretieren.

korrespondierendes eigenes Format (MAB). Daneben ist in den letzten fünf Jahren speziell im Zusammenhang mit digitalen Medien ein Ansatz zur allgemeinen Beschreibung der wichtigsten Aspekte einer Ressource weiterentwickelt und verfeinert worden (Dublin Core), welcher anschließend vorgestellt wird. An dieser Stelle werden auch zahlreiche praktische Probleme im Umgang mit den dort definierten Feldern diskutiert, angefangen bei der Frage, welche Aspekte denn für die Beschreibung einer Ressource ausreichend sind.

Als Kriterium dieser Auswahl wurde abgesehen davon aufgestellt, dass das Schema standardisiert (de facto oder de jure) beziehungsweise im Prozess der Standardisierung und langfristig nutzbar, also weitgehend unabhängig von technischen Randbedingungen sein soll. Dafür lassen sich konkret folgende Forderungen aufstellen:

- **Allgemeingültigkeit:** Unabhängig von der jeweiligen Domäne muss sich eine digitale Ressource präzise beschreiben lassen, um innerhalb eines Datenbestandes auffindbar zu sein.
- **Interoperabilität:** Ein allgemein anerkannter Standard muss sinnvollerweise die einfache Migration von bestehenden (möglicherweise proprietären) Archivierungsformaten erlauben, um die mehrfache Indexierung bestehender Dokumentenarchive zu vermeiden. Man unterscheidet hier zwischen *struktureller* und *syntaktischer Interoperabilität* (Nutzbarkeit von technisch unterschiedlich gespeicherten Daten), *medialer Interoperabilität* (Nutzung der mit den Ressourcen verknüpften Medien auf verschiedenen Rechnerarchitekturen[121]) und schließlich *multilingualer Interoperabilität* (Einbettung von Daten innerhalb sprachlich unterschiedlicher Systeme[122]). Der Aspekt der Interoperabilität ist auch hinsichtlich der Systemumgebungen möglicher

---

121 Dieser Problemkreis ist ausführlich im Kapitel 3 besprochen, das sich mit der Unterstützung der Dokumentenerstellung befaßt.

122 Dieses Problem ist ein speziell für europäischen Informations- und Dokumentenaustausch relevanter Aspekt, weil im Unterschied zur angelsächsischen Welt sich auf einem geringem geographischen Raum unterschiedliche sprachliche Kulturen angesiedelt haben. Auch wenn die lingua franca der Wissenschaft oft Englisch ist, so ist für den Endnutzer die Recherche in der ihm am meisten vertrauten (Mutter-) Sprache am effizientesten durchzuführen. Verschärft wird dieses Problem noch in mehrsprachigen Nationen, wie etwa der Schweiz oder Belgien. Ein multilingualer Informationsaustausch, unterstützt durch automatische Übersetzungsverfahren, erleichtert die Erfassung und Speicherung interoperabler Ressourcen, da der Aufwand der Mehrfachindexierung sowie die Abstimmung zwischen inhaltlich gleichen, aber sprachlich unterschiedlichen Versionen entfällt.

Anwender relevant, vor allem wenn die Nutzerebene web-basiert implementiert ist[123].

- **Erweiterbarkeit:** Ein Metadaten-Standard muss es erlauben, lokale und problemangepasste Ergänzungen zu definieren und gegebenenfalls zu implementieren, des weiteren kann die Entwicklung neuartiger bibliographischer Dienste eine Ausweitung des Metadaten-Bestands erforderlich machen.
- **Nachhaltigkeit:** Um längerfristig gültig zu sein, muss die Definition eines Standards unabhängig von der späteren Implementierung sein. Nur damit wird langfristig die technologisch regelmäßig erforderliche Migration von Datenbeständen auf neue Systeme ermöglicht.

4.1.5.1 MARC und UNIMARC

Das Format MARC (MAchine Readable Catalogue) ist ursprünglich im Bibliothekswesen eingesetzt worden, um automatisch verarbeitbare Bezeichner mit den Komponenten eines bibliographischen Katalogs assoziieren zu können. 1955/56 entwickelte die Library of Congress dieses Format, um die Möglichkeiten zur Erstellung maschinenlesbarer Katalogdaten zu untersuchen. Ähnliche Bestrebungen in Großbritannien zur Erstellung der britischen Nationalbibliographie (BNB) führten ab 1968 zu einer Kooperation beider Länder, um MARC als universelles Austauschformat bibliographischer Objekte zu definieren. Ableitungen hiervon (etwa UKMARC, INTERMARC, USMARC) entstanden, um nationale Besonderheiten des Katalogisierungsprozesses abbilden zu können, was die Austauschbarkeit erschwerte und Konvertierungsprozesse erforderte, um die Interoperabilität bibliographischer Daten zu ermöglichen. Um die nötigen Übersetzungsprozesse zwischen den jeweils speziellen MARC-Derivaten auf je zwei zu beschränken, schuf die *International Federation of*

---

[123] Bezüglich der Nutzerebene ist nicht nur das Retrieval von Medien zu betrachten, die ihre Visualisierung selbst definieren, sondern auch Anwendungen, deren Aufbereitung abhängig von benutzerseitig definierbaren Kriterien beziehungsweise technisch gegebenen Voraussetzungen durchgeführt wird. Zum dazu nötigen Abgleich ist ein Kommunikationsprotokoll nötig, welches die Verständigung von Nutzersystem und Ressourcenspeicher ermöglicht. Beispielsweise könnte eine Dokumentenverwaltung abhängig von den multimedialen Kapazitäten des Nutzersystems ein angefordertes Video mit jeweils passenden Frameraten übermitteln, oder aber Rohdaten, die nutzerseitig aufbereitet werden, können in jeweils passender Dichte und Komplexität übermittelt werden. Diese Aspekte werden etwa im Rahmen des Forschungsbereichs Human-Computer-Interaction (HCI) und im Kontext der Visualisierung komplexer Systeme beleuchtet.

Library Associations and Institutes (IFLA) 1977 das Austauschformat UNIMARC[124], welches es ermöglichte, jede beliebige Variante in dieses Meta-Format abzubilden und von dort aus wiederum in eine andere Variante abzubilden und somit den internationalen Austausch von Daten in maschinenlesbarer Form zwischen nationalen bibliographischen Institutionen erleichterte. Eine neue Beschreibung des Formats wurde 1987 nötig, um andere Dokumente als Monographien und Zeitschriften einbeziehen zu können. Damit konnte UNIMARC als Methode zur Entwicklung neuer, maschinell verarbeitbarer bibliographischer Formate genutzt werden.

Alle Elemente des Datensatzes müssen in einem oder mehreren wohldefinierten ISO[125]-konformen Zeichensätzen formuliert sein. Die verwendete Struktur eines Datensatzes ist eine Implementierung des Formats für bibliographischen Informationsaustauschs auf Magnetband (ISO 2709-1981).

Block		**Beispiel**	
0	Identifizierung	010	ISBN-Nummer
1	Kodierte Information	101	Sprache
2	Deskription	205	Information des Herausgebers
3	Kommentar	336	Speicherformat
4	Verweise	452	Publikationsvariante
5	Verwandter Titel	516	Kurztitel
6	Themenbereich	676	Klassifikation nach Dewey
7	Verantwortlichkeit	700	Name des Autors / Übersetzers
8	Internationaler Gebrauch	801	Quelldokument
9	Lokale Angaben	–	–

Tabelle 4.4: Blöcke des MARC-Austauschformats

Die entsprechenden Werte der verwendeten Einzelfelder können entweder kodiert sein (beispielsweise Kontrollnummern, Publikationstypen oder Sprache, Blöcke 0 und 1) oder im Falle von bibliographischen Angaben (etwa Autor oder Titel) als Klartext (in den Blöcken 2-9) vorliegen[126].

---

124 UNIversal MARC Format

125 International Standardization Organisation

126 Einige Bezeichner haben als Suffix der ersten Ziffer für alle Gruppen gleiche Bedeutung, beispielsweise 00/Autor, 10/Firmenname, 30/Titel.

Im Kontext elektronischer Publikationen ist zur eindeutigen Identifikation einer Ressource das Feld 856 (Uniform Resource Identifier) eingeführt worden, um aufgrund des entsprechenden Eintrags die nachgewiesene Ressource lokalisieren zu können. Die Komponenten des Feldes spezifizieren das notwendige Protokoll zum Aufbau einer Verbindung (e-mail, ftp, telnet, http) oder das MIME-Format. Im Feld 336 wird im Falle einer digital gespeicherten Ressource der Typ angegeben, die ergänzenden technischen Details können im Feld 337 spezifiziert werden.

Jeder bibliographische Eintrag aus einem Feld besteht aus einem numerischen Bezeichner für den entsprechenden Block, einem Indikator (bis zu zwei Ziffern), welcher die Behandlung des jeweiligen Feldes zur Erstellung des Katalogs angibt, pro Feld ein oder mehrere Subfelder zur näheren Spezifikation des Eintrags (gekennzeichnet durch das Dollarzeichen [$] gefolgt von einer Ziffer oder einem Buchstaben). Das Ende eines Feldes wird syntaktisch durch das @-Zeichen markiert. Ähnlich können auch Einträge von Personen oder Örtlichkeiten (nach dem UNIMARC Authorities-Format) verwaltet werden, so dass es etwa möglich ist, das Herkunftsland eines Autors in verschiedenen Sprachen zu speichern[127].

Die somit wohldefinierte Syntax und Semantik einzelner Felder ermöglicht die Suche von Einträgen in einem Bestand bibliographisch erfasster Dokumente im Sinne des Information Retrieval. Zur Anzeige eines spezifischen Eintrags können entsprechend nach lokalen Bedürfnissen spezifische Formate gewählt und definiert werden.

Zusammenfassend ermöglicht das UNIMARC-Format und dessen Derivate, alle wesentlichen bibliographischen Daten, wie sie in Katalogsystemen lokaler Bibliotheken vorkommen, zu speichern und durch entsprechende Retrieval-Werkzeuge such- und erschließbar zu machen. Für die syntaktisch und semantisch korrekte Erfassung ist allerdings das Spezialwissen von bibliothekarisch geschultem Personal notwendig. Angesichts der Tatsache, dass internetgestützt jede Person oder Institution zum Autor werden kann, lässt sich so die entsprechend zu erwartende Flut elektronischer Publikationen nicht befriedigend erfassen, wenn dies nur durch Spezialisten durchgeführt werden kann.

Während die Entwicklung im angelsächsischen Sprachraum durch die Einführung von UNIMARC zueinander kompatibel verläuft, wird in Deutschland seit

---

[127] Somit ist es möglich, dass ein Nutzer, der beispielsweise nach Publikationen über Großbritannien sucht, auch solche Einträge zu präsentieren, deren Themengebiet als Great Britain oder Grande Bretagne angegeben ist.

seiner Entstehung 1973 das MAB (Maschinelles Austauschformat für Bibliotheken) verwendet, welches 1995 angesichts neuer Bedürfnisse, insbesondere hinsichtlich des Datenaustauschs in Online-Umgebungen, zum allgemeinen Kommunikationsformat für Bibliotheken weiterentwickelt wurde (MAB2). Gegenwärtig unterscheidet man Formate für bibliographische Daten, für Personennamen, für Körperschaftsnamen, für Schlagwörter und für Lokaldaten. Jeder MAB-Datensatz besteht aus der Satzkennung fester Länge (24 Zeichen), welche allgemeine Verarbeitungsinformationen und Positionen, welche Funktion und Inhalt des Datensatzes charakterisieren, den variablen Datenfeldern sowie der Satzendekennung. Jedes Feld besteht aus einer Feldnummer (3 Byte), einem Indikator (1 Byte), den eigentlichen Daten und dem Feldendezeichen. Zur Austauschbarkeit mit Daten aus anderen Standardformaten ist es nötig, hier lokale Konvertierungsprogramme in den Meta-Standard UNIMARC nutzen zu können, da eine Neuerfassung nicht praktikabel erscheint. Diese Notwendigkeit wird mit anderen Bibliotheken geteilt, die größtenteils Derivate des MARC-Formats nutzen.

4.1.5.2 Dublin Core: Ein Kern deskriptiver Metadaten

Seit etwa 1995 entsteht in Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaftler und Bibliothekare ein allgemeiner Kern für bibliographische Attribute, der Dublin Core. Mit Hilfe einer von spezifischen Anwendungsgebieten unabhängiger Beschreibung gemeinsamer Metadaten soll der Nachweis, die Erfassung, die Indexierung und die Nutzung digitaler Publikationen erleichtert werden. Zum einen soll dies Autoren und Herausgeber dazu ermutigen, die zum Nachweis erforderlichen Metadaten zusammen mit den jeweiligen Publikationen zu veröffentlichen. Entsprechende Mechanismen zur Bereitstellung dieser Daten sollten dazu idealerweise schon Bestandteil der genutzten Autorenwerkzeuge sein. Dieser Kern der Metadaten könnte dann je nach Anwendung nachträglich entsprechend fachlicher Anforderungen erweitert werden. Dazu einigte man sich in den Anfängen auf fünfzehn Felder, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind. Es handelt sich um primär intrinsische Eigenschaften der Ressource, während extrinsisch motivierte Parameter wie Nutzungskosten, Zugriffsbeschränkungen und andere außerhalb des Standards als anwendungsspezifische und nutzungsabhängige Erweiterungen zu implementieren sind. Hierbei ist die Festlegung der Felder unabhängig von deren konkreten Implementierung, beispielsweise als <META>-Tags in HTML, als CORBA-Objekte oder als Datenbankattribute.

Man kann die Felder der Tabelle 4.5 in drei Gruppen einteilen:

- solche, die sich auf den Inhalt einer Ressource beziehen: TITLE, SUBJECT, DESCRIPTION, SOURCE, LANGUAGE, RELATION, COVERAGE;

- solche, die sich auf ein abstraktes Werk im Sinne eines intellektuellen Besitzes beziehen: CREATOR, PUBLISHER, CONTRIBUTOR, RIGHTS; diese Attribute beziehen sich auf Instanzen oder Institutionen, die Rechte an einer Ressource besitzen oder diese verwalten;
- solche, die sich auf eine konkrete Instanz einer Ressource beziehen, nämlich DATE, TYPE, FORMAT, IDENTIFIER.

Bezeichner	**Bedeutung**
TITLE	Titel des Dokuments oder der Ressource
CREATOR	Autor, Verfasser der Ressource, verantwortlich für deren Inhalt
SUBJECT	Thema, Fachgebiet, Schlag- und Stichwörter
DESCRIPTION	Beschreibung, kurze Inhaltsangabe, Zusammenfassung
PUBLISHER	Verlag, veröffentlichende Instanz oder Institution
CONTRIBUTORS	weitere an der Veröffentlichung beteiligte Autoren oder Mitarbeiter
DATE	Zeitpunkt der Veröffentlichung, der Herausgabe, der Gültigkeit
TYPE	Art der Publikation
FORMAT	technisches Format, beispielsweise MIME
IDENTIFIER	weltweit eindeutige Kennung, beispielsweise ISBN oder DOI (s. unten)
SOURCE	Quelle abgeleiteter Publikationen (beispielsweise den Originaltitel des Buchs zum Film)
LANGUAGE	Sprache, in der die Publikation oder deren Inhalt vorliegt
RELATION	logische Einordnung zu anderen Ressourcen
COVERAGE	zeitliche und räumliche Bezugnahme zu anderen Ressourcen
RIGHTS	Verweis auf die Nutzungsbedingungen eines Mediums

Tabelle 4.5: Dublin Core-Elemente und ihre Bedeutung

Die konzeptuell anvisierte domänenunabhängige breite Anwendbarkeit des Standards wird jedoch mit einigen signifikanten Nachteilen erkauft:

- Alle Felder sind als optional gekennzeichnet, so dass sich keine stringente Vergleichbarkeit mehrerer Instanzen ergibt, da zur Kompatibilität mit dem Standard die Nutzung einer Teilmenge der Attribute ausreicht.
- Weder Syntax noch Semantik der einzelnen Attribute sind durch den Standard festgelegt, so dass die maschinelle Interpretation deskriptiver Felder oder

deren Überprüfung nicht geklärt ist[128]. Über die Einführung der Qualifikatoren konnte jedoch dieser Nachteil relativiert werden.

---

[128] Um diesen Mangel zu beheben, kann in einem sogenannten Schema angegeben werden, nach welchem Standard der Wert eines Feldes zumindest syntaktisch zu interpretieren ist. Beispielsweise könnte zur Angabe des Datums die Norm ISO 8601, oder aber IETF RFC 822 angegeben sein, freilich ist damit noch nicht klar, ob es sich um das Datum etwa der Erstveröffentlichung, der Speicherung einer konkreten Variante oder der Neuauflage einer Ressource handelt. Über sogenannte Qualifikatoren ist es möglich, die Bedeutung einzelner Felder näher zu spezifizieren. Man spricht dann von qualifiziertem Dublin-Core. So existiert beispielsweise für das Feld RELATION der Qualifikator *Type*, um die Art der Relation angeben zu können, wobei folgende Werte angenommen werden können:

- IsPartOf / HasPart spezifiziert eine physische oder logische Enthaltenseinsrelation beziehungsweise deren Umkehrung.
- IsVersionOf / HasVersion deutet zeitliche Relationen zwischen Ressourcen des gleichen Autors an, ohne jedoch die Möglichkeit einer direkten Versio,t nierung zu bieten. Diese ließe sich beispielsweise implementationstechnisch durch Rückbezug auf das Feld DATE realisieren.
- IsFormatOf / HasFormat weist auf Ableitungen nach Beendigung eines Konvertierungsprozesses oder einer technischen Reproduktion hin.
- References / IsReferencedBy kann genutzt werden, wenn etwa der Autor einer Ressource auf eine andere externe Ressource verweist. Die genauere semantische Funktion (beispielsweise Widerspruch oder Erklärung) ist hierbei noch nicht festgelegt.
- IsBasedOn / IsBasisFor wird für die kreative Ableitung einer Ressource aus einer anderen verwendet, etwa um die Beziehung zwischen einer Publikation und dem Drehbuch als Basis für einen Film herzustellen.
- Requires / IsRequiredBy verdeutlicht technische Abhängigkeiten zwischen Ressourcen, etwa der Verweis auf einen Viewer, um ein Dokument lesen oder nutzen zu können.

Mit diesem Beispiel soll verdeutlicht werden, dass durch die Einführung spezifizierender Qualifikatoren auf die Bedürfnisse einzelner Fachgebiete eingegangen werden kann. So könnte man den didaktischen Bezug zweier Ressourcen spezifizieren, um die Voraussetzungen zum Verständnis eines konkreten Lernmediums anzugeben, etwa den erfolgreichen Besuch einer Lehrveranstaltung durch Nachweis eines Scheins oder einer bestandener Klausur, das Bestehen der Zwischenprüfung zum Besuch eines Hauptseminars. Andererseits ist jedoch im genannten Beispiel keine klare Abgrenzung zum Basisfeld SOURCE mehr erkennbar, da die

Dublin Core-Element	Verfeinerung	Kodierung
Title	Alternative	–
Creator	–	–
Subject	–	LCSH / MeSH / DDC / LCC / UDC
Description	Table of Contents Abstract	–
Publisher	–	–
Contributor	–	–
Date	Created / Valid / Available / Issued / Modified	DCMI Period / W3C DTF
Type	–	DCMI Type Vocabulary
Format	Extent Medium	– Mime Type
Identifier	–	URI
Source	–	URI
Language	–	ISO 639-2 / RFC 1766
Relation	Siehe Fußnote 128	URI
Coverage	Spatial Temporal	DCMI Point / ISO 3166 / DCMI Box / TGN DCMI Period / W3C-DTF
Rights	–	–

Tabelle 4.6: Dublin Core-Qualifier

- Die obige Tabelle gibt eine Übersicht über die im Juli 2000 von einer Arbeitsgruppe verabschiedeten Qualifikatoren, welche sich gruppieren in Verfeinerungen einerseits sowie Kodierschemata andererseits. Allerdings ist auch hier beispielsweise nicht spezifiziert, welche Information über Autor(en) in welchem Format zu spezifizieren ist, und die Formate für die verbale und klassifikatorische Sacherschließung sind teilweise im deutschen Sprachraum nicht verbreitet. Ein anderes Beispiel für fehlende Semantik ist die zeitliche Ausdehnung: ist damit die Abspiel- oder die durchschnittliche Nutzungsdauer einer Ressource gemeint?

Qualifikatoren IsBasedOn beziehungsweise IsFormatOf dessen Rolle übernehmen können.

- Die Beziehung zwischen einzelnen Datenfeldern wird durch die flache[129] Struktur nicht berücksichtigt; lediglich mit Hilfe des Felds RELATION können verschiedene Objekte aufeinander bezogen werden. Für den Verweis auf in Beziehung stehende Ressourcen ist es notwendig, beide im Sinne eines Quell- und Zielankers eindeutig referenzieren zu können. Wie allerdings etwa logische auf physische Bezeichner abzubilden sind, bleibt unklar, könnte allerdings durch den Verweis auf ein konkret implementiertes Schema (etwa das Handle™-System) realisiert werden.
- Die Beschreibung spezifischer Eigenschaften digital vorliegender Ressourcen ist nicht möglich, etwa technische Randbedingungen für deren Nutzung. Dies spiegelt die Bedürfnisse des traditionellen Publikations- und Bibliothekswesens wieder, ist aber nicht geeignet für rechnergestützte Medien mit dynamischen und aktiven Komponenten.
- Die Integration anderer Metadaten-Standards, die zur Sacherschließung nicht-digitaler Medien genutzt worden sind und werden, ist nicht möglich.
- Wegen der mangelnden Präzisierung gibt es keine wohldefinierten Richtlinien zur Implementation von Systemen und Software, die Dublin Core zur Sacherschließung und Indexierung verwenden wollen.
- Die Unterscheidung zwischen den Rollen CREATOR, CONTRIBUTOR und PUBLISHER ist für multimediales Publizieren nicht ausreichend. Andererseits besteht die Gemeinsamkeit darin, dass es sich in allen drei Fällen um Personen oder Institutionen handelt, die zur Entstehung der Publikation in verschiedenen Rollen beitragen (etwa der Autor als Verantwortlicher für den intellektuellen Gehalt, der Programmierer für die technische Realisierung oder der Verlag für die Vermarktung). Da je nach Aufwand der Produktionsprozess einer digitalen Publikation die Zusammenarbeit mehrerer gleichberechtigter Partner erfordern kann, erscheint es sinnvoller, diese drei Felder unter einem Feld CONTRIBUTOR zusammenzufassen.
- Es wird nicht unterschieden zwischen Attributen, die sich auf den intellektuellen Gehalt einer Ressource beziehen im Gegensatz zu solchen, die intellektuellen Besitz (ausgedrückt mittels Copyright von Verlagen, Autoren oder Anbietern) kennzeichnen.
- Information über die Verlässlichkeit der Metadaten kann nicht berücksichtigt werden. Somit kann ein potenzieller Nutzer sich selbst kein Bild über deren Verlässlichkeit und Aktualität machen, dies ist aber im Kontext häufig ed-

---

[129] Die von der Dublin Core-Initiative vorgesehenen Typen sind Collection, Dataset, Event, Image, Interactive Resources, Service, Software, Sound und Text.

ierter und modifizierter Ressourcen, wie sie in elektronischen Publikationsprozessen die Regel sind, essenziell[130].

Die Komplexität der Sacherschließung multimedialer, dynamischer und interaktiver Ressourcen kann nicht umgangen werden, indem das zugrundeliegende Datenmodell soweit simplifiziert wird, dass auch gelegentliche Nutzer die benötigten Daten ohne Vorkenntnis beitragen können und diese für jede denkbare Anwendung ausreichend sind. Primär sollte also jedes Datenmodell in sich abgeschlossen die Bedürfnisse des jeweiligen Anwendungsgebiets reflektieren und gleichzeitig erweiterbar sein, um noch nicht vorhersehbaren Entwicklungen Rechnung tragen zu können. Auch komplexe Modelle können einfach nutzbar gemacht werden, indem für unterschiedliche Anwendergruppen passende Sichten bereitgestellt werden, so dass die Erzeugung einer aussagekräftigen Ressourcenbeschreibung auf geeignete Institutionen oder Personen verteilt wird. Dies muss freilich mit der Definition eines klaren Workflows einhergehen, damit die Ressourcenbeschreibung standardisiert und konsistent gehandhabt werden kann. Diese Aufgaben müssen jedoch problembezogen außerhalb der Definition dieser Standards geleistet werden, da die Bedürfnisse der Sacherschließung lokal unterschiedlich sein können. Beispielsweise ist es denkbar, dass eine spezifische Institution eines Fachgebiets viele der Felder zur Sacherschließung vorgeben und so tatsächliche Komplexität vor dem Autor oder Nutzer verbergen kann. Je nach Expertise könnten auch unterschiedlich komplexe Eingabeformulare präsentiert werden. Für viele Felder ist es zudem möglich, vordefinierte Alternativen zur einfacheren Selektion anzubieten. Zwischen das physikalische Datenmodell und den jeweiligen Nutzersichten sollte schließlich ein logisches Datenmodell treten, welches die Beziehung der einzelnen Felder untereinander zu spezifizieren vermag.

---

[130] Dieses Problem ist etwa vergleichbar mit der Notwendigkeit zur Zertifizierung digitaler Signaturen beziehungsweise der Authentifizierung von Kunden bei digitalen Transaktionen. Gleichermaßen bedarf es einer anerkannten Instanz oder Institution, um die Gültigkeit von Metadaten zu einer Ressource zu garantieren. Im traditionellen Publikationswesen wird diese Rolle von Bibliotheken erfüllt, die eingehende Medien nach festgelegten Standards und Kriterien indexieren und durch ihre fachliche Expertise eine korrekte Sacherschließung gewährleisten. Jeder PublikationsProzess, der mit einer nicht vollständig automatisierten Sacherschließung einhergeht, muss notwendigerweise die Validierung der indexierten Medien einschließen, da sonst der Aufbau und die Verwaltung eines nutzbaren und konsistenten Dokumentenbestands im Sinne einer digitalen Bibliothek nicht möglich ist.

Zusammengefasst stellt der Dublin Core also eine Bestrebung dar, sich angesichts unterschiedlicher Bedürfnisse verschiedener Gebiete mit jeweils eigener Fachsprache eine überschaubare Menge gemeinsamer Metadaten zur Verständigung und zum Austausch digitaler Ressourcen zur Verfügung zu stellen. Diese beschränken sich auf rein deskriptive Elemente, die vorwiegend die Bedürfnisse konventionellen Bibliothekswesens widerspiegeln. Um aufgrund der Beschränkung auf die oben beschriebenen 15 Felder eine ausreichend aussagekräftige Sacherschließung zu gewährleisten, lassen sich die oben geschilderten Qualifikatoren nutzen. Die Beschränkung hierbei ist, dass die Semantik eines durch Qualifikatoren ergänzten Feldes nicht verändert werden darf[131]. Diese Entwicklung ist vergleichbar mit der Entwicklung einfacher, improvisierter Sprachen aus der Notwendigkeit der Kommunikation zwischen Menschen unterschiedlicher Muttersprache (Pidginisierung), die sich allerdings in Richtung größerer Komplexität entwickeln, wenn die sprachliche Entwicklung von größeren Gemeinschaften aufgegriffen wird (Kreolisierung) [Bak98]. Somit ist die Entwicklung in Richtung größerer semantischer Ausdrucksfähigkeit, wie sie anhand des Dublin Core beobachtet werden kann, auch auf andere Metadaten-Entwicklungen übertragbar[132]. Aus diesem Grund

---

[131] Da die Semantik der meisten Felder durch den Standard nicht näher spezifiziert wird, ergibt sich praktisch gesehen keine Beschränkung, so dass man bei geschicktem Vorgehen die Bedeutung jedes Feldes sehr weit fassen kann, um sie dann durch Qualifikatoren wieder einzuschränken. Es ergibt sich also indirekt eine (nicht intendierte) mögliche Erweiterung des Dublin Core, wobei unterschiedliche Erweiterungen gerade dazu führen, dass die Interoperabilität verschiedener Metadatensätze de facto nicht mehr gewährleistet werden kann, auch wenn vordergründig die Sacherschließung in Anlehnung an den Dublin Core erfolgte! Andererseits erhält man, wie schon am Beispiel der Felder SOURCE und RELATION erwähnt, semantische Überschneidungen, die umso schwerer zu beseitigen sind, je weitreichender die Erweiterungen sind und je mehr Fachgebiete für ihre je eigenen Zwecke solche Erweiterungen durchführen. Das Ziel eines überschaubaren, allgemein gültigen Satzes interoperabler Metadaten wird also faktisch aufgegeben. Außerdem ist die vollständige Indexierung umso aufwändiger, je mehr zusätzliche Qualifikatoren eingeführt werden. Diese Entwicklung zeigt, dass eine ausreichend aussagekräftige universelle Taxonomie angesichts unterschiedlicher Bedürfnisse nicht erreicht werden kann.

[132] Eine Parallele lässt sich auch hinsichtlich der Entwicklung von HTML ziehen, deren Ziel es war, die strukturelle Beschreibung von Textdokumenten zu ermöglichen. Allerdings ergaben sich Bedürfnisse, Texte auch hinsichtlich Layout und Typographie formatieren zu können, weswegen innerhalb von wenigen Jahren zahlreiche Sprachmittel hinzugenommen wurden, die primär zur graphisch ansprechenden Gestaltung verwendet werden. Vielfach werden Graphiken benutzt, um

bedarf es Normierungsgremien, die gemeinsam Verfahren entwickeln, die von einem möglichst großen Nutzerkreis angewendet werden, ohne dass deren Weiterentwicklung und Anpassung unkontrollierbar wird.

4.1.6 Learning Objects Metadata: Nachweis pädagogischer Medien

Zusätzlich zu bibliographischen Daten benötigt man für digitale Medien notwendigerweise auch problemangepasste zusätzliche Daten, wie etwa im Kontext einer Lehr- und Lernumgebung die notwendigen technischen Rahmenbedingungen zur Mediennutzung wie etwa das verwendete Datenformat, pädagogische und psychologische Hinweise über die anvisierte Zielgruppe oder den Schwierigkeitsgrad, sowie etwa die logische, zeitliche und räumliche Einordnung bezüglich anderer Medien. Für Satellitenbilder können das etwa auch geospatiale, maschinell zu verarbeitende Parameter sein, für medizinische Bilddokumente wie CT's sind diagnostische Angaben vorstellbar. Generell ist die Menge der möglichen Metadaten für digitale Dokumente nicht überschaubar, da jede Disziplin ihre jeweils eigenen Bedürfnisse bei der Sacherschließung hat. Dennoch ist es erstrebenswert, für den Bildungsbereich zumindest einen Kern allgemein üblicher und verwendeter Daten zu sammeln, um die Güte der Indexierung digitaler Dokumente zu verbessern. und damit auch ihre Suchbarkeit und Nutzbarkeit zu verbessern. Angesichts der exponentiell zunehmenden Zahl elektronischer Dokumente, die über das WWW zugreifbar sind und der damit verbundenen Problematik, dass die Werte für Vollständigkeit und Präzision beziehungsweise Trefferquote sich umgekehrt proportional zueinander verhalten[133], ist für eine langfristige Pflege eines Dokumentenbestandes, der effizient such- und nutzbar sein soll, eine syntaktisch und semantisch

---

besondere Layout-Effekte zu erzielen, so dass HTML faktisch nicht mehr zur strukturellen Dokumentenbeschreibung geeignet ist, zumal HTML-Code browserspezifisch unterschiedlich interpretiert wird.

[133] Ziel aller Indexierungs- und Suchverfahren ist die Maximierung der Werte für Vollständigkeit (recall) und Präzision (precision). Sei bezogen auf eine Datenbank *DB* sowie eine Recherche *q r(DB,q)* die Anzahl der relevanten Dokumente sowie *f(DB,q)* die Anzahl der gefundenen Dokumente, ferner *k(DB,q)* die Anzahl der gefundenen und relevanten Dokumente, so mißt der Quotient $\frac{k(DB,q)}{r(DB,q)}$ (Vollständigkeit), welcher Anteil der relevanten Dokumente tatsächlich gefunden wurde, während der Quotient $\frac{k(DB,q)}{f(DB,q)}$ (Präzision) ein Maß dafür ist, welcher Teil der gefundenen Dokumente tatsächlich relevant ist. Je vollständiger die Antwortmenge, desto größer ist gleichzeitig der Anteil an irrtümlich zurückgelieferter Treffer und umgekehrt

wohldefinierte Indexierung mit einem universellen und nachhaltig gültigen Kern interoperabler Metadaten notwendig. Eine pädagogisch umfassende Beschreibbarkeit von Lernmedien ist aus folgenden Gründen notwendig und sinnvoll:

- Autoren können die intendierte Zielgruppe der von ihnen konzipierten und entwickelten Lehr- und Lernmedien spezifizieren sowie didaktische und pädagogische Randbedingungen vermerken.
- Lehrende können aus einem größeren Angebot aufgrund der vom Autor spezifizierten Randbedingungen die jeweils passenden Lernmedien zur unterrichtsunterstützenden Verwendung (etwa zur Demonstration komplexer Verfahren durch eine Simulation) auswählen.
- Lernende können zusätzlich zu den von den Lehrenden vorgeschlagenen Medien ergänzendes Material aus einer Hintergrundbibliothek beziehen und nutzen.

Eine rein bibliographische Beschreibung reicht hierzu nicht aus. Aus diesem Grund wird gegenwärtig in internationaler Zusammenarbeit im Rahmen des Learning Technology Standards Committee der IEEE ein Metadaten-Schema für pädagogische Ressourcen *(learning objects)* standardisiert[134]. Dies sind beliebige digitale oder analoge Medien, welches zu Bildungszwecken in technologisch unterstützten Lernprozessen verwendet werden können[135]. Der Standard ist abwärtskompatibel zu Dublin Core, geht jedoch verstärkt auf die in didaktischem Umfeld auftretenden Erfordernisse ein. Dabei ist vor allem die Wiederverwendbarkeit digitaler Ressourcen zu nennen, da gerade bei komplexen Applikationen der enorm hohe zeitliche und finanzielle Entwicklungsaufwand eine möglichst breite Nutzung erfordert und Ausbildungsanbieter die nötigen Ressourcen für Eigenentwicklungen nicht aufbringen können. Ferner ist die adäquate Indexierung erforderlich, um aufgrund bekannter Nutzerprofile die

---

[134] Die in diesem Rahmen vom IEEE LTSC behandelten Themen umfassen neben Fragen zu Metadaten auch solche, die sich auf Kursmanagement netzwerkgestützter Aus- und Weiterbildungsangebote, Modellierung von am LernProzess beteiligten Partnern oder der Architektur von dabei eingesetzten offenen Systemen beziehen.

[135] Es handelt sich hierbei nicht um einen der allgemeinen technischen Standards, wie beispielsweise Übertragungsprotokolle zwischen Netzwerkknoten (ftp, telnet oder gopher) oder austauschbare Daten- oder Dokumentenformate (XML, MPEG), sondern um eine Menge definierter Felder zur Beschreibung von Ressourcen, die im Kontext diverser Aus- und Weiterbildungsszenarien die Integrierbarkeit von Lernmedien und -diensten in multiplen Kontexte erleichtern sollen.

am Lernprozess Beteiligten über für individuelle Bedürfnisse zugeschnittene Lernmedien regelmäßig und automatisiert informieren zu können. Ein wichtiger Aspekt ist die prinzipielle Erweiterbarkeit und Anpassbarkeit an verschiedene Anwendungsgebiete. Es werden hierzu neun verschiedene Kategorien von Deskriptoren unterschieden:

- **allgemeine Parameter (LOMGeneralRecord)**: Identifikator (systemabhängig und eindeutig festgelegt), Titel, Katalogeintrag (beispielsweise ISBN-Nummer oder DOI-Record), Sprache, Beschreibung, Schlagwörter und Struktur des Lernmediums (etwa linear, hierarchisch, atomar) sowie der Grad der Aggregierung.
- **Lebensdauer (LOMLifeCycleRecord)**: Version des Mediums, Status der Version (vorläufig, final, revidiert, nicht verfügbar), Rolle und Personalien des Urhebers und Datum des Beitrags.
- **Meta-Metadaten (LOMMetaMetaDataRecord)**: Dabei handelt es sich um Informationen, welche die Metadaten näher spezifizieren: Identifikator (systemabhängig und eindeutig festgelegt), Katalogeintrag, Rolle und Personalien des Urhebers der Metadaten, genutztes Metadaten-Schema sowie Sprache.
- **Technische Randbedingungen (LOMTechnicalRecord)**: Format, Speichergröße des Mediums, Verfügbarkeit (gekennzeichnet durch URL oder DOI), Hardware- und Software-Bedürfnisse sowie Abspieldauer.
- **Pädagogische Randbedingungen (LOMEducationalRecord)**: Interaktionstyp[136], Art der Ressource[137], Interaktionsgrad, semantische Dichte (Bezug zwischen zu vermittelnden Fertigkeiten und Mediengestaltung), intendierter Endnutzer (Lehrer, Autor, Lernender, Verwalter) sowie Lernkontext[138].

---

[136] Man unterscheidet hier aktive und expositive Medien. Erstere erfordern seitens des Nutzers signifikante Interaktionsprozesse, beispielsweise die Manipulation und Eingabe von Daten oder vom System geforderte Reaktionen auf einen Reiz. Das Verfolgen verknüpfter Strukturen durch Aktivierung von Hyperlinks zählt jedoch nicht dazu. Medien, bei denen beide Aspekte relevant sind, werden als gemischt kategorisiert.

[137] Der Wertebereich hierfür ist offen (*best practice vocabulary*) es werden jedoch Wahlmöglichkeiten wie Übung, Simulation, Fragebogen, Diagramm, Abbildung, Graphik, Verzeichnis, Dia, Tabelle, narrativer Text, Prüfung, Experiment oder Aufgabenstellung vorgeschlagen.

[138] Es handelt sich auch hier um einen offenen Wertebereich, wobei mögliche Optionen beispielsweise Primar- und Sekundarstufe, universitäre Ausbildung, Postgraduiertenstudium, betriebl. Ausbildung oder Weiterbildung umfassen.

Außerdem kann eine Altersbeschränkung festgelegt werden, der Schwierigkeitsgrad, der zeitl. Aufwand zum Durcharbeiten des Lernmediums, sowie die Sprache, in der das Medium abgefasst wurde[139].

- **Rechtliche Randbedingungen** (LOMRightsRecord): Kosten, Urheberrecht, Beschreibung der rechtlichen Randbedingungen[140].
- **Bezug zu anderen Lernobjekten (LOMRelationRecord)**: Art des strukturellen oder semantischen Bezugs sowie referenziertes Objekt.
- **Anmerkung:** Dies umfasst Angaben zur Person, dem Datum und die (textuelle) Beschreibung, also die eigentliche Anmerkung[141].
- **Klassifikation (LOMClassificationRecord)**: Zweck der Klassifikation[142], Taxonomie (etwa ACM, Dewey) mit Schlagwortkette oder Bezeichner des Klassifikationsbereichs[143], ferner Beschreibung und Schlüsselwörter.

---

139 Im Kontext einer verstärkt anglophil geprägten Umwelt mag die Sprache des Mediums sekundär erscheinen, berücksichtigt man jedoch die Tatsache, dass Bildungsprozesse insbesondere in Europa meist muttersprachenbezogen sind, sowie dass zur Vermittlung von Wissen verstärkt auf sprachlichen Mitteln basiert, wird die Notwendigkeit der Sprachspezifikation deutlich.

140 In den sehr begrenzten rechtlichen Angaben wird sichtbar, dass zum einen davon ausgegangen wird, dass die Nutzung von Lernmedien im Normalfall über die bestehenden Ausbildungsgebühren im allgemeinen kostenfrei ist, zum anderen, dass die Spezifizierung dieser Bedingungen so komplex und heterogen ist, dass diese außerhalb des Standard festgelegt werden muss. Möglicherweise sind die zugrundeliegenden Nutzermodelle in solchem Maße vom Informationsanbieter abhängig, dass eine Vereinheitlichung an den unterschiedlichen geschäftlichen Abläufen scheitern würde.

141 Hier sind offensichtlich Anmerkungen hinsichtlich der Nutzung oder Bewertungen von Kritikern gemeint und nicht private Anmerkungen zum Medium, die ein Lernender analog zu Notizen am Rand eines Buches anbringt. Wenn man im zweiten Fall annimmt, dass nicht nur textuelle Annotationen denkbar sind, sondern ebenfalls Referenzen auf umfangreichere Medien, so wird deutlich, dass es sich verallgemeinert bei Annotationen eher um die Beziehung zwischen Lernmedien, welche bereits in der Gruppe des Bezugs zu anderen Lernobjekten abgehandelt wurde.

142 Hier sind neben der fachlichen Einordnung auch die Katalogisierung bezüglich Lernzielen, Verfügbarkeit oder Vorbedingungen denkbar

143 Hier ist eine Kette semantischer Begriffe gemeint, die schrittweise zum genauen Thema, mit dem die Ressource sich beschäftigt, hinführt. Es ist möglich, mehrere Taxonomien nach unterschiedlichen Klassifikationsschemata anzugeben; bei-

Die genannten Kategorien werden weiter verfeinert, indem einerseits Sub-Schemata angegeben werden, zum anderen nicht weiter präzisierte Felder typisiert sind. Dies geschieht durch Angabe eines passenden, ebenfalls im Standard definierten Datentyps, oder aber durch Restriktion der zulässigen Werte auf eine feste oder erweiterbare Liste von Bezeichnern mit jeweils semantischer Bedeutung. Für einige Felder sind nur atomare Werte zulässig, andere wiederum können geordnete oder ungeordnete Listen typisierter Werte umfassen, beispielsweise hinsichtlich der Klassifikation.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen vollständigen Überblick über die in LOM spezifizierten Felder. Falls ein Parameter direkt auf ein entsprechendes Dublin-Core-Feld abbildbar ist, wird dies in der Spalte mit den Bemerkungen angegeben.

Nr	Typ	Subtypen	Häufigkeit	Typ	Bemerkung
1.1	General.Identifier	–	1	–	global eindeutig, systemdefiniert
1.2	General.Title	–	1	Lstring (1000)	DC.Title
1.3	General. CatalogEntry	Catalog Entry	UL (10)	String (1000) LString (1000)	DC.Identifier, etwa ISBN-Nr.
1.4	General.Language	–	UL (10)	String (100)	DC.Language, etwa 'en-GB'
1.5	General.Description	–	UL (10)	LString (2000)	DC.Description
1.6	General.Keywords[144]	–	UL (10)	LString (1000)	DC.Subject, vgl. 9. Classification
1.7	General.Coverage	–	UL (10)	LString (1000)	DC.Coverage
1.8	General.Structure	–	1	beschränkt[145]	

spielsweise können vom gleichen Ausgangsbegriff unterschiedliche Klassifikationen zu einem bestimmten Unterbegriff führen.

144 Es verwundert auf den ersten Blick, dass sowohl unter den allgemeinen Feldern als auch unter der Rubrik Klassifikation die Möglichkeit besteht, Begriffe zur Beschreibung einer pädagogischen Ressource anzugeben. Während 1.6 der kontextfreien Verschlagwortung dient, beziehen sich die in 9.4 angegebenen Terme auf einen in 9.1 spezifizierten Zweck.

145 Für den beschränkten Wertebereich des Felds Struktur sind die Optionen 3=Collection, 4=Mixed, 5=Linear, 6=Hierarchical, 7=Networked, 8=Branched, 9=Parceled, 10=Atomic.

1.9	General. AggregationLevel	–	1	0 .. 3[146]	
2.1	LifeCycle.Version	–	1	LString (50)	
2.2	LifeCycle.Status	–	1	3 .. 6	Draft,Final, Revised, Unavailable
2.3	LifeCycle.Contribute	Role Entity Date	UL (30) UL(30)* OL(10) UL (30)	beschränkt[147] String (1000) DateType	DC.Creator / OtherContributor[148] DC.Date, wenn Role=Publisher
3.1	MetaMetaData. Identifier	–	1	–	systemgeneriert
3.2	MetaMetaData. CatalogEntry	Catalog Entry	UL (10) UL (10)	String (1000) Lstring (1000)	systemgeneriert
3.3	MetaMetaData. Contribute	Role Entity Date	UL(10) UL(10)* OL(10) UL(10)	3,4 String(1000) DateType	Creator, Validator vCard
3.4	MetaMetaData. Scheme	–	UL (10)	String (30)	etwa 'LOM-3.8'
3.5	MetaMetaData. Language	–	1	String (30)	
4.1	Technical.Format	–	UL (10)	LString (500)	DC.Format; MIME / 'non-digital'
4.2	Technical.Size	–	1	String (30)	Unkomprimiert, in Bytes
4.3	Technical.Location	–	OL (10)	String (1000)	URI / URL / URN
4.4	Technical. Requirements	Type Name MinVal MaxVal	UL (10) UL (10) UL (10) UL (10)	3,4 3 .. 13	OS, Browser
4.5	Technical.	–	1	LString	

146 Je höher der Wert, desto größer der Aggregierungsgrad, also von Rohdaten oder Fragmenten über einfache Sammlungen (beispielsweise HTML mit eingebetteten Graphiken) über Dokumentensammlungen bis zu Kursmaterial.

147 Für den beschränkten Wertebereich des Felds Role gelten die Werte 3=Author, 4=Publisher, 5=Unknown, 6=Initiator, 7=Terminator, 8=Validator, 9=Editor, 10=Graphical Designer, 11=Technical Implementer, 12=Content Provider, 13=Technical Validator, 14=Educational Validator, 15=Script Writer, 16=Instructional Designer.

148 Falls LifeCycle.Contribute.Role = 3, entspricht dieses Feld DC.Creator, sonst DC.OtherContributor.

	InstallRemarks			(1000)	
4.6	Technical. OtherRequirements	–	1	LString (1000)	HW/SW-Anforderungen
4.7	Technical.Duration	–	1	DateType	Abspieldauer
5.1	Educational. InteractivityType	–	1	3 .. 6	Aktiv, Expositiv, Hybrid, Undefiniert
5.2	Educational. ResourceType	–	OL (10)	3 .. 16[149]	DC.Type, Typ d. Lernmediums
5.3	Educational. Interactivity	–	1	0 .. 4	s. niedrig, niedrig, Durchschnitt, hoch, sehr hoch
5.4	Educational. SemanticDensity	–	1	0 .. 4	siehe 5.3
5.5	Educational.UserRole	–	OL (4)	3 .. 6	Lehrer, Autor, Lerner, Manager
5.6	Educational.Context	–	UL (10)	3 .. 14[150]	Ausbildungstyp
5.7	Educational. AgeRange	–	UL (15)	LString (1000)	Altersangabe min/max
5.8	Educational. Difficulty	–	1	0 .. 4	sehr einfach, einfach, mittel, schwierig, sehr schwierig
5.9	Educational. LearningTime	–	1	DateType	benötigte Lernzeit
5.10	Educational. Description	–	1	LString (1000)	didaktische Nutzungshinweise
5.11	Educational. Language	–	UL (10)	String (100)	etwa 'en-GB'
6.1	Rights.Cost	–	1	3,4	ja, nein
6.2	Rights.Restrictions	–	1	3,4	ja, nein
6.3	Rights.Description	–	1	LString (1000)	DC.Rights, Nutzungsbedingungen
7.1	Relation.Kind	–	UL (30)	3 .. 14[151]	DC.Relation

[149] Für den beschränkten Wertebereich des Felds ResourceType gelten die Werte 3=Exercise, 4=Simulation, 5=Questionnaire, 6=Diagram, 7=Figure, 8=Graph, 9=Index, 10=Slide, 11=Table, 12=Narrative Text, 13=Exam, 14=Experiment, 15=ProblemStatement, 16=SelfAssessment.

[150] Für den beschränkten Wertebereich des Felds Context gelten die Werte 3=Primary Education, 4=Secondary Education, 5=Higher Education, 6=University First Circle, 7=University Second Cycle, 8=University Postgrade, 9=Technical School First Circle, 10=Technical School Second Cycle, 11=Professional Formation, 12=Continuous Formation, 13=Vocational Training, 14=Other.

[151] Mit dem Feld Relation.Kind wird der Typ der semantischen Relation zu anderen benennbaren Ressourcen angegeben. Mögliche Werte sind: 3=IsPartOf,

7.2	Relation.Resource	Identifier Descript.	1	– LString (1000)	systemgeneriert DC.Source
8.1	Annotation.Person	–	UL (30)	String (1000)	vCard
8.2	Annotation.Date	–	UL (30)	DateType	
8.3	Annotation. Description	–	UL (30)	LString (1000)	
9.1	Classification. Purpose	–	UL (10)	3 .. 10[152]	
9.2	Classification. TaxonPath	Source Taxon= (ID,Entry)	UL(10) UL(10)* OL(15)	String (1000) (String(100), LString(500))	Bezeichner Klassifikationsschema (Nomenklatur, Bezeichner)
9.3	Classification. Description	–	UL(10)	LString (2000)	Zweck der Ressource
9.4	Classification. Keywords	–	UL(10)* OL(10)	LString (1000)	Schlagwort zu Klassifikationstyp

Tabelle 4.7: Learning Objects Metadata und ihre Bedeutung

Es fällt auf, dass eine vollständige Sacherschließung nach dem LOM-Standard sehr umfangreich ausfällt. Dies lässt sich aus der Bestrebung heraus erklären, dass alle für pädagogische Nutzbarkeit im Bildungs- und Weiterbildungsbereich relevanten und notwendigen Randbedingungen formuliert werden sollen, zum anderen, dass zur maschinellen Weiterverarbeitung auch technische und rechtliche Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Gerade letztere allerdings können nur sehr rudimentär berücksichtigt werden, desgleichen Transaktionsmodelle, wie sie für den kommerziellen Einsatz unabdingbar sind. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass nicht alle denkbaren Anwendungen den vollen Umfang des Standards implementieren wollen, weil für einige Bereiche nur eine

---

4=HasPart, 5=IsVersionOf, 6=HasVersion, 7=IsFormatOf, 8=HasFormat, 9=References, 10=IsReferencedBy, 11=IsBasedOn, 12=IsBasisFor, 13=Requires, 14=IsRequiredBy. Der eindeutige Identifikator der in Relation stehenden Ressource ist in Relation.Resource angegeben. Falls Relation.Kind = 11 (IsBasedOn), ist Relation.Resource identisch mit DC.Source.

[152] Pädagogische Ressourcen können auch aus anderen Gründen als der Sacherschließung klassifiziert werden. Im Feld Purpose wird dieser Zweck wie folgt angegeben: 3=Discipline, 4=Idea, 5=Prerequisite, 6=EducationalObjective, 7=AccessibilityRestrictions, 8=EducationalLevel, 9=SkillLevel, 10=SecurityLevel.

Teilmenge der Felder relevant sind, wird aus Sicht der Datenstruktur[153] unterschieden zwischen folgenden Feldtypen:

- **verpflichtend**: eine Datenstruktur ist erst dann gültig, wenn alle Metadaten-Felder, die als verpflichtend gekennzeichnet sind, mit entsprechenden Werten belegt sind;
- **optional**: zusätzlich zu den verpflichtenden Feldern kann eine Instanz eines Datensatzes weitere Metadaten aus der Definition des Standards aufweisen;
- **erweitert:** für lokale Bedürfnisse können zusätzliche Datenfelder definiert werden, die jedoch außerhalb der Spezifikation liegen und deshalb von Anwendungen, die standard-konforme Datensätze verarbeiten, nicht verstanden werden können.

Wegen der Optionalität der einzelnen Felder ist es jedoch konkreten Anwendungen überlassen, den Standard passend für den konkreten Anwendungsbereich zu implementieren. Eigene Erweiterungen aufgrund spezifischer Bedürfnisse sind möglich, so dass dadurch ein Mechanismus zur Verfügung steht, spezielle Indexierungsschemata lokal ein- oder abzubilden. Insbesondere ist hervorzuheben, dass alle Felder des Dublin Core vollständig abgebildet werden können, so dass LOM dazu gewissermaßen eine anwendungsspezifische Obermenge bildet[154].

Anhand der spezifischen Beschreibungsmöglichkeiten wird ein Dilemma der Erschließung digitaler Objekte deutlich: zum einen will man eine möglichst präzise und adäquate Beschreibung und Klassifizierung, zum anderen kann diese

---

153 Diese ist zu unterscheiden von der Sicht einer konkreten Anwendung, die einen Metadatensatz verarbeitet. Wenn etwa die (identische) Kopie s' eines Datensatzes s von der Applikation A nach B übermittelt und dort zur lokalen Weiterverarbeitung gespeichert wird, muss die zurückgesendete Instanz s" mit dem Original s strukturell und logisch identisch sein, um die Interoperabilität zwischen heterogenen Systemen zu gewährleisten. Die von A beziehungsweise B generierten Sichten auf s können sich also unterscheiden, während die Struktur von s nur zur lokalen Weiterverarbeitung lokal transformiert werden darf. Eine LOM-konforme Anwendung muss also dazu fähig sein, alle im Standard definierten Felder zu verarbeiten.

154 Als ergänzende Initiative ist im Rahmen des europäischen Information Society Standardization System (ISSS) konzipierte Workshop on Learning Technologies (WSLT) zu nennen, der als Ziel die Anpassung des LOM-Standards an die spezifisch europäischen multilinguale und multikulturellen europäischen Randbedingungen einschließt.

allerdings auch so komplex werden, dass sie durch den Laien nicht mehr ohne fremde Unterstützung durchführbar ist. Da prinzipiell jeder zum Informationsanbieter werden kann und Verlage sowie Bibliotheken ihr Privileg des alleinigen Medienvertriebs eingebüßt haben, muss es primäre Verantwortung des Autors sein, die Lernmedien auch passend zu indexieren. Ob nicht dafür geschulte Einzelpersonen den Aufwand hierzu erübrigen wollen und können, erscheint zumindest im akademischen Bereich fraglich. Die an IMS teilnehmenden Institutionen, auf deren Arbeit die Ergebnisse des LOM-Standisierungsprozesses basieren, haben deshalb pragmatisch versucht, die im Standard aufgeführten Felder aufzuteilen in verpflichtende und optionale (letztere sind in der Tabelle in *Kursivdruck* wiedergegeben). Auch bei einer auf diese Art erreichten Reduzierung des Erfassungsaufwands ist jedoch hervorzuheben, dass die adäquate Sacherschließung insbesondere durch Stich- und Schlagworte und Einordnung in thematische Klassifikationsschemata die Vorbedingung zur Nutzung von Lernmedien über digitale Bibliotheken ist. Volltextindexierung kann bei textuellen Dokumenten zwar die Generierung von Stichwörtern und Schlagwortketten automatisieren helfen, jedoch gilt dies nur beschränkt für dynamische und interaktive Medien[155].

4.1.7 Erweiterbarkeit und Integration heterogener Metadaten

Die aus dem Bibliothekswesen bekannten Verfahren zur Sacherschließung reflektieren nur implizit die Tatsache, dass die Produktion und Nutzung von Publikationen und – verallgemeinert – Ressourcen Bestandteil komplexer Transaktionen sind, die unter festgelegten Bedingungen zwischen Vertragspartnern durchgeführt werden. Dazu wird ein allgemeines Modell vorgestellt, welches diese Sicht reflektiert. Neben der Modellierung der Ressourcen müssen also die Eigenschaften der an der Transaktion beteiligten Partner sowie die Bedingungen modelliert werden, um die automatisierte Überwachung dieser Transaktionen unterstützen zu können. Dazu benötigt man die Integration mehrerer Metadaten-Modelle, hierfür wurde das Warwick Framework entworfen, welches von den konkreten Modellen abstrahiert und anschließend vorgestellt wird.

4.1.7.1 Ein einfaches Transaktionsmodell für pädagogische Ressourcen

Die bisher vorgestellten Metadaten-Modelle haben die Gemeinsamkeit, vor allem Deskriptoren für adressierbare Ressourcen zu liefern. Hierbei werden

---

[155] So hat in den vergangenen Jahren die automatische Spracherkennung zwar große Fortschritte gemacht, jedoch erfordert eine sprecherabhängige Erkennung, die bessere Ergebnisse liefern kann, eine ausführliche Trainingszeit.

jedoch sowohl die Akteure (Autoren, Dozenten, Studenten) als auch die Bedingungen der Nutzung ausgeblendet. Da im akademischen Bereich die verfügbaren Lernmedien bisher meist kostenfrei verfügbar sind, beschränken sich notwendige Abkommen darauf, Autorenrechte nicht zu verletzen. Diese freie Verfügbarkeit beruht jedoch auf (oft nur implizit) getroffenen Abkommen, welche die freie Nutzung erst ermöglichen. Im Rahmen eines Lernszenarios, welches die granuläre Wiederverwendung von Lernmedien intendiert, ergeben sich jedoch komplexe urheberrechtliche Bedingungen, die im Sinne von bilateralen Abkommen zwischen Autoren und Nutzern zu explizieren sind. Dies ist auch unter dem Aspekt der ressourcen aufwändigen Produktion von Lernmedien wichtig, da die dabei entstehenden Kosten durch nutzende Institutionen (etwa Bibliotheken) zu vergüten sind. Ein Konzept, welches Akteure und Vereinbarungen nicht explizit modelliert, kann auch digitale Transaktionen nicht angemessen im Sinne eines automatisierten Prozesses unterstützen. Somit kann eine deskriptiv orientierte Sacherschließung, wie sie im Bibliothekswesen üblich ist, die Beziehungen zwischen den an allgemeinen Transaktionen beteiligten Objekten, Personen und Bedingungen, nicht geeignet abbilden, so dass die Vereinbarungen über damit verbundene Ereignisse extern zu regeln sind. Dabei handelt es sich etwa um die im Rahmen der Veredelung eines Produkts während eines industriellen Prozesses getroffenen Abmachungen, in welcher Form die Zulieferer Teilkomponenten für die spätere Integration auf einer Fertigungsstraße zu produzieren haben und welche Vergütung sie dafür erhalten.

Es geht also um die Modellierung der Beziehungen und Vereinbarungen zwischen Vertragspartnern (natürliche oder juristische Personen) im Zusammenhang mit der Manipulation von Ressourcen[156]. Eine kreativ orientierte Sichtweise blendet die Komponente der Vereinbarungen aus oder setzt sie als gegeben voraus und konzentriert sich auf die direkte Beziehung zwischen *Handelnden* (also Erzeugern oder Verbrauchern) und den involvierten *Gütern*,

---

[156] In deskriptiven Systemen wie dem Dublin Core ist es in begrenztem Maße möglich, Beziehungen zwischen einzelnen Ressourcen zu spezifizieren, aber eben nicht zwischen Akteuren und involvierten Bedingungen. Zwar ist es vorgesehen, Autor und Beteiligte am ProduktionsProzess der Ressource anzugeben, allerdings sind dadurch komplexe Beziehungen wie im Fall einer Kompilation mehrerer Aufnahmen verschiedener Künstler schwierig oder unhandlich. Da speziell die Produktion multimedialer Lernmedien ein umfangreicher Prozess ist und meistens in Teams aus mehreren Spezialisten realisiert wird, ist eine adäquate Abbildung der Beziehungen zwischen den Akteuren sinnvoll. Das für die Spezifikation rechtlicher Bedingungen vorgesehene Feld ist ebenfalls ungeeignet, um urheberrechtliche Gegebenheiten adäquat modellieren zu können.

wobei deren deskriptive Beschreibung es zum einen dem Erzeuger erlauben, mittels deskriptiver Metadaten die Erzeugnisse zu beschreiben, so dass andererseits dem anvisierten Konsumenten aufgrund dieser Daten ermöglicht wird, über die Relevanz hinsichtlich der geplanten Nutzung individuell zu entscheiden. In der konsumtiv geprägten Sicht stehen dagegen die Transaktionen zwischen Handelnden, Ressourcen und Verträgen im Mittelpunkt, also ein Ereignis, welches Personen, Dinge und Randbedingungen umfasst. Diese ähnelt der rechtlichen Sichtweise, bei der die korrekte Abwicklung von Verträgen zur Erzeugung oder Nutzung intellektuellen oder konkreten Besitzes im Mittelpunkt steht. Man kann die verschiedenen Sichtweisen zusammenfassen, indem man eine Transaktion definiert als ein zeitlich-räumliches *Ereignis*, welches *Bedingungen* erfasst, unter denen eine *Ressource* von beteiligten handelnden *Personen* genutzt wird. Die an einer Transaktion beteiligten Instanzen müssen unterscheidbar sein, hierzu werden sie mit Attributen versehen.

Man unterscheidet vier verschiedene Möglichkeiten der Attributierung:

- durch **Bezeichner**, also Identifikatoren gemäß einer zu spezifizierenden Nomenklatur, Namen, Titel oder Beschreibungen;
- durch **Klassifizierung**, also durch die Angabe einer Eigenschaft, die mehrere unterscheidbare Objekte in einer Menge zusammenfasst, etwa hinsichtlich des intellektuellen Besitzes (ein Werk, eine Aufnahme, eine Sendung), der rechtlichen Bedingungen (Reproduktions- oder Urheberrecht), der konkreten Manifestation (Tonträger, Buch, Komposition, Film) oder des Typs der Transaktion (Vertrag oder Angebot);
- durch **Angabe eines Maßes für die Ausdehnung**, nämlich zum einen zeitliche Randbedingungen (etwa die Spieldauer einer Aufnahme), räumliche Maße (Länge, Breite oder Höhe) sowie quantitative Angaben (etwa Füllmenge oder Anzahl);
- durch **Angabe der Relation zwischen zwei Instanzen**, etwa die Rolle einer Person als Interpret einer Komposition.

Um den Begriff der Ressource weiter zu präzisieren, soll unterschieden werden zwischen dem abstrakten Werk oder Konzept, welches entweder in reproduzierbarer (atomarer oder binärer) Form konkretisiert oder als (zeitlich-räumlichen Randbedingungen unterworfene) Interpretation realisiert werden kann. Die Motivation für diese Unterscheidung liegt darin, dass Werke bereits unabhängig von ihrer konkreten Verwirklichung urheberrechtlich schützenswert sind. Gleichzeitig handelt es sich dabei um die Abstraktion von möglicherweise

vielen verschiedenen, also unterscheidbaren Aufführungen oder Manifestationen, an die ebenfalls urheberrechtliche Bedingungen geknüpft sein können. Man spricht im einen Fall auch von Ereignissen[157], im zweiten von Objekten und fasst beide auch unter dem Begriff Realisierungen zusammen. Dieser Begriff eignet sich deshalb, weil die Existenz eines abstrakten Werkes sich erst über dessen Manifestation oder Aufführung erschließt.

Hinsichtlich der Ereignisse unterscheidet man zwischen

- **schöpferischen Handlungen**, in denen mindestens eine Person aktiv am Entstehen eines Werkes beteiligt ist. Dies kann originär sein, etwa als Autor oder Interpret, oder aber indirekt, etwa als Vermittler oder als Anbieter unterstützender Dienste. Eine wichtige Rolle spielen hier transformierende Aktionen, durch die eine Beziehung zwischen Ausprägungen eines Werks hergestellt wird, etwa die Übersetzung eines Romans, die Neuverfilmung eines Drehbuchs oder die Aufführung eines Theaterstücks;
- **nutzende Handlungen**, in denen mindestens eine (existierende) Instanz eines Werkes eingesetzt wird. Dies kann entweder rein rezeptiv sein (die Lektüre eines Buchs) oder innerhalb einer transformierenden Handlung als Ausgangspunkt für ein abgeleitetes Werk, zu dessen Verbreitung (etwa das Abspielen eines Tonträgers im Rahmen einer Radiosendung oder die Aufführung eines Theaterstücks) sowie als reiner Erwerb, wie etwa die Ersteigerung eines Kunstwerks.

Ein schöpferisches oder nutzendes Ereignis kann resultieren in der Konkretisierung eines (abstrakten) Werks. Beispielsweise ist die Übersetzung eines Romans ein schöpferisches Ereignis, welches durch Fixierung auf Papier und Publikation in einem Verlag zu einem (käuflichen) Buch ausgeprägt wird. Jede Realisierung, sei es eine schöpferische oder nutzende Handlung oder die Konkretisierung als unterscheidbares Objekt entspricht einem zeitlich-räumlich determinierten Ereignis und bezieht sich auf eine zu transformierende Ressource. Es ist assoziiert mit einem Tupel aus natürlichen oder juristischen Personen einerseits und Nutzungsbedingungen andererseits, welche sich üblicherweise nicht aus der Ressource selber herleiten, sondern von Dritten, also von handelnden Personen, festgelegt wurden.

---

[157] In diesem Fall ist das Ereignis, welches Zentrum der Transaktion ist, identisch mit der Konkretisierung eines Werkes im Rahmen einer Aufführung, während sonst die involvierte Ressource unabhängig von zeitlich-räumlichen Randbedingungen ist.

Geht man davon aus, dass eine Instanz eines Werks im Laufe ihres Lebenszyklus nicht nur genutzt, sondern auch mehrfach transformiert und/oder mit anderen Medien in ein neues Werk integriert wird, so ergeben sich vielfältige Relationen zwischen einzelnen Komponenten sowie möglicherweise auch eine problemangepasste Anreicherung deskriptiver Metadaten. Um diese Prozesse zu modellieren, eignet sich grundsätzlich das nachfolgend vorgestellte Warwick Framework, welches im Zusammenhang mit der Frage nach der Verwaltung von über den Dublin Core hinausgehenden Deskriptoren konzipiert wurde.

4.1.7.2 Warwick Framework

Das Warwick Framework dient zur Aggregierung logischer oder physisch unterschiedlicher Mengen heterogener Metadaten zur adäquaten Beschreibung und Erschließung digitaler Ressourcen. Es wurde 1996 unter der Leitung von Wissenschaftlern der Cornell University als Ergebnis eines Dublin-Core-Workshops in Warwick, England konzipiert, um der Nutzung verschiedener Sacherschließungs-Mechanismen insbesondere im Hinblick auf deren Interoperabilität zu ermöglichen. Anlass dazu waren Überlegungen, dass zwar einerseits eine einfach zu handhabende Menge von Metadaten in der Art des Dublin Core insbesondere für Autoren nützlich ist, andererseits aber neben den deskriptiven Feldern auch andere Typen von Metadaten zur anwendungsspezifischen automatischen Verarbeitung notwendig erschienen. Schließlich sollte es nicht notwendig sein, etablierte Katalogisierungsmechanismen für bestimmte Bereiche aufzugeben oder auf andere Standards abbilden zu müssen, wie sie für administrative, technische, pädagogische oder bewertende Bereiche zum Einsatz kommen können.

Die Möglichkeit der Integration anderer Metadaten-Schemata bietet folgende Vorteile:

- die Designer und Entwickler spezifischer Metadaten-Systeme können sich auf ihre bestimmten Erfordernisse beschränken, ohne Rücksicht auf allgemeine Gültigkeit ihrer Schemata nehmen zu müssen;
- die Syntax von Metadaten-Schemata kann sich jeweils nach fachspezifischen semantischen und funktionalen Erfordernissen richten;
- die Verwaltung und Wartung von Metadaten einer Ressource wird verteilt auf die jeweils dafür kompetenten Ansprechpartner;
- die Menge genutzter Instanzen von Metadaten-Schemata kann jeweils problem- und domänenabhängig variieren und an jeweils aktuelle Bedürfnisse und Notwendigkeiten unabhängig voneinander angepasst werden; Anwendungen können sich auf die Nutzung einer Teilmenge der verfügbaren Instanzen beschränken;

- Schemata zur Rechte- und Nutzungsverwaltung, wie sie im Bereich des kommerziellen elektronischen Publizierens, aber auch allgemein im Rahmen elektronischer Geschäftsprozesse (e-commerce) wichtig sind, können integriert und referenziert werden.

Die Nutzung verschiedener Metadaten-Mengen impliziert in vielen Fällen eine redundante Beschreibung von Ressourcen. Da die Metadaten abhängig von den genutzten Standards unterschiedlich verarbeitet werden, konfligieren sie a priori nicht miteinander. Allerdings sollten Anwendungen, die verschiedene Metadaten-Mengen verarbeiten, diese Redundanzen auflösen können, um den Nutzer nicht zu überfordern.

Container dienen dazu, verschiedene typisierte Instanzen von Metadaten, sogenannte *packages*, zu aggregieren. Container können entweder vorübergehend sein, also als Objekt zum Transport zwischen Dokumentenspeichern, Nutzern (*clients*) und Vermittlern (*agents*) dienen, oder persistent sein, also als gespeichertes Objekt referenzier- und nutzbar. Bezüglich der Referenzierung unterscheidet man interne Container, dessen Metadaten unter der Kontrolle der Autoren der beschriebenen Ressource generiert wurden, sowie externe Container, die von Dritten, also von Nutzern der Ressource erstellt wurden. Externe Container verweisen auf die indexierte Ressource, wobei der umgekehrte Verweis der Ressource auf die Metadaten nicht notwendigerweise existieren muss. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn für die Ressource nachträglich ohne Wissen des Autors domänenspezifische Metadaten generiert wurden. Durch die Operation der Sequenzierung können die Inhalte eines Containers in nicht näher spezifizierter Reihenfolge ausgegeben und genutzt werden. Stellt man sich einen Container als Knoten in einem Baum vor, so entspricht diese Operation der Rückgabe von dessen Nachfolgern. Aus dieser Menge können dann die jeweils relevanten Metadaten-Pakete von der jeweiligen genutzten Anwendung zur weiteren Verarbeitung ausgewählt werden. Jedes *package* ist ein (typisiertes) Objekt, dessen Typ nach Zugriff durch einen Nutzer oder Vermittler erschlossen werden kann. Hierbei handelt es sich entweder um Metadaten-Mengen, (etwa MARC, Dublin Core, Beschreibung rechtlicher Randbedingungen), Verweise (*indirect*) auf andere Objekte der Informations-Infrastruktur, wodurch etwa die gemeinsame oder mehrfache Nutzung von Metadaten-Mengen, die physikalisch disjunkt gespeichert sind, ermöglicht wird, oder Container, die ihrerseits wieder andere Instanzen von Metadaten aggregieren können.

Die Möglichkeit, unterschiedliche Metadaten verteilt und voneinander unabhängig verwalten und speichern zu können, erfordert jedoch eine effiziente und sichere Zugriffsmöglichkeit, welche im Kontext paketvermittelter Netzwerkverbindungen und möglicherweise wechselnder Datenhaltung durch

entsprechende technische und organisatorische Verfahren speicherunabhängig oder -übergreifend zu realisieren ist. Zur Minimierung von Ausfällen könnten Techniken wie Replizierung von Daten oder Objekten[158] oder Caching-Strategien, wie sie im Rahmen verteilter Systeme konzipiert und entwickelt werden, zum Einsatz kommen.

Implementierungen des Warwick Framework sind in den Formaten HTML[159], MIME[160], als SGML Document Type Definition[161] sowie objektorientiert in

---

158 Die Replizierung von kompakten Datenmengen dürfte speichertechnisch nicht aufwändig sein, allerdings erfordert dies sichere Mechanismen zur regelmäßigen Spiegelung von Daten, um die jeweilige Aktualität der existierenden Kopien eines Datensatzes zu gewährleisten. Hierbei empfiehlt sich neben ringförmigen Architekturen, in denen jeweils ein oder mehrere (wenige) Nachbarknoten aktualisiert werden, bis alle Knoten die Änderungen nachgezogen haben, auch sternförmige Architekturen, bei denen zu einem einmal generierten Original-Datensatz alle Kopien durch jeweils eine Kante verbunden sind und bei jeder Änderung einer Kopie das entsprechende Original im Zentrum zunächst aktualisiert wird, bevor die veränderten Daten sukzessive mit allen übrigen verbundenen Knoten abgeglichen werden. Wenn beim Original eine Liste mit dem Stand der Abgleichung mitgeführt wird und jede Kopie dieses direkt durch einfachen Vergleich der entsprechenden Objekte (Identitäts-Operator), reicht dies aus, um mit linearem Aufwand nach einer beliebigen Änderung die Gleichheit wiederherzustellen: eine Editieroperation bewirkt bei k beteiligten Kopien maximal k Datenübermittlungen und ebensoviele Änderungsoperationen. Schließlich ist auch eine Kombination beider Strategien denkbar, bei der zunächst die direkte Abgleichung mit dem Original versucht wird, wenn dieses allerdings ausfällt, zunächst alle anderen erreichbaren Kopien inkrementell aktualisiert werden. Die erhöhte Ausfallsicherheit zieht jedoch bei k Kopien und p Objekte, an die Änderungen pro Schritt weitergereicht werden, maximal $k \times p$ Übermittlungen, ebensoviele Vergleiche sowie k Änderungsoperationen nach sich. Eine sternförmige Anordnung der zu vergleichenden Metadaten-Objekte ist somit besser skalierbar und daher vorzuziehen.

159 Der im Kopf eines HTML-Dokuments verwendbare Tag <META> wird benutzt, um jeweils ein Attribut-Werte-Paar aus einer Metadaten-Menge abzubilden. Mit Hilfe des <LINK>-Tags wird der Verweis auf die Definition des entsprechenden Metadaten-Schemas realisiert.

160 Der MIME-Standard (Multipurpose Internet Mail Extensions) wurde definiert, um innerhalb von E-Mail-Nachrichten auch nicht-textuelle Dokumente nutzen zu können. Jeder Typ besteht aus einem Präfix, der einem der sieben Haupttypen (`text`, `audio`, `video`, `image`, `application`, `multipart`, `message`) besteht und in einem Suffix näher bestimmt wird (etwa `image/gif`,

CORBA[162] vorgeschlagen worden. Als Kritik ist anzumerken, dass zum einen die physikalisch heterogene Speicherung von Metadaten das Problem der persistenten Referenzierung nach sich zieht, zum anderen, dass durch die rekursiv mögliche Aggregierung in Containern für eine konkrete Anwendung die Ermittlung der Menge relevanter Metadatensätze zu einem Informationsobjekt nicht trivial ist. Der praktikable Einsatz scheint außerdem eine weitergehende Präzisierung der hier vorgeschlagenen allgemeinen Konzepte zu erfordern. Selbst wenn man die Verwaltung heterogener Metadaten konkretisiert hat, bleibt noch die Frage, wie man die Beziehungen der einzelnen Deskriptoren einer Ressource untereinander modellieren kann, um beispielsweise automatisch Beziehungen zwischen Informationsobjekten ermitteln und darstellen oder eine konsistente Beschreibung einer Ressource durch mehrere Metadaten-Sätze gewährleisten zu können. Schließlich wäre zu präzisieren, ob es sich bei den Deskriptoren einer Ressource um temporär oder um stationär belegte Felder handelt: es ist beispielsweise denkbar, dass eine Ressource nicht nur bibliographisch beschrieben wird (unveränderliche Deskriptoren), sondern ihre Nutzung oder Transformation Einfluss auf ihren aktuellen Zustand und damit assoziierbare Metadaten hat. Beispiel hierfür ist die Extraktion eines Segments

---

`text/html`, `application/pdf`, `video/mpeg`). WWW-Browser unterstützen diesen Standard, und die oben beschriebene Architektur aus Behältern und Paketen lässt sich abbilden, indem für erstere der Typ `multipart` zur Abbildung mehrerer, jeweils potenziell unterschiedlichen Objekttypen verwendet wird. Seine Untertypen sind alternative, falls nur je eine Instanz aus einer Menge dem Nutzer präsentiert werden sollen, parallel, falls alle Instanzen relevant sind, mixed und related, wenn mehrere Instanzen einer Menge aufeinander Bezug nehmen. Mittels `message/external-body` können indirekte Referenzen bezeichnet werden.

161 Die in SGML definierte DTD muss imstande sein, indirekte Verweise zu verwalten. Dazu muss es möglich sein, Pakete zu inkludieren, die eine eigene DTD spezifizieren können, aber auch solche, auf die das nicht zutrifft (beispielsweise USMARC).

162 CORBA (Common Request Broker Architecture) dient zur Implementation verteilter Objekte. Die Abstraktion ermöglicht es, Behälter und Pakete als wohldefinierte Klassen mit Attributen und entsprechenden Operationen zu definieren. Der Zugriff auf die eigentlichen Attributfelder erfolgt über diese Operationen, so dass hierbei auch nicht lokal vorliegende Daten zurückgegeben werden können, wenn eine entsprechende Methode die Verbindung zum entsprechenden Metadaten-Speicher herstellen kann. Abgeleitete Metadaten-Standards können über Vererbungsmechanismen leicht spezifiziert werden.

aus einem Audiostrom, für dessen Beschreibung die ursprünglichen Metadaten teilweise übernommen, teilweise aber auch neu ermittelt werden müssen, etwa durch Reduktion der Schlagwörter oder Anpassung der zeitlichen Ausdehnung. Ein anderes Beispiel sind Relationen zu Objekten in der jeweils individuell verschiedenen Nutzungsumgebung, so etwa innerhalb einer Lernumgebung, in der die Relationen der einzelnen Komponenten eines individuell zusammengestellten Kurses modelliert werden sollen und die zugehörigen Metadaten nur für die Dauer dieses Kurses gültig sind.

Implizit wurde angenommen, dass es von der jeweiligen Sichtweise und Situation unabhängig ist, welche Informationsobjekte als Daten oder Metadaten zu interpretieren sind. Hier ergibt sich aber das Problem, wie verschiedene in Beziehung zueinander stehende Objekte zu behandeln sind, etwa im Falle einer Rezension einer Publikation, deren Zugriffsrechte in einem anderen Informationsobjekt modelliert sind. In der bisherigen Sichtweise lägen hier (legale) Informationen über ein Metadaten-Objekt (die Rezension) vor, also Meta-Metadaten. Weil Informationsobjekte abhängig vom Kontext unterschiedliche Funktion haben können, also zum einen als eigenständige Ressource gelten, zum anderen als für die korrekte Interpretation notwendige (Meta)-Daten, wird das Warwick Framework erweitert zum Warwick Framework Catalog (WFC), welcher die Modellierung der semantischen Beziehungen verschiedener Informationsobjekte untereinander, nicht aber beispielsweise einzelner Datenfelder ermöglicht[163]. Ihre Funktion oder Rolle als (eigenständige) Ressource oder Metadaten-Satz ist dann primär vom Kontext der Anwendung abhängig. Jeder Datensatz wird also als Informationsobjekt modelliert, wobei die semantischen Beziehungen untereinander ebenfalls als Informationsobjekt modelliert werden, welches zunächst von einer Anwendung gelesen wird, um die jeweils relevanten Beziehungen zu extrahieren. Man kann sich dies als Inhaltsverzeichnis der Knoten eines Objektgraphen mit ihren semantischen Verknüpfungen untereinander vorstellen, so dass etwa eine Applikation, welche die Nutzungsbedingungen einer Ressource mit den Berechtigungen eines Nutzers überprüft, zunächst die Einträge der hierfür relevanten semantischen Beziehungen extrahiert, so dass man eine anwendungsbezogen zu interpretierende Teilmenge an Knoten und Kanten des Objektgraphen erhält. Um maschinell interpretierbar zu sein, kann etwa mit jeder Kante ein eindeutiger Bezeichner (URI) assoziiert sein, welcher auf eine (unabhängig vom Informationsobjekt

---

[163] Theoretisch wäre die Beziehung zwischen einzelnen Datenfeldern realisierbar, indem man atomare Informationsobjekte mit jeweils nur einem Attribut-Werte-Paar einführt, dies würde allerdings die Übersichtlichkeit der aufeinander bezogenen Objekte wesentlich verringern.

gespeicherte, also externe) Ressource verweist, welche die korrekte Interpretierbarkeit des Informationsobjekts, von dem die Kante ausgeht, ermöglicht[164]. Neben beschreibenden Daten kann das Relationsobjekt aktivierende Daten (etwa Programmcode) speichern, welche zur automatischen Behandlung der Relation in Abhängigkeit des referenzierten sowie des referenzierenden Mediums ausgeführt werden, dies wird in [DLa97] als verteilte, aktive Beziehung (DAR) bezeichnet. Für die Implementierung dieses Konzepts wird festgelegt, welches Bezugssystem für vorliegende Bezeichner gilt, dies ist ein Konzept, welches beispielsweise in XML eingeführt wurde, um Informationsobjekte typisieren zu können[165]. Neben Beziehungen zwischen statischen Informationsobjekten sind auch Relationen zwischen Ressourcen denkbar, bei denen die Anforderung eines Objekts einen Transformationsprozess aus einer anderen Darstellung heraus zur

---

[164] Um dies zu veranschaulichen, genügt ein einfaches Beispiel. Seien P_1, P_2, P_3 Informationsobjekte und bezeichne URI_{DC} die Ressource, in welcher der Dublin Core-Standard definiert ist. Sei ferner die Relation (P_1 URI_{DC} P_2 P_3) angegeben, welche bedeutet, dass P_1 eine Beschreibung der Ressourcen P_2 P_3 gemäß des Dublin Core ist. Eine Anwendung A_1, die diesen Standard verarbeitet, kann dann einen paarweisen semantischen Bezug zwischen den Objekten (P_1,P_2) sowie (P_1,P_3) herstellen, eine weitere Anwendung A_2, für die die semantische Bedeutung der Ressource, die durch URI_{DC} referenziert wird, unbekannt ist, ignoriert diesen Eintrag.

[165] Der Verweis auf bestimmte Namespaces wird dann mit einem (eindeutigen) Präfix assoziiert, über den erkannt werden kann, wie ein einzelnes Attributfeld zu interpretieren ist. So kann etwa die Aussage „Matthias O. Will ist Autor der Ressource unter http://www.viror.de " in RDF wie folgt ausgedrückt werden:

```
<?xml:namespace ns = "http://www.w3.org/RDF/RDF/" prefix ="RDF" ?>
<?xml:namespace ns = "http://purl.oclc.org/DC/" prefix = "DC" ?>
<RDF:RDF>
  <RDF:Description about = "http://www.viror.de/">
        <DC:Creator>Matthias O. Will</DC:Creator>
  </RDF:Description>
</RDF:RDF>
```

In diesem Beispiel wird durch der Definition der im folgenden benutzten Schemata (in den beiden ersten Zeilen) durch den Präfix (RDF beziehungsweise DC) festgelegt, welches Bezugssystem zur korrekten semantischen Interpretation zu wählen ist.

Folge hat, die dem Anwender verborgen bleibt. Ein Beispiel ist das Retrieval der bibliographischen Daten einer Ressource nach dem MAB-Format, die aus der Repräsentation als UNIMARC-Datensatz dynamisch berechnet werden[166]. Verteilte dynamische Beziehungen zeichnen sich also dadurch aus, dass die Ressourcen, auf die verwiesen wird, erst durch entsprechende Transformationen aufgrund einer Anfrage generiert werden[167].

4.1.8 Der Digital Object Identifier

Der Digital Object Identifier (DOI) hat zum Ziel, geistiges Eigentum eindeutig zu identifizieren, zu schützen und damit verbundene moralische und ökonomische Rechte[168] (Urheberrecht, Patentrecht und Markenrecht) wahrnehmen zu können. Seine Entwicklung geht auf die Initiative zur Schaffung persistenter Objektbezeichner (Uniform Resource Names – URN) zurück, die sich mit dem grundsätzlichen Problem beschäftigt, dass Uniform Resource Locators (URLs) den Speicherort digitaler Medien bezeichnet, aber nicht das Medium an sich kennzeichnet. Subsumiert werden die verschiedenen Initiativen zur Referenzierung digitaler Medien unter dem Begriff *Uniform Resource Identifier* (URI). Die Arbeiten hierfür werden unter dem Dach der International DOI Foundation (IDF) zusammengefasst. Ein digitales Objekt wird hierbei als eine logisch unterscheidbare Entität aufgefasst, die zum einen als digitales Datenmaterial vorliegt, zum anderen über einen eindeutigen Identifikator (engl. *handle*) sowie

---

166 Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, wäre es, eine Relation (R_1 URI_{trans} R_2) zu modellieren, bei der R_1 die statische Repräsentation nach UNIMARC kennzeichnet, R_2 die dynamisch generierte Aufbereitung nach dem MAB-Format kennzeichnet, sowie URI_{trans} der Verweis auf einen (externen) Dienst, welcher die Konvertierung zwischen R_1 und R_2 übernimmt.

167 Aus praktischer Sicht ist zu beachten, dass dynamische Beziehungen zwar zum einen eine kompakte Speicherung digitaler Ressourcen ermöglichen, zum anderen aber die dynamische Transformation zwischen Informationsobjekten ressourcenaufwändig sein kann, insbesondere wenn diese von Diensten durchgeführt werden, die außerhalb des Dokumentenspeichers operieren.

168 Ökonomische Rechte können übertragen werden, wie dies etwa im Verlagswesen Usus ist, während moralische Rechte die persönliche Beziehung zwischen dem Autor und seinem Werk betreffen und daher nicht transferiert werden können. Nur im Fall, dass dieser die Rechte selbst nicht mehr auszuüben imstande ist, können sie transferiert werden unter der Voraussetzung, dass sichergestellt ist, dass der Ausüber moralischer Rechte im Sinne des ursprünglichen Rechteinhabers, also des Autors, agiert.

möglicherweise andere mit den Daten assoziierte Information (Metadaten) verfügt [KW95].

Für globale und persistente Bezeichner digital referenzierbarer Ressourcen gelten die folgenden Anforderungen, die auch die DOI-Initiative aufgreift:

- **Globale Gültigkeit**: Ein Bezeichner ist weltweit gültig, dies impliziert aber nicht dessen physikalischer Speicherungsort.
- **Eindeutigkeit**: Ein Bezeichner kann niemals zwei unterschiedlichen Quellen zugewiesen werden.
- **Nachhaltigkeit**: Die Lebensdauer eines Bezeichners ist unbegrenzt; die bezeichnete Ressource kann also auch über ihre eigene Lebensdauer oder die der mit der Bezeichnung betrauten Organisation referenziert werden.
- **Skalierbarkeit**: Bezeichner können prinzipiell jeder möglicherweise netzgestützt erhältlichen Ressource zugewiesen werden.
- **Allgemeingültigkeit**: Das Verfahren zur Bezeichnung muss existierende Benennungsverfahren unterstützen, sofern die übrigen Anforderungen erfüllt werden können.
- **Erweiterbarkeit**: Das Verfahren muss zukünftig notwendige Erweiterungen ermöglichen.
- **Unabhängigkeit**: Die namensgebende Organisation allein spezifiziert die Bedingungen, unter welchen Bezeichner vergeben werden können.

URNs beziehen sich nicht nur auf Publikationen, sondern allgemein auf alle referenzierbaren Dinge oder Einheiten, da sie primär geistige (abstrakte) Dinge kennzeichnen und nur indirekt deren physische Manifestation oder Konkretisierung. Hier stellt sich die Frage der Granularität, insbesondere im Zusammenhang von mehrfach wiederverwendbaren Objekten und Medien. Während im Bereich von Büchern und Zeitschriften mit den Bezeichnern BICI und SICI auch einzelne Kapitel oder Ausgaben bezeichnet werden können, kann die Granularität multimedialer komplexer Anwendungen a priori keine Aussage getroffen werden, so dass Komponenten letztlich nur relativ zu Objekten, die diese enthalten, charakterisiert werden können.

Syntaktisch setzt sich ein DOI zusammen aus dem Bezeichner des genutzten Schemas sowie des konkreten Bezeichners, wie im Beispiel

urn:doi:10.1000/[ISBN]389204239X

Der Präfix (hier 10.1000) kennzeichnet die namensgebende Organisation (10) bezüglich der publizierenden Instanz (1000), der Suffix (389204239X) das

Medium, hier optional mit einem Bezeichner für die Art des Suffix (in diesem Fall für die ISBN-Nummer der Publikation).

Man unterscheidet zwischen kontextabhängigen und kontextunabhängigen Bezeichnern[169]. Erstere werden gewonnen, indem man Eigenschaften des zu bezeichnenden Objekts in die Berechnung eingehen lässt, so dass eine Analyse des Bezeichners Rückschlüsse auf das Denotat zulassen, letztere stellen eine willkürliche, aber systematische Relation zwischen Bezeichner und Denotat dar. Bezeichner wie ISBN oder ISSN sind Beispiele für kontextabhängige Bezeichner, da hieraus Land und Herausgeber des gedruckten Werks ersichtlich sind. Da digitale Objekte abstrakter Natur sind, bei denen die mit dem geistigen Eigentum verbundenen Rechte sowie mögliche Instanziierungen der Objekte vielschichtig und volatil sein können, erscheint es sinnvoller, hier kontextfreie Bezeichner einzusetzen. Andererseits würde die Einführung von vollständig neuartigen Systemen zur Bezeichnung von Objekten bewirken, dass alle existierenden Objekte komplett neu erfasst werden müssten. Aus diesem Grund ist der Suffix des DOI eine von der publizierenden Instanz frei wählbare Nummer, die im Falle von Publikationen in der Regel mit ISBN- und ISSN-Nummern identisch sein wird. Dabei ergibt sich allerdings das Problem, dass die so gewonnene DOI-Nummer eines Objekts abhängig von dessen Instanziierung (beispielsweise als Taschenbuch oder gebundene Ausgabe) ist.

Da kontextfreie Bezeichner wie der DOI global eindeutig sein sollen, muss die Assoziation zwischen Bezeichner und Auflösungsmechanismus zentral gespeichert sein. Dies bedeutet, dass die Bezeichner jeweils zentral angemeldet oder hinterlegt werden müssen, um Duplikate zu vermeiden. Der Mechanismus der Auflösung an sich kann technisch gesehen allerdings von verteilten Diensten durchgeführt werden, die direkt oder indirekt auf die Menge der Assoziationen zurückgreifen.

Sofern eine namensgebende Organisation benannt ist, bei der sich Informationsanbieter wie Verlage registrieren lassen können, besteht die Schwierigkeit darin, zu definieren, wie ein Verweis aufgelöst wird. Hier sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

---

[169] In der Literatur wird auch von intelligenten beziehungsweise unintelligenten Nummern gesprochen, das Kriterium besteht darin, ob der Bezeichner aus der Ressource abgeleitet werden kann oder nicht. Da jedoch ein Bezeichner an sich keine Intelligenz besitzen kann und auch ein Numerierungsverfahren gewöhnlich auf Regeln des menschlichen Intellekts basiert, sind solche Begriffe wenig aussagekräftig.

- Ein digitales Objekt kann auf unterschiedlichen Servern gespiegelt sein, hier muss die Auswahl der konkreten Ausprägung entweder algorithmisch festgestellt werden (etwa durch einen intelligenten personalisierten Agenten) oder wird dem Nutzer überlassen.
- Es kann verschiedene Versionen des digitalen Objekts geben, die parallel verfügbar sind, dies entspräche unterschiedlicher Auflagen bei gedruckten Werken.
- Ein Objekt kann in unterschiedlichen Formaten vorliegen, beispielsweise als HTML-Datei zur Nutzung am Bildschirm sowie als PDF oder PostScript zum Ausdrucken.
- Ein digitales Objekt kann dynamisch erzeugt werden, beispielsweise in Abhängigkeit einer Nutzeranfrage oder aufgrund spezifischer Präferenzen.
- Ein digitales Objekt soll anwendungsübergreifend referenziert werden können. Dies bedeutet, dass der Mechanismus zur Auflösung nicht an bestimmte technologische Entwicklungen (beispielsweise das HTTP-Protokoll) gebunden ist.
- Die Nutzung eines digitales Objekts kann kostenpflichtig sein, bei der Auflösung des Bezeichners würde in diesem Fall zunächst beispielsweise nur eine Beschreibung oder eine Probeversion des referenzierten Objekts an den Nutzer geliefert.
- Granularität: Ein Bezeichner kann auf ein Objekt verweisen, welches aus anderen digitalen Objekten mit eigenen Bezeichnern (und möglicherweise eigenen Nutzungsbedingungen) aggregiert ist.

Die Implementation des Auflösungsmechanismus basiert auf dem Handle™-Mechanismus, wobei verschiedene Datentypen zurückgegeben werden können. Handles können jeweils verteilt erzeugt und aufgelöst werden. Zur Nutzung des DOI wurde eine Architektur mit folgenden Komponenten gewählt:

- Mechanismus zur Auflösung und zur Erstellung eines Bezugs zwischen Bezeichner und verschiedenen Diensten;
- Speicherung und Bereitstellung von Metadaten über das identifizierte Objekt, also beispielsweise bibliographische und/oder anwendungsspezifische Parameter oder Nutzungskosten;
- eine Institution, welche die Vergabe und Verwaltung des DOI regelt.

Obwohl technisch gesehen die Möglichkeit zur mehrfachen Auflösung eines DOI besteht, wurde dies in einer ersten Implementation nicht genutzt, weil die hierzu nötigen Konzepte noch nicht allgemein bekannt waren, allerdings werden die mit der mehrfachen Auflösung von DOIs verbundenen Schwierigkeiten

(siehe oben) in Angriff genommen, um das ursprüngliche Konzept, einen eindeutigen Bezeichner mit einer (abstrakten) Publikation zu verknüpfen, zu realisieren. Somit ähnelt auf Anwenderseite der Dienst einer einfachen Umleitung, so wie dies etwa durch PURLs (Persistent Uniform Resource Locators) realisiert wurde. Allerdings handelt es sich bei dem Handle™-Mechanismus um ein global administriertes, protokollbasiertes System, welches nicht an Web-basierte Anwendungen gebunden ist, während Umleitungen jeweils lokale Web-Dienste darstellen. In diesem Zusammenhang ist die Unterscheidung zwischen der Referenz des DOI und dessen Aufschlüsselung wichtig. Erstere ist laut Definition persistent und global eindeutig, die Aufschlüsselung kann benutzer- oder diensteabhängig sein. Der DOI referenziert also nicht das Resultat des Aufschlüsselungsprozesses.

Das Resultat dieses Dienstes ist also die Manifestation eines digitalen Objekts, welches physikalisch auf einem lokalisierbaren Rechner gespeichert sein muss. Somit wird klar, dass die Relation zwischen Bezeichner und bezeichneter Ressource, die es dem Anwender erlaubt, diese zu nutzen, an eine Instanz gebunden ist, die deren Gültigkeit überwacht. Damit ist das Problem der Lokalisierbarkeit nur verlagert. Dies entspricht im Übrigen der Notwendigkeit, zur Nutzung oder zum Erwerb von Publikationen entweder auf Buchladen und Bibliotheken als ortsgebundene Instanzen oder auf den Medienversand als zumindest per Adresse oder Telefon lokalisierbare Dienstleister zurückgreifen zu müssen. Die Lokalisation digitaler Dokumente lässt sich jedoch durch die Kombination von DOI und auflösenden Mechanismen folgendermaßen optimieren:

- Neben der Instanz, die DOIs verwaltet, vergibt und die dienste- und medienabhängige Beziehung zwischen Bezeichner und bezeichneter Ressource initiiert, kann es lokal gespiegelte identische Server geben, die regelmäßig und inkrementell aktualisiert werden. Dadurch können potenzielle Engpässe beim Zugriff auf digitale Ressourcen über DOI entschärft werden[170].
- Die Verweise von DOIs auf URLs, PURLs, URNs oder andere Bezeichner werden regelmäßig automatisch auf ihre Gültigkeit hin überprüft, wobei bei

---

[170] Die Spiegelung von Servern ist vor allem bei Suchmaschinen oder Web-Portalen gebräuchlich, so dass der Nutzer auf den nächsten jeweils freien Server umgeleitet wird. Man kennt dies auch von telefonischen Auskunftsdiensten. Auch im Rahmen verteilter Systeme, bei denen Anwendungsprozesse auf verschiedene Server aufgeteilt werden können, kann man so von vielen Nutzern in Anspruch genommene Dienste skalierbar je nach Last verteilen, so dass bei ausreichender Rechnerkapazität die Anzahl der Anwender keinen Einfluss auf die sich der Einzelperson bietenden Performanz hat.

ungültigen Adressen jeweils die für die Erzeugung und Speicherung des Bezeichners verantwortliche Instanz oder Person benachrichtigt wird. Ungültige Verweise werden für eine bestimmte Frist deaktiviert und als nicht auflösbar markiert, nach mehreren erfolglosen Prüfungen wird schließlich der DOI aus dem Verzeichnis gelöscht sowie der Erzeuger der Metadaten darüber informiert. Angeschlossene, möglicherweise mehrstufige Prozesse, Verweise auf digitale Ressourcen zu beziehen, bleiben hiervon unberührt, es steht also in der Verantwortung entsprechender lokaler Dienste, deren Korrektheit zu garantieren.

Die durch den DOI identifizierte Ressource sowie die für den Nutzer wahrnehmbare Reaktion des Systems als Ergebnis des Auflösungsmechanismus erscheinen für den Nutzer nur dann identisch, wenn es sich um eine 1:1-Beziehung zwischen Bezeichner und Denotat handelt. Somit lässt sich der Zugriff auf eine Ressource wie folgt beschreiben:

- Der Nutzer übergibt zusammen mit systembedingten Parametern (Prozessortyp, Betriebssystem, Domain, Netzanbindung) den DOI, der die gewünschte Ressource bezeichnet, an den jeweils passenden Server des DOI-Verwalters. Hier wird die Gültigkeit des Bezeichners überprüft. Im positiven Fall wird dem Benutzer optional eine Reihe von Basisattributen über das angeforderte digitale Objekt zurückgeliefert sowie der Prozess der Auflösung des DOI angestoßen, ansonsten wird zurückgemeldet, dass kein gültiges Objekt referenziert wurde.
- Ist der DOI mit einer eindeutigen Adresse assoziiert, wird diese an den Nutzer zurückgegeben. Ansonsten wird anhand der (normierten) Systemparameter eine passende Teilmenge der Adressen zurückgeliefert[171]. Rückgabe an den Nutzer ist also eine nichtleere Menge möglicherweise weiter aufzulösender Adressen, hierbei kann jede dieser Adressen mit deskriptiven, möglicherweise maschinell verarbeitbaren Attributen versehen sein (etwa finanzielle Angaben hinsichtlich der Kosten für die Nutzung).
- Ist die Nutzung des Objekts nicht kostenpflichtig sowie die Rückgabemenge einelementig, so wird der DOI als simple Redirection aufgelöst, so dass die verfügbare Instanz des referenzierten Objekts an den Nutzer zurückgeliefert wird und gegebenenfalls mit Hilfe passender Software weiterverarbeitet

---

[171] Für eine an mehreren international unterschiedlichen Orten gespiegelte Ressource könnte etwa geprüft werden, ob ein Dokumentenspeicher im gleichen Land wie der anfragende Klient existiert und nur diese Adresse zurückgeliefert werden.

kann[172]. Bei kostenpflichtigen Angeboten werden dem Nutzer entstehende Kosten für den Bezug des Mediums angezeigt, so dass er die Möglichkeit hat, die Transaktion abzubrechen.

- Kann der DOI nicht eindeutig aufgelöst werden, so besteht möglicherweise die Möglichkeit auf Nutzerseite, die Teilmenge einzuschränken, etwa mit Hilfe eines intelligenten Agenten, der nutzerseitige Präferenzen speichert und assoziiert, beispielsweise als Browser Plug-In. Eine in diesem Sinne minimale Menge wird dann gegebenenfalls zusammen mit für den Nutzer bedeutsamen Attributen zur weiteren manuellen Spezifizierung zurückgegeben.

Der Auflösemechanismus hat also zum Ziel, zwischen DOI, der eine abstrakte Ressource referenziert, und konkretem (digitalen) Objekt, welches eine mögliche Manifestation oder Instanz darstellt[173], eine 1:n-Beziehung herzustellen und umzusetzen, wobei n zu minimieren ist[174]. DOIs sollen also die Verwaltung digitaler Inhalte erleichtern oder aber erst ermöglichen, man spricht hier auch von Transaktions-Management. Dieses Bedürfnis ergibt sich nicht nur im Rahmen von kommerziellen (kostenpflichtigen) Diensten, sondern in jedem System, welches die Verwaltung und Distribution verteilter Ressourcen zum Ziel hat. Transaktionen verbinden Objekte (Gegenstand der Transaktion), die unter spezifizierten Bedingungen (vertragliche Regelungen) von Individuen (beteiligte Instanzen) angefordert werden können. Somit ist die Funktion des

---

[172] Dies trifft freilich nur zu, wenn es sich um digitale Objekte handelt. Andernfalls (bei physischen Gegenständen, wie beispielsweise bei Büchern) werden passende Parameter zurückgegeben, die es erlauben, das referenzierte Objekt zu lokalisieren. Beispielsweise könnte eine zurückgelieferte ISBN-Nummer als Eingabeparameter in ein Bestellsystem des Buchhandels verwendet werden.

[173] Es muss sich hierbei nicht um ein a priori fertig abrufbares Objekt handeln, genausogut ist denkbar, dass durch den Auflösungsmechanismus ein Prozess ausgelöst wird, der eine vom Nutzer verwendbare Ressource als Endprodukt liefert. Ein Beispiel hierfür sind Formatierungs- oder Konvertierungsoperationen, welche auf Seite des Anbieters oder aber erst beim Nutzer durchgeführt werden.

[174] Technisch ideal wäre es, wenn ein solcher Auflösemechanismus in die üblichen Browser integriert ist. Eine andere Möglichkeit wäre es, alle Anfragen an ein Dokument mittels eines DOI über einen dezidierten Proxy-Server zu leiten, damit ergibt sich allerdings wieder, dass die Auflösung einer Anfrage abhängt von der Verfügbarkeit dieses Servers. Um dieses Problem zu mindern, könnte man ein Netz mehrerer verteilter Proxy-Server an verschiedenen Standorten vorsehen, von denen jeweils ein frei verfügbarer ausgewählt wird, um den Nutzer zur angefragten Ressource weiterzuleiten.

DOI, intellektuellen Besitz, an Transaktionen beteiligte Instanzen sowie vertragliche Vereinbarungen zu identifizieren und zu schützen[175], was sich auch in der Zusammenarbeit der IDF mit INDECS[176] niederschlägt.

Metadaten in Verbindung mit dem DOI haben folgende Funktion:

- Sie ermöglichen Transaktionen auf eindeutig identifizierten Objekten, ohne Bezugname auf deren konkrete Manifestationen.
- Bei multipler Resolution werden sie benötigt, um intelligente Entscheidungen für adäquate Auswahl einer passenden Manifestation treffen zu können.
- Sie ermöglichen es, Dienste mit Zusatznutzen auf Anwenderseite zu implementieren, beispielsweise könnte zu einer referenzierten Publikation das jeweilige Abrechnungsschema für kostenpflichtige Transaktionen[177] hinterlegt sein, oder die Referenz auf anwendungsspezifische Daten oder maschinell zu verarbeitende Parameter für das digitale Objekt nutzende tertiäre Dienste.
- Sie ermöglichen es, aufgrund verfügbarer bibliographischer Parameter die zugehörigen eindeutigen DOIs zu ermitteln, etwa aufgrund einer vorliegenden ISBN-Nummer.
- Sie garantieren die Vollständigkeit und Verlässlichkeit der Referenz und erfüllen somit eine minimale, persistente und global gültige Nachweisfunktion.

Da die potenziell assoziierbaren Metadaten mannigfaltig sind, ist es nicht intendiert, alle möglichen Metadaten für referenzierbare Objekte zentral mit dem DOI zu speichern, vielmehr gelten folgende Prinzipien [BMR+99]:

- Jedes Objekt muss innerhalb eines festgelegten Wertebereichs eindeutig identifiziert werden können.
- Ein referenziertes Objekt muss nur dann identifiziert werden, wenn ein Grund besteht, es zu unterscheiden (funktionale Granularität). Andererseits

---

175 Hierzu ist speziell für kostenpflichtige Systeme die Integration sicherer Abrechnungs-Komponenten notwendig.

176 INteroperability of Data in E-Commerce Systems

177 Transaktionen sind in diesem Zusammenhang definiert als Interaktionen, in denen neben handelnden Parteien (beispielsweise Kunde und Dienstleister) und Objekten (deren Nutzung oder Erwerb Grund der Transaktion darstellt) Vereinbarungen (Rechte, Kosten, Pflichten) relevant sind. Erst durch Transaktionen ist gesteuerter und kontrollierter Umgang mit Informationen und Waren realisierbar.

muss auch jede Manifestation eines Objekts (ob abstrakt oder konkret) eindeutig zu identifizieren sein, da sie Bestandteil einer Transaktion sein kann.

- Der Autor der Metadaten muss eindeutig und sicher identifiziert werden können.
- Die Strukturen für Metadaten müssen technologieunabhängig sein, um persistent sein zu können. Hier bietet sich eine Speicherung als XML- oder RDF-Datensatz an.
- Der Zugriff auf die Metadaten muss einerseits bei Bedarf gewährt werden, andererseits ist vor unbefugtem Zugriff zu schützen.

Zur Beschreibung von Dokumenten sind innerhalb vom DOI 14 deskriptive Felder vorgesehen. Man unterscheidet hier zwischen sog. Schlüsselelementen, die obligatorisch zu spezifizieren sind, und optionalen Elementen. Sofern nicht anders angegeben, handelt es sich im folgenden um Schlüsselelemente. Für die folgende Beschreibung wurden im wesentlichen die in INDECS definierten Metadaten-Attribute genutzt. Mit Ausnahme der Schlüsselemente DOI und Type können mehrfache Werte pro Feld belegt sein. Es lässt sich eine ungefähre Abbildung zwischen Attributen zwischen DOI und Dublin Core angeben, die jedoch vor allem wegen der mangelnden semantischen Präzision von Dublin Core nicht eindeutig ausfällt.

1. **DOI**: der global eindeutige Identifikator der Ressource.
2. **DOIGenre**: Hierbei handelt es sich um den Bezeichner für eine Klasse verschiedener Ressourcen mit gleichen Eigenschaften. Der Typ der Ressource kann sich beispielsweise ableiten aus dem in INDECS definierten Attributen PhysicalForm, Genre, Mode, Audience. Abhängig vom Typus ergeben sich potenzielle Erweiterungen der Basisfelder, beispielsweise technische Randbedingungen für audiovisuelle Medien. Die möglichen Klassen sind auswählbar aus einem kontrollierten Vokabular, das außerhalb des DOI-Standards definiert wurde.
3. **Identifier**: Ein nach einem externen Schema vergebener Bezeichner für die Ressource, etwa eine ISBN-Nr. für ein Buch. Der Zweck dieses Feldes ist weniger die eindeutige Bezeichnung als vielmehr die Einbeziehung existierender Schemata zur Identifikation von Ressourcen. Deshalb sind auch mehrere Werte zulässig, die jedoch alle relativ zum gewählten System eindeutig sein müssen. Neben konzeptuellen Identifikatoren kann es sich hierbei auch um technisch bedingte Bezeichner handeln.
4. **Title**: es ist mindestens ein Titel, unter dem die Ressource bekannt ist, zu spezifizieren.

5. **Descriptor**: eine optionale Beschreibung der Ressource, etwa mittels Schlüsselwörter oder beliebigem Freitext. Als zusätzliche Qualifikatoren wird unterschieden zwischen Schlüsselwörtern (*keywords*), Beschreibungen (*description*), also deskriptiver Information, und Annotationen (*annotation*), also erklärenden Kommentaren zur referenzierten Ressource.
6. **Type**: gibt den strukturellen Typ der Ressource an und ist als eindeutiger Wert aus der folgenden Tabelle zu selegieren:

Name	Beschreibung
Physical Manifestation	Eine Ressource, die physisch (in Atomen) vorliegt
Digital Manifestation	Eine digital vorliegende Ressource
Recorded Performance	(Zeitabhängige) Aufnahme eines Werkes (Handlung), die als physische / digitale Manifestation reproduzierbar vorliegt
Work	Eine Schöpfung des Geistes, deren Existenz mittels Manifestation oder Aufführung realisiert werden kann

Tabelle 4.8: DOI – Strukturelle Typen einer Ressource

7. **Origination**: Gibt die Relation zu einer möglicherweise existierenden Ressource an, aus der die vorliegende Ressource abgeleitet wurde. Die Angabe dieses Feldes ist notwendig, um urheberrechtliche Fragen klären zu können. Der zulässige Wertebereich wird durch folgende Tabelle angezeigt:

Name	Beschreibung
Original	Ressource, deren Existenz nicht erkennbar abhängig von einer anderen, vorher existierenden Ressource abhängig ist.
Version	Eine Ressource, die durch Transformation aus einer anderen Ressource abgeleitet wurde.
Compilation	Eine Ressource, die aus der Aggregierung von mindestens zwei anderen Ressourcen resultiert.
Extract	Eine Ressource, die durch das Extrahieren einer Komponente aus einer anderen Ressource entstanden ist.
Replica	Eine Ressource, die durch Kopieren aus einer anderen Ressource erstellt wurde.

Tabelle 4.9: DOI – Relationstypen zu anderen Ressourcen

8. **Mode**: Dieses Feld gibt optional die Sinneswahrnehmung der Ressource an, also welche Handlungstypen damit sinnvoll verbunden werden. Hierbei können mehrere Werte kombiniert werden, wenn etwa die Wahrnehmung der Ressource verschiedene Sinne anspricht. Man unterscheidet hier zwischen auditiven, visuellen, audiovisuellen, taktilen, gustatorischen, olfaktorischen

und abstrakten Ressourcen. Letztere können nur über die Abstraktion einer anderen Manifestation wahrgenommen werden.

9. **Form**: Dieses optionale Feld ist in Ergänzung zu *Type* zu sehen, da die genaue Erscheinung der referenzierten Ressource nicht vollständig hierdurch festgelegt wurde. Es ist nur sinnvoll bei konkreten, also physischen oder digitalen Manifestationen. Spezifiziert werden kann das physische oder das digitale Format, das Material, aus dem eine Ressource geschaffen ist oder aber das Trägermaterial für eine Aufnahme, die Codierung der Ressource. Neben der (konkreten) Manifestation einer Ressource beziehen sich die Felder Genre, also die Form, in der eine Ressource ausgedrückt wird, die Sprache sowie die Vollständigkeit auf den Ausdruck einer Ressource, etwa als Aufführung oder als Aufnahme.

10. **Extent**: Dieser optionale Parameter ist ein räumliches oder zeitliches Maß (beispielsweise die Dimensionen eines Möbelstücks oder die Abspieldauer eines digitalen Films) oder aber quantifiziert einzelne Komponenten einer Ressource (beispielsweise die Anzahl der Seiten in einem Buch).

11. **Context**: In diesem optionalen Feld können der Ressource nicht inhärente Beziehungen spezifiziert werden, etwa die Menge oder Klasse der potenziellen Nutzer, der intendierte Nutzungszweck oder die Umgebung, in der die Ressource erstellt wurde.

12. **Subject**: Dieses optionale Feld bezieht sich auf eine thematische Einordnung der Ressource, etwa mittels Klassifikatoren oder Schlagwörtern. Hier ist im Sinne von näher spezifizierenden Deskriptoren zu unterscheiden zwischen dem Thema oder dem Konzept des Werkes, der Person oder dem Personenkreis, zu der eine inhaltliche Verbindung hergestellt werden kann, also etwa im Fall einer biographischen Publikation, analog dazu Objekte oder Dinge, mit denen sich die Ressource befasst, Ereignisse, zu denen ein direkter Bezug hergestellt werden kann (etwa im Fall eines Films über die Reformation) sowie der Ort, von dem eine Ressource handelt.

13. **Event**: Die mit der Entstehung einer Ressource verbundenen (zeitbezogenen) Randbedingungen sind hier festzusetzen, etwa im Falle der Vertonung eines früheren Werks. Man unterscheidet zwischen den Ereignistypen *Erstellung*, *Verbreitung* und *Nutzung*, mit denen jeweils agierende Personen oder Institutionen verbunden sind, die mit einem Hilfsmittel eine festgesetzte Rolle innerhalb eines Ereignistyps bezüglich räumlicher und zeitlicher Randbedingungen wahrnimmt. Damit können ressourcenbezogene Prozesse differenziert dargestellt werden. So kann etwa ein Verleger aktiv an der Erstellung eines Mediums beteiligt sein, andererseits aber auch lediglich für die Verbreitung einer Publikation sorgen.

14. **Creation Link**: Mit diesem optionalen Feld können Relationen zu anderen Ressourcen angezeigt werden, und zwar entweder im Sinne einer (logischen)

Komponentenbeziehung (etwa ein wissenschaftlicher Artikel, der als Teil eines Tagungsbandes referenziert wird), als Version (etwa die Taschenbuchausgabe eines Romans) oder als referenzielle Beziehung (etwa ein Eintrag in einem Literaturverzeichnis eines Lehrbuchs). Zusätzlich können die logische Reihenfolge von Verweisen gleichen Typs, zeitlich-räumliche Angaben sowie die technischen Mittel zur Erstellung des Verweises spezifiziert werden.

Die Verlässlichkeit von DOI-Identifikatoren wird zwar gegenüber konventionellen Adressierungsschemen deutlich verbessert, sie hängt jedoch von einigen wichtigen Faktoren ab:

- Verfügbarkeit des Datenspeichers, welche DOI mit konkreten Manifestationen als URL oder als Ergebnis einer Berechnung verknüpft;
- Verfügbarkeit des Dienstes, welcher dem Nutzer aufgrund einer Anfrage über einen DOI eine Manifestation des angeforderten digitalen Objektes oder dessen Bezugsmöglichkeiten vermittelt;
- regelmäßige Aktualisierung der Assoziationen zwischen logischem Objekt und physischem Medium, wenn sich die Adressierung der physischen Medien ändert. Dies betrifft auch die Beschreibung der Randbedingungen oder die Verknüpfung mit entsprechenden Diensten (beispielsweise einem Zahlungsmechanismus) zur Nutzung, wenn sich etwa die rechtlichen und/oder wirtschaftlichen Randbedingungen zum Bezug eines Mediums ändern;
- Verfügbarkeit des Dokumentenspeichers des Medienanbieters[178].

Ein zentraler oder verteilter Dienst zur Auflösung von DOI-Bezeichnern muss folgende Sicherheiten garantieren können:

- Der DOI-Identifier eines Objekts darf – einmal zugewiesen – weder modifiziert noch aus der Datenbank gelöscht werden können.
- Die Assoziation zwischen DOI und der Operation, die ausgeführt wird, um dem Nutzer den Zugriff zu einer konkreten Instanz eines Mediums zu ermöglichen (im einfachsten Fall, wie erläutert, eine Ersetzung durch einen URL) darf nicht verändert werden können.

---

[178] Intelligente Dienste könnten hier etwa bei mehreren Bezugsmöglichkeiten durch parallele Recherche jeweils diejenige mit den günstigsten Konditionen präsentieren, so dass das System dem Nutzer nicht verfügbare Anbieter gar nicht erst anzeigen würde.

- Die für den Auflösungsprozess notwendigen Daten, also alle Metadaten, müssen sicher vor unerlaubten Änderungen sein. Eine eventuell notwendige Modifikation (eventuell sich ändernde Zugriffsbedingungen, Änderung der physischen Speicherung eines Mediums) darf nur von Administratoren des DOI-Dienstes über lokalen Zugriff durchgeführt werden.

Dies kann am einfachsten erreicht werden, indem der Datenbank-Server, welcher die Zuordnungen sowie die Metadaten speichert, keine direkte Online-Verbindung hat, sondern auf diesen nur aufgrund einer Anfrage an den DOI-Dienst zugegriffen werden kann. Da die DOI-Nummer im allgemeinen kontext-unabhängig ist und die Verknüpfung zwischen Identifikator und Rückantwort von jedem lesend nachvollzogen werden kann, ist eine Verschlüsselung des Verkehrs zwischen DOI-Server und Datenbank nicht notwendig.

4.2 Nachweis von Lernmedien im Verbund mit wissenschaftlichen Bibliotheken

Unter der Prämisse, dass ein für alle denkbaren Formen digitaler Medien langfristig gültiger universeller Metadaten-Standard nicht gefunden werden kann – dieser könnte die fachspezifischen Bedürfnisse aller potenziellen Nutzergruppen nicht widerspiegeln bei gleichzeitiger Interoperabilität – wurde im Abschnitt 4.1.6 das im Standardisierungsprozess befindliche Learning Objects Metadata-Schema vorgestellt. Er dient dazu, abstrahierend von fachspezifischen Deskriptoren Syntax und Semantik pädagogisch einsetzbarer Ressourcen eindeutig und adäquat zu beschreiben. In diesem Abschnitt werden zunächst grundsätzliche Anforderungen an ein Archiv für didaktische Medien gestellt, bevor eine konkrete Implementierung eines europaweiten Archivs vorgestellt wird, welches die Beschreibung der Lernmedien anhand einer Teilmenge des LOM-Schemas zugrundelegt. Dabei werden auch die hierbei vorgesehenen Nutzerrollen der verschiedenen Akteure vorgestellt und diskutiert. Von besonderer Bedeutung ist hier die Instanz eines Validierers, der sicherstellt, dass die eingestellten Ressourcen korrekt und ausreichend beschrieben werden und von Dritten genutzt werden können. Nachdem also die technische und organisatorische Infrastruktur vorgestellt wurde, wird die Implementierung des Metadaten-Schemas als Ableitung von LOM eingehend diskutiert, welche mündet in eine Beschreibung als DTD im XML-Format.

Um die langfristige Nutzung eines Dokumentenspeichers mit den darin verfügbaren Medien zu ermöglichen, ist es in einem akademischen Umfeld sinnvoll, für den technischen Betrieb das lokale Rechenzentrum zu verpflichten, für den Nachweis der Inhalte jedoch die Hochschulbibliothek. Hier besteht das Ziel darin, dem Nutzer eine verteilte Suche auf allen über die Bibliothek nachgewiesenen Medien zu ermöglichen, also nicht nur den lokalen Bestand an konventio-

nellen Publikationen, sondern ebenfalls die über den verteilten Dokumentenspeicher nachgewiesenen Medien. Dazu wird zunächst ein vom südwestdeutschen Bibliotheksverbund konzipiertes Metadaten-Schema vorgestellt, welches sich an den im Abschnitt 4.1.5.2 präsentierten Dublin-Core-Standard anlehnt, allerdings lokal erweiterbar ist. Anschließend wird die Abbildung von Metadaten-Sätzen von Lernmedien aus dem verteilten Dokumentenspeicher in das von den Bibliotheken zugrundegelegte Schema besprochen. Daraus ergeben sich einige zusätzliche Anforderungen an den Nachweis der Medien, die im Rahmen der Kooperation zwischen Autoren, Fachreferenten und Validierern zur Integration in bibliothekarische Arbeitsabläufe diskutiert wird. Hier sind für eine weitgehende Automatisierung regelmäßig durchzuführender Arbeitsschritte Vereinfachungen auf der Nutzerseite angebracht, welche abschließend besprochen werden.

4.2.1 Anforderungen an einen verteilten Dokumentenspeicher für Lernmaterialien

Ein Dokumentenspeicher für den Austausch und die Wiederverwendung multimedialer, modularisierter sowie multilingualer[179] Lehr- und Lernmedien kann dabei helfen, den Aufwand zur Erstellung von kursbegleitenden Medien zu reduzieren. Zunächst ist zu bemerken, dass sich die technischen und organisatorischen Voraussetzungen in der universitären Ausbildung abhängig vom Fachbereich, dem Bildungsumfeld sowie den konkreten Anforderungen wesentlich voneinander unterscheiden:

- Der Einsatz multimedialer Techniken zur Unterstützung synchroner und asynchroner Lehr- und Lernszenarien ist in Natur-, Wirtschafts- und Ingenieurswissenschaften gewöhnlich weiter fortgeschritten als in Geistes- und Kulturwissenschaften.
- Institutionen mit einem traditionellen Schwerpunkt auf der Fernlehre wie etwa die Fernuniversität Hagen oder die Open University in Großbritannien sind in weitaus größerem Maße auf den Einsatz von kommunikationsunterstützenden Medien und Techniken angewiesen als Einrichtungen, bei denen die lokale Betreuung von Studierenden im Vordergrund steht.

---

[179] Damit ist gemeint, dass im europäischen Kontext Lernmedien in unterschiedlichen Sprachen über eine gemeinsame Infrastruktur bereitgestellt und ausgetauscht werden können. Deren Austauschbarkeit ist dann eingegrenzt durch die nationalen sprachlichen Gegebenheiten und Möglichkeiten. Beispielsweise ist nicht anzunehmen, dass ein französcher Dozent italienischsprachige Ressourcen zur Unterstützung des Lernprozesses empfehlen wird, da die entsprechende sprachliche Kompetenz bei seinen Studenten nicht vorausgesetzt werden kann.

- Die finanziellen Möglichkeiten unterscheiden sich erheblich zwischen privaten und öffentlichen Bildungsträgern. Dies fällt besonders auf im Vergleich zwischen deutschen und amerikanischen Hochschulen: während in Deutschland im allgemeinen das Abitur den Zugang zum Hochschulstudium eröffnet, hängt die Qualität der für den Einzelnen nutzbaren Bildungsbedingungen im angelsächsischen Raum wegen teils erheblicher Studiengebühren wesentlich von wirtschaftlichen und finanziellen Möglichkeiten ab.

Aus diesen Gründen ist es sinnvoll, zwischen der nutzungsunabhängigen Archivierung von Ressourcen im Sinne eines bibliothekarischen Dienstes und dem konkreten Einsatz in der lokal zur Verfügung stehenden Lernumgebung zu unterscheiden. Hinsichtlich der praktischen Nutzung ergeben sich folgende Anforderungen:

1. Die Kommunikation zwischen Lernumgebung und Dokumentenarchiv muss unter unterschiedlichen technischen Voraussetzungen möglich sein. Dies impliziert, dass Lernmodule jeweils nach eindeutigen Kriterien und unter Verwendung verbreiteter Techniken vorliegen und auch bei schmalbandigen Verbindungen mit begrenztem zeitlichen und finanziellen Aufwand lokal integriert werden können.
2. Technische, pädagogische und rechtliche Voraussetzungen müssen für den Anwender oder den Anbieter von Lehr-, Aus- und Weiterbildungsdiensten transparent sein.
3. Die Lernmodule müssen abgesehen von den pädagogischen und technischen Vor- und Randbedingungen kontextfrei nutzbar sein, also unabhängig von den anbieterseitig ursprünglich intendierten Lehr- und Lernszenarien.
4. Insbesondere bei großen Dokumentenbeständen müssen Such- und Erschließungsmöglichkeiten nach pädagogischen, semantischen und technischen Kriterien angeboten werden; die dazu notwendigen Werkzeuge müssen plattformübergreifend vom Verwalter des Ressourcenspeichers zur Verfügung gestellt werden[180].

---

[180] Dies heißt nicht, dass die Recherche oder der Bezug von Lernmedien prinzipiell kostenfrei sein muss, entstehende finanzielle Belastungen sollten aber entweder von der Bildungseinrichtung übernommen werden können oder aber zumindest für den Endnutzer transparent sein. Dies ist besonders im Hinblick auf Aus- und Weiterbildungsangebote, bei denen öffentliche und private Bildungsanbieter miteinander konkurrieren, essenziell.

Zur dauerhaften Archivierung und Nutzung von Lernmedien muss das entsprechende System soweit ausfallsicher sein, dass der reguläre Betrieb unter für den Nutzer ersichtlichen und vertretbaren Randbedingungen[181] sichergestellt werden kann. Damit ergibt sich zwangsläufig als Architektur ein verteiltes Client-Server-System.

4.2.2 Architektur des Dokumentenspeichers für Lernmedien

In diesem Abschnitt wird die Architektur der Dokumentenverwaltungskomponente beschrieben, die im Rahmen des EU-Projekts ARIADNE entwickelt wurde und von interessierten Institutionen gegen einen jährlichen Mitgliedsbeitrag langfristig genutzt werden kann. Daran orientiert sich auch das weiter unten beschriebene Vorgehen zum Einbringen von Lernmedien in einen multinationalen Medienspeicher.

- Eine Menge datenbankgestützter Dokumentenserver gruppiert sich um einen zentralen Server, über den alle allgemein verfügbaren Lernmodule nachgewiesen werden. Als Schnittstelle zur Übermittlung und zum Zugriff auf Lernmedien dient der lokal jeweils nächstgelegene Server[182]. Ob eine Institution einen eigenen Knoten betreibt, liegt im eigenen Ermessen und richtet sich gewöhnlich nach der Häufigkeit der aktiven und passiven Nutzung. Für ersteres ist nach einer Anlaufphase die durchschnittliche Anzahl monatlich eingestellter Medien beziehungsweise Metadatensätze ein sinnvolles Maß. Neue Beiträge werden in jedem Fall auf den zentralen Server gespiegelt, können aber auch bei besonderem Interesse auf andere lokale Server weitervermittelt werden. Die Netztopologie ist sternförmig, so dass jeder lokale Server mit dem zentralen Dokumentenspeicher verbunden ist. Damit kann auch der Aufwand zur Kommunikation minimal gehalten werden. Um den zentralen Server zu entlasten, werden gegebenenfalls

---

[181] Technischer Fortschritt führt zur Notwendigkeit, die Hard- und Software der genutzten Ressourcen regelmäßig an aktuelle Bedingungen anzupassen. Dies erfordert regelmäßige Wartungspausen, die vorzugsweise in Zeitfenster geringer Nutzung gelegt werden sollten. Der Einsatz verteilter Systeme kann wesentlich dazu beitragen, um eventuelle Wartungsengpässe zu überbrücken, eine Nutzungsgarantie von 24 Stunden täglich sowie 7 Tage in der Woche ist jedoch weder notwendig noch realisierbar.

[182] In der Praxis wird ein Ausbildungsanbieter immer mit dem gleichen lokalen Server interagieren, zumal ein nicht nur lesender Zugriff, der erweiterte Privilegien erfordert, nur im Falle einer expliziten Registrierung an einem Speicherknoten möglich ist. Damit ist im allgemeinen auch der Zugangsknoten determiniert.

regionale Knoten zwischen lokalen Dokumentenspeicher und Zentralknoten geschaltet.

- Jeder Neuzugang wird gewöhnlich nach der lokalen Speicherung genau einmal, nämlich auf dem zentralen Server, gespiegelt und die Referenz auf die lokale Speicheradresse des beigesteuerten Mediums in die Liste aller Lernmodule eingetragen.
- Der Betreiber eines lokalen Dokumentenspeichers kann diesen bei Interesse so konfigurieren, dass nicht nur Metadaten, sondern auch Lernmedien regelmäßig vom zentralen Server repliziert werden. Da jedoch nicht selektiv nach der Herkunft des Dokuments unterschieden werden kann, bedeutet dies, dass in diesem Fall alle in einem beliebigen angeschlossenen Dokumentenspeicher eingespeisten Medien, welche frei verfügbar sind, nach einer bestimmten Verzögerung immer auch lokal verfügbar sind. Der Kommunikationsaufwand steigt wegen der sternförmigen Topologie zwar nur linear mit der Zahl der beigesteuerten Lernmedien, allerdings verliert man die Kontrolle über den insgesamt benötigten Speicherplatz des lokalen Knotens. Zwar ist nicht anzunehmen, dass die Gesamtzahl der zu spiegelnden Medien exponenziell wächst, so dass bei statischen Medien, deren Datenvolumen vergleichsweise gering ist, die insgesamt eingehende Datenmenge überschaubar bleibt. Bei multimedialen Dokumenten, insbesondere solche, die audiovisuelle Datenströme oder Komponenten integrieren, wird dies problematisch. Außerdem steigt die zu erwartende Datenmenge proportional zur Anzahl der beteiligten lokalen Dokumentenspeicher. Schlösse man jedoch prinzipiell komplexe Anwendungen wie Simulations- oder Softwarepakete aus, so würde sich der Nutzen erheblich reduzieren, so dass der Mehrnutzen gegenüber konventionellen gedruckten Medien, welche üblicherweise in wissenschaftlichen Bibliotheken nachgewiesen werden, fraglich würde.
- Für den lesenden Zugriff auf ein Lernmedium sind maximal drei Schritte erforderlich, denn auf dem zentralen Server wird ein Verzeichnis aller Lernmodule mit ihrem physikalischen Speicherungsort vorgehalten. Wenn also auf dem Server, mit dem man verbunden ist, die angeforderte Ressource nicht gefunden wird, führt dies zu einer Anfrage auf dem Hauptserver, nach Ermittlung des relevanten lokalen Servers kann die Aufforderung zum Bezug des Lernmediums an diesen automatisch weitergeleitet werden[183].

---

[183] Die Nutzbarkeit gespeicherter Lernmedien hängt mit der Berechtigung der auf der Datenbasis eingetragenen Nutzerkennung ab, da die Nutzerverwaltung sich immer auf einen konkreten Datenspeicher (Local Knowledge Pool, LKP) bezieht und man somit auf fremden Dokumentenspeichern mit reinen Leserechten nur Meta-

- Da der Index des gesamten Dokumentenbestandes über jeden der angeschlossenen Server zugänglich ist, können die Antwortzeiten minimal gehalten werden. Dies ist vergleichbar mit Techniken des Caching, wie sie etwa WWW-Clients verwenden.
- Genaugenommen ist es sogar ausreichend, die Liste aller Lernmodule zusammen mit den lokalen Speicheradressen zentral vorzuhalten, so dass die Spiegelung auf den zentralen Server entfallen könnte, allerdings würde dessen Ausfall bedeuten, dass die Ressource nicht mehr zugänglich wäre, weil die lokale Speicheradresse dann nicht mehr ermittelt werden könnte. Selbst bei bekannter Adresse, wie im Fall einer Spiegelung der Liste auf alle angeschlossenen lokalen Server, kann die Verbindung zum Speicherort nicht hergestellt werden, wenn zwischen den beiden lokalen Servern keine Verbindung hergestellt werden kann. Es ist also erforderlich, dass der zentrale Server besonders ausfallsicher ist, insbesondere auch, dass er während Wartungszeiten überbrückt werden kann.
- Die lokale Architektur einzelner Dokumentenserver ist jeweils identisch und basiert auf einem ORACLE-Datenbank-Management-System, so dass Kommunikationsprozesse zwischen den Teilkomponenten wesentlich erleichtert werden[184]. Zum einen wird dadurch die eindeutige Bearbeitung von Such- und Retrieval-Operationen vereinheitlicht, andererseits können so große Dokumenten- und Datenbestände einfacher konsistent gehalten werden. Ferner kann durch eine Zugangskontrolle der Zugriff auf einzelne Daten besser gesteuert beziehungsweise geschützt werden, wie es für die Implementierung der verschiedenen Nutzerrollen, die im nächsten Abschnitt

---

daten einsehen kann. Verzichtet man also als Betreiber eines LKP auf die Spiegelung aller Inhalte, so setzt die Nutzbarkeit nicht-lokaler Inhalte voraus, dass mit der Anfrage auch die Rolle des jeweiligen Nutzers mitgesendet wird und daraufhin ein automatisiertes Login unter der gleichen Rolle auf dem entfernten LKP möglich ist. Dies würde zumindest eine generische Kennung mit der Berechtigung *Annotierender* für den potenziellen Dozenten erforderlich machen (nicht aber für die Rollen *Indexierer* oder Prüfer, da das Einstellen und Validieren von Lehrinhalten auf fremden Dokumentenspeichern nicht ermöglicht werden muss).

[184] Zur Verallgemeinerung wäre es notwendig, alle Operationen, die im Verlauf der Interaktion mit einem Dokumentenspeicher vorkommen können, zunächst als systemunabhängige Abfrage zu formulieren und dann über generische Schnittstellen wie etwa ODBC oder JDBC auf das jeweilige DBMS abzubilden. Andererseits kann angenommen werden, dass wissenschaftliche Rechenzentren zumeist über eine entsprechende Oracle-Datenbanklizenz verfügen, so dass die Beschränkung auf einen Anbieter praktisch gesehen kaum Nachteile bringen dürfte.

beschrieben werden, notwendig ist. Dies ist aber auch zum Schutz nicht allgemein zugänglicher Ressourcen wie beispielsweise kostenpflichtiger Inhalte nötig, die erst nach Erfüllung der anbieterspezifischen Zugangsbeschränkungen für den einzelnen Nutzer zugreifbar sein sollten.

- Um die Erschließung der Inhalte zu vereinheitlichen, ist es notwendig, die von den Autoren oder deren Stellvertretern durchgeführte Vorbereitung der Dokumentenarchive sowie deren Indexierung zu validieren. Diese Rolle können Institutionen, Einzelpersonen oder Fachleute übernehmen, die sich an einem definierten lokalen Dokumentenspeicher jeweils für ein Sachgebiet ihrer Expertise registriert haben. Wenn zu diesem Sachgebiet ein Lernmedium beigesteuert wird, können diese automatisch benachrichtigt werden[185]. Erst vollständig validierte Lernmodule werden auf den zentralen Dokumentenspeicher gespiegelt und sind allgemein zugreifbar. Langfristig sollte der Prozess der Validierung von Fachinformationsbeauftragten übernommen werden, wie sie insbesondere in wissenschaftlichen Bibliotheken eingesetzt werden. In Abschnitt 4.2.6 wird hierzu ein Modell zur Zusammenarbeit von Autoren, Bibliothekaren und Validatoren vorgestellt.

4.2.3 Nutzerrollen und damit verbundene Zugangsberechtigungen

Für die Interaktion mit einem lokalen Dokumentenspeicher unterscheidet man vier Nutzerrollen. Sofern nicht anders angegeben, beinhaltet die Beschreibung einer Rolle die Rechte der vorher beschriebenen[186].

- **Leser**: die hiermit verbundenen Rechte stehen jedem an einem konkreten Dokumentenspeicher registrierten Nutzer offen. Diese beschränken sich auf den lesenden Zugriff auf validierte sowie auf lokale Metadatensätze. Letztere werden nicht zentral repliziert, dies ist sinnvoll für datenintensive Medien oder solche von rein lokalem Interesse.

---

185 Benutzt ein Validator das bereitgestellte Werkzeug, um Lerninhalte zu überprüfen, so kann er sich eine Liste aller validierten beziehungsweise nicht validierten Module zu seinem eingetragenen Fachgebiet auf dem kontaktierten Dokumentenspeicher anzeigen lassen. Eine asynchrone Benachrichtigung, etwa als E-Mail, ist nicht vorgesehen, ebensowenig eine Zusammenschau des Stands der gespeicherten Lernmedien auf einem LKP.

186 Einige der genannten Rechte ergeben sich implizit aus dem Rollenverständnis, der Vollständigkeit halber werden jedoch an dieser Stelle alle Operationen, zu denen ein Nutzer in einer der folgend beschriebenen Rollen berechtigt ist, explizit erwähnt.

- **Indexierer**: Dies sind die Erzeuger von Metadatensätzen und den assoziierten Lernmodule[187]. Neben der Korrektur unvalidierter Metadatensätze, auch von Dritten, ist das Kommentieren validierter Metadaten (etwa Bemerkungen zu deren didaktischen Qualität) gestattet, sowie das Einsehen nicht-validierter, aber schon übermittelter Metadaten. Eigene Lernmodule dürfen an den LKP geschickt werden, sofern entsprechende Metadaten schon übermittelt wurden. Außerdem dürfen Lernmodule ersetzt, gelöscht und lokal heruntergeladen werden. Schließlich können sie auch die Existenz von Lernmodulen überprüfen.
- **Prüfer**: Diese validieren eingegangene Metadaten und die assoziierten Lernmodule und haben damit auch die weitestreichenden Rechte aller Nutzerrollen. Neben der Validierung von Metadaten, der Widerrufung erfolgter Validierung[188], dem Löschen nichtvalidierter Metadatensätze[189] ist die lokale Speicherung nichtvalidierter Metadaten und Lernmodule möglich. Die Korrektur nichtvalidierter Metadaten ist jedoch nicht gestattet, da diese immer vom oder in Rücksprache mit dem Autor oder Indexierer durchgeführt werden müssen.
- **Kommentierende**: Hierunter fallen beispielsweise Lehrende, die selbst keine Autoren sind, also Personen, die Lernmaterialien von Dritten wiederverwenden. Entsprechend sind ihre Rechte gegenüber Prüfern und Indexierern eingeschränkt, ergänzend zu Lesern können sie validierte Metadaten kommentieren sowie die Verfügbarkeit von Lernmodulen überprüfen, ferner gespeicherte Lernmodule auf dem lokalen Dokumentenserver herunterladen.

Abgesehen von rein lesendem Zugriff, dessen Rolle jeder registrierte Nutzer eines lokalen Dokumentenservers von jeder anderen Nutzerrolle einnehmen kann, ist es Prüfern erlaubt, sich auch als Indexierer einzuwählen. Problematisch

---

187 Autoren von Lernmedien müssen nicht notwendigerweise mit den Personen und Institutionen übereinstimmen, die diese an einen lokalen Dokumentenspeicher schicken, dies trifft auch auf die Erzeuger der zugehörigen Metadaten oder eben denjenigen, die diese übermitteln, zu. Ferner kann es sein, dass der Übermittler der Metadaten nicht mit dem Übermittler des korrespondierenden Lernmediums identisch ist, auch wenn diese natürlich in Absprache miteinander handeln sollten.

188 Dies kann notwendig sein, wenn sich herausstellt, dass die validierte Ressource technisch nicht nutzbar ist oder bei der Validierung der Metadaten ein Fehler unterlaufen ist, sollte aber im allgemeinen nicht vorkommen.

189 Als Beispiel könnte genannt werden, wenn sich die Publikation einer Ressource aus nicht vom Herausgeber oder Autor zu verantwortenden Gründen auf unbestimmte Zeit verschiebt oder storniert wird.

erscheint, dass die Registrierung und damit die Rollen, die Nutzer einnehmen können, relativ zu einem lokalen Dokumentenspeicher sind, denn dadurch sind nur die dort registrierten Personen berechtigt, die dort gespeicherten Dokumente zu nutzen. Um die automatische Replikation vom zentralen auf die lokalen Dokumentenspeicher zu vermeiden, könnten stattdessen die registrierten Nutzer und die damit assoziierten Rollen regelmäßig abgeglichen werden, damit müsste allerdings sichergestellt werden, dass sich für den einzelnen Nutzer keine außer den mit dem System aus Dokumentenspeichern verbundenen Rechte auf fremden Systemen eröffnen, aber auch hier verliert der Verwalter eines lokalen Speichers die Kontrolle über den Bestand angemeldeter Nutzer. Stattdessen ist es sinnvoll, bei der Anforderung eines nicht lokal verfügbaren Lernmediums ein Zertifikat mitzuschicken, mit dem die jeweils eingenommene Rolle bestätigt wird. Nachdem der entfernte Server dieses akzeptiert hat, kann er überprüfen, ob der Nutzer berechtigt ist, in seiner aktuell eingenommenen Rolle die angeforderte Aktion auszuführen und entsprechend reagieren.

4.2.4 Kontrollierte Freigabe und Veröffentlichung von Lernmaterialien

Die im vorigen Abschnitt eingeführte Rolle des Prüfers oder Validators dient dazu, die Korrektheit der vom Autor gemachten Angaben über das bereitgestellte Medium (durch Analyse der Metadaten) sowie seine Nutzbarkeit zu überprüfen oder aber in Kooperation mit dem Autor zu erreichen. Somit ergibt sich eine Parallele zur Aufgabe eines Lektors in einem Verlag, der für die ordnungsgemäße Produktion der Publikationen seines Fachbereichs zu sorgen hat, allerdings mit dem entscheidenden Unterschied, dass die Validierung didaktischer Medien als kostenfreie Dienstleistung im wesentlichen den Willen zur unentgeltlichen Kooperation ohne direkten kurzfristigen Nutzen voraussetzt. Theoretisch besteht dieser zwar in der Möglichkeit, aus einem größeren Angebot digitaler Lernmodule auszuwählen, doch setzt dies voraus, dass ein ausreichender Bestand solcher Medien erst einmal zur Verfügung steht. Der Anreiz für den Autor besteht darin, dass sich eine zusätzliche Vertriebsmöglichkeit seiner Inhalte eröffnet, der Dozent als Nutzer erhält kostenfreien Zugriff, aber für einen Prüfer ergibt sich zusätzliche Arbeitsbelastung, die nur dann indirekt entlohnt wird, wenn er auch als Nutzer von einem Medienbestand profitieren kann. Diese Aufgabe erfordert hohe Sorgfalt und Zuverlässigkeit; dies bedeutet, dass die dazu notwendigen Arbeitsabläufe regelmäßig und kontinuierlich durchgeführt werden müssen[190]. Um den Abstimmungs- und Kommunikationsaufwand auf

---

[190] Dies belegen auch Erfahrungen mit dem ARIADNE-Dienst der FU Berlin, der innerhalb des Projekts MeDoc (Multimedia Electronic DOCuments, 1995-97) ent-

ein Mindestmaß zu reduzieren, ist eine Modellierung als formalisierter Arbeitsablauf (Workflow) in Analogie zu Publikationsprozessen sinnvoll, wie sie in den folgenden Abschnitten 4.2.6 und 4.2.7.2 vorgeschlagen wird. Bevor jedoch erörtert wird, wie der Prozess der Validierung durchführbar ist, muss geklärt werden, wer diese Aufgabe übernehmen sollte. Hierbei ergeben sich folgende Möglichkeiten:

1. **Autor und Prüfer sind identisch:** Es kann vorausgesetzt werden, dass der Autor selbst großes Interesse hat, sein Lernmodul bekannt zu machen; es wird also angenommen, dass er nicht nur bei der Erstellung oder Zusammenstellung, sondern auch bei der Indexierung sorgfältig vorgeht, um die Erschließbarkeit durch Dritte zu gewährleisten. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass Lernmedien häufig in Teamarbeit produziert werden, wobei dem Autor als Inhaltslieferant an der technischen Umsetzung und Indexierung nur oberflächlich beteiligt ist beziehungsweise sein will und für ihn die Nutzbarkeit innerhalb der eigenen Hard- und Softwareumgebung ausreichend ist. Bei Lernmedien, die selbst keinen ausführbaren Programmcode beinhalten, sondern mit Standard-Software genutzt werden können, hängt die Einsatzfähigkeit im wesentlichen von der Performanz des genutzten Rechners ab, während bei proprietärer Software die Ablauffähigkeit nur nach extensiven Tests auf heterogenen Plattformen sichergestellt werden kann. Demnach ist es nicht ausreichend, wenn diese vor der Freigabe nur vom Autor beziehungsweise den Entwicklern durchgeführt werden.
2. **Nutzer als Validierer der Lernmedien:** Unter der Annahme, dass der Nutzer ein Interesse an der Verwendung fremder Lernsoftware hat, wird geschlossen, dass ihm für diese Dienstleistung die Validierung übertragen

---

wickelt wurde. Ziel war der kooperative Aufbau eines verteilt gewarteten Verzeichnisses informatik-basierter Internet-Ressourcen, wobei jeder Teilnehmer sowohl neue Vorschläge in die als Schema vorgegebene ACM-Klassifikation einordnen als auch bestehende Verweise überprüfen konnte. Der Anfangsbestand wurde aufgrund bekannter Datensammlungen erstellt, von insgesamt 7739 Einträgen sind allerdings nur 35% kontrolliert, wobei diese Aufgabe im Überprüfen des angegebenen URL und anderen Parametern besteht. Da die angegebenen Verweise als URLs auf die physische Speicheradresse der Ressourcen verweisen, ist angesichts der hohen Fluktuation von WWW-Dokumenten und -angeboten anzunehmen, dass ein Großteil der Verweise inzwischen nicht mehr gültig sind. Gründe für die mangelnde Akzeptanz dieses Dienstes sind zum einen die äußerst heterogene Qualität der Beiträge sowie der minimale Bestand an fachlich relevanten Quellen, zum anderen die fehlende professionelle Unterstützung. Inzwischen wurde dieser Dienst aufgrund mangelnder Akzeptanz abgeschaltet.

werden kann. Zu einer sinnvollen Erschließung ist jedoch eine minimale korrekte Indexierung notwendig, so dass die semantische Erfassung durch entsprechende Fachreferenten vorausgelagert werden müsste. Zum anderen bliebe es der Sorgfältigkeit des Nutzers überlassen, wie gründlich er die vorliegenden Metadaten kontrolliert und gegebenenfalls ergänzt. Bei nicht fehlerfrei nutzbaren Medien ist zudem der Aufwand zur Verständigung des Autors beziehungsweise des Entwicklers aufwändiger als der veranschlagte eigene Nutzen, so dass eine Rückkoppelung meistens unterbleibt. Da die potenzielle Nutzermenge nicht bekannt ist, ist es schließlich unsicher, ob zur ordnungsgemäßen Validierung die notwendige Expertise vorhanden ist. Abgesehen von der erhöhten Bereitschaft zur Kooperation ist folglich ein Modell der informellen Zusammenarbeit zwischen Autor und Nutzer nicht geeignet, um die nötige Qualität der beigesteuerten Lernmedien zu gewährleisten. Außerdem hat dieses Verfahren zur Folge, dass immer der jeweils erste Nutzer der Lernmedien eines Autors diese validieren muss und sich dieser Aufgabe entzieht, indem er zwar den Inhalt einsetzt, aber die Überprüfung dem nächsten zugreifenden Nutzer überlässt. Allerdings können Nutzer den Entwicklern oder potenziell interessierten Kollegen hilfreiche Kommentare zum Einsatz der Ressource liefern.

3. **Institutionalisierung an Bibliothek und Rechenzentrum:** Während die semantische Erfassung digitaler Medien als Ergänzung der Aufgabe von Fachreferenten an (wissenschaftlichen) Bibliotheken anzusehen ist und die Kontrolle und gegebenenfalls notwendige Ergänzung der entsprechenden Metadaten somit dort durchgeführt werden kann, ist es denkbar, dass die übrigen Aufgaben (insbesondere die technische Prüfung) an Rechenzentren als Dienstleister delegiert werden kann. Allerdings erfordert dies entsprechende (zusätzliche und langfristig verfügbare) personelle Ressourcen sowie entsprechende fachliche und pädagogische Kompetenz, welche nur vorausgesetzt werden kann, wenn mindestens ein potenzieller Nutzer an der Prüfung beteiligt ist. Diese ist somit nur fachgebietsbezogen durchführbar, so dass sich die Fachbereiche des Autors und des Validierers überschneiden müssen.

4. **Validierung unter Kollegen:** Eine Validierung durch fachliche Kollegen des Autors gewährleistet eine Überprüfung unter realen Einsatzbedingungen, weil diese zum einen als Dozenten potenzielle Nutzer sind, zum anderen angenommen werden kann, dass sie auch tatsächlich fachliches Interesse zeigen. Wenn die Menge der Validatoren für ein Gebiet explizit festgelegt wird, kann sichergestellt werden, dass diese das nötige Fachwissen zur Beurteilung besitzen. Problematisch ist hier, dass der Aufwand hierzu keinen eigenen erhöhten Nutzen nach sich zieht, so dass eine langfristige Validierung, wie bereits oben erwähnt, nicht auf freiwilliger Basis funktionieren kann, weil sie keinen attraktiven und gesicherten Zusatznutzen für den einzelnen Prüfer hat.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich, dass nur eine überwachte, fachgebietsbezogene Validierung als Teil eines Publikationsprozesses für Lernmedien praktikabel ist unter der Voraussetzung, dass dieser zum einen weitgehend in existierende Prozesse zur Medienerfassung an wissenschaftlichen Bibliotheken eingebunden ist, zum anderen, dass jeweils fachverwandte potenzielle Nutzer bereit sind, dauerhaft in den Prüfungsprozess eingebunden zu werden. Konkrete Überlegungen hierzu folgen im Abschnitt 4.2.8.

4.2.5 Implementierung des Learning Objects Metadata-Schemas

Bei der Entwicklung des Metadatenkonzepts im Metadaten-Schema gemäß LOM besteht das Ziel darin, ein für multimediale und -modale Lernmedien ausreichend granuläres System aus Metadaten zur vollständigen Erschließung von in pädagogischem Kontext nutzbaren Ressourcen zusammenzustellen, das domänenübergreifend einsetzbar ist. Da die Menge genutzter Felder jedoch dementsprechend umfangreich ist, ergibt sich die Schwierigkeit für Autoren und Produzenten von Lernmedien, diese in vertretbarem Aufwand zu indexieren. Zudem ist der Aufwand für die Validierung signifikant, und auch Nutzer laufen Gefahr, durch die Vielfältigkeit spezifizierbarer Suchkriterien überfordert zu werden. Aus diesen Gründen wird für die Sacherschließung eine Teilmenge aus der LOM-Spezifikation gewählt, die wegen ihrer Kompatibilität auch als reduzierte Sicht oder Projektion angesehen werden kann. Anzumerken ist allerdings, dass die einzelnen Felder der hier beschriebenen Implementierung nicht immer direkt mit Feldern des LOM-Standards korrespondieren und nur im Fall wohldefinierter Transformations- oder Korrespondenzoperatoren eine automatische Abbildung und damit die Austauschbarkeit mit anderen den LOM-Standard implementierenden Systemen garantiert werden kann. Um verschiedene Implementierungen des Standards vergleichen zu können, wird das Maß der *Konformität* mit folgenden Abstufungen eingeführt[191]:

---

[191] Der Unterschied zwischen den unterschiedlichen Aspekten für (strikte) Konformität, nämlich für die Generierung, die Interpretation, die Übermittlung und die Speicherung beziehungsweise dem Retrieval von Daten, wird nur anhand einiger Beispiele verdeutlicht. Beispielsweise werden bei einer strikt konformen Generierung von Daten nur verpflichtende und optionale Datenfelder generiert, nicht jedoch erweiternde Felder. Strikt konformer Datentransfer bedeutet, dass alle verpflichtenden, optionalen und erweiternden Felder übermittelt werden. Konforme Transformation kann verpflichtende Datenelemende modifizieren sowie alle anderen (optionalen und erweiternden) Felder zusätzlich hinzufügen oder löschen.

- **strikte Konformität**: alle obligatorischen Felder der Spezifikation sind vorhanden und sind kompatibel zur Spezifikation des Standards. Wenn als optional gekennzeichnete Felder vorhanden sind, dann müssen sie ebenfalls mit der Spezifikation übereinstimmen. Alle sonstigen Erweiterungen sind nicht zulässig Man spricht in diesem Fall auch von minimaler Konformität bei maximaler Interoperabilität, da keine den Standard erweiternden Felder definiert sein dürfen und alle Felder direkt aufeinander abbildbar sind.
- **Konformität**: Als Erweiterung zur strikten Konformität können anwendungsspezifische Felder einen Datensatz erweitern, diese sollten zumindest auf ihre Existenz überprüfbar sein, ihre Nutzung ist implementationsabhängig definiert.

Konformität bezüglich LOM ist unter folgenden vier Bedingungen sichergestellt:

1. Der Metadatensatz enthält mindestens ein Element des LOM-Standards. Existiert keines der Felder, so ist der Datensatz nicht mit der Definition des Standards vergleichbar.
2. Die Semantik der einzelnen Felder entspricht der im Standard definierten. So sollte etwa das Feld für Annotationen nicht missbraucht werden, um Hinweise zur Installation, die unter die Rubrik der technischen Felder abzuspeichern sind, anzubringen.
3. Die Struktur der einzelnen Datenfelder darf außer für die lokale Bearbeitung durch ein Software-System nicht verändert werden. Dies bedeutet auch, dass Abbildungen auf lokal genutzte Datentypen (etwa die Aggregierung mehrerer Unterfelder oder die Präzisierung einzelner Datenfelder wie beispielsweise im Falle von Annotationen oder rechtlichen beziehungsweise wirtschaftlichen Einschränkungen) zulässig sind. Dies ist insbesondere zur Projektion in ein Austauschformat wie XML sinnvoll.
4. Erweiternde Felder dürfen im Standard definierte Felder nicht ersetzen. So darf ein Parameter, welcher die Altersgruppe der intendierten Nutzergruppe umschreibt, nicht das Feld für die intendierte Nutzerrolle in didaktischem Kontext überschreiben.

Vier Bereiche[192] werden unterschieden: neben allgemeinen Angaben für Lernmedien sind dies pädagogische, technische und semantische Kriterien. In jedem

---

[192] Hier sind die explizit durch den Autor spezifizierbaren Bereiche aus Werkzeug-Sicht gemeint. Zusätzlich zu diesen vier Kategorien sind Daten über die Metadaten vorgesehen, nämlich Informationen über den Autor sowie den Validierer.

dieser Bereiche ist der überwiegende Teil der Felder obligatorisch, einige Angaben sind jedoch auch optional[193]. Die Tabelle gibt einen Überblick über die verwendeten Felder. Soweit realisierbar wird der Bezug der Datenfelder zu Entsprechungen des Dublin Core (in Klammern kursiv) gegeben[194].

	Allgemein	**Semantik**	**Pädagogik**	**Technik**
Obligatorisch	Titel *(1.2: General / Title)*	Fachgebiet *(9.2: Classif. / TaxonPath)*	Dokumenttyp *(5.1: Educ. / Interactivity Type)*	Name Hauptdatei *(4.3: Technical / Location)*
	Autor(en) *(2.3: LifeCycle / Contribute)*	Spezialgebiet *(9.2: Classif. / TaxonPath)*	Format *(5.2: Educ./ Resource Type)*	Medientypen *(4.1: Technical / Format)*
	Herausgeber *(2.3 :LifeCycle / Contribute)*	Primärkonzept *(9.4: Classif. / Keywords)*	Dauer (in min.) *(5.9: Educ. / Typ. Learn. Time)*	Größe Lernmedium *(4.2: Technical / Size)*

Konzeptuell werden sechs Kategorien unterschieden, da unter den vier erwähnten Klassen die allgemeinen Attribute unterteilt werden in Informationen über die Ressource sowie die Nutzungsbedingungen, die aus Werkzeug-Sicht als optionales Feld integriert sind, zuzüglich der Indexierungs-Daten als sechste Kategorie sowie als optionale Kategorie die Nutzerkommentare, die dieser unter den allgemeinen Attributen wiederfindet. Welche der Felder optional und welche verpflichtend sind, geht allerdings aus dem konzeptuellen Rahmen allein nicht hervor.

193 Würde man alle Metadaten als optional spezifizierbar erlauben, so wäre das praktische Ergebnis vermutlich, dass die meisten, wenn nicht gar alle Felder nicht ausgefüllt werden würden, da ein manueller IndexierungsProzess aufwändig ist oder zumindest sein kann und der Nutzen der gründlichen Erschließung sich erst unter mittel- bis langfristiger Perspektive ergibt. Andererseits ist es auch sinnvoll, dass der Standard für keines der Felder vorschreibt, ob es obligatorisch oder optional ist, so dass für verschiedene konkrete Anwendungen und Implementierungen durchaus verschiedenartige Sichten möglich sind. Dabei sollte allerdings zumindest ein Teil der Metadaten obligatorisch sein, da sonst verschiedene Metadatensätze, die nach dem gleichen Schema indexiert wurden, nicht vergleichbar sind.

194 Da die Semantik des Felds DESCRIPTION in Dublin Core unklar ist (es könnte eine Indexierung durch Schlag- oder Stichwörter sein beziehungsweise technische oder pädagogische Erläuterungen, könnte dies in die Semantik der indexierten Ressource, den Nutzungsanweisungen oder aber auch den (technischen) Installationsanweisungen abgebildet werden.

	Datum *(2.3: LifeCycle / Contribute)*		Lernstufe *(5.7: Educ. / Typ. Age Range)*	Betriebssytem *(4.4: Techn. / Requirements)*
	Sprache *(1.4: General / Language)*			
	Nutzer *(5.5: Educ. / end user role)*			
	Nutzungsbedingung *(6: Rights)*			
Optional	Quellen *(7: Relation)*	Synonym-konzept *(9.4: Classif. / Keywords)*	Schwierigkeit *(5.8: Educ. / Difficulty)*	OS-Version *(4.4: Technical / Requirements)*
	Nutzungskommentare *(5.10 Educ. / Description)*	Sekundär-konzept *(9.4: Classif. / Keywords)*	Didaktischer Kontext *(5.6: Educ. / Learning Context)*	Installations-hinweise *(4.5: Technical / Install. Remarks)*
	Anwender-kommentare *(8: Annotation)*		Grad Interaktivität *(5.3: Educ. / InteractivityLevel)*	Andere Vorauss. *(4.6: Technical / OtherPlatf. Req.)*
			Semantische Dichte *(5.4: Educ. / SemanticDensity)*	

Tabelle 4.10: Metadaten-Felder in ARIADNE und ihre Korrespondenz in LOM

Die Metadaten der Rubriken Semantik, Pädagogik und Technik sind jeweils Teilmengen der korrespondierenden Bereiche Classification, Educational und Technical. Die allgemeinen Metadaten subsumieren die Bereiche General, Life Cycle, Rights, Relation und Annotation. In der Tabelle nicht aufgeführt sind die Felder, die Information über die Metadaten liefern (*Header-Information*), da sie nicht vom Autor direkt ausfüllbar sind, sondern erst bei der Übermittlung an den Dokumentenspeicher oder bei der Verifikation des Lernmoduls automatisch vervollständigt werden. Dazu dienen spezielle, hier nicht näher beschriebene, Werkzeuge[195].

[195] Von den Entwicklern wird ein Metadaten-Generator (Pedagogical Header Generator) als Java-Applikation bereitgestellt, der neben der Eingabe der entsprechenden

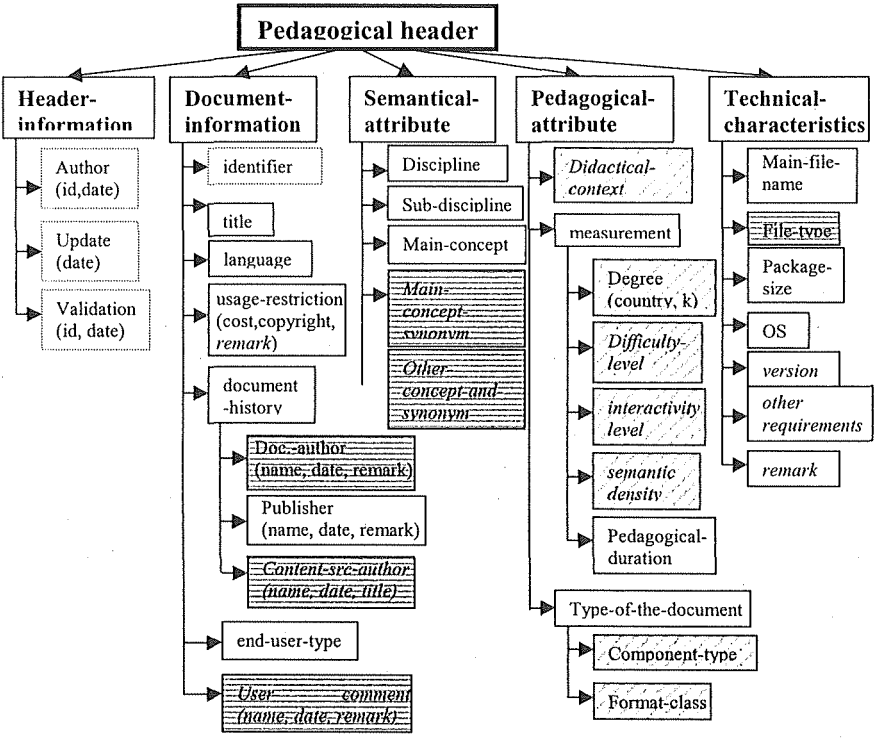

Abbildung 4.1: Zusammenhänge der ARIADNE-Metadaten

Der obige Graph gibt die genauen Zusammenhänge aller in ARIADNE implementierten Felder wieder und orientiert sich dabei an den SGML-Tags der

---

Deskriptoren auch die Übermittlung von digitalen Medien und ihren Metadaten über einen auch per Telnet kontaktierbaren Dienst an den zugehörigen Dokumentenspeicher ermöglicht. Dieser (KPService) abstrahiert die Schnittstelle des genutzten DBMS in geeigneten Funktionen zur Interaktion, so dass eine beliebige Anwendung auch direkt unter Umgehung des bereitgestellten Java-Tools Dokumente speichern und nutzen kann. Insbesondere werden über Operatoren zur Speicherung und Validierung digitaler Medien automatisch aufgrund der eingetragenen Datenbank-Nutzer die fehlenden Indexierungs-Angaben, also Information über die Metadaten, generiert. Um die Handhabung zu vereinfachen, werden die bisherigen Indexierungs- und Suchwerkzeuge abgelöst durch eine PHP-basierte Anwendung zur integrierten Suche und Indexierung über WWW-Browser.

generierten Metadaten-Datei. Die optionalen Felder sind kursiv gedruckt, mehrfach vorkommende Parameter sind grau hinterlegt, solche mit einem begrenzten vorgegebenen Wertebereich hellgrau schraffiert. Gestrichelte Rechtecke kennzeichnen Felder, welche systemseitig generiert beziehungsweise hinzugefügt werden. Der genaue Bezug zwischen den Einzelfeldern des Standards und seiner Implementierung lässt sich für jeden der vier genannten Bereiche folgendermaßen erklären:

- **Allgemeine Angaben**: Das Feld *Titel* entspricht syntaktisch und semantisch der Definition in LOM wie auch in Dublin Core. Während LOM berücksichtigt, dass eine Ressource unter zeitlichem Aspekt etwa mehrere Editionen oder Versionen weiterentwickelt wird, unterstellt die hier diskutierte Implementierung, dass eine veränderte Version eine Neuerschließung impliziert[196]. Aus diesem Grund wird neben dem Feld zur Angabe des Herausgebers lediglich das Feld zur Angabe der Autoren der Ressource[197]

---

[196] Dies entspricht dem Modell traditioneller Publikationsprozesse, da dort veränderte oder abgeleitete Versionen einer Ressource (beispielsweise eine Neuauflage oder Taschenbuchausgabe, die einer gebundenen Version zeitlich nachfolgt) unterschiedliche Katalognummern (beispielsweise ISBN) erhalten. Ersichtlich wird das auch darin, dass einmal über einen lokalen Dokumentenspeicher eingefügte Lernmedien nach ihrer erfolgreichen Validierung nicht mehr verändert werden dürfen. Für ein System ohne integrierte Versionenkontrolle ist dies sinnvoll, um dem Anwender zu garantieren, dass sich hinter einer Ressource, die über den gleichen logischen Identifikator referenziert wurde, zu verschiedenen Zeitpunkten stets das gleiche (physische) Lernmedium verbirgt. Gleichzeitig wird sichergestellt, dass stets eine eindeutig aufzulösende Korrespondenz zwischen Bezeichner und Denotat besteht. Damit wird freilich die Möglichkeit, Versionen eines Lernmediums über die Metadaten direkt aufeinander zu beziehen eingeschränkt. Gerade dies wäre aber wünschenswert etwa für die digitale Produktion von Lernmedien, bei denen die Abgrenzung oder aber die Abfolge zwischen einzelnen Versionen nicht mehr klar getrennt werden kann – beispielsweise Software für unterschiedliche techische Voraussetzungen oder Updates.

[197] Als Autoren gelten alle Personen, die an der Produktion, Verfügbarmachung oder Veröffentlichung der Ressource beteiligt sind. Es wird nicht vorgegeben, ob und wie die unterschiedlichen Rollen zu spezifizieren sind. LOM bietet hier über das Feld *Contribute* über einen Parameter *Role* die Möglichkeit, die Funktion der angegebenen Person oder Instanz anzugeben, eine entsprechende Spezifizierung der konkreten Implementierung ist als Erweiterung möglich. Dieses Feld entspricht also semantisch der Aggregation von AUTHOR, CONTRIBUTOR und PUBLISHER in Dublin Core. Andererseits wird mit der aktuellen Fassung – wie aus der Tabelle ersichtlich – ein gesondertes Feld für die Funktion des Herausgebers

übernommen. Als Zustand der Ressource wird implizit immer die Publikationsreife angenommen, da einmal beigesteuerte und validierte Versionen nicht mehr austauschbar sind[198]. Danach ist auch das Datumsfeld auszufüllen, so dass der Wert dem Zeitpunkt der Bereitstellung der Ressource entspricht. Die übrigen Felder der in LOM definierten Sparte *LifeCycle* werden deshalb nicht berücksichtigt. Beim Zeitpunkt der Speicherung wird zur Adressierbarkeit durch das System ein eindeutiger Identifikator[199] ermittelt und gespeichert, der allerdings für den Nutzer nicht transparent ist. Die möglichen Werte für das Attribut Nutzer, also den oder die intendierten Adressaten der Ressource, sind identisch mit dem kontrollierten Wertebereich des LOM-Standards[200]. Unter dem Punkt Nutzungsbedingungen kann lediglich zwischen frei verfügbaren und kostenpflichtigen Ressourcen unterschieden werden. Da jedoch frei verfügbare Lernmedien durchaus urheberrechtlich geschützt sein können, wäre es sinnvoll, dieses angeben zu können und zumindest auf Ressourcen verweisen zu können, unter denen gegebenenfalls verfügbare Auflagen zur Nutzung und Wiederverwendung spezifiziert sind[201].

---

vorgesehen, ohne dass spezifiziert wird, ob es sich hierbei um eine Firma (Verlag), eine Einzelperson oder eine wissenschaftliche Institution handelt. In der Implementierung ist vorgesehen, für jeden Autor oder inhaltlich-intellektuell Beitragenden ein Datum anzugeben, aus dem die zeitliche Einordnung der Ressource ersichtlich ist, während in der Spezifikation ein gesondertes Feld zur Angabe des Datums der Veröffentlichung der Ressource (beziehungsweise deren Indexierung) vorgesehen ist. Gerade im Hinblick auf modulare, vielfältig wiederverwendete Lernmedien beziehungsweise aggregierte pädagogische Ressourcen ist es für den Nutzer sinnvoll, die zeitliche Einordnung der einzelnen Komponenten nachvollziehen zu können. Damit könnte dann in der Implementierung das Datum der Veröffentlichung automatisch auf das zeitlich letzte Datum eines Beitrags festgesetzt werden, falls es nicht explizit angegeben wurde.

198 Prototypische oder vorläufige Versionen sollten nur einer eingeschränkten Nutzergruppe verfügbar gemacht werden, beispielsweise Testpersonen, wie dies bei der Softwareentwicklung Usus ist. Erst nachdem die verläßliche Nutzbarkeit festgestellt wurde, ist es sinnvoll, eine Ressource einem dauerhaften Dokumentenspeicher hinzuzufügen. Vorläufige Versionen könnten stattdessen etwa über eigene Kanäle, die nur den Testnutzern bekanntgegeben werden, bereitgestellt werden.

199 Dieser entspricht in Dublin Core dem Feld IDENTIFIER.

200 Die in ARIADNE vorgesehenen Werte für das Feld *Intended end user role* sind Lehrer, Autor, Lerner sowie Administrator.

201 Dieser Aspekt wird auch in LOM nicht hinreichend berücksichtigt. Für den Markt der an Hochschulen entstandenen Lernmaterialien, die nicht in Kooperation mit

- Hinsichtlich des optionalen Feldes zur Angabe von Quellen eines Lernmediums ist nicht klar, ob diese im Klartext, als URL oder als anderweitig referenzierbarer Identifikator anzugeben ist. Die Situation kann hier zudem recht komplex sein, etwa wenn es sich um die Aggregierung mehrerer Lernmodule zusammen mit neu hinzugefügten textuellen Erläuterungen handelt. Dieses Problem entspricht der Schwierigkeit im Zusammenhang mit dem Feld RELATION im Dublin Core und wurde bereits weiter oben diskutiert. Da es sich auch hier um einen Verweis handelt, wäre dieser durch Verweis auf ein konkretes Schema (ISBN) und den relativ zum Schema zu interpretierenden Wert zur eindeutigen Identifizierung denkbar. Schließlich ist das Feld für Nutzerkommentare bezüglich des Wertebereichs nicht weiter spezifiziert. Hierfür bietet sich an, im System, welches derartige Anmerkungen erlaubt – diese sind in allen Nutzerrollen außer als denen eines Lesers möglich –, automatisch die Nutzerkennung und der Zeitpunkt des Kommentars zu protokollieren. Ausgehend vom LOM-Standard wird deutlich, dass hier lediglich kurze textuelle Bemerkungen intendiert wurden, allerdings wären prinzipiell auch Verweise auf andere, erläuternde Ressourcen denkbar (etwa in Form einer an öffentlicher Stelle (Zeitung, Zeitschrift) gefundenen Rezension der Ressource[202].
- Alle Felder der Klasse Semantik dienen zur Klassifikation einer Ressource, wie dies im Bibliothekswesen standardisiert nicht nur für gedruckte Publikationen, sondern auch für andere Medien (Video, CD-ROM) durchgeführt wird[203]. LOM bietet hier über das Feld *Purpose* die Möglichkeit, verschiedene Zwecke der Klassifizierung, unter anderem Fach, akademischer Typ oder Niveau zu spezifizieren; diese werden bei der vorgestellten Ableitung in die-

---

Medienhäusern vertrieben und somit kostenfrei verfügbar sind, entstehen freilich für den Nutzer keine zusätzlichen Kosten, und für die rechtlichen Verhältnisse kann implizit angenommen werden, dass diese immer beim Autor liegen, es sei denn, im Feld zur Spezifikation der Autoren ist dies speziell angegeben, etwa durch die Rolle des Rechteinhabers.

202 Die Implementierung solcher Mechanismen zur Annotierung von Lernressourcen bleibt jedoch konkreten Systemen außerhalb der Vereinbarungen oder Implementierungen des Standards überlassen. Die Eingrenzung auf textuelle, kurze Annotationen ist hier sinnvoll, weil deren hauptsächliche Funktion darin besteht, die Nutzung einzelner Ressourcen informell zu propagieren oder aber davor zu warnen. Dies ließe sich ergänzen durch ein Rating-Schema, so dass die direkte Vergleichbarkeit inhaltlich oder thematisch verwandter Ressourcen unterstützt werden könnte.

203 Dies entspricht einer Auffächerung des Feldes SUBJECT in Dublin Core.

ser Rubrik als Fachbereich, Fachgebiet, Primärkonzept, Sekundärkonzept und Synonymkonzept als semantische Felder sowie Lernstufe als pädagogisches Konzept abgebildet[204]. Von der Funktion her ist das Feld für Synonymkonzepte für die Spezifikation von anderssprachlichen Übersetzungen eines Konzepts geeignet, sekundäre Konzepte sind solche, die nicht als Hauptthema der Ressource angesehen werden können. Für das Fachgebiet kann hier aus einer Liste aus Paaren wissenschaftlicher Fachgebiete ausgewählt werden[205]. Die Trennung zwischen Primär- und Sekundärkonzepten ist ähnlich problematisch wie die Differenzierung zwischen primären und sekundären Autoren einer Ressource, wie sie im Dublin Core festgelegt wurde. Es ist auch nicht einsichtig, warum einerseits hier differenziert wird, entsprechende Übersetzungen im Feld Synonymkonzepte nicht mehr unterschieden werden können. Außerdem kann eine Ressource mehrere Themen- oder Problembereiche gleichermaßen tangieren. Stattdessen erschiene es weitaus sinnvoller, zusammen mit einem determinierenden Begriff immer auch die jeweilige Sprache ablegen zu können, so dass für jeden neuen Begriff als Wertebereich eine Liste zulässig ist, bei der jedes der Elemente synonym zu einem anderen ist. Synonyme könnten aber auch erst systemseitig aufgelöst werden, indem in einem mitgelieferten Wörterbuch zu jedem Wort auch alle bekannten Begriffe gleicher Bedeutung vermerkt sind und so jeder Begriff auf eine Hauptform zurückgeführt werden könnte[206]. Für eine

---

[204] Das Feld *Purpose* würde dazu implizit jeweils mit den Werten Discipline (Fachgebiet und Konzepte) sowie Educational Level (Lernstufe) belegt.

[205] In Analogie zu LOM entspricht dies einer einstufigen Klassifikation, bei der als Purpose der Wert Discipline sowie eine einstufige Taxonomie gewählt wurde. Bei interdisziplinär nutzbaren Ressourcen könnte gegebenenfalls die Zuordnung nicht eindeutig durchführbar sein, in diesem Fall ist dann der Wert zu wählen, der am besten paßt. Vom Konzept her entspricht dies einer einfachen Klassifizierung, für die längerfristig sinnvolle Nutzbarkeit in größerem Rahmen wäre die Einführung eines standardisierten Klassifikationsverfahrens (etwa Dewey) sinnvoll. Allerdings ist die korrekte Einordnung einer Ressource für Laien wiederum schwierig. Unter diesem Aspekt und angesichts der zumeist aus naturwissenschaftlichen Bereichen stammenden Anwender des prototypisch implementierten Systems ist die Bereitstellung weniger Fachgebiete zur grundsätzlichen Zuordnung zu Fachgebieten als eine pragmatische Lösung zu sehen, zumal der Autor einer Ressource möglicherweise den Bereich, in dem diese angewendet werden wird, nicht vorhersehen kann. Jedoch stellt sich die Frage der Integration des Systems in Bibliotheksstrukturen, in denen standardisierte Verfahren zur Katalogisierung verwendet werden.

[206] Auf das Problem der Homonyme (gleichlautende Begriffe mit unterschiedlicher Bedeutung) sowie der Bedeutungsverschiebung zwischen Synonymen wird nicht

langfristige Archivierung ist es notwendig, dass die gewählten Konzeptbegriffe aus einem kontrollierten, anerkannten Vokabular entstammen im Sinne von Schlagwörtern oder Schlagwortketten. In der derzeitigen Implementierung wird als Wertebereich eine beispielhafte Liste aus Begriffen angeboten, die von anderen beitragenden Institutionen oder Personen zur Beschreibung von Konzepten verwendet wurde[207]. Da die Rolle der Verwaltung von Lernmedien langfristig die Aufgabe wissenschaftlicher Bibliotheken ist, sollten diese ein entsprechendes Instrumentarium bereitstellen, mit dessen Hilfe standardisierte Schlagworte auch von Laien im Sinne von Konzeptbegriffen vergeben werden können. Im Rahmen einer prototypischen Implementierung und innerhalb einer überschaubaren Nutzergruppe aus wenigen Fachbereichen kann zur semantischen Indexierung die Verwendung von Stichwörtern reichen, bei einem längerfristigen Einsatz des Systems ist aber dann in jedem Fall eine komplette Neuerfassung der beigesteuerten Lernmedien notwendig. Dazu ist es nicht notwendigerweise erforderlich, einen einzigen Katalogisierungsstandard zu nutzen, allerdings ist pro verwendetem Schlagwort oder Schlagwortkette der Verweis auf das eingesetzte Schema notwendig. Die Verschlagwortung muss auch für den potenziellen Anwender transparent bleiben, um diesem die Suche zu erleichtern. Ferner erleichtert ein solches Vorgehen die automatische Einordnung in Rubriken, so dass man sich sowohl durch Freitext- als auch durch geführte Suche im Sinne eines Katalogs (Browsing) die relevanten Lernmedien finden kann.

- Pädagogisch einzuordnende Angaben, also solche, die primär für den Endnutzer im Klartext gedacht sind, sind für eine effiziente Suche unverzichtbar. Andererseits sind die hier vom Autor anzugebenden Werte zumeist nicht objektiv zu ermitteln. Für das Feld Dokumenttyp unterscheidet man bezüglich der involvierten Interaktion zwischen expositiven Medien, welche vor-

---

wieter eingegangen, weil die hier behandelten Konzepte allesamt aus determinierten Fachvokabularen entstammen, bei denen diese Schwierigkeiten kaum auftreten dürften.

207 Mittelfristig gesehen ist eine inkrementell wachsende Liste nicht sinnvoll wartbar, zudem wird dabei nicht nach unterschiedlichen Sprachen unterschieden, so dass es für Autoren schwierig ist, einen gegebenenfalls passenden Begriff zur Indexierung zu finden. Stattdessen ist anzunehmen, dass diese vor allem eigene Begriffe dieser Liste hinzufügen, die diese dann aufblähen. Die damit verbundenen Schwierigkeiten wurden im Rahmen der Diskussion über die Schlagworterfassung mittels freier Termini bereits erwähnt.

wiegend zur rezeptiven Nutzung dienen[208], sowie aktive Ressourcen. Näher spezifiziert wird die Art der Anwendung über die Art des Lernmediums (aktives oder expositives Format). Unter der Zeitdauer wird der zeitliche Aufwand (in Minuten) verstanden, die erforderlich ist, um eine Ressource soweit zu nutzen, bis der intendierte Lerneffekt eingetreten ist[209]. Die Lernstufe, die zur sinnvollen Nutzung eines Lernmediums erreicht worden sein muss, ist zusammengesetzt aus dem Kürzel für das jeweilige Land[210] und einer Zahl, welche die Anzahl der Jahre relativ zum didaktischen Kontext[211] angibt. Um dies näher zu detaillieren, kann die Schwierigkeit der Ressource als numerischer Wert angegeben werden.

---

208 Genauer: Definiert man Interaktion als eine Abfolge von Aktionsschritten zwischen System und Nutzer, so überwiegt bei expositiven Systemen der Aspekt der (textuellen, graphischen-visuellen oder auditiven) Präsentation von Sachverhalten, wobei der Nutzer die Abfolge der einzelnen Schritte innerhalb einer solchen Präsentation möglicherweise durch Selektion eines Pfades (Point-and-Click) selbst bestimmen kann. Aktive Systeme sind solche, bei denen die Nutzereingaben für die Ausführung der Ressource signifikant sind. Beispiele aktiver Systeme sind Fragebögen und Übungsaufgaben, Simulationen sowie Mikrowelten, wie man sie auch von Adventure Games her kennt, expositive Ressourcen sind etwa Bücher und Nachschlagewerke (analog oder digital) sowie die meisten HTML-basierten Quellen im World Wide Web sowie alle Präsentationen, die keinerlei Interaktion des Nutzers erfordern.

209 Es ist klar, dass hier wegen der unterschiedlichen Voraussetzungen und Lernfähigkeit verschiedener Personen nur ein Schätzwert angegeben werden kann, ferner ist auch der intendierte LernProzess ein subjektives und sehr vages Maß. Dennoch ist es realistisch, anzunehmen, dass der Autor einer Ressource, sofern er didaktische und fachliche Kompetenz besitzt, in etwa den erforderlichen Aufwand zur erfolgreichen Bearbeitung festlegen kann.

210 Die Menge der spezifizierbaren Länder ist derzeit beschränkt auf die wichtigsten Länder, die über ein Mindestmaß (etwa Grund-/Volksschule) hinaus im Bildungswesen eine entscheidende Rolle spielen. Die Ausweitung auf andere Nationen ist jedoch unproblematisch.

211 Der Lernkontext bezieht sich auf Bildungssysteme wie etwa Grundschule, Hauptschule, Gymnasium, Grund- und Hauptstudium oder Aus- und Weiterbildung. Zwar sind Ausbildungssysteme verschiedener Länder nicht direkt zu vergleichen, die Spezifizierung des Bildungsjahres innerhalb eines gegebenen Lernkontextes kann jedoch ein ungefähres Maß hinsichtlich der prinzipiellen Anforderungen geben. Die hier vorgeschlagene Klassifizierung ist präziser als im entsprechenden Feld in LOM (*typical age range*), dort ist die Altersspanne als Freitext anzugeben, jedoch kann sich bei gleicher Altersstufe der Grad der (Vor-)Bildung signifikant

Zusammenfassend fällt – unter der Annahme, dass das Feld Nutzer semantisch eher zu den didaktischen Kriterien zuzuordnen ist – auf, dass in der Tabelle der Schwerpunkt indexierbarer Felder bei den pädagogischen Kriterien liegt, gefolgt von den technischen Aspekten. Dies spiegelt auch die Priorität seitens potenzieller Nutzer – Lernende wie Lehrende – wider: zunächst muss die Ressource für den gegebenen Lernkontext geeignet sein; zweitens muss das assoziierte Dokument auf dem Rechner des Adressaten bearbeitbar, also zu laden oder im Falle eines Programms auszuführen sein. Die übrigen Aspekte spielen eine eher sekundäre Rolle, insbesondere zu Lasten der semantischen Aspekte, welche für die Archivierung, Erschließung und Wiederverwendbarkeit besonders relevant sind. Hierfür wäre es auch nützlich, die Beziehung verschiedener Module untereinander im Sinne eines Dokumentenmodells beschreiben zu können, so dass etwa Autoren, die ein pädagogisches Dokument unter Austausch einzelner Fragmente wiederverwenden wollen, einen vom jeweils gewählten Autorensystem interpretierbaren Leitfaden für die Integration eigener Module zur Verfügung haben.

LOM-Nr.	**Bezeichner LOM**	**Bezeichner ARIADNE**
3.2.1	MetaMetaData.CatalogEntry.Catalogue	ARIADNE
3.2.2	MetaMetaData.CatalogEntry.Entry	system-generiert, beispielsweise VIROR107
3.3.1	MetaMetaData.Contribute.Role	(3=Author / 4 = Validator)
3.3.2	MetaMetaData.Contribute.Entity	Header.HeaderAuthor.Name (Role=3) [DB User ID] Header.HeaderValidator.Name (Role=4) [DBUser ID]
3.3.3	MetaMetaData.Contribute.Date	Header.HeaderAuthor.Date (Role=3) Header.HeaderValidator.Date (Role=4)
3.?	MetaMetaData.Contribute.Date[212]	Header.HeaderUpdate.Date
3.4	MetaMetaData.MetadataScheme	LOM-3.8
1.2	General.Title	DocumentInfo.Title
1.4	General.Language	DocumentInfo.Language
6.1	Rights.Cost	DocumentInfo.UsageRestriction. RestrictionType
6.3	Rights.Description	DocumentInfo.UsageRestriction.Remark
2.3.1	LifeCycle.Contribute.Role = 1	DocumentInfo.DocumentHistory.

voneinander unterscheiden. Die Felder zur didaktischen Einordnung sind optional, da etwa bei Aus- und Weiterbildungsprozessen eine solche Einstufung nicht immer angegeben werden kann.

212 Dieses Feld wird vom System automatisch errechnet, und zwar entweder als Zeitpunkt der Indexierung oder als chronologisch spätestes Datum eines Beitrags (3.3.3).

		DocumentAuthor
2.3.2	LifeCycle.Contribute.Entity	DocumentInfo.DocumentHistory. DocumentAuthor.Name
2.3.3	LifeCycle.Contribute.Date	DocumentInfo.DocumentHistory. DocumentAuthor.Date
2.3.?	LifeCycle.Contribute.?	DocumentInfo.DocumentHistory. DocumentAuthor.Remark
7.1	Relation.Resource.Kind	(11=IsBasedOn)
7.2.2	Relation.Resource.Description	DocumentInfo.DocumentHistory. ContentSourceAuthor.Name DocumentInfo.DocumentHistory. ContentSourceAuthor.Date DocumentInfo.DocumentHistory. ContentSourceAuthor.Title DocumentInfo.DocumentHistory. ContentSourceAuthor.Remark
5.5	Educational.EndUserRole	DocumentInfo.EndUserType
8.1	Annotation.Person	DocumentInfo.UserComment.Name
8.2	Annotation.Date	DocumentInfo.UserComment.Date
8.3	Annotation.Description	DocumentInfo.UserComment.Remark
9.1	Classification.Purpose	(3=Discipline)
9.2.1	Classification.TaxonPath.Source	ARIADNE
9.2.2.2	Classification.TaxonPath.TaxonEntry	Semantical.Discipline (Fachgebiets-Paar)
9.4	Classification.Keywords	Semantical.MainConcept Semantical.MainConceptSynonym Semantical.OtherConcept
5.6	Educational.Context	Pedagogical.DidacticalContext
5.11	Educational.Language	Pedagogical.Measurement.Degree.Country
5.7	Educational.TypicalAgeRange	Pedagogical.Measurement.Degree. AriadneDegree
5.8	Educational.Difficulty	Pedagogical.Measurement.DifficultyLevel
5.4	Educational.SemanticDensity	Pedagogical.Measurement.Quality
5.9	Educational.TypicalLearningTime	Pedagogical.Measurement.Duration
5.1	Educational.InteractiviryType	Pedagogical.DocumentType.ComponentType
5.2	Educational.LearningResourceType	Pedagogical.DocumentType.FormatClass
4.?	Technical.Location	Technical.MainFileName
4.1	Technical.Format	Technical.FileType
4.2	Technical.Size	Technical.PackageSize
4.4.3	Technical.Requirements.Type	(3=OS)
4.4.2	Technical.Requirements.Name	Technical.OS
4.4.3 4.4.4	Technical.Requirements.MinVersion Technical.Requirements.MaxVersion	Technical.Version
4.5 4.6	Technical.InstallationRemarks Technical.OtherPlatformRequirements	Technical.Remark

Tabelle 4.11: Korrespondenz der Datenfelder zwischen LOM und ARIADNE

Die Abbildbarkeit der in ARIADNE bereitgestellten Metadaten-Felder auf den LOM-Standard wird in Tabelle 4.11 zusammengefasst. Für die Packung der Lernmodule wird zwischen zehn unterschiedlichen Klassen[213] und assoziierten Verfahrensweisen bei der Packung der Lernmedien unterschieden. Die vorgeschlagene – pragmatisch zu verstehende – Klassenbildung zeigt folgende Schwächen:

- In den verschiedenen Klassen wird explizit als Browser Netscape erwähnt, da die Schnittstelle zum Anwender nur diesen Browser unterstützt. Um verallgemeinert werden zu können, sollte eine Klassifikation jedoch von solchen Spezifika absehen.
- Es wird unterschieden zwischen Lernmodulen, die direkt vom Browser interpretiert werden und solchen, die mittels Plug-In ausführbar sind. Hier ist unklar, ob dabei gemeint ist, ob prinzipiell eine technische Plattform, für die ein Plug-In verfügbar ist, existiert. Ansonsten wäre dies je nach Anwenderkonfiguration oder Betriebssystem unterschiedlich, eine Klassifikation sollte von anwenderspezifischen Randbedingungen jedoch absehen. Selbst unter der ersten Annahme ist denkbar, dass ab einem der

---

[213] Zum Verständnis der Diskussion wird die Klassifikation kurz aufgeführt. Folgende Fälle werden unterschieden:

1. Ungepackte Module, die durch Netscape verarbeitet werden können;
2. Ungepackte Module, die durch ein Netscape PlugIn verarbeitet werden können;
3. Ungepackte Module, die nicht durch ein Netscape PlugIn verarbeitet werden können;
4. Gepackte Module, die durch Netscape selbst verarbeitet werden können;
5. Gepackte Module, die durch ein Netscape PlugIn verarbeitet werden können;
6. Gepackte Module, die nicht durch ein Netscape PlugIn verarbeitet werden können;
7. Ungepackte, ausführbare Module (Binärcode);
8. Gepackte, ausführbare Module;
9. Java Applets;
10. Java-Anwendungen.

Für die konkrete Klassifizierung verfährt man ausschließend, indem von oben nach unten die erste Klasse gewählt wird, bei der die Beschreibung auf das zu übermittelnde Lernmodul zutrifft. Andererseits stößt dieses Procedere auf Schwierigkeiten bei der Einordnung von Java Applets – als innerhalb einer HTML-Seite aufzurufende Komponenten wären sie danach zunächst unter der Kategorie der gepackten Module einzuordnen, welche direkt vom Browser interpretierbar sind.

Indexierung nachgelagerten Zeitpunkt ein Plug-In für einen Medientyp verfügbar wird, dies würde eine Neueinordnung nach sich ziehen.

- Die Einführung separater Klassen für Java-Applets und Java-Applikationen ist motiviert aus der derzeitigen Popularität dieser Programmiersprache. Es ist nicht einzusehen, warum zu interpretierende Applikationen abhängig von der Programmiersprache in unterschiedliche Kategorien zuzuordnen sind.
- Es ist unklar, ob komprimierte Medien (beispielsweise QuickTime, GIF, JPEG) als gepackte oder ungepackte Module zu kategorisieren sind.

Implizit ließe sich damit aus dem Feld *Dokumenttyp* sowie dem Namen der Hauptdatei, dem Medientyp sowie dem notwendigen Betriebssystem ableiten, wie ein Lernmodul von einem Anwendersystem technisch genutzt werden kann. Dies ist besonders für Fremdapplikationen interessant, die als importiertes Modul eines Kurses genutzt werden, ohne dass dies der Nutzer merken sollte[214]. Für die weitere Diskussion werden die Menge aller denkbaren Lernmedien – angelehnt an objektorientierte Paradigmen[215] – eingeteilt in:

- **passive Dokumente**: hier handelt es sich um Medien, die übertragen werden, um von einer Anwendung auf der Seite des Client geladen zu werden.

---

[214] Die Realisierung einer automatischen Einbindung von Fremdapplikationen in eine lokale Lernumgebung ist mit einigen prinzipiellen Problemen verbunden, die der Vollständigkeit halber erwähnt werden:

- **Installationsfähigkeit**: Viele Betriebssysteme, etwa Windows NT, erlauben nur gesondert ausgewiesenen Nutzern wie etwa Systemadministratoren die Installation ausführbarer Programme.
- **Performanz**: Das Laden umfangreicher Anwendungen in lokale Systeme, inklusive deren Installation und/oder Konfiguration kann die maximal tolerierbare Wartezeit übersteigen.
- **Sicherheit**: Jedes automatisch ausführbare Programm, zumal wenn seine Herkunft nicht zweifelsfrei zurückverfolgt werden kann, kann Viren in das lokale System einschleusen, um dieses Risiko zu mindern, wäre es nötig, allgemein anerkannte und maschinell interpretierbare Mechanismen zur Zertifizierung und/oder Verschlüsselung mit der Speicherung und dem Austausch der Lernmodule zu verknüpfen.

[215] Lernmodule werden hier als Instanzen einer Dokumentenklasse gesehen, die neben Instanzvariablen (die Metadaten sowie die eigentliche Datei) auch Methoden für ihre Ausführung (Programmaufruf oder ausführbare Anweisungen zu ihrer Manipulation, etwa Kompilation) enthalten können.

Beispiele sind Textdokumente, Graphiken oder VRML-Dateien. Ausgenommen ist (ausführbarer) Binär- und (zu interpretierender) Bytecode;

- **semi-aktive Dokumente**: dabei handelt es sich um zu interpretierende Programme, wie dies etwa bei in Java oder Smalltalk implementierten Modulen der Fall ist;
- **aktive Dokumente**: zur Nutzung des Lernmediums ist die benötigte Software in das Modul integriert oder direkt als Binärcode auf der clientseitigen Plattform nutzbar;
- **hybride Dokumente**: hierunter fallen alle Anwendungen, die nicht eindeutig einer anderen Klasse zuzuordnen sind. Ein Beispiel ist eine Reihe von HTML-Seiten mit eingebetteten Java-Applets, die man einerseits als passiv zuordnen könnte (die Anwendung ist in diesem Fall ein WWW-Browser mit eingebetteter JVM [Java Virtual Machine]), andererseits aber auch als (partiell) semi-aktives Dokument, da die Applets von der JVM interpretiert werden müssen.

Prinzipiell werden nur einzelne Dateien oder gepackte Archive angefordert und übertragen, eventuelle Dekompimierung erfolgt immer auf Seite des Anwendungssystems. Für eine automatische Überprüfung der technischen Randbedingungen wäre es nötig, das Feld der Installationsanweisungen näher zu strukturieren, etwa im Sinn der Dublin Core Qualifier, denn gerade hier handelt es sich um Parameter, die über rein deskriptive Erfassung hinausgehen[216]. Möglich wäre dann etwa der automatische Abgleich zwischen den anwenderseitig mit einem vom Browser externen Programm oder Plugin assoziierten Dokumentenformate aufgrund der Einträge für die MIME Types[217].

---

[216] Die getrennten Felder *Other Platform Requirements* und *Installation Instructions* sind zwar, wie aus der Tabelle ersichtlich, hier zusammengefaßt worden, allerdings sind schon im LOM-Standard diese Felder rein deskriptiv. Allerdings ließe sich eine normierte Spezifikation gemäß einem festzulegenden technischen Verfahren angeben, die dann syntaktisch vom Anwendersystem korrekt und eindeutig interpretiert werden kann. Vollautomatische Installationsroutinen, welche keine Angaben seitens des Anwenders benötigen, sind freilich selten, auch wenn etwa auf PCs mittlerweile selbstentpackende Archive verbreitet sind. Hinsichtlich der grundsätzlichen Vorbehalte bezüglich automatischer Installation oder Ausführung wird auf Fußnote 214 verwiesen.

[217] Da anzunehmen ist, dass die meisten Szenarien, in denen Module automatisch in Lernumgebungen eingebunden werden sollen, webbasiert sind, wird erwähnt, dass neben den MIME-Typen auch Mechanismen gemeint sind, mit denen das

Passive Dokumente sind hinsichtlich ihrer automatischen Einbindung unproblematisch, denn hier handelt es sich um Module ohne ausführbaren oder zu interpretierenden Code, so dass Sicherheitslücken selten auftreten[218]. Bei semi-aktiven Dokumenten, die mittels eines Interpreters auszuführen sind, ist eine automatische Einbettung dann möglich, wenn dieser selbständig gestartet werden kann. Aktive Dokumente sind, wenn es sich um direkt ausführbare Programme handelt, ebenfalls direkt einzubinden, während im Falle von Modulen, welche die benötigten Programme im übermittelten Archiv inkludieren, im allgemeinen der zunächst nötige Installationsprozess (mit möglicherweise vorgeschalteter Kompilation) nicht automatisch abläuft. Die Nutzung hybrider Dokumente schließlich ist ähnlich wie im aktiven oder semi-aktiven Fall zu bewerten.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die automatische Einbindung von Fremddokumenten nur dann praktikabel erscheint, wenn

1. das übermittelnde System durch entsprechende Sicherheitsmechanismen (wie beispielsweise digitale Unterschriften oder Public-Key-Verfahren) sicherstellen kann, dass das angeforderte Modul unbedenklich zu nutzen ist;
2. die Umgebung, in die angeforderte Inhalte automatisch einzubinden sind, vor der eigentlichen Bereitstellung für den Nutzer deren Unbedenklichkeit etwa hinsichtlich eingeschleuster Viren überprüfen kann;

Betriebssystem aufgrund einer Dateiendung das passende Programm starten kann (etwa über die Registry unter Windows). Hinzuzufügen ist, dass dazu entweder zu jeder Datei, die Bestandteil eines (gepackten) Archivs ist, der entsprechende MIME-Typ vom Autor gespeichert worden sein müßte, also gewissermaßen als deren Attribut, denn auch eine vollständige Liste aller vorkommenden Typen kann nicht korrekt interpretiert werden, wenn nicht klar ist, in welcher Reihenfolge der Inhalt eines Archivs, der sich als Baum darstellen lässt, zu linearisieren ist, um auf die angegebene Liste abgebildet werden zu können. Es kann allerdings geprüft werden, ob alle Dateiendungen mit lokal registrierten MIME-Typen assoziiert werden können.

218 Allerdings weiß man von Makroviren, die beispielsweise als Anhängsel von Textverarbeitungsdokumenten verschickt und beim Laden durch das entsprechende Anwendungsprogramm sich dessen Makrosprache bedienen, so dass bestimmte in dieser Sprache definierten Operationen automatisch ablaufen können. Problematisch hierbei ist zum einen, dass Makroprogramme integrer Bestandteil von Dokumenten werden, so dass sie häufig nicht als Viren erkannt werden können, zum anderen, dass auch Befehle der Betriebssystemebene aufgerufen werden können, so dass der mögliche Schaden theoretisch unbegrenzt sein kann.

3. die vom Retrieval durch das Client-System bis zur Ausführung nötigen Schritte insgesamt zu keiner nennenswerten Verzögerung führen, also insbesondere entweder komplett durchgeführt oder an definierter Stelle automatisch abgebrochen werden können.
4. bei einer eventuell durchzuführenden Installation lokaler Komponenten dies für ein angefordertes Programm nicht prinzipiell anhand nicht erfüllbarer Systembedingungen scheitert;
5. speziell nach der Nutzung aktiver Komponenten das Anwendungssystem eine erfolgte Installation einer Software protokolliert wird, so dass eine nach erneutem Abruf nötige Neuinstallation nicht durchgeführt werden muss[219].

Sinnvoller erscheint es, als Unterrichtsmaterial zu verwendende Fremdmodule vor Beginn des Kurses oder der Ausbildungsmaßnahme in die Lehr- und Lernumgebung zu transferieren, zumal ein Dozent im allgemeinen die verwendeten Unterlagen in der Regel auf ihre pädagogische Eignung überprüfen wird und die Installation in der Regel nur einmal erfolgen muss. Abgesehen von den Laufzeitanforderungen und dem Kommunikationsaufwand zwischen Lernsystem und individuellem Arbeitsplatz entfallen dabei auch alle zusätzlichen möglichen Verzögerungen. Zudem können eventuell lokal begründete Probleme bei der Installation und Konfigurierung von Fremdsystemen vor der Nutzung erkannt und beseitigt werden[220].

Um eine genormte Schnittstelle zu externen Anwendungen bereitzustellen, ist deswegen im Rahmen der Metadaten-Spezifikation eine Dokumententypdefinition (DTD) in XML definiert worden, welche die einzelnen deskriptiven Felder abbildet. Sie wird an dieser Stelle in Auszügen skizziert, die gesamte Definition ist im Anhang A nachzulesen.

```
<!ELEMENT BaseScheme (MetaMetadata, General, Semantics,
Pedagogical, Technical, UseConditions, Annotation*)>
```

---

219 Neben den weiter oben erwähnten Sicherheitsbedenken ist dieser Punkt allein stichhaltig genug, lediglich passive und allenfalls noch semi-aktive Komponenten für die automatische Einbettung zuzulassen. Die lokale Nutzung fremder Applets ist in solchem Maße gängige Praxis, dass auf eingehaltene Sicherheitsvorkehrungen (beispielsweise kein Verbindungsaufbau zu anderen Systemen oder signierte Übermittlung) vertraut werden muss.

220 Wenn freilich die Lösung auftretender technischer Schwierigkeiten nicht möglich ist, dann wird zumindest der Lernende nicht damit konfrontiert, zumal das reibungslose Funktionieren der Komponenten einer Ausbildungsumgebung wesentlich zur Akzeptanz rechnergestützten Unterrichts beiträgt.

```
<!ELEMENT MetaMetadata (Language, Author, CreationDate,
LastModificationDate, Validator?, ValidationDate?)>

<!ELEMENT General (Title, Author+, Date, Language, Publisher,
Source*)>

<!ATTLIST General identifier ID #IMPLIED>

<!ELEMENT Semantics (Discipline, Subdiscipline, MainConcept,
MainConceptSynonym*, OtherConcept*)>

<!ELEMENT Pedagogical (EndUserType, DocumentType,
DocumentFormat, UsageRemarks?, DidacticalContext?,
CourseLevel?, DifficultyLevel?, InteractivityLevel?,
SemanticDensity?, PedagogicalDuration)>

<!ELEMENT Technical (DocumentHandle, FileMediaTypes+,
PackageSize, OperatingSystem, OSVersion?,
OtherPlatformRequirements?, InstallationRemarks?)>

<!ELEMENT UseConditions (UsageRemarks?)>

<!ATTLIST UseConditions Cost (yes|no) #IMPLIED>

<!ATTLIST UseConditions Copyright (yes | no) #IMPLIED>

<!ELEMENT Annotation (Annotator, CreationDate, Content)>
```

Folgende Punkte sind zusätzlich zu der bisherigen konzeptuellen Beschreibung zu erwähnen:

- **Indexierungsinformation (MetaMetadata)**: Die Sprache, in der die Validation durchgeführt wird, entspricht im Normalfall der Muttersprache des Validators, kann also von der Sprache der validierten Ressource abweichen. Desgleichen kann der Autor der Metadaten sich vom Autor der Ressource unterscheiden, diese Information ist notwendig, um während des Validierungsprozesses den geeigneten Ansprechpartner für Korrekturen ermitteln zu können. Das Feld für den Validator sowie das Validierungsdatum ist optional, weil nicht validierte Datensätze über diese Information nicht verfügen, aber trotzdem wohlgeformt sein können; dies ist unabhängig von der öffentlichen Sichtbarkeit, welche über die Datenbankebene gesteuert wird.
- **Allgemeine Information (General)**: Es muss für Lernmedien mindestens einen Autor geben. Dies ist sicherlich für den Fall von Lernmedien, welche im akademischen Bereich erstellt werden, sinnvoll, allerdings nicht im allgemeinen Fall: So ist es nicht üblich, für Standard-Software-Pakete den oder die Autoren anzugeben, sondern vielmehr die Firma, welche die Software vertreibt. Jede Ressource hat zudem einen systemintern vergebenen Identifika-

tor, dessen Eindeutigkeit dadurch gewährleistet wird, dass kein eingestelltes und freigegebenes Medium der Nachweis gelöscht wird und für jedes neue Lernmedium auch ein neuer Identifikator generiert wird, dessen Präfix konstant ist und dessen Suffix einem jeweils inkrementierten Zähler entspricht. Schließlich kann ein Lernmedium mehrere Ressourcen haben, von denen es abgeleitet wurde.

- **Didaktische Information (Pedagogical)**: Die Angaben zur Lernstufe sind optional, weil dieses Maß, sofern es zeitlich verstanden wird, sehr stark von den nationalen Gegebenheiten und hier von der jeweiligen Bildungsinstitution abhängt. Beispielsweise ist unklar, wie die Hochschularten Berufsakademie, Fachhochschule und Universität, welche sämtlich unter Universität zu subsumieren sind, über die Lernstufe angemessen differenziert werden können.
- **Nutzungsbedingungen (Use Conditions)**: Dieses Feld ist optional und muss nur ausgefüllt werden, wenn eine Ressource nicht kostenfrei verfügbar oder urheberrechtlich geschützt ist. Wenn die Ressource nicht frei verfügbar ist, sind die entsprechenden Bedingungen im entsprechenden Feld als Freitext anzugeben. In diesem Fall sind nur die Metadaten der Ressource frei verfügbar und der Nutzer muss sich an deren Herausgeber oder Vertreiber wenden, um Zugang zu erhalten.
- **Annotationen**: Zusammen mit dem Nutzerkommentar ist der Name des Autors sowie das Datum der Annotation zu hinterlegen. Es können beliebig viele Annotationen für eine freigegebene Ressource angegeben werden.

4.2.6 Kooperation zwischen Inhaltsanbietern und Bibliotheken

In diesem Abschnitt wird ein eigener Arbeitsablauf skizziert, der dazu führt, dass der Nachweis von digitalen Medien sich nahtlos eingliedert in den Arbeitsalltag von Autoren und Bibliothekaren. Speziell werden diese bezüglich der Überprüfung der semantischen Felder herangezogen, dies ist eine Grundvoraussetzung für die Einbindung nachgewiesener Lernmedien in gebräuchliche Bibliothekskataloge und die Grundlage für eine hybride Bibliothek, die im Wissenschaftsbereich gedruckte und digitale Medien zur Verfügung stellt. Während bei konventionellen Publikationen die Fernleihe eher die Ausnahme darstellt, ist der Speicherort bei digitalen Medien irrelevant, da der Transport der Medien zum Nutzer zeitlich eher unkritisch ist.

Für einen langfristig gültigen Nachweis pädagogischer Ressourcen mit den Ziel der Wiederverwendbarkeit in multiplen Kontexten ist es, wie im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, notwendig, ein systemunabhängiges und allgemein anerkanntes System zur semantischen Indexierung zu nutzen. Dies erleichtert die Eingliederung digitaler Ressourcen in bestehende Bibliothekskataloge und trägt

dazu bei, dem Anwender für die Recherche eine einheitliche Sicht auf Ressourcen unabhängig von ihrer Manifestation als digitale Ressourcen (etwa Volltexte) oder konventionelle Publikationen zu bieten. Eine kooperative Erschließung dieser Ressourcen ist aus folgenden Gründen geboten:

- Schon während der Erstellung oder der Implementierung können Autoren Richtlinien bezüglich der thematischen Einordnung festlegen. Dies ist besonders bei nicht-textuellen Ressourcen erforderlich, die nur schwer aufgrund von Sekundärdaten zu erfassen sind. Das dazu notwendige Wissen oder die entsprechenden Informationen sind in vielen Fällen nur beim Autor vorhanden, deren Explikation ist deshalb aufwändig.
- Hinsichtlich der technischen Nutzung neuer Medien (etwa die Visualisierung in geographischen Informationssystemen) sind häufig spezielle Angaben für das beim Anwender installierte System erforderlich, die eine detaillierte Kenntnis fachspezifischer Werkzeuge und Systeme erfordern, über die bibliothekarische Fachkräfte im allgemeinen nicht verfügen.
- Der Prozess der Sacherschließung für wissenschaftlich genutzte Ressourcen kann neueste Erkenntnisse und Entwicklungen von Wissenschaftlern berücksichtigen, die noch nicht allgemeiner Wissensstand sind.
- Die Erschließung digitaler Medien durch die Berücksichtigung der exemplarisch anhand des LOM-Schemas genannten Kriterien (insbesondere auch technische und pädagogische Aspekte) ist in der Regel wesentlich höher als im traditionellen Publikationswesen und kann zwischen den einzelnen Beteiligten an der Produktion von Lernmedien (Autoren, Medienanbieter, Fachexperten) aufgeteilt werden. Das Verhältnis zwischen Aufwand und (inhaltlichem) Nutzen verhält sich umgekehrt proportional zur Granularität der indexierten Ressource, damit können Fachreferenten allein die Aufgabe der Medienerfassung längerfristig nicht leisten.

Ein Kooperationsmodell sollte also zum einen die vorhandene Expertise (fachlich, pädagogisch, technisch) optimal ausnutzen und verbale Prozesse der Wissens- und Informationsvermittlung, die aufwändig und eine Fehlerquelle für Verständigungsschwierigkeiten sind, auf ein Mindestmaß reduzieren.

1. Ausgehend von einem allen Beteiligten in den Grundzügen bekannten Schema zur Indexierung ist zunächst festzulegen, welche Teilaufgaben möglicherweise unter Hinzuziehung von Experten von wem zu bearbeiten sind. Beispielsweise ist der Autor für die semantischen Aspekte zuständig, der Entwickler für die technischen Parameter, der Dozent für die didaktischen Kriterien. In der Regel werden die Lehr- und Lerninhalte innerhalb einer akademischen Institution (beispielsweise eine virtuelle Universität) erstellt, so dass jeweils ein Verantwortlicher die nötigen Einzelschritte koordi-

nieren sollte. Dieser dient auch als menschliche Schnittstelle zur validierenden Person oder Instanz, die in der Regel im Kontext einer wissenschaftlichen Bibliothek oder eines Medien- oder Kompetenzzentrums angesiedelt ist.

2. Für die semantische Indexierung als Zusammenspiel von Schlagwortvergabe und inhaltlicher Klassifikation verfährt ein Autor[221] in zwei Schritten:

   - Vom bibliotheksseitig verwendeten Klassifikationssystem, welches fachübergreifend einsetzbar sein sollte, wird abstrahiert, indem die Basisklassen und die davon abgeleiteten Unterklassen zur grundsätzlichen Einteilung angeboten werden. Stellt man sich die Gesamtheit aller möglichen Klassen als Baumordnungsdiagramm vor, so entspricht dies der Rückgabe aller Knoten, die maximal zwei Kanten von der Wurzel des Baumes entfernt sind. In der DDC-Klassifikation entspricht dies allen Klassen und Subklassen. Ein Autor wählt nun exakt eine dieser Kategorien als vorläufige Einteilung aus.
   - Zur weiteren Spezifikation wählt ein Autor aus einem begrenzten, vorgegebenen sprachabhängigen Vokabular zwischen drei und sieben Begriffen[222], die den Inhalt des zu indexierenden Mediums adäquat und möglichst genau wiedergeben. Dieses Vokabular ist ein Auszug aus dem bibliotheksseitig verwendeten Schlagwortkatalog und steht als (volltextsuchbare) Liste zur Verfügung[223]. Erscheint es dem Autor erforderlich, eigene Begriffe, die nicht aus diesem Vokabular stammen, als Deskriptoren zu nutzen, so kann er bis zu zwei der maximal sieben Begriffe mit eigenen Wörtern belegen.
   - Zusätzlich kann der Autor optional bis zu drei textuelle Beschreibungen der Ressource oder einen Verweis darauf an die verwaltende Instanz liefern.

---

221 Die Unterscheidung zwischen Dozenten und Autoren ist oft nicht scharf, da wissenschaftliches Personal oft selbst publizistisch tätig wird. Für die weitere Diskussion ist der Wechsel zwischen beiden Rollen jedoch irrelevant. Die Rolle eines Autors impliziert hier eine inhaltliche und semantische (Grund-)Kenntnis über die zu indexierende Ressource.

222 Der Mittelwert – also 5 – entspricht der durchschnittlichen Menge an gleichzeitig überschaubaren Objekten: eine geringere Zahl würde für die genauere Einteilung nicht genügend Richtlinien geben, eine größere Zahl erschwert die Übersicht für den Indexierer. Die Untergrenze (3) ist als Empfehlung, die Obergrenze als Maximum anzusehen.

223 Diese Auszüge könnten beispielsweise fachbezogen von den entsprechenden Referenten erstellt und getrennt nach Bereichen den wissenschaftlichen Autoren zur Verfügung gestellt werden.

Im praktischen Fall ergibt sich hinsichtlich der Klassifikation die Schwierigkeit, dass das von den benutzten Werkzeugen zum Nachweis und zur Suche verwendete Klassifikationssystem proprietär ist und nicht variiert werden kann. Eine automatische Abbildung in übliche Klassifikationsschemata ist nicht eindeutig, wie die Tabellen in Anhang B zeigen. Deshalb wird zusätzlich zu der vom Autor vorgegeben Klassifikation vom Fachreferenten in einem Erweiterungsfeld eine normierte Klassifikation relativ zum jeweiligen Schema anhand der übrigen semantischen Information (Beschreibung, Schlagwörter, Stichwörter und Abbildungstabelle) ermittelt, wie dies im nächsten Punkt erläutert wird.

3. Aus dem Zusammenspiel von Grundkategorie und Stichwörtern kann der Fachreferent eine genaue und eindeutige Klasse innerhalb des Klassifikationssystems ableiten. Gleichzeitig legt er nach den Regeln für den Schlagwortkatalog die entsprechenden Terme und die mit der Ressource zu assoziierenden Schlagwortkette fest, indem er insbesondere aus den Stichwörtern sinnvolle abzuleitende Schlagwörter determiniert oder diese als Synonyme eliminiert, aber auch zu vage Begriffe präzisiert. Eventuell verfügbare Freitextbeschreibungen werden dann herangezogen, wenn die Menge der ermittelten Schlagwörter nicht ausreichend oder widersprüchlich ist.
4. Bei den weiteren Parametern wird bei den entsprechenden Beteiligten genügend Expertise vorausgesetzt, die Werte korrekt angeben zu können, wenn eine graphische Oberfläche zu ihrer Eingabe oder Wahl aus einem kontrollierten Vokabular zur Verfügung steht. Teilweise sind diese Parameter stark subjektiv, etwa die Zeit zum Durcharbeiten einer Ressource, so dass für den entsprechenden Wert hinreichende Stichhaltigkeit angenommen werden muss. Testweise wird die Ressource unter Berücksichtigung der technischen Randbedingungen vom Validierer oder einer geeigneten außenstehenden Person oder Instanz wie angegeben genutzt, schlägt dieser Test fehl, ist eine entsprechendes Fehlerprotokoll an den technischen Indexierer zu liefern, in dem die Mängel, Fehler oder Inkonsistenzen beschrieben werden, wenn möglich mit Korrekturvorschlägen.

Das angegebene Verfahren bezieht sich vor allem auf die semantische Indexierung pädagogischer Ressourcen, da diese die ureigene Domäne des Bibliothekswesens ist und somit am ehesten die Zusammenarbeit zwischen Autoren und Produzenten einerseits und Medienanbietern (Bibliotheken, Medienzentren) andererseits beeinflusst. Zusätzlich sind vom Fachreferenten auch Namensangaben mit der Personenschlagwortdatei abzugleichen sowie Quellenangaben auf ihre syntaktische Korrektheit zu überprüfen.

Mittel- bis langfristig muss der praktische Einsatz zeigen, ob der hier geschilderte Ansatz funktioniert, oder ob eventuell die Anweisungen für Autoren verfei-

nert werden müssen. Vorteil des Modells ist, dass es weitgehend von technischen Randbedingungen und konzeptuellen Aspekten (beispielsweise das verwendete Klassifikationsschema) abstrahiert und sich auf die organisatorische Komponente bezieht. Dahinter steht die Überzeugung, dass zur Zusammenarbeit ein Gleichgewicht aus organisatorischer und konzeptionellen Kriterien wesentlich wichtiger ist als die unterstützend hierzu eingesetzten technischen Systeme. In Abschnitt 4.2.8 wird eine exemplarische Implementierung vorgestellt, die unter der impliziten Annahme eines organisatorischen Modells, wie es hier skizziert wurde, die Kooperation verteilt agierender Beteiligten am Publikationsprozess unterstützt.

Für potenzielle Nutzer hilfreich wäre eine nachvollziehbare Qualitätskontrolle, damit verschiedene Lernmodule miteinander vergleichbar werden. Hier ergeben sich allerdings mehrere prinzipielle Probleme:

- **Granularität**: Die verfügbaren Lernmedien können extrem unterschiedlich umfangreich vorliegen – so können etwa kurze wissenschaftliche Artikel als HTML-Dokumente neben kompletten CBT-Software-Paketen gespeichert sein. Solch heterogene Ressourcen sind a priori kaum zu vergleichen.
- **Kriterienkatalog**: Um die Vergleichbarkeit von Lernmedien überhaupt erst zu ermöglichen, müssen einheitliche, längerfristige Kriterien, etwa bezüglich der didaktischen Eignung, der technischen Realisierung oder dem Gehalt beziehungsweise Inhalt transparent vorliegen und für jedes eingehende Lernmodul in einem zu definierenden einheitlichen Arbeitsablauf geprüft werden.
- **Institutionalisierung**: Die Aufgabe der Qualitätskontrolle muss entweder in die langfristige Verantwortung einer bestehenden Einrichtung fallen, oder es muss eine spezielle Einrichtung dafür geschaffen werden. Für beides sind insbesondere im wissenschaftlichen Bereich genügend finanzielle und personelle Ressourcen nicht denkbar.

Anhand der Häufigkeit der Nutzung einzelner Module werden jedoch die Betreiber einer digitalen Bibliothek pädagogischer Ressourcen einen Überblick über die Nutzung gewinnen können, wobei davon auszugehen ist, dass häufig angefragte Module auch qualitativ hochwertig sind, dagegen wenig nützliche Materialien entsprechend kaum angefordert werden. Zum anderen ist durch die Möglichkeit, Kommentare zu einzelnen Inhalten zu hinterlassen (dies ist sowohl im LOM-Schema als auch in der in Abschnitt 4.2.5 ausführlich beschriebenen Implementierung dieses Schemas im verteilten ARIADNE-Systems vorgesehen) eine Rückmeldemöglichkeit, an der sich potenzielle Nutzer orientieren können, ob sie aufgrund der Metadaten die interessierende Ressource in ihre lokale Lernumgebung integrieren wollen.

4.2.7 Abbildung der Metadaten auf ein bibliothekarisches Format

In diesem Abschnitt wird zunächst kursorisch das in Zusammenarbeit zwischen Bibliotheken und wissenschaftlichen Einrichtungen entwickelte DLmeta-Schema[224] präsentiert, das zum Nachweis digitaler Medien des Südwestdeutschen Bibliotheksverbundes (SWB) genutzt wird. Hierbei ist vorgesehen, dass alle Datensätze zentral verwaltet werden, während die assoziierten Medien in heterogenen Dokumentenspeichern gespeichert sind mit der einzigen Voraussetzung, über einen eindeutigen Identifikator referenzierbar zu sein. Um längerfristige Verfügbarkeit zu garantieren, ist es daher sinnvoll, keine Universal Resource Locators (URL), welche den physischen Speicherort (Server und Verzeichnis) einer Ressource kennzeichnen, zu verwenden, sondern dem jeweiligen Anbieter in die Pflicht zu nehmen, den systemweit eindeutigen abstrakten Identifikator (URN) in einen URL abzubilden. Dies vereinfacht es auch, Ressourcen zur Verfügung zu stellen, da beispielsweise beim in Abschnitt 4.1.8 vorgestellten Digital Object Identifier jede Ressource offiziell bei einer zentralen Verwaltung eindeutiger Identifikator kostenpflichtig angemeldet werden muss. Es wird unterschieden zwischen Ressourcen, die nicht modularisiert vorliegen und solche, die zusätzlich über strukturelle, logische und temporale Information über ihre Komponenten verfügen. Anschließend wird eine Abbildung der Metadaten der in ARIADNE gespeicherten Medien in das DLmeta-Schema spezifiziert, welche es erlaubt, diese auch über die von den Bibliotheken genutzte Infrastruktur nachzuweisen.

4.2.7.1 Die Document Type Definition des DLmeta-Schemas

Wie man an der unten skizzierten Document Type Definition sieht, kann ein Objekt des Typs DLmeta mehrere eigentliche Datensätze (Element Object) einschließen, für den allgemeinen Fall genügt jedoch die Annahme, dass es sich pro Datensatz jeweils um genau eine Instanz handelt. Da sich die Definition des Schemas an Dublin Core anlehnt (siehe dazu den Abschnitt 4.1.5.2), wird auch die Unterscheidung in Author und Contributor beibehalten, und es werden auch die in Dublin Core eingeführten Qualifikatoren als die Basisfelder erweiternde Attribute oder Elemente verwendet. Jedes Objekt wird über einen eindeutigen Identifikator (URI) gekennzeichnet sowie als weiteres Attribut die Herkunft, damit ist die Institution gemeint, welche den entsprechenden Dokumentenspeicher verwaltet.

---

[224] Weitere Informationen darüber sowie alle Document Type Definitions findet man unter http://www.dlmeta.de

Der Titel wird unterteilt in den Haupttitel und beliebig viele Alternativ- oder Untertitel, diese Felder sind sprachenabhängig. Damit können sowohl Übersetzungen des Titels der beschriebenen Ressource als auch Untertitel realisiert werden. Jedes Medium hat genau einen Herausgeber (eine Person beziehungsweise Organisation) und kann beliebig viele Autoren und Ko-Autoren aufweisen. Der Typ Person gliedert sich auf in den Namen und optionale Adresse, beim Namen sind Vorname(n) und Nachname(n) wegen der Personen-Schlagwortdatei zu unterscheiden. Im Datumsfeld sind gemäß der DC-Qualifiers die Parameter der Erstellung und der Herausgabe zwingend anzugeben, und zwar als Zeitpunkte, optional angegeben können Gültigkeits- und Verfügbarkeitsdauer als implizit ermitteltes Intervall zwischen zwei festen Zeitpunkten und schließlich das Datum der letzten Modifikation. Das Feld für die Beschreibung der Ressource, das Format (zeitliche Nutzungsdauer oder Größe beziehungsweise Medium als Mime Type) sowie die Angabe der ursprünglichen Ressource sowie für die Angabe rechtlicher Randbedingungen ist optional. Als Beschreibung kann eine Kurzzusammenfassung, ein Abstrakt sowie das Inhaltsverzeichnis (jeweils sprachspezifisch) angegeben werden. Beliebig oft spezifizierbar sind darüber hinaus die Felder zur verbalen und klassifikatorischen Erschließung, nach einer vordefinierten Liste der im deutschen Sprachraum gebräuchlichen Schemata getypt, ferner die Angabe der Sprache (dies ist sinnvoll bei multilingualen Ressourcen), die Spezifikation der in Dublin Core gebräuchlichen Relationstypen zu anderen Ressourcen sowie räumlich-zeitliche Ausdehnung. Zusätzlich sind in DLmeta jedoch einige eigene Felder angefügt worden, welche nachfolgend beschrieben werden. Zur besseren Unterscheidung sind sie in der fragmentarischen Document Type Definition *kursiv* gedruckt.

```
<!ELEMENT DLmeta (Object+)>

<!ELEMENT Object (Title, Creator*, Subject*, Description?,
Publisher, Contributor*, Date, Type, LocalType?, Format?,
Identifier, Source?, Language*, Relation*, Coverage*, Rights?,
Collection?, Local?, BSZStatus?, ObjectVersion, History?,
ObjectType)>

<!ELEMENT Title (TitleMain, Alternative*)>

<!ELEMENT Creator (Person)>

<!ATTLIST Creator        Role      CDATA          #IMPLIED>

<!ELEMENT Person (CompleteName, Address?)>

<!ATTLIST Person    PersonType     (person|corporation)
     #REQUIRED>

<!ELEMENT Description ( DescriptionMain*, Abstract*, TOC* )>
```

```
<!ELEMENT Contributor ( Person )>

<!ATTLIST Contributor    Role CDATA          #IMPLIED>

<!ELEMENT   Date   (Created,   Valid?,   Available?,   Issued,
Modified?)>

<!ELEMENT Format (Extent?,Medium?)>

<!ELEMENT Coverage (#PCDATA)>

<!ATTLIST Coverage  Role (Spatial | Temporal )    #REQUIRED
                    Scheme         CDATA          #REQUIRED>

<!ELEMENT Local ANY>

<!ELEMENT History (Modification+)>

<!ELEMENT Modification ( Person, DLComment?)>

<!ATTLIST Modification        %a.date;>
```

Die in Dublin Core vorgesehenen Typen sind beschränkt und nicht erweiterbar. Deshalb können über das Erweiterungsfeld `LocalType` eigene Typen eingeführt werden. Falls das Medium Teil einer Sammlung ist, die nicht als eigenständiges Werk bezeichnet oder referenziert werden kann, kann dies über das Feld `Collection` angegeben werden. Um ferner eigen Erweiterungsfelder zu definieren, wurde das Feld `Local` eingeführt. Das optionale Feld `BSZStatus` wird ausgefüllt, wenn die Ressource im Südwestdeutschen Bibliotheksverbund aufgenommen wurde, hier wird ein Datum und ein relativ zum Verbund zu interpretierender Identifikator eingetragen. Das Feld `ObjectVersion` dient dazu, die Auflage der Ressource zu spezifizieren. Um die Geschichte der Modifikationen einer Ressource protokollieren zu können, kann man im Feld `History` eintragen, welche Person zu welchem Zeitpunkt die Ressource verändert hat, und zwar unabhängig von spezifischen Versionen. Optional kann hier ein Kommentar angebracht werden. Ist die Ressource nicht weiter modularisiert, wird als `ObjectType` der Untertyp `NoDLType` gewählt, ansonsten handelt es sich um den komplexen Typ `IsDLType`, welcher es erlaubt, detaillierte strukturelle und temporale Angaben zu machen. Darauf wird hier jedoch nicht weiter eingegangen, weil bei Lernmodulen aus ARIADNE a priori davon ausgegangen wird, dass es sich um unzerteilbare Medien handelt.

4.2.7.2 Abbildung des ARIADNE-Metadatenschemas auf DLmeta

Die beiden Metadaten-Schemata haben eine hinreichend große Überschneidung, was auch nicht verwundert, da sich ARIADNE-Metadaten partiell auf das Dub-

lin-Core-Schema abbilden lassen und dieses die Grundlage für das DLmeta-Schema ist. In den verwendeten Indexierungswerkzeugen besteht keine Möglichkeit, eigene Felder zu definieren, so dass das ein textuelles Datenfeld genutzt werden muss, um die in ARIADNE nicht berücksichtigten Aspekte wie etwa der Bezug zu anderen Ressourcen einzutragen. Diese zusätzlichen Angaben, welche dazu führen, dass das Feld Sources semantisch erweitert wird, resultieren in deren Speicherung in der über das Indexierungswerkzeug indirekt erstellten XML-Datei. Die Extensible Style Language bietet hier eine Transformations- und eine Formatierungskomponente, letztere gestattet es, Dokumente aus dem XML-Format in andere Ausgabeformate zu konvertieren. Handelt es sich um ein Ausgabeformat (HTML, WML), ist es beispielsweise möglich, aufgrund einer strukturellen Dokumentenbeschreibung je nach Ausgabegerät verschiedene Präsentationen automatisch zu generieren.

Im vorliegenden Fall handelt es sich bei der Eingabe um mit den Indexierungswerkzeugen des Dokumentenspeichers erstellte XML-Metadatensätze, die in DLmeta-konforme Datensätze abgebildet werden. Damit können diese auf Seiten der Bibliothek weiterverarbeitet und in deren Kataloge integriert werden. Ziel dabei ist es, alle von den Autoren spezifizierten Felder komplett abzubilden unter Verwendung lokaler Erweiterungen; damit ist zwar anzunehmen, dass eine attributierte Suche über die nicht in DLmeta definierten Felder nicht möglich sein wird, aber es ist denkbar, dass diese als zusätzliche und hilfreiche Nutzerinformation präsentiert werden können. Gleichzeitig wird durch die vollständige Abbildung eine weitgehende Rücktransformation zumindest theoretisch möglich. Im folgenden wird nur für diejenigen Felder des Ursprungsformats das Vorgehen für die Abbildung ins Zielformat vertieft, für die spezielle Randbedingungen zu beachten sind. Für die lokalen Erweiterungen wurde eine eigene Document Type Definition auf Basis von DLmeta spezifiziert, so dass die aus ARIADNE abgebildeten Metadatensätze automatisch syntaktisch validiert werden können.

Jede Ressource wird in ARIADNE durch einen eindeutigen Identifikator gekennzeichnet, aus dem der entsprechende URL direkt abgeleitet werden kann. Die Identifikatoren bestehen aus einem vom jeweiligen Dokumentenspeicher abhängigen Präfix sowie einem inkrementell veränderten Zähler. Um zu erreichen, dass auch im DLmeta-System eindeutige URI genutzt werden, wird vor den Identifikator den Präfix ARIADNE gesetzt. Die Umsetzung in einen URL wird dann vom Anbieter über ein Skript durchgeführt, welches bei Änderung des Servernamens einmalig für alle dort gespeicherten Medien anzupassen ist.

DLmeta unterscheidet zwischen einem (eindeutigen) Titel und zusätzlich anzugebenden Titeln. Bei mehreren Titeln in den Ursprungsdaten ist derjenige zu wählen, dessen Sprachattribut dem Eintrag im Element Language entspricht,

welches die Sprache der Ressource festlegt. Falls hier kein passender Titel gefunden wird, ist der erste Titeleintrag in der Liste als Haupttitel, die übrigen als Alternativtitel zu nehmen. Zusätze zum Titel in eckigen Klammern werden bei der Abbildung ignoriert.

In den Quelldaten wird nicht zwischen Autoren und Ko-Autoren unterschieden, so dass das diesbezügliche Feld in DLmeta unbesetzt bleibt. Die Trennung nach Vor- und Nachname sowie (optionaler) Institution ist gewährleistet durch die Nutzung eines an vCard angelehnten Datentyps. Da in einer früheren Version des Datenschemas nicht zwischen Namenskomponenten unterschieden werden konnte, ist hier der Datensatz vor der automatischen Abbildung manuell nachzubearbeiten.

Für die Datumsangaben ist nur das Attribut im Feld des Ursprungssatzes relevant, welches nach ISO 8601 angegeben ist, die sprachabhängige Bezeichnung kann ignoriert werden. Hier verlangt DLmeta zwei Daten, und zwar das Datum der Erstellung sowie der Herausgabe, wobei letzteres einen späteren Wert annimmt als ersteres. Der Ursprungsdatensatz liefert hier zwar nur einen einzigen Datumseintrag, es eignet sich jedoch das Datum der Indexierung, um den Zeitpunkt der Herausgabe des Mediums zu definieren, da diese meist unabhängig von zeitlichen Festlegungen Dritter, etwa Verlagen, angegeben werden kann, so dass das Datumsfeld in das Datum der Erstellung abgebildet wird.

Das Feld zur Angabe der Ressourcen, von denen ein Medium abgeleitet wurde, wird zusätzlich zur Speicherung einer (textuellen) Beschreibung für den Fachreferenten und die Spezifikation von Relationen zu anderen im gleichen Dokumentenspeicher nachgewiesenen Medien benutzt. Schließlich fügt der Fachreferent hier aufgrund der verbalen und klassifikatorischen Angaben des Autors normierte Klassen nach einer Dezimalklassifikation ein, bevorzugt ist die im Abschnitt 4.1.3.1 beschriebene Klassifikation nach Dewey. Um die einzelnen Einträge zu unterscheiden, sind unterschiedliche Präfixe in eckigen Klammern anzugeben:

- **Beschreibung des Dokuments**: Dieses zusätzliche Feld beginnt mit der Zeichenkette [FACHREFERENT], daran erkennt der Fachreferent zum einen, dass hier eine Beschreibung der Ressource vorliegt, die er benötigt, um verbale und klassifikatorische Sacherschließung des Mediums korrekt durchführen zu können. Zwar kann hier statt des Klartextes auch einen URL, unter der eine Beschreibung zu finden ist, angegeben werden, dabei muss jedoch vom Autor sichergestellt werden können, dass diese mittelfristig gültig ist. In diesem Fall sollte der Fachreferent die dort auffindbare Beschreibung als Klartext in dieses Feld eintragen und den Verweis löschen.

Dieser Eintrag wird abgebildet in das Unterfeld Abstrakt der Beschreibung der Ressource, die Felder für die Kurzbeschreibung sowie das Inhaltsverzeichnis bleiben leer.

- **Ursprüngliche Ressourcen**: Dieses Feld ist auszufüllen, falls das indexierte Medium von einem anderen Medium außerhalb des Dokumentenspeichers abgeleitet wurde, etwa im Fall der Digitalisierung eines Lehrbuchs. Es wird ohne Berücksichtigung des Sprachattributs direkt auf das entsprechende optionale Feld in DLmeta abgebildet. Syntaktisch sind hier Name(n) des Autors, Titel, Erscheinungsdatum sowie optional ein URL anzugeben, falls die Ressource online vorliegt.
- **Beziehungstypen**: Relationen zu anderen im gleichen Dokumentenspeicher nachgewiesenen Ressourcen werden durch eine Teilmenge der in Dublin Core vorgesehenen Relationentypen abgebildet, hier sind drei Fälle zu unterscheiden:

  1. Eine Ressource wurde inhaltlich oder sachlich überarbeitet auf Basis eines früheren im Dokumentenspeicher nachgewiesenen Lernmediums. Dabei unterscheidet man folgende Fälle: a) die ursprüngliche Ressource soll weiterhin nutzbar sein, in diesem Fall wird der Präfix [isVersionOf] ausgewählt; b) die ursprüngliche Ressource ist obsolet, soll also nicht weiter verwendet werden, auch wenn sie im Dokumentenspeicher nicht gelöscht wird, der Typ ist dann [replaces].
  2. Aus der ursprünglichen Ressource wird eine Komponente extrahiert und separat, aber ansonsten unverändert über den Dokumentenspeicher nachgewiesen; der Relationstyp ist in diesem Fall [isPartOf].
  3. Die ursprüngliche Ressource wird in ein anderes Format konvertiert und als neues Lernmedium getrennt eingestellt. Dies ist beispielsweise der Fall bei Animationen, welche sukzessive für mehrere Betriebssysteme bereitgestellt werden. Der hier anzugebende Relationstyp ist [isFormatOf].

  Die jeweils inversen Beziehungen können zu den jeweils korrespondierenden chronologisch älteren ursprünglichen Ressource nicht hinzugefügt werden, da die Metadatensätze von einmal im Dokumentenspeicher freigegebenen Medien ausgenommen von Anwenderkommentaren nicht verändert werden dürfen. Als Wert wird der Relationentyp jeweils mit dem Identifikator der referenzierten Ressource angegeben. Der Relationentyp wird aufgrund des Präfixes korrekt abgebildet in das Relationen-Feld des DLmeta-Schemas.

Hinsichtlich der semantischen Felder liefern die Autoren laut Abschnitt 4.2.6 Schlagwörter, Stichwörter, proprietäre Klasseneinteilungen und eine oder mehrere (textuelle) Beschreibungen der Ressource, hieraus lassen sich genormte Schlagwörter oder Schlagwortketten nach RSWK ableiten. Zusätzlich bestimmt der Fachreferent aufgrund einer Dezimalklassifikation eine für die Ressource

passende Klasse. Die ursprüngliche Klassifikation wird jedoch im Gegensatz zu den Schlagwörtern nicht verändert, da die Liste der Optionen zwar kontextsensitiv, aber fest vorgegeben ist. Die so ermittelte Klasse wird ebenfalls in das Erweiterungsfeld eingetragen, wobei als Präfix die Abkürzung des Klassifikationsschemas gewählt wird, also etwa [DDC] für Dewey, sodann die Nummer der Klasse sowie ihr (deutscher) Name. Anhand des Suffixes wird dieser Eintrag dann in das Feld Subject aus DLmeta mit passendem Attribut für das Klassifikationsschema eingetragen. Anschließend, also vor der Freigabe, wird der Eintrag der Klasse vom Validator gelöscht.

Die Verschlagwortung geschieht nach den Regeln der in Deutschland verwendeten Schlagwortnormdatei (SWD). Falls hier andere Schemata eingesetzt werden, muss für jeden Eintrag im Feld der Schlagwörter ein Präfix vorgesehen werden, so dass das Attribut des Felds Subject aus DLmeta korrekt angegeben werden kann. Die optional anzugebenden Übersetzungen der Schlagwörter werden ebenfalls in dieses Feld übertragen ohne Angabe eines Schemas[225].

Da der erste Eintrag im Feld der zusätzlichen Schlagwörter dem Eintrag für das Hauptschlagwort entspricht, kann dieser ignoriert werden. Dies hat den Grund, dass alle Schlagwörter als gleichermaßen wichtig für die Beschreibung der Ressource angesehen werden.

Die im Ursprungsformat vorgesehenen Felder zur pädagogischen Beschreibung von Lernmedien können mit zwei Ausnahmen nicht auf entsprechende vorgesehene Felder in DLmeta abgebildet werden, so dass hier im lokalen Teil, der seitens DLmeta beliebig ausgefüllt werden kann, die entsprechenden Felder aus den Quelldaten übernommen werden, einschließlich ihrer hierarchischen Einordnung. Dadurch wird eine Rückabbildung aus DLmeta erleichtert. Die Felder Dokumententyp und (pädagogisches) Dokumentenformat aus ARIADNE werden nach der folgenden Tabelle auf die Felder Type abgebildet, der Wert des Feldes LocalType entspricht der Bezeichnung im Ursprungsformat.

Das Feld der Lernstufe zerfällt in zwei Teile. Aus diesen wird ein Feld im Zielformat generiert, wobei das Attribut dem Code des Landes entspricht, in dem die Ressource eingesetzt wird, sowie der Wert die entsprechend ausgewählte Zahl seitens des Autors.

---

[225] Genauer gesagt setzt der Konverter für Einträge, die nicht konform zu einem der vorgesehen Schemata sind, den Wert `noScheme`.

DocumentType	DocumentFormat = LocalType	Type mit Attribut
Active	Exam, Exercise, Experiment, Simulation	interactive_resource
	Multiple Choice Question (MCQ)	
	Problem Statement, Questionnaire, Self Assessment	
Expositive	Diagram, Figure, Graph, Image, Slide, Video	Image
	Hypertext, Index, Table, (narrative) Text	Text
	Sound	Sound

Tabelle 4.12: Korrespondenz zwischen ARIADNE-Typ und Typerweiterung in DLmeta

Das Feld der anvisierten Nutzungsdauer kann in ein bestehendes DLmeta-Feld abgebildet werden, nämlich Coverage mit dem Attribut role=temporal, wobei der Wert als Stundenwert entsprechend dem für alle Zeitangaben genutzten ISO 8601-Standard anzugeben ist.

Auch für die technischen Eigenschaften in ARIADNE gilt, dass nur zwei der sieben Felder auf solche des Zielformats direkt abgebildet werden können, für die übrigen werden lokale Erweiterungen genutzt. Der Eintrag für die Medientypen kann allerdings auf das Unterfeld Medium des Felds Format transformiert werden. Darüber hinaus wird die Angabe der Mediengröße (in kBytes) abgebildet auf das Unterfeld Extent des gleichen Felds. Zu den beiden Feldern Betriebssystem und Betriebssystemversion ist zu sagen, dass sie zu einem einzigen Feld in der DLmeta-Erweiterung zusammengeführt werden, wobei die Version des Betriebssystems als Attribut eingetragen wird.

Aus dem Feld für die Nutzungsbedingungen wird schließlich eine Zeichenkette generiert für das Feld in DLmeta zur Rechteangabe, die aus zwei verpflichtenden und einem optionalen Teil besteht. Sind keine Kosten mit der Ressource verbunden, so lautet der erste Teil „Frei verfügbar", ansonsten „Nicht frei verfügbar". Sind Kosten mit der Ressource verbunden, so enthält der zweite Teil den Text des ursprünglichen Feldes, ansonsten bleibt dieser leer. Bestehen rechtliche Beschränkungen, so entspricht der dritte Teil dem String „Copyright", ansonsten wird hier „Kein Copyright" eingetragen. Wie diese Zeichenkette zusammenzusetzen ist, wird automatisch durch Überprüfung der Attribute des Ursprungsfelds ermittelt.

Die Felder der Rubrik Indexierungsdaten werden bis auf ein Feld – siehe oben – nicht abgebildet, ebenso wenig die Annotationen, da diese erst nach Freigabe der Ressource und ebenfalls nach der Abbildung der Metadaten dem

ursprünglichen Satz hinzugefügt werden und keine Entsprechung im Zielschema haben. Abgesehen davon, dass die Übernahme von Nutzerkommentaren kein bibliothekarischer Usus ist, würde dies einen regelmäßigen Abgleich aller Deskriptoren erfordern. Durch Einführung eines passenden Feldes in den lokalen Erweiterungen bereitet eine Abbildung der Kommentare allerdings prinzipiell keine Schwierigkeiten.

4.2.8 Einbindung der Arbeitsabläufe von Autoren, Validatoren und Bibliothekaren in die lokale Lernumgebung

Im vorigen Abschnitt wurden die Qualitätssicherung der deskriptiven Daten pädagogischer Ressourcen sowie deren Recherchierbarkeit über die Infrastrukturen konventioneller Bibliotheken betrachtet. An dieser Stelle wird darauf aufbauend ein praktikables Modell entwickelt, wie sich die Abläufe zur Einstellung und Begutachtung digitaler Ressourcen in die jeweils lokale Lern- und Arbeitsumgebung integrieren lassen. Zunächst werden die dazu notwendigen Anforderungen expliziert, bevor ein mit geringem Aufwand implementierter und flexibel anpassbarer Arbeitsablauf vorgestellt wird, welcher insbesondere die gegenseitige Awareness verbessert und die Lernmedien erst dann im zentralen Speicher zur Verfügung stellt, wenn sie validiert sind.

4.2.8.1 Verteilte Ausbildungsumgebung und Dokumentenarchiv

Im Kontext einer virtuellen Lern- und Ausbildungsumgebung ist die langfristige Verfügbarkeit der genutzten Lernmedien sicherzustellen. Während die technologischen Möglichkeiten, die sich dem Nutzer bieten, weitgehend durch den Stand der eingesetzten Technik der Ausbildungsumgebung determiniert wird und raschem Wandel unterworfen sein kann, muss die Integration einer von Lehrenden, Lernenden und Autoren nutzbaren Hintergrundbibliothek unabhängig von den lokalen Gegebenheiten möglich sein. Die Teilnahme an einer transnationaler Initiative zum Aufbau und zur Nutzung eines Systems zum Management heterogener Lernmedien garantiert für sich genommen noch keine breite Teilnahme. Wichtig ist zum einen, dass Autoren mit überschaubarem Aufwand ihre Lernmedien beisteuern, Nutzer über entsprechende Schnittstellen geeignete Ressourcen effizient finden, sowie Lehrende aus einem Angebot geeignete Medien für die Nutzung durch die Lernenden oder die Integration in eigene didaktisch nutzbare Ressourcen auswählen können.

Um den unterschiedlichen Sichten Rechnung zu tragen, bedarf es eines modularen Systemaufbaus aus Komponenten, welche die rollenspezifischen Bedürfnisse implementieren und weitgehend unabhängig voneinander betrieben werden können. Die Sicht auf die einzelnen Module sollte jedoch vor dem Nutzer verborgen werden, um dem Anwender die Notwendigkeit, zwischen mehreren Nutzersystemen zu wechseln, zu ersparen. Es wird unterschieden zwischen

- einem Archiv für die dauerhafte Speicherung wiederverwendbarer pädagogischer Ressourcen,
- einer Menge lokal verfügbarer geeigneter Werkzeuge zum Management von Kursen sowie deren Inhalten,
- Werkzeuge zur Erstellung von Inhalten und deren Anpassung.

Angestrebt wird eine offene und flexible Umgebung für alle beteiligten Institutionen und Partner, also Autoren, Designer, Entwickler, Programmierer, Lehrende, Studenten, Kursadministratoren und Technikern zur Wartung der einzelnen Komponenten und des Dokumentenbestandes. Es ist wichtig, die Heterogenität der auf Autorenseite verwendeten Werkzeuge abhängig von den jeweiligen Bedürfnissen, Fähigkeiten und finanziellen und wirtschaftlichen Fähigkeiten zu berücksichtigen, so dass es nicht sinnvoll wäre, sich auf einen gemeinsamen, werkzeugübergreifenden Entwicklungsprozess zu einigen. Allerdings muss im Rahmen verteilter Szenarien die Einhaltung von Mindeststandards beachtet werden, um Ressourcen gemeinsam über webbasierte Systeme nutzen zu können. Insbesondere heißt dies, dass es – angesichts noch nicht absehbarer Entwicklungen – keine prinzipiellen Einschränkungen bezüglich verwendeter und verwendbarer Dokumenten- und Medientypen und Dokumentengrößen geben darf.

Als Austauschformat für die Metadaten wird deshalb die im Kontext des Dokumentenspeichers definierte XML-DTD gewählt, so dass Autoren mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Werkzeuge intuitiv die entsprechenden Dateien zur Übermittlung eigenständig generieren können. Die direkte Übermittlung von indexierten didaktischen Ressourcen an einen lokalen Dokumentenspeicher hat jedoch folgende Nachteile:

- Wenn der Kreis partizipierender Institutionen an einem lokalen Dokumentenspeicher flexibel ist, so verliert eine Institution die Kontrolle über die von den assoziierten Hochschullehrern und Autoren produzierten und übermittelten Lehr- und Lernmaterialien. Um dies zu vermeiden, sammelt jede Institution oder Organisation ihre eigenen Materialien über geeignete Kanäle lokal, validiert diese und schickt diese erst anschließend an den permanenten Medienspeicher. Dies entspricht dem bekannten Publikationsmodell, bei dem zwischen dem einzelnen Autor und dem Grossisten, der Publikationen für die

Buchhändler zur Verfügung hält, der Verlag jederzeit die Kontrolle über seine vertraglich verpflichteten Autoren behält[226].

- Wenn mehrere Personen sich als Validierer von Lernmedien in einem bestimmten Bereich registrieren, ist bei eingehenden Medien dieses Gebiets nicht klar, in wessen Verantwortlichkeitsbereich die Überprüfung fällt. Wenn man sich andererseits pro Bereich und pro lokalem Dokumentenserver auf einen Validierer beschränkt, so steigt der Arbeitsaufwand mit der Zahl der partizipierenden Institutionen an. Es erscheint sinnvoller, wenn pro Institution ein Verantwortlicher, möglicherweise zusammen mit einem Team aus Experten, die ihre Arbeit durch die lokale Präsenz leicht und effizient koordinieren können, die Prüfung einkommender Module übernimmt. So wird auch vermieden, dass es Fachgebiete gibt, für die es keinen Prüfer gibt. Wenn diese Aufgabe von einer Bibliothek übernommen wird, deren Fachreferenten die Sacherschließung als ureigene Aufgabe wahrnehmen, so ist gleichzeitig die Kontinuität dieser essenziellen Aufgabe sichergestellt.
- Für die Nutzung lokal erstellter Lernmaterialien eines Verbundes mehrerer Institutionen ist es nicht notwendig, den lokalen Dokumentenserver zu kontaktieren, diese können stattdessen über ein kontrolliertes Intranet der Partner, also etwa mittels eines Lehr- und Lernservers, zugänglich gemacht werden. So ist es sinnvoll, prototypische Lernmedien erst ausgiebig in einem ausreichend großen Kreis von Studierenden und Lehrenden auszutesten, bevor sie in den Dokumentenserver eingespeist werden.
- Die Erstellung und Übermittlung von didaktischen Materialien ist an deren Indexierung fest gekoppelt. Dies ist zwar für den Anwender, vor allem den Autor, bequem, andererseits werden die Metadaten erst nach der Transformation in eine LOM-konforme Struktur auch mit anderen Systemen austauschbar.

4.2.8.2 Lokale Verantwortung bei verteilten Lernmedien

Aus den soeben genannten Gründen wird die Indexierung pädagogischer Materialien vollständig von ihrer Validierung, ihrer Übermittlung an einen zentralen Dokumentenspeicher und ihrer Archivierung getrennt. Dies bietet folgende Vorteile:

---

[226] Als Analogie kann man auch die Bündelung mehrerer Internet-Nutzer über einen Proxy-Server sehen, bei dem durch Analyse der Anforderungen auf diesem Server der Datenverkehr aller angeschlossenen Nutzer protokollierbar wird.

- Der gesamte Indexierungs- und Archivierungsprozess kann ohne Online-Anbindung durchgeführt werden. Lediglich zur Übermittlung der Lernmedien ist eine Verbindung zum lokal nächstgelegenen Medienarchiv aufzubauen.
- Der für den Indexierungsprozess notwendige Metadaten-Generator kann für die eigene Umgebung unabhängig von zu berücksichtigenden Kommunikationskanälen und der Verfügbarkeit der Werkzeuge Dritter selbst entwickelt werden. Es ist primär darauf zu achten, dass die Ausgabe des implementierten Werkzeugs kompatibel mit dem gewählten Austauschformat zur Übermittlung mit dem Dokumentenspeicher ist, andernfalls ist ein Format zu wählen, welches in das jeweils verwendete Datenbankschema des Ressourcenspeichers abgebildet werden kann. Für die prinzipielle Archivierbarkeit ist dies jedoch sekundär, allerdings sollten die den Dokumentenspeicher kontaktierenden Suchmaschinen das jeweils gewählten Datenbankschema des Anbieters interpretieren können. Ändert sich das Austauschformat beispielsweise durch die Einführung einer speziellen XML-Grammatik wie beispielsweise RDF, die in der Lage ist, verschiedene LOM-Implementierungen zu subsumieren beziehungsweise zu integrieren, die jeweils unterschiedliche Erweiterungen beinhalten können, so ist lediglich die Ausgabekomponente des Werkzeugs zu modifizieren.
- Die Metadaten eines Dokuments können im lokalen System zwischengespeichert werden, so dass auch ohne die Verbindung zum Dokumentenserver die Suchbarkeit in einem Bestand von indexierten Lernmedien implementiert werden kann. Bei lokaler Speicherung etwa in einem Intranet ist ihre Nutzbarkeit unabhängig vom Betrieb der verteilten Lernserver sichergestellt. Dies kann auch eventuelle vorübergehende Ausfälle des übergreifenden Medienspeichers überbrücken.

Für die Erschließung einer pädagogischen Ressource und deren permanenter Speicherung sind die folgend genannten Schritte notwendig. Hierbei ist die vollständige Interoperabilität zum implementierten System aus Dokumentenspeichern gewährleistet[227].

---

[227] Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass ein einmal übermitteltes Objekt nicht vom Autor ausgetauscht oder ersetzt werden kann. Dies ist zumutbar, da zum einen ein unvollständiger Metadatensatz zur Vervollständigung immer im lokalen Dateisystem gespeichert werden kann, zum anderen, da sichergestellt werden soll, dass keine dezidiert prototypischen Entwicklungen öffentlich verfügbar gemacht werden. Da der Validator jedoch gesonderte Zugriffsrechte auf das lokale Dokumenten-Management-System hat, kann er fehlerhafte Versionen

- Autoren von Lernmedien generieren mit Hilfe des bereitgestellten Werkzeugs anhand der für die jeweilige Institution gültigen Kriterien dessen Metadaten. Zur Erleichterung ist etwa denkbar, dass einige der Felder bereits voreingestellt sind. So kann in Institutionen, deren Autoren sich bei der Entwicklung auf eine Herstellerplattform beschränken, die Menge variabler technischer Parameter eingeschränkt werden.
- Die Metadaten werden im vorgegebenen XML-Austauschformat gespeichert[228]. Bei eigenen Erweiterungen ist es denkbar, dass simultan ein anderes geeignetes Speicherformat gewählt wird. Das Austauschformat wird dann vom Autor oder einer von ihm beauftragten Person an den Dokumentenserver der Institution geschickt, die den Autor unter Vertrag genommen hat. Dies geschieht über ein einfaches HTML-Formular, bei dem der Name und die E-Mail-Adresse der verantwortlichen Person zusammen mit der Datei, in der die Metadaten des indexierten Dokuments gespeichert sind, übermittelt werden.
- Die in Schritt 2 spezifizierte Person wird innerhalb von 24 Stunden benachrichtigt, indem ein systemweit eindeutiger Identifikator generiert wird[229]. Dieser ist notwendigerweise anzugeben, um das Lernmodul anschließend an die Metadaten ebenfalls zu übermitteln. Wenn der Zeitraum zwischen Übermittlung der Metadaten und der korrespondierenden Lernmittel eine Woche übersteigt, wird der Sender der Metadaten daran erinnert, dass das

---

der übermittelten Ressource austauschen. Die korrigierten Dokumente sind ihm dann anderweitig (per E-Mail oder FTP) zu übermitteln.

228 Langfristig sollte das Format für die Speicherung der Metadaten sich an gängigen Standards orientieren, etwa am Resource Description Framework, welches wegen der eindeutigen syntaktischen Beschreibung den Austausch und die Integration mehrerer Metadaten-Modelle erlaubt.

229 Der Zeitraum zwischen Einstellung der Metadaten und Benachrichtigung des Autors ist arbiträr gewählt. Allerdings ist die Trennung der beiden Aktionen (Übermittlung der Metadaten oder des Lernmoduls) bewusst auch für den Nutzer transparent gehalten, um flexibel zu bleiben hinsichtlich Situationen, bei denen die entsprechenden Dateien oder Pakete nicht zeitgleich fertiggestellt werden. Um jedoch die Wartezeit zu verkürzen, wird dem Autor sofort nach Einfügen der Metadaten mit dem zweiten Formular der Identifikator mitgeteilt. Dies reduziert die Fehleranfälligkeit bei dessen Übertragung und ermöglicht es, Daten und Dokument direkt hintereinander zu übermitteln. Die Benachrichtigung per E-Mail wurde beibehalten, damit ein Lernmodul auch zeitversetzt eingefügt werden kann.

Lernmodul noch zu liefern ist. Dadurch soll die Konsistenz des Dokumentenbestands sichergestellt werden.

- Der Beitrag von Lernmodulen und Metadaten wird automatisch protokolliert, ein entsprechender Bericht wird wöchentlich dem Verantwortlichen zur lokalen Verwaltung von Lernmaterialien per E-Mail zugeschickt. Dieser wird ebenfalls an passender Stelle gespeichert, so dass eine Langzeitanalyse zu den beigesteuerten Medien auf einfache Weise zu realisieren ist. Außerdem können auch temporär nicht per E-Mail erreichbare Beteiligte sich jederzeit einen Überblick über den Stand der Medienzugänge machen. Man unterscheidet dabei zwischen eingetroffenen, validierten und zur permanenten Speicherung an den institutionsübergreifenden Dokumentenserver übermittelten Materialien, die entsprechend logisch getrennt voneinander verwaltet werden und unter Voraussetzung einer entsprechenden Zugangsberechtigung eingesehen und heruntergeladen werden können. Die Verantwortung für die Validierung kann so einfach an Dritte weitergegeben werden.
- Prüfer können Metadaten und Lernmedien in ihre lokale Umgebung transferieren, um zum einen die Korrektheit und Vollständigkeit der Indexierung zu überprüfen, zum anderen die technische Nutzbarkeit der Module sicherzustellen. Rückfragen an die verantwortlichen Personen sind möglich, da diese ihre Kontaktadresse(n) bei der Übermittlung angegeben hatten. In diesem Fall werden die entsprechenden Medien-Metadaten-Paare auf dem lokalen Dokumentenspeicher als validiert markiert. Gleichzeitig kann angegeben werden, ob die validierten Dokumente für die lokale Nutzung relevant sind. Validierte Dokumente werden regelmäßig an den nächstgelegenen Dokumentenspeicher automatisch übermittelt, der Administrator des lokalen Systems wird sodann davon informiert. Die Kommunikation zwischen lokalem Dokumentenspeicher und institutsübergreifendem Medienserver bleibt also vor den Anwendern verborgen. Dadurch müssen Autoren sich nicht in Systeme einarbeiten, die primär keinen Bezug zu ihrer lokalen Lehr- und Lernumgebung aufweisen. Außerdem werden Dokumentenbestände, die für lokale Ausbildungsszenarien nicht relevant sind, vom lokalen Medienserver regelmäßig wieder gelöscht, um unnötige Mehrfachspeicherung zu vermeiden.

Um die lokale Suchbarkeit indexierter Medien zu ermöglichen, werden zu jedem Lernmedium entsprechende Objekte im Datenbankspeicher erzeugt. Dabei wird ein Konverter eingesetzt, der die Datei mit den Metadaten in entsprechende Objektrelationen und –attribute übersetzt, auf denen der lokale Server operieren kann. Dazu wurde einerseits die Suchmaske des Servers ergänzt um die relevanten Felder des Metadaten-Satzes, andererseits auch die Suchbarkeit auf diesen Feldern sichergestellt. Damit ist die Suche sowohl auf lokalen, konventionell indexierten Objekten möglich, andererseits aber auch spezielle Lern-

medien. Bemerkenswert ist hier, dass erst für den Bezug der Lernmedien eine Verbindung zu einem der dezidierten institutionsübergreifenden Lernserver nötig ist. Auch nicht durch die eigene Institution erstellte Medien können gemäß der lokalen Vorgaben indexiert werden, so dass man eine virtuelle Hintergrundbibliothek modularer und wiederverwendbarer Materialien zur Verfügung hat, ohne das lokal genutzte System verlassen zu müssen. Da zum einen nur validierte Medien weitergeleitet, zum anderen lokal erstellte Medien erst nach ihrer Überprüfung indexiert werden, können nur autorisierte Materialien vollständig erschlossen und genutzt werden.

Die Konsistenz zwischen Dokumenten und lokalen Kopien ist sichergestellt, indem einerseits einmal in den institutionsübergreifenden Medienserver eingespeisten Ressourcen nicht mehr modifiziert oder gar gelöscht werden können, zum anderen lokal geänderte Exemplare als neue Versionen lokal gespeichert sind. Für die Wiederverwendung eines Lernmoduls in der lokalen Ausbildungsumgebung muss dieses nicht dupliziert werden, vielmehr kann innerhalb der Dokumentenstruktur durch einen Querverweis (symbolischer Link) darauf verwiesen werden.

Da sich die jeweils eingesetzten Lernumgebungen stark voneinander unterscheiden können, sind für andere Systeme jeweils passende Importfilter für digitale Lernmedien zu implementieren. Die dazu verwendeten Mechanismen sind dazu in diesem Abschnitt beschrieben worden, indem von der konkreten technischen Implementation weitgehend abstrahiert wurde.

Für eine langfristig zu etablierende Institution wie eine virtuelle Hochschule ist es sinnvoll, wenn das System zur lokalen (Zwischen-)Speicherung pädagogisch verwendbarer Ressourcen langfristig an zentraler Stelle gepflegt werden kann, etwa an einem etablierten akademisch orientierten Rechenzentrum. Dies bezieht sich insbesondere auf die Konzentration der dazu nötigen Expertise und der regelmäßigen hard- und softwaretechnischen Wartung und Anpassung an aktuelle technische Entwicklungen.

4.3 Dokumenten-Management

Während in einer industriell geprägten Gesellschaft die zentrale Verwaltung von Produktions- und Prozessdaten essenziell ist, so stellt sich mittlerweile das von Arbeitnehmern geteilte Wissen über diese Prozesse als wichtigster kompetitiver Faktor heraus. Man unterscheidet hier zwischen explizitem und implizitem Wissen – ersteres steht unabhängig von Einzelpersonen einer gesamten Gruppe zur Verfügung, während letzteres nur von einzelnen Personen genutzt werden kann, weil es im Rahmen konkreter Arbeitsprozesse erworben wurde. Solches Wissen kann medial wie etwa in Handbüchern abstrahiert und kollektiv zur

Verfügung gestellt werden, jedoch stellt sich hier das Problem, dass die solchem Wissen zugrundeliegende Information zumeist als unstrukturierte, schwer wartbare Daten handelt, die in unterschiedlich granulären Dokumenten abgespeichert sind. Bei einem regelmäßig wachsenden und edierten Dokumentenbestand ergibt sich die Notwendigkeit, diesen effizient zu pflegen und seine Verfügbarkeit sicherzustellen. Die damit verbundenen Aufgaben lassen sich unter dem Stichwort Dokumenten-Management zusammenfassen, zumal neues Wissen in der Regel auf älterem aufbaut. Es handelt sich hierbei größtenteils um Prozesswissen, welches eng mit konkreten Arbeitsabläufen verknüpft ist, allerdings durch Abstraktion oder Transfer auch unter sich ändernden Randbedingungen genutzt werden kann.

In diesem Abschnitt werden zunächst wesentliche Forderungen an ein verteiltes System zum Dokumenten-Management aufgestellt und diskutiert. In diesem Zusammenhang ist die Personalisierbarkeit der virtuellen Arbeitsumgebung sowie die Implementierbarkeit von Arbeitsabläufen besonders wichtig. Bei letzterem handelt es sich um die Modellierung der Beziehungen zwischen sachlichen und personellen Ressourcen, also zwischen Arbeitskräften und Arbeitsmitteln. Exemplarisch wird deshalb eine Erweiterung des HTTP-Protokolls vorgestellt, um verteiltes Arbeiten zu erleichtern. Für den Benutzer wesentlich ist die Möglichkeit, Anmerkungen zu bearbeiteten Dokumenten zu hinterlegen (Annotierbarkeit), und zwar sowohl als Gedächtnisstütze für den eigenen Gebrauch als auch als asynchrones Kommunikationsmittel zwischen verteilten Akteuren, wobei der Bezug zu referenzierten Informationsobjekten verschieden typisiert werden kann. Abhängig vom Maß, in dem kollaborative und kommunikative Prozesse unterstützt werden, spricht man auch verallgemeinernd von Wissensmanagement-Systemen.

4.3.1 Forderungen an ein verteiltes Dokumenten-Management-System

Speziell in verteilten Szenarien ergibt sich die Notwendigkeit, gemeinsam genutzte Dokumente aufeinander abzustimmen, also deren Integrität von ihrer Erstellung über Bearbeitung, Revision und Verteilung bis zur Archivierung sicherzustellen. Insbesondere bei didaktisch einzusetzenden Medien, deren Erstellung sehr ressourcen aufwändig ist, wird die Mehrfachnutzung einzelner Elemente gefordert, woraus sich die Forderung nach der Wiederverwendbarkeit digitaler Dokumente in multiplen Kontexten ableitet. Damit didaktische Medien effizient realisiert werden können, ist es ferner nötig, dass formalisierbare Arbeitsabläufe direkt als Funktion des Dokumenten-Management-Systems abgebildet werden können. Auf diese Weise werden digitale Dokumente als aktive Medienobjekte aufgefasst, die von einer determinierten Personengruppe rezeptiv und verarbeitend oder erweiternd genutzt werden. Damit ergibt sich, dass jedes Dokument

abhängig von damit verknüpften Bearbeitungsvorgängen in einem Lebenszyklus relativ zu anderen Informationsträgern transformiert wird.

Es ergeben sich folgende grundlegenden Forderungen an ein WWW-kompatibles Dokumenten-Management-System:

1. **Modellierbarkeit von Nutzern und Rechten**: Für die Gültigkeitsdauer eines Dokuments von dessen Erstellung über die Nutzung bis zur Ausmusterung ist es nötig, die zulässigen Operationen personenspezifisch definieren und überwachen zu können. In kooperativen Szenarien bedeutet dies, dass auf eine Nutzerverwaltung mit der Möglichkeit zur Definition von Teams und Arbeitsgruppen bereitgestellt werden muss, welche ergänzt wird durch abgestufte Nutzungsrechte oder Modi. Erst dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, nutzerangepasste Sichten zu definieren und zu implementieren. Dabei kann auf die Nutzerverwaltung des lokalen Rechnernetzes zurückgegriffen werden, diese kann aber auch unabhängig davon implementiert sein. Letzteres hat den Vorteil, dass die Grenzen des genutzten Dokumenten-Management-Systems flexibel, also unabhängig von bestehenden Infrastrukturen, organisiert und modifiziert werden können, insbesondere auch über lokale Rechnernetze hinweg. Geeignete Sicherheitsmechanismen zur Authentifizierung (beispielsweise verschlüsselte Übertragung von Passwörtern) können dabei unbefugte Operationen auf dem Dokumentenbestand verhindern helfen. Basisrechte umfassen Lesen, Schreiben, Löschen und Edieren. Damit eröffnet sich auch die Möglichkeit privater oder gruppenspezifischer Sichten auf einen Objektgraphen, der die Organisation eines Dokumentenbestands abbildet. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch, im Dokumentenmanagementsystem die einmal getätigte Authentifizierung über eine Sitzung hinweg bis zu deren expliziten oder impliziten Beendigung zu erhalten. Dies ist bei zustandsorientierten Protokollen unproblematisch; bei verteilten, WWW-basierten Systemen, bei denen sämtliche Kommunikation zwischen Client und Server über das HTTP-Protokoll abgewickelt wird, ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, dass keine Information über die Vorgeschichte einer Interaktion aufbewahrt wird, so dass die nutzerbezogenen Daten bei jeder Aktion neu übermittelt werden müssen. Hier gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten: Zum einen können diese Daten auf dem Rechner des Client als Cookie gespeichert werden, so dass dem Server, der diese Information abgelegt hatte, gestattet wird, diese Daten (und nur diese) auszulesen. Eine Alternative dazu sind Sitzungsschlüssel, welche zusammen mit der anfordernden URL über die Dauer einer Sitzung übertragen werden. Vorteil von Cookies ist, dass sie persistent gespeichert werden können, während Sitzungsschlüssel nach der Abmeldung des Benutzers am lokalen Rechner verfallen.

2. **Trennung von logischer und physischer Speicherung**: Ein heterogener und regelmäßig bearbeiteter Bestand digitaler Dokumente muss unabhängig vom Wissen um dessen Struktur adressiert und genutzt werden können. Damit empfiehlt es sich, den Dokumentenbestand als Menge von Objekten zu modellieren, welche in modellierbaren Relationen zueinander stehen. Jedes dieser Informationsobjekte ist während seiner Existenz fest mit einer physischen Speicheradresse verbunden. Indem logische Objekte und physische Blöcke getrennt werden, ist es möglich, dass mehrere Informationsobjekte den gleichen Datenblock referenzieren, so dass sie in multiplen Kontexten verwendet werden können. Ferner wird eine abstrahierte homogene Sicht auf physische Objekte unterschiedlicher Medienspeicher ermöglicht.
3. **Eigenschaften und Verhalten von Informationsobjekten**: Um Dokumente referenzieren und problemangepasst bearbeiten zu können, ist es nötig, dass sie neben einem systemweit eindeutigen Bezeichner auch über (deskriptive) Metadaten verfügen. Dies entspricht dem Konzept von Instanzvariablen in der objektorientierten Programmierung. Um ein Informationsobjekt nutzen zu können, müssen die damit assoziierten Operationen (etwa editieren, löschen oder konvertieren) ebenfalls definiert werden können. So ließe sich etwa definieren, dass für Dokumente im Format Word gilt, dass sie nach Beendigung des Ediervorgangs automatisch nach PDF konvertiert werden.
4. **Typisierbare Relationen**: Um von potenziellen Nutzern besser genutzt und gewartet werden zu können, müssen die semantisch vielfältige Beziehungen zwischen Informationsobjekten mittels getypter Verweise modellierbar sein. Als Basistypen unterscheidet man strukturelle und assoziative Relationen, ein Spezialfall für letztere sind annotative Relationen. Dadurch können beispielsweise verschiedene Versionen eines Dokuments aufeinander bezogen werden, wie dies im Rahmen sukzessiver Edierung oder multipler Formate notwendig ist, um die Konsistenz zwischen mehreren Versionen überwachen zu können.
5. **Versionierung**: Speziell bei mehrfach transformierten Dokumenten, die etwa als Sammelwerk verschiedener Autoren entstehen oder einer Revision unterliegen, ist es vor allem in verteilten Szenarien notwendig, zwischen zeitlich und inhaltlich unterschiedlichen Versionen unterscheiden zu können. Dazu dient ein Mechanismus, bei dem ein edierender Autor zunächst ein Dokument aus dem Medienspeicher herausnehmen muss und nach Bearbeitung wieder in einer neuen Version einspeichert. Hier muss verhindert werden können, dass während der Bearbeitung eine andere berechtigte Person Modifikationen anbringt, die von der zunächst anfordernden, aber später zurückschreibenden Person überschrieben würde. Dazu kann man die Assoziation zwischen logischer und physischer Speicherung für die Dauer des Ediervorgangs unterbinden. Der Nachteil

hierbei ist jedoch, dass auch kein lesender Zugriff mehr möglich wäre. Besser geeignet ist eine exklusive Schreibsperre wie im Falle von modifizierten Datenbank-Sätzen. Zur Benachrichtigung anderer berechtigter Nutzer sollte angezeigt werden, wenn ein Informationsobjekt gerade bearbeitet wird, und zwar zusammen mit Informationen über den jeweiligen Nutzer, beispielsweise um diesen informell kontaktieren zu können.

6. **Aggregierung von Informationsobjekten**: Zur besseren Überschaubarkeit eines Dokumentenbestandes muss es analog zu einem Verzeichnisbaum eines Dateisystems möglich sein, Objekte zu gruppieren und zu aggregieren, etwa als geordnete oder ungeordnete Liste oder als Menge. Zusammen mit der Trennung von physischer und logischer Speicherung entspricht die Objektstruktur dann einem gerichteten azyklischen Graphen.
7. **Strukturbasierte Suche**: Zur besseren Auffindbarkeit eines Objekts innerhalb einer Dokumentenmenge sollten die definierten Eigenschaften (Attribute oder Metadaten) indexiert werden, so dass in dezidierten Teilmengen des Objektgraphen nach Objekten gesucht werden kann, die eine anzugebende Eigenschaft erfüllen. Man kann sich dies in Analogie zu einer Suche in einer Literaturdatenbank vorstellen, die es ermöglicht, etwa Autor, Titel oder Stichwörter zu spezifizieren.
8. **Wiederverwendung**: Durch die Trennung von physikalischen Daten und Objekten ist es möglich, den gleichen Datenblock auf Datei- beziehungsweise Dokumentenebene innerhalb mehrerer Teilgraphen zu referenzieren. Andererseits wäre es für die unbeschränkte Wiederverwendbarkeit essenziell, beliebige strukturell unterscheidbare Fragmente in unterschiedlichen Kontexten einbetten zu können[230] [THN93].
9. **Annotationen und personalisierte Verweise**: Anmerkungen stellen einen grundlegenden Mechanismus zum Austausch von Ideen und allgemein jeder Zusammenarbeit dar, wobei die Modalität meist auf Texte beschränkt ist, prinzipiell jedoch auch auf andere Medien ausgeweitet werden kann. Damit stellen sie – in Verbindung mit asynchronen Kommunikationswerkzeugen – einen wichtigen Abstimmungsmechanismus gemeinsamer Tätigkeiten dar. Die Fähigkeit zur Annotation setzt voraus, dass diese unabhängig von den Schreibrechten auf den zu annotierenden Dokumenten verwaltet werden können, dies impliziert die Notwendigkeit, Dokumente und Relationen getrennt voneinander abzuspeichern, da die Beziehung zwischen einem Infor-

---

[230] Dieses Konzept der Transklusion stellt den Kern des Hypermedia-System Xanadu von Theodore H. Nelson dar. Es besagt, dass ein beliebig granuläres Objekt in unterschiedlichen Kontexten identisch referenziert werden kann.

mationsobjekt und seiner Annotation einen Spezialfall eines assoziativen Verweises darstellt. Damit eröffnet sich theoretisch die Möglichkeit, zwischen beliebigen Objekttypen Relationen zu definieren. Andererseits ist es eine Frage der Einbettung von Verweisen in vorhandene Autorensysteme, ob dies dann auch für den Nutzer entsprechend umgesetzt werden kann. Der kreative Umgang mit Informationsobjekten erfordert auch, dass eigene Relationen zwischen ihnen definiert und umgesetzt werden können, und zwar sowohl als assoziative wie als strukturelle Verweise. Abschnitt 4.3.3 beleuchtet, wie Annotationen zu digitalen Objekten realisiert werden können.

10. **Visualisierung und Navigation**: Für den Nutzer eines großen hypermedialen Dokumentenbestandes ist es wichtig, jederzeit einen Überblick über die relative Lage im Objektgraphen erhalten zu können, dies kann auch die Entdeckung relevanter, aber bislang unbekannter Dokumente fördern. Dazu ist es auch notwendig, dass das Nutzerverhalten systemseitig protokolliert wird, um effizientes Backtracking zu ermöglichen. Neben einfachen Techniken wie das Rückverfolgen des gesamten Pfades bis zum gewünschten Knoten subsumiert qualifiziertes Backtracking [Gar96] etwa die Möglichkeit, eine Bedingung anzugeben, die ein bisher besuchter Knoten erfüllen muss (parametrisch oder konditional).

Zusammengefasst lässt sich das Problem des verteilten Dokumenten-Managements als Querschnitt aus Datenbank- und Hypermedia-Technologien darstellen, die konventionelle WWW-Server und -Clients ergänzen.

Eigenschaften 2 und 3 werden zumeist realisiert, indem die physischen Datenblöcke in flacher Hierarchie in einem Dateisystem gespeichert werden, während die Eigenschaften der Objekte und ihre Relationen untereinander in einer relationalen Datenbank abgelegt sind. Dies bedeutet, dass sowohl Informationsobjekte als auch Hyperlinks als gleichrangige Komponenten behandelt werden. Damit ist es möglich, unabhängig vom Medientyp und anderen technischen Randbedingungen Relationen zu modellieren.

Eine Hypermedia-Anwendung kann damit beschrieben werden als die Vereinigung einer Menge von Knoten K, welche Informationsobjekte darstellen, sowie einer Kantenmenge E, welche die Relationen zwischen modellierten Informationsträgern darstellt (nach [VeW99]):

- $K = (D,B,R)$ mit D als der strukturellen Beschreibung des Knotens (also Medientyp, Aggregationsform oder Komponenten); B der den Inhalt repräsentierende Bitstrom, also die physisch gespeicherten Daten und R als die Spezifikation der Nutzungsrechte. Für aggregierte Knoten K gilt, dass der Bitstrom der leeren Menge entspricht. D schließt auch die Spezifikation prinzipiell zulässiger Operationen einer Klasse von Knoten ein.

- $E = (T,O,QA,ZA,R)$ mit T als Verweistyp, QA und ZA die systemweit eindeutige Beschreibung des Start- und des Zielankers sowie R die Spezifikation der Nutzungsrechte. Anker können bezüglich eines ganzen Knotens oder auch eines Fragments definiert sein. Letzteres können etwa objektbezogene absolute oder relative Koordinaten, Bitpositionen oder Zeichenketten sein[231]. Für einen Verweis zwischen Objekten, die mittels unterschiedlicher Anwendungsprogrammen angezeigt werden, kann der Zielanker nicht direkt angegeben werden, sondern wird als anwendungsabhängige Berechnungsoperation spezifiziert[232]. O ist eine instanzenabhängig definierbare Menge von Operationen, welche bei Aktivierung eines Verweises durchgeführt werden[233] und beispielsweise die dynamische Generierung eines Dokuments veranlassen können, wie dies etwa über CGI-Skripte oder Servlets realisiert werden kann. Damit werden auch überlappende Verweise prinzipiell möglich, und es ist Aufgabe der Applikation, die Verweise geeignet darzustellen.

Dies unterscheidet sich grundlegend vom Modell eingebetteter Verweise heutiger WWW-Server, bei dem Hyperlinks integraler Bestandteil der Server-Dokumente sind. Dies bedeutet, dass zum einen nur hyperlinkfähige Datenformate wie HTML und PDF Ausgangspunkte für Verweise sein können, zum anderen, dass sie im allgemeinen Fall nur auf adressierbare ganze Dokumente (beziehungsweise fragmentierbare Medienkomponenten) zeigen können, es sei denn, der Endpunkt lässt sich als URI modellieren. Hyperlinks können also nicht unabhängig von Informationsobjekten verwaltet werden, dies ist besonders bei großen Dokumentenmengen mit zahlreichen Querverweisen

---

231 Statische Koordinaten haben den Nachteil, dass der logische Zusammenhang zwischen Objektfragment und Anker nicht gespeichert ist, so dass bei Modifikation des Dokuments der Anker neu positioniert werden muss. Aus diesem Grund ist es vorzuziehen, Verweisanker termbezogen zu setzen oder ihre Position dynamisch berechnen zu lassen.

232 Symmetrisch dazu kann natürlich auch der Quellanker als anwendungsabhängige Funktion angegeben werden, wenn der Quellanker in einer externen Applikation angezeigt werden soll. Damit sind prinzipiell Verknüpfungen zwischen beliebigen Anwendungen möglich, sofern diese entsprechend dargestellt werden können, so dass das Dokumenten-Management-System im Hintergrund laufen kann. Die jeweiligen Berechnungen können dabei direkt von der angesprochenen Anwendung durchgeführt werden, oder aber extern durchgeführt werden.

233 Operationen, welche bei der Aktivierung eines spezifischen Verweistyps ausgeführt werden, sind im Rahmen der Definition von T anzugeben und entsprechen Klassenvariablen in der objektorientierten Programmierung.

relevant, die sich häufig ändern. Bei statischen Verweisen, welche nicht das logische Informationsobjekt referenzieren (etwa als URN), sondern den physischen Speicherort (beispielsweise als URL), verschärft sich das Problem nochmals, da bei struktureller Änderung des Informationsangebots, auf das verwiesen wurde, das Ziel der Hyperlinks nicht mehr existiert und nicht automatisch angepasst werden kann. Werkzeuge, welche in regelmäßigen Abständen die Verweise eines WWW-Angebots auf ihre Gültigkeit überprüfen, können Administratoren zumindest auf nicht mehr aktuelle Zieladressen hinweisen. Weil es sich um unidirektionale Verweise handelt, kann auch der Autor des Dokuments, auf das verwiesen wurde, den Besitzer des Dokuments, von dem aus referenziert wurde, nicht benachrichtigen. Hyperlinks erfordern außerdem das Edieren des Dokuments, mit dem der Startpunkt assoziiert werden soll[234].

Um die kooperative, verteilte und aktive Nutzung von Inhalten im Kontext von Client-Server-Anwendungen (Forderungen 1, 3, 5, 8, 9) zu ermöglichen, ergeben sich folgende Optionen:

1. Entwicklung proprietärer Werkzeuge und Protokolle, welche die geforderten Eigenschaften gezielt implementieren.
2. Erweiterung der Server-Funktionalität sowie standardisierter Protokolle, um notwendige Eigenschaften (Schreibsperren, aufeinanderfolgende Zugriffe eines Clients als nutzerbezogene Sitzungen) zu simulieren.
3. Integration geeigneter Werkzeuge (WWW-Server, Groupware, Datenbanken) über geeignete Schnittstellen. In [Whi97b] wird unterschieden zwischen Architekturen, bei denen Applikationen gestartet werden, aber selbst keine Befehle an die koordinierende Komponente schicken (*launch-only*), wie im Falle von Applikationen, welche durch Adressierung eines nicht vom WWW-Browser ausführbaren Medientyps gestartet werden; zwischengeschalteten Kommunikationsmodulen (*wrapper*), welche die Protokolle der einzelnen Module direkt oder indirekt übersetzen und entsprechende Datenströme weiterleiten[235] und der direkten Nutzung, Anpassung bezieh-

---

[234] Wenn Hyperlinks und Informationsobjekte erst auf Nutzerseite miteinander verknüpft werden, so dass Server-Dokumente nicht schreibend verändert werden, also die Verweise unabhängig verwaltet werden, können beliebige Nutzer eigene Verweise zwischen Hypermedia-Ressourcen setzen. Ein Beispiel hierfür sind WWW-Annotationssysteme, wie sie im Abschnitt 4.3.3 behandelt werden.

[235] Ein Beispiel hierfür sind Plug-Ins wie der Adobe Acrobat Reader, welcher die Selektion von Hyperlinks auf interne oder externe Ressourcen einer gegebenen PDF-Datei als HTTP-GET-Befehle an den darunterliegenden Browser weiterleiten kann.

ungsweise Erweiterung der Schnittstellen (CGI, API[236] oder proprietär) zu anderen Modulen. Letztere ermöglicht optimale Abstimmung zwischen den genutzten Komponenten, ist aber aufwändiger zu realisieren und zu warten.

4. Erweiterung der Kommunikationsprotokolle im Rahmen von Standardisierungsprozessen unabhängig von den interagierenden Client- und Server-Systemen.

Der erste Ansatz eignet sich im Falle von geschlossenen Systemen, hat aber den Nachteil, dass für jede Erweiterung der Funktionalität meist alle Komponenten einschließlich der genutzten Protokolle erweitert oder neu implementiert werden müssen und ist auf Dauer wirtschaftlich nicht tragbar. Im zweiten Fall ist der Entwicklungs- und Wartungsaufwand der eigenentwickelten Komponenten stark vom Grad der Erweiterungen abhängig. Wenn zusätzlich noch standardisierte Protokolle erweitert werden, um mit der Funktionalität eigener Werkzeuge zu korrespondieren, hat dies zur Folge, dass spezifische Tools verschiedener Hersteller meist nicht kompatibel sind. Die Integration geeigneter Werkzeuge ist vergleichsweise wenig aufwändig, allerdings ergibt sich angesichts unabhängig voneinander weiterentwickelten Fremdkomponenten die Notwendigkeit, die Kommunikation der einzelnen Module fortwährend anzupassen. Dies lässt sich vermeiden, wenn zusätzlich standardisierte Kommunikationsprotokolle (beispielsweise ODBC, JDBC) genutzt werden können. Damit müssen sich zusammenarbeitende Partner in der Wahl ihrer Werkzeuge nicht einander anpassen unter der Voraussetzung, dass diese über die geforderte Funktionalität auf der Basis eines gemeinsamen Protokolls verfügen. Hierzu gibt es drei Möglichkeiten: erstens, indem man an eine gegebene URL einen Suffix anhängt, der von einem CGI-Skript als Eingabe verwendet werden kann, zweitens durch Senden eigener Parameter in einem HTTP-Nachrichtenblock mittels POST, und drittens durch Erweiterung der Methoden, die HTTP zur Verfügung stellt. Im ersten Fall handelt es sich um strikt proprietäre Mechanismen, die nicht interoperabel sind, im zweiten Fall besteht eine Sicherheitslücke, da mit Hilfe des POST-Kommandos theoretisch beliebige Operationen durchführbar sind. Damit ergeben sich Schwierigkeiten bezüglich der (notwendigen) Zugriffskontrolle in Verbindung mit schreibenden Zugriffen auf einen Server. Ein Beispiel für den dritten Fall ist WebDAV, eine Erweiterung des Hypertext Transfer Protocol (siehe Abschnitt 4.3.2).

---

[236] **A**pplication **P**rogram **I**nterface: programmatische Schnittstelle für die Anbindung eigener Routinen.

4.3.2 WebDAV als Erweiterung des HTTP-Standards

WebDAV[237] ist ein Netzwerk-Protokoll, welches HTTP um Operatoren zur gleichzeitigen Zugriffskontrolle, strukturelle Dokumenten- sowie Nutzungsverwaltung erweitert. Dies ermöglicht es, Dokumente direkt über einen WWW-Server gemeinsam zu editieren und zu verwalten, so dass die klare Trennung zwischen Autoren- und Nutzerrolle aufgehoben wird.

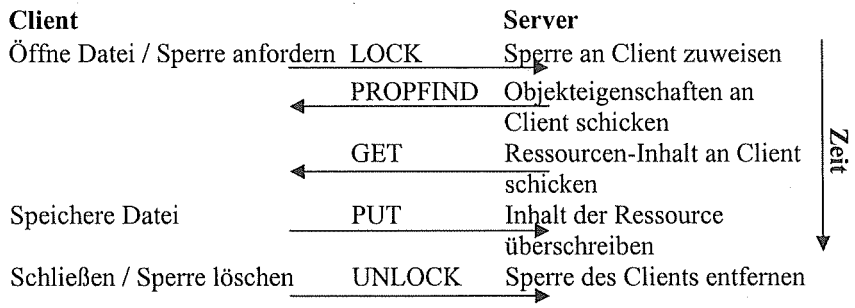

Abbildung 4.2: WebDAV – Interaktion zwischen Client und Server

Ein Beispiel ist das gemeinsame Erstellen und Redigieren komplexer Dokumente, deren Autoren geographisch verteilt sind. Die Interaktion zwischen Client und Server wird (nach [WhWi98]) am Beispiel eines Dokuments, welches modifiziert und danach wieder zurückgeschrieben wird, in Abbildung 4.2 schematisiert. Hierbei sind vier Aufgabenbereiche zu berücksichtigen:

1. **Zeitlich konkurrierender schreibender Zugriff auf Komponenten**: Ediert ein Autor ein Dokument, dann kann er es für den gesamten Zeitraum mit einer (exklusiven) Schreibsperre versehen, sie wird nach Ende der Bearbeitung vom Server wieder freigegeben. Dagegen spricht, dass die Belegung mit einer Sperre nicht notwendigerweise eine tatsächliche Modifikation impliziert, sondern nur als Absichtserklärung zu verstehen ist. Wenn das Zurückschreiben der Ressource nicht ordnungsgemäß aufgrund von Netzwerkproblemen durchgeführt werden kann, kann nur ein Administrator die belegte Sperre wieder lösen. Eine Alternative sind deshalb geteilte Schreibsperren, die es ermöglichen, dass mehrere Sperren parallel auf einer Ressource angefordert werden können. Existieren bereits Sperren, so wird anderen Autoren angezeigt, wer diese angefordert hat, so dass informell Absprachen getroffen werden können, wer Änderungen zuerst zurückschreiben darf. Während der

[237] Web Distributed Authoring and Versioning, http://www.webdav.org

Datenverlust durch gleichzeitigen Zugriff im Falle strikter Sperren ganz ausgeschlossen wird, kann er bei geteilten Sperren wesentlich verringert werden. Verknüpft hiermit sind häufig unabhängig davon definier- oder implementierbare synchrone oder asynchrone Benachrichtigungsmechanismen, um die partizipierenden Autoren über die Edierbarkeit der entsprechenden Ressourcen zu informieren. Wenn der Server eine Sperre vergibt, wird diese für die gesamte Dauer bis zu einer erneuten schreibenden Operation am Client gespeichert, so dass der Kontakt zum Server solange unterbrochen werden kann. Es handelt sich also um einen verbindungslosen Sperrmechanismus[238]. Dies impliziert zum einen, dass in der Sperre neben dem Identifikator des referenzierten Objekts auch die Nutzerkennung sowie der Zeitpunkt der Anforderung kodiert ist, zum anderen, dass jede vergebene Sperre eindeutig sein muss. Weil ein Dokument aus mehreren sperrbaren Komponenten bestehen kann, werden beim Anfordern einer Sperre auf einer Kollektion deren Komponenten ebenfalls rekursiv gesperrt[239].

2. **Versionenkontrolle**: Sie ermöglicht, nicht nur auf die jeweils aktuelle Version eines Dokuments zuzugreifen, sondern in Verbindung mit Versionen-Nummer und Angaben über den letzten Bearbeiter eine gemeinsame Übersicht über den Entwicklungsprozess des gemeinsam verfassten Inhalts, ohne zusätzliche informelle Abstimmungen zu erhalten. Zur Koordination stehen meist Check-In/Check-Out-Mechanismen zur Verfügung, die mit entsprechenden Sperrmechanismen kombiniert werden[240]. Sind mehrere Autoren

---

238 Änderungen können verlorengehen, falls Client A, der keine Sperren belegen kann, mittels GET eine Ressource anfordert und diese modifiziert. Client B belegt eine Sperre (LOCK) und schreibt die veränderte Ressource zurück, bevor A (der keine Kenntnis einer neuen Version haben kann) seinerseits mittels PUT zurückspeichert. Weil B's Änderungen damit verloren sind, kann dieser Fall nur verhindert werden, falls alle potenziellen Clients über die erweiterten Fähigkeiten zur Client-Server-Kommunikation verfügen.

239 Werden bei geteilten Sperren auf einer Kollektion eine neue Komponente hinzugefügt, so hat dies zur Folge, dass diese bezüglich aller anderen Sperren der Kollektion ebenfalls berücksichtigt wird. Aus dieser darf keine Komponente entfernt werden, solange sie gesperrt ist.

240 Eine Checkout-Operation kombiniert die Reservierung einer Ressource mit deren Sperrung und Retrieval des assoziierten Dokuments, während beim dazu komplementären Checkin das modifizierte Dokument auf dem Server durch Überschreiben der alten oder durch Anlegen einer neuen Version das Lösen der Sperre sowie das Aufheben der Reservierung nach sich zieht. Varianten speichern beispielsweise nur das modifizierte (logische) Fragment zurück.

an der Modifikation einer Ressource beteiligt, so muss die Menge aller Veränderungen vor dem wiederholten Einchecken vereinigt festgeschrieben werden. Im Falle fragmentierbarer Ressourcen kann erreicht werden, dass die Menge der veränderten Fragmente nach anforderndem Autor disjunkt sind. Man unterscheidet hier zustandsorientierte Mechanismen, welche mit jeder veränderten Version eines Dokuments unabhängig vom Grad der Veränderungen eine neue Version von individuellen Informationsobjekten anlegen, von ablaufbasierten Modellen, welche die Beziehungen zwischen Objekten eines Informationsgraphen in Abhängigkeit konkreter Arbeitsabläufe modellieren [HaHi96]. Erstere können als Schnappschüsse einer Ressource in unterschiedlichen zeitlichen Abständen angesehen werden, so dass eine vorliegende Version jeweils nur durch eine zeitlich vorangehende Version ersetzt werden kann, während letztere die Bearbeitungshistorie eines Dokuments modellieren, so dass ein partielles Zurücksetzen atomarer Operationen möglich ist. Weiterhin ist zu unterscheiden zwischen Systemen, in denen die Versionenkontrolle auf den gespeicherten Dokumenten ansetzt und solchen, welche die Knoten eines Objektgraphen versionieren, welcher unabhängig von den damit assoziierten Ressourcen verwaltet wird. Man erhält so für jeden Knoten eines strukturierten Dokumentenbestands einen assoziierten Versionengraphen, der im Fall einer zustandsorientierten Versionierung einer verketteten linearen Liste entspricht.

3. **Strukturierung**: Ist ein Dokumentenbestand in Fragmente unterteilt, die als individuelle Objekte abgebildet werden können, so ist es möglich, Änderungen an der Struktur ohne Übermittlung der verknüpften Dokumente an den Client beziehungsweise Edieren der einzelnen Komponenten durchzuführen und nachvollziehbar zu machen. Damit wird auch die Orientierung im Dokumentenbestand vereinfacht und ist ähnlich einem Verzeichnisbaum in einem Datei-Manager visualisierbar. Als Operationen sind (rekursives) Löschen, Erzeugen einer neuen Kollektion[241], (rekursives) Kopieren und Bewegen, letzteres definiert als Kopieren und nachfolgendes Löschen[242], erlaubt. Jede strukturverändernde Operation wird atomar durchgeführt, so dass bei einer

---

[241] Eine Kollektion ist hier eine Sammlung von Uniform Resource Identifiers (URI) sowie einer Menge assoziierter Metadaten (*properties*), wobei multiple Instanzen der gleichen URI in einer Kollektion nicht zulässig sind.

[242] MKCOL, DELETE, MOVE, COPY. Diese Operationen sind analog zu den in HTTP definierten (GET, POST, PUT) zu sehen. Da WWW-Dokumente dynamisch generiert sein können, beispielsweise als Ausgabe eines CGI-Skripts am Server, wird in diesem Fall ein Quellverweis benutzt, der auf das die Ausgabe generierende Programm verweist, auf welches sich dann die Operatoren beziehen.

nicht erfolgreichen Aktion nur ab der letzten beendeten Teiloperation aufgesetzt werden muss.

4. **Metadaten:** Um den Zugriff auf einen Dokumentenbestand nutzerabhängig koordinieren zu können, müssen Informationen über die genutzte Ressource als Metadaten unabhängig vom jeweiligen Medienformat gespeichert werden können. So muss etwa bei schreibender Modifikation einer Ressource die Angabe über den aktuellen Autor nutzerabhängig angepasst werden. Elementare Operationen sind das Erzeugen, die Modifikation, das Löschen und das Auslesen von Metadaten, unabhängig vom spezifisch genutzten Standard[243]. Es wird zwischen aktiven und passiven Metadaten unterschieden, erstere werden syntaktisch und semantisch vom Server angepasst oder überprüft, während letztere als vom Client erzeugte deskriptive Daten ohne Prüfung mit einer Ressource verknüpft abgespeichert und beim Kopieren einer Ressource ebenfalls vervielfältigt werden. Bibliographische und andere deskriptive Angaben können später die Suchbarkeit auf einem Dokumentenbestand erleichtern. Sie werden nicht in HTTP-Headern übermittelt, sondern im HTTP-Body, und zwar im XML-Format kodiert als voneinander unabhängige Attribut-Werte-Paare. Dies liegt daran, dass die Länge der Header in praktischen Implementierungen beschränkt ist. Der Name des Attributs ist eindeutig und seine Bedeutung relativ zu einem Schema interpretierbar[244]. Auch Verweise werden als Metadaten (und somit medienunabhängig) modelliert, die typisierte Verknüpfungen zwischen zwei Ressourcen erlauben, wobei der Attributname den Verweistyp kennzeichnet und der Wert aus zwei URI besteht, die Quell- und Zielanker kennzeichnen. Die Kopieroperation impliziert, dass auch mit einer Ressource assoziierten Metadaten dupliziert werden.

Da weder über HTTP noch mittels WebDAV-Protokoll autonom Nachrichten verschickt werden können, die aktive Nutzer über den Zustand eines Dokumentenbestands informieren könnten, muss dies durch regelmäßiges Polling, also automatische Anforderung an den Server, gelöst werden. Weil die Interaktion zwischen Client und Server stets punktuell ist, benötigt man keine Aufrechterhaltung der Verbindung, so dass die Zustandslosigkeit von HTTP/1.0

---

[243] Mit PROPPATCH kann ein Client in einem einzigen Aufruf multiple Metadaten setzen und löschen; mit PROPFIND können alle Attribut-Werte-Paare eines Metadaten-Satzes ganz oder teilweise gelesen werden, wobei auch das Retrieval der Attribute ohne die jeweiligen Werte möglich ist.

[244] Dies impliziert, dass für eine Ressource jedes Attribut höchstens einmal gesetzt ist, da sich sonst eine Kollision des Namensraums ergeben würde.

übernommen wurde. Mittlerweile existieren zahlreiche server- und clientbasierte Anwendungen auch im kommerziellen Bereich, welche die zusätzliche Funktionalität des WebDAV-Protokolls nutzen.

4.3.3 Annotationen auf Informationsobjekten

Der Gedanke, bereitgestellte Informationsobjekte nutzerabhängig nicht nur miteinander verknüpfen, sondern auch selbst kommentieren zu können, geht zurück auf Vannevar Bush und dessen Konzept eines Dokumenten-Management-Systems MEMEX [Bu45]. Bezüglich Annotationen unterscheidet man zwischen Groupware-Systemen, welche diese Funktionalität integrieren wie beispielsweise BSCW [BSCW97] oder Lotus Notes und externen Diensten wie etwa ThirdVoice™ [Zei99], CritLink, CoNote oder HyperNews, bei denen serverunabhängig (textuelle) Anmerkungen zentral gespeichert und verwaltet werden. Die meisten implementierten externen Dienste sind WWW-Annotationssysteme, bei denen zwischen Client und Server ein Mediator geschaltet ist, der das angeforderte Dokument mit den in einer zentralen oder verteilten Verweisdatenbank gespeicherten Annotationen über die ebenfalls dort spezifizierten Relationen zusammenfügt. Diese werden anschließend auf Client-Seite zusammen mit dem angeforderten HTML-Dokument als spezielle, eingebettete Hyperlinks visualisiert. Zum einen ergeben sich hierbei Probleme hinsichtlich der Privatsphäre, da das Nutzerverhalten seitens der Applikation, welche zwischen Client und Server geschaltet ist, protokolliert und analysiert werden kann[245], zum anderen sind nur bedingt rekursive Annotationen mög-

---

[245] Im Beispiel von ThirdVoice selegiert der Nutzer zunächst eine URL, die vom betreffenden Server zurückgeliefert wird. Zusammen mit dem Browser wird eine spezielle Applikation gestartet, welche die von dem Nutzer angeforderten Seiten protokolliert und die URL zusammen mit den personenbezogenen Daten dem Annotations-Server vermittelt, so dass dieser die eventuell bereits angebrachten und vom angemeldeten Nutzer einsehbaren Anmerkungen an den Browser schickt und diese mit Hilfe der Applikation dargestellt werden können. Schließlich wird der Inhalt der angeforderten Seite erneut mit entsprechenden Annotations-Markierungen im Text erneut angezeigt. Bei CritLink können Annotationen nur dann genutzt werden, wenn gesamte Kommunikation zwischen Client und Server über einen speziellen Annotationsserver abläuft. Dies bedeutet, dass die im Browser eingegebene oder angezeigte URL sich je nach Nutzung des Dienstes unterscheidet. In beiden Fällen ist klar, dass die Annotationsmöglichkeit praktisch gesehen auf direkt durch den Browser darstellbare Dokumente beschränkt ist; da zu jedem Verweis Quell- und Zielanker gespeichert sind, ergeben sich daraus bidirektionale Verknüpfungen.

lich[246], wie dies im Rahmen verteilter Diskussionen wünschenswert wäre. Schließlich beschränkt sich die Annotationsmöglichkeit auf HTML-Dokumente, und die Funktionalität hängt von der Verfügbarkeit des Dienstes ab[247]. Ihr Einsatz ist primär im Rahmen der privaten Nutzung oder informeller Anmerkungen an physisch und logisch verteilte Dokumentenbestände. Wenn auch nichtöffentliche Annotationen möglich sein sollen, ist die zentrale Registrierung beim Diensteanbieter notwendig. Dies eröffnet die Möglichkeit, nutzerabhängig zu protokollieren, welche Anmerkungen schon gesehen wurden, so dass beispielsweise nur die neu hinzugekommenen Anmerkungen auch angezeigt werden. Ermöglicht man typisierte Annotationen, so könnte abhängig von Benutzereinstellungen nur jeweils eine passende Teilmenge der Anmerkungen zu einem Dokument präsentiert werden. So entspricht jeder angeforderten HTML-Seite eine (automatische) Anfrage, welche an den Annotationsserver gestellt wird, analog dazu könnte der externe Anbieter als Zusatzdienst auch nutzergesteuerte Anfragen relativ zur angeforderten Seite oder bezogen auf eine definierte Menge aggregierter Dokumente anbieten[248]. Um die Performanz zusätzlich zu verbessern, könnte aus einer Menge identischer Annotationsserver der für den Anwender jeweils günstigste lokalisiert werden, dies setzt allerdings eine zuverlässige und regelmäßige Spiegelung der Anmerkungen voraus. Bei sehr großen Dateien und vielen Annotationen zu einem Dokument kann deren Retrieval über einen dedizierten und zentralen Annotationsserver Probleme hinsichtlich der Skalierbarkeit

---

246 Den Inhalt einer Annotation selbst wieder zu annotieren, ist nur dann möglich, wenn dieser (wie bei CritLink) nach Aktivierung eines generierten Hyperlinks direkt im Browser dargestellt wird. Dies bedeutet, dass. Annotationen selbst wie Objekte erster Klasse (first-class objects), also wie andere WWW-Objekte auch, behandelt werden müssen. Davon kann auch abhängen, ob Annotationen gelöscht oder modifiziert werden können. Im Unterschied dazu können etwa in einem konventionellen gedruckten Text Fußnoten nicht mit zusätzlichen Anmerkungen versehen werden.

247 Wenn etwa ein externer Annotationsdienst aus kommerziellen Gründen kostenpflichtig wird, so können bisher erstellte Annotationen möglicherweise nicht mehr genutzt werden. Zusammen mit den Annotationen könnten vom entsprechenden Dienst zur Finanzierung auch Werbe-Banner eingeblendet werden, wie dies bei kommerziellen WWW-Diensten (etwa bei Portalen und Suchmaschinen) Usus ist.

248 Hierzu ist es notwendig, dass der Annotationsspeicher über strukturelle Information hinsichtlich des vom Nutzer annotierbaren Dokumentenbestandes hat. Implizit ist dies bei URL-Zeichenketten gegeben, da der Suffix direkt auf ein lokales Dateisystem abgebildet wird.

bereiten. Da ein angefordertes Dokument erst auf Nutzerseite mit den Anmerkungen zusammengefügt wird, ergeben sich keine urheberrechtlichen Bedenken, zumal externe Annotationsdienste jederzeit ausgeschaltet oder umgangen werden können und das Quelldokument unverändert bleibt.

Versteht man unter Annotation die Assoziation mehrerer Informationsobjekte und Verfügbarmachung hinsichtlich eines Empfängers, so ist zu bemerken, dass das MIME-Protokoll[249] ebenfalls eine Annotationsmöglichkeit eröffnet, indem beliebige Medientypen mit einer (textuellen) E-Mail assoziiert und einer dritten Person geschickt werden können in Analogie zu Anlagen eines konventionellen Briefes.

Groupware-Systeme lassen sich auch hinsichtlich der Annotierbarkeit als offene oder proprietäre Systeme einteilen. Erstere sind kompatibel zu gängigen WWW-Standards wie Hypertext-Protokoll und Markup Language, letztere implementieren eigene Formate und Kommunikationsprotokolle. Da in beiden Fällen alle Anmerkungen im Rechnernetz des Betreibers gespeichert sind, eignen sie sich eher für eine unternehmensweite Lösung, bei der qualifizierte Inhalte und interne Abstimmungsbedarf und Diskussionen die Regel sind. Weil das Anfordern von Dokumenten und ihren Annotationen nicht von systemexternen Ressourcen abhängt, verbessert sich die Verfügbarkeit von Annotationen und deren Organisierbarkeit (etwa Edier- und Löschoperationen). Annotationen können dabei als Spezialfall von Informationsobjekten des Systems in Abhängigkeit von der Relation zu anderen Dokumenten aufgefasst werden.

4.4 Persistente Medienhaltung

Als persistente Medienhaltung bezeichnet man die Aufgabe, (digitale) Objekte langfristig zu erhalten. Sie wird üblicherweise von Archiven, Bibliotheken und Verlagen übernommen, da nur die Explikation und Fixierung von menschlichem Wissen und dessen Erhaltung unabhängig von individuellen Interessen es erlaubt, dieses über Generationen hinweg unter Minimierung des Informationsverlusts weiterzutragen[250]. Im Fall von Verlagen sind die Interessen

---

[249] Multipurpose Internet Mail Extension

[250] Viele Fähigkeiten und Fertigkeiten wurden und werden durch Unterrichten über Generationen weitergegeben, etwa die Kulturtechniken Rechnen, Schreiben und Lesen, aber auch durch Lehre und Ausbildung, daneben aber auch Brauchtum, Legenden, Sagen und Märchen, die wesentlich zum Reichtum einer Kultur beitragen. Bei mündlicher Weitergabe ist jedoch die Wahrscheinlichkeit der Verfälschung oder Veränderung der ursprünglichen Information umso größer, je

der Erhaltung weitestgehend ökonomischer Natur, so dass die Gesamtheit der verlegten Publikationen zu einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Umsatz und Gewinn führen muss, was bei mangelnder Rentabilität zur Einstellung von Publikationen führt. Deshalb sind Verlage gewöhnlich nicht dazu geeignet, die langfristige Medienhaltung zu garantieren. Andererseits stellen sie zumindest im konventionellen Publikationswesen das erste Glied in der Verbreitung von Medien dar. Bei Archiven steht die Erhaltung von Medien unter Gewährleistung ihrer Authentizität im Vordergrund, bei Bibliotheken deren breite Verfügbarkeit. Je größer die Menge publizierten Materials ist, desto selektiver müssen archivierende Institutionen bei der Entscheidung vorgehen, welche Materialien längerfristig konserviert werden sollen.

War bis vor wenigen Jahren das Publizieren ein Privileg der Verlage, haben mit der Verbreitung des WWW besonders wissenschaftliche Organisationen und Institute die Möglichkeit genutzt, ihre Forschungsergebnisse einem breiten Publikum zu präsentieren. Damit hat sich die Menge archivierbarer Publikationen nochmals erhöht, wobei gleichzeitig die finanziellen Ressourcen öffentlicher Bibliotheken stagnieren oder abnehmen. Deshalb werden Lösungen für das Problem gesucht, die Kosten für die Erhaltung und Archivierung von Medien zu reduzieren und gleichzeitig die Verfügbarkeit für die (potenziellen) Nutzer zu optimieren. Die prinzipielle Schwierigkeit hierbei liegt darin, dass die Menge der archivierten Medien jährlich zunimmt, nicht aber die Lagermöglichkeiten, selbst wenn diese in größeren Abständen erweitert werden, so dass der Bestand einer Bibliothek regelmäßig auf Redundanzen und obsolete Materialien überprüft werden muss. Der Wert bezüglich der Archivierung eines Mediums kann sich aber nicht nach der Häufigkeit der Nutzungen oder Zugriffe in einem gegebenen Zeitraum bemessen, wenn eine Bibliothek ihrer Aufgabe

---

mehr Stationen an der weitergebenden Kette durchlaufen werden: Einerseits wird wahrgenommene Information selektiv rezipiert, andererseits zusammen mit eigenem Wissen vermengt und so verändert weitergegeben. Eine schriftliche Fixierung hingegen erlaubt es, das mit den eigenen Worten formulierte Wissen genau weiterzugeben, die Einführung billiger Kopier- oder Druckverfahren ermöglicht die Weitergabe an einen größeren Nutzerkreis. Zwar wird dadurch das Problem des Unterschieds zwischen Intention des Sprechers oder Autors und Rezeption des Hörers oder Lesers nicht aufgehoben, aber auf ein Mindestmaß reduziert.

nachkommen will, das Wissen der Menschheit über mehrere Generationen und Jahrhunderte hinweg zu erhalten und weiterzugeben[251].

Bei statischen, zweidimensional realisierten Medieninhalten stellt sich zunächst die Frage nach analoger oder digitaler Archivierung. Deswegen werden zunächst die Probleme und Möglichkeiten der Konservierung auf Papier und Mikrofilm erörtert.

4.4.1 Analoge Archivierung

Schon bei analogen Medien wie etwa Büchern ergeben sich Schwierigkeiten bei der langfristigen Erhaltung wegen der Alterung des Papiers, besonders bei Publikationen, die auf säurehaltigem Papier gedruckt wurden, dessen Haltbarkeit wenige Jahrzehnte nicht übersteigt, aber auch dessen Zersetzung, die bei bestimmten Leimsorten auftritt, welche zur Bindung verwendet wurde. Aus diesem Grund beschäftigen sich zahlreiche Vorhaben mit der Digitalisierung alter Handschriften und anderer Publikationen, die wegen ihrer Lichtempfindlichkeit und Brüchigkeit nicht mehr anderweitig zur Einsicht bereitgestellt werden können[252].

Papier ist seit etwa 1900 Jahren als Trägermedium bekannt und wurde nach seiner Erfindung 105 n. Chr. in China zunächst im asiatischen Raum aus Bast vom Maulbeerbaum, vermengt mit Hanf und alten Fischernetzen, hergestellt. Andere Rohstoffe sind beispielsweise Algen, Flachs, Hanf, Yucca oder Stroh. Bis weit ins 19. Jahrhundert hinein wurde Papier als Qualitätsprodukt meist aus

---

[251] Das Kriterium der Nutzungshäufigkeit ist insbesondere für Archive nicht anwendbar: betrachtet man beispielsweise die Häufigkeit der Nutzung genealogischer Schriften (etwa Kirchenbücher), so ist deren Konservierung wirtschaftlich nicht sinnvoll, deren Vernichtung würde jedoch die Erforschung der eigenen (familiären) Vergangenheit wesentlich erschweren. Um die entstehenden Kosten für die Archivierung tragen zu können, ist die Nutzung größerer Archive zumeist entgeltpflichtig.

[252] Abgesehen von der Qualität des Rohmaterials wird die Lebensdauer gedruckter Publikationen wesentlich von den klimatischen Bedingungen beeinflusst. So sollten Magazine idealerweise eine Raumtemperatur von 13 °C nicht übersteigen, in Leseräumen oder Freihand-Magazinen sollten 21 °C oder weniger gemessen werden, die ideale relative Luftfeuchtigkeit liegt bei 50%. Helle Beleuchtung, insbesondere UV-Licht, welches Teil des Sonnenspektrums ist, führt besonders zur Bleichung von Druck und Schrift sowie Gelbfärbung des Papiers. Die staubfreie und klimatisch günstige Lagerung verlängert auch die Haltbarkeit von Bandmedien und anderen Datenträgern.

Lumpen (Hadern) handgefertigt, indem man diese erst anfaulen ließ und zerkleinerte, bevor man sie unter Wasserzufuhr zu feinen Fasern zermahlte und den Faserbrei schließlich trocknete und mit einem Bambussieb Papierbögen als blattförmige Gebilde herausgehoben wurden.

Mit der Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern 1440 stieg jedoch der Papierbedarf drastisch an, so dass man nach alternativen Möglichkeiten der Herstellung suchte. 1805 wurde im Zuge der industriellen Revolution die Harz-Alaun-Leimung erfunden und ab 1844 Holz als Rohstoff zur Papierherstellung verwendet. Hierbei werden zumeist Nadelhölzer, deren Fasern länger sind als die von Laubbäumen, zunächst in kleine Schnitzel zerhackt, die unter hohem Druck mit einer Kochsäurelösung gekocht werden, um Sulfitzellstoff zu erhalten, der sich leicht bleichen lässt. Daneben existieren noch weitere Verfahren der Zellstoffgewinnung.

Zellulose oder Zellstoff, aus dem holzfreies Papier hergestellt wird, ist als Grundbaustein pflanzlicher Zellwände die häufigste natürlich vorkommende organische Verbindung. Sie enthält kein Lignin, welches als Gerüstsubstanz die Holzfasern versteift. Lignin führt zu oxidativem Abbau im Papier, wodurch organische Säuren produziert werden, welche die Zellulosefasern zersetzen. Deshalb vergilbt Papier aus Holzstoff[253] schnell und wird leichter brüchig, so dass heutzutage nur noch Kartonagen und Zeitungspapier auf diese Weise hergestellt werden. Um die Grundbestandteile des Holzes zu extrahieren, wird in Holzaufschlussverfahren die Zellulose chemisch weitgehend vom Lignin getrennt, daneben fallen noch Hemizellulosen an. Der Faserstoff wird in der eigentlichen Papierfabrik nach Zusatz verschiedener Stoffe wie Kunstharz und Leim (Harz und Aluminiumsulfat, um das Papier gegen Flüssigkeiten wie beispielsweise Tinte widerstandsfähig zu machen) und Farbe gemahlen, verdünnt, entwässert, mittels chemischer Verfahren (etwa Chlor, Sauerstoff, Wasserstoffperoxid oder Ozon) gebleicht und schließlich getrocknet.

Das seit etwa 150 Jahren auf diesem Weg als Massenprodukt herstellbare Papier ist jedoch säurehaltig und einem langsamen, aber stetigen Alterungsprozess unterworfen, so dass die Zellulosefasern mit der Zeit zersetzt werden, das Papier spröde und brüchig wird und schließlich zu Staub zerfällt. Obwohl dieses Problem bereits länger bekannt war, gelang es erst 1962, eine neutrale Leimung einzusetzen. Damit ist man seit 1970 verstärkt dazu übergegangen, dauerhaft zu

---

[253] Indem man auf mechanischem Weg (Wasserdampf, Chemikalien) die Fasern aus dem Holzverbund reißt, erhält man Holzstoff, welcher Lignin enthält, so dass der AlterungsProzess des daraus gewonnenen Papiers beschleunigt wird.

konservierende Druckerzeugnisse auf säurefreiem Papier herzustellen. Auch das innerhalb der letzten Jahrzehnte aus Gründen des Umweltschutzes vielfach genutzte Recycling-Papier, dessen Produktionstechnik bereits 1774 erfunden wurde, ist wenig alterungsbeständig. Aus diesem Grund sind viele der Bücher aus dem frühen 19. Jahrhundert und davor besser erhalten als jüngere Publikationen.

Wegen des insbesondere in den vergangenen Jahrzehnten sprunghaft angestiegenen Papierverbrauchs und der Publikationsflut im wissenschaftlichen Bereich schätzt man, dass 80% der Forschungsliteratur auf saurem Papier gedruckt sind, sowie 30% der Bücher nicht mehr saniert werden können. Man versucht sie zu konservieren, indem man ihren Inhalt entweder auf Mikrofilm überträgt, dessen Lebensdauer auf 300 – 500 Jahre angesetzt wird, oder mittels Papierentsäuerung. Vorteil bei der Mikroverfilmung ist neben der langen Haltbarkeit sowie der geringen Kosten, dass zur Nutzung nur ein Vergrößerungsmechanismus nötig ist. Als nachteilig erweist sich jedoch die schlechte Handhabbarkeit, so dass sie sich vor allem für Nachschlagewerke oder Register sowie vergleichsweise kurze Texte oder Sekundärspeicher eignet, oder als Zwischenspeicher für die nachträgliche Digitalisierung. Eine Neuverfilmung (etwa im Falle einer Aktualisierung eines Registers) führt zu einer etwa zehnprozentigen Verschlechterung des Schriftbildes (etwa hinsichtlich Kontrast und Bildschärfe). Ist der Zersetzungsprozess schon zu weit fortgeschritten, so dass das Papier stark zerfallsbedroht ist, besteht in der Mikroverfilmung jedoch die einzige Möglichkeit, das in einer Veröffentlichung transportierte Wissen zu retten.

In allen anderen Fällen wird versucht, die im Papier enthaltene Säure zu neutralisieren und durch alkalische Reserven zu ersetzen. Es handelt sich hierbei im Gegensatz zur sehr aufwändigen Einzelrestaurierung um rationelle Mengenbehandlungen wie etwa das Papersave-Verfahren der Firma Battelle, welches von zahlreichen Bibliotheken und Archiven in Deutschland und der Schweiz eingesetzt wird: Zunächst werden die Dokumente vorbehandelt, um die Papierfeuchte soweit wie möglich zu reduzieren, indem die Luft aus den Poren gesaugt und mit Mikrowellen oder per Hitze-Vakuum-Verfahren in Chargen à 50 Bänden das Papier getrocknet wird, so dass sich der Wasseranteil von 6% auf 0.5% reduziert. Ersteres Verfahren hat den Vorteil, innerhalb weniger Stunden durchführbar zu sein, führt aber bei fadengebundenen und geklammerten Publikationen zu lokalen Papierschäden. Daran schließt sich die eigentliche Entsäuerungsbehandlung an, bei der das Papier mittels Magnesium-Titan-Ethylat neutralisiert und schließlich mit Silikon-Öl als Lösungsmittel stabilisiert wird. Anschließend wird nochmals nachgetrocknet, um die Lösungsmittel zu entfernen, bevor schließlich die natürliche Papierfeuchte wiederhergestellt wird. Durch diese Prozedur, die etwa 30 Tage dauert, können zwar bestehende Schäden nicht rückgängig gemacht, aber die Lebensdauer des Papiers kann um

mindestens 150 Jahre verlängert werden. Die Kapazität einer entsprechenden Entsäuerungsanlage wird auf etwa 200.000 Bücher pro Jahr geschätzt, wobei die Kosten pro Buch mit 18,- DM relativ hoch sind. Dies bedeutet, dass sich das Verfahren vor allem bei gering beschädigten Büchern erfolgreich einsetzen lässt, je weiter der Zersetzungsprozess fortgeschritten ist, desto geringer auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Behandlung des Papiers erfolgreich ist.

Bei älteren Trägermedien wie Papyrus – der Vorgänger des heutigen Papiers –, Pergament, welches bereits im zweiten vorchristlichen Jahrtausend in Persien, Assyrien, Babylonien oder Ägypten genutzt wurde, Ton oder Stein ist die Schrift selbst nach vielen Jahrhunderten oder sogar Jahrtausenden lesbar. Das Problem des Zerfalls organischer Trägermaterialien war trotz längerer Haltbarkeit bereits im 4. Jahrhundert n. Chr. virulent, als Kaiser Konstantin d. Gr. veranlasste, 100.000 Werke der griechischen und römischen Antike von Papyrus auf das haltbarere Pergament zu übertragen, um sie vor dem drohenden Verfall zu retten.

4.4.2 Archivierung durch Digitalisierung

Die Digitalisierung ermöglicht zwar in der Theorie längerfristige Konservierung der Inhalte, da Bits nicht altern und anders als bei analogen Medien reine Kopiervorgänge keinen Informationsverlust nach sich ziehen. Prinzipiell bedürfen digitale Medien jedoch zu ihrer Nutzung eines Anwendungsprogramms, welches abhängig von einem spezifischen Betriebssystem unter einer gegebenen Hardware-Konfiguration ist. Dadurch verschärft sich das Problem der Alterung noch aus folgenden Gründen:

- **Lebensdauer des Trägermediums:** Die Trägermaterialien, also Magnetbänder oder CD-ROMs, haben meist eine physische Haltbarkeit von nur wenigen Jahren oder Jahrzehnten[254] je nach Qualität des Trägermaterials, so dass in größeren Abständen ein Transfer auf neue Trägermedien nötig ist. Zudem können Verunreinigungen durch unsachgemäße Handhabung oder Lagerung die beschränkte Lebensdauer noch verkürzen können. Beispielsweise kann

[254] Für CD-ROMs spricht man im allgemeinen von Lebensdauern zwischen 25 und 50 Jahren, es können aber selbst bei sachgemäßer Lagerung schon innerhalb von fünf Jahren unkorrigierbare Lesefehler auftreten. Auch die Speichermedien für Datenbank-Inhalte sind diesem Zersetzungsprozess unterworfen, so dass etwa von den vor 23 Jahren zur Erde gefunkten Daten der Mars-Mission einer Viking-Sonde bereits über 20 Prozent nicht mehr nutzbar sind.

die Magnetisierung von Bändern nachlassen oder die Trägerschicht des Mediums löst sich.

- **Technischer Fortschritt der Hardware-Systeme:** Der zügige Fortschritt in der Miniaturisierung hat auch zur Folge, dass im Abstand weniger Jahre neue Speichermedien entwickelt werden und alte Medien verdrängen. So hat die CD die Schallplatte abgelöst, im Laufe einiger Jahre wird die (bespielbare) DVD der gängige Standard sein. Vergleicht man die Anzahl speicherbarer Informationseinheiten eines Medienträgers mit dessen Haltbarkeit, so fällt auf, dass dieses Verhältnis umgekehrt proportional ist. Innerhalb eines Zeitraums weniger Jahre ist dies kein Problem, wenn die Information auf einem Medienträger regelmäßig (etwa alle 5 Jahre) kopiert werden kann. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die Hardware, die zum Lesen neuerer Speichermedien erforderlich ist, nicht mit der Hardware des Rechners kompatibel ist, der ursprünglich zur Nutzung des Mediums erforderlich war und deshalb keine passenden Treiberprogramme existieren. Eine Bibliothek kann es sich ferner auf Dauer nicht leisten, parallel für jeden Standard die passenden Lesegeräte bereitzustellen und zu warten, dies ist auch hinsichtlich des kurzen Lebenszyklus der eingesetzten Hardware nicht realisierbar. Es kommt hinzu, dass die zur Nutzung der Leseprogramme benötigten Rechner meist Personal Computer oder seltener Workstations sind, deren Reparatur bei einem Teil- oder Totalausfall zu aufwändig ist oder nicht (mehr) durchgeführt werden kann.
- **Entwicklung der Medienformate:** Die Entwicklung der Dokumentenformate und der Software zu ihrer Verarbeitung ist so zügig, dass die Abwärtskompatibilität zwar in einem Zeitraum einiger Jahre gewährleistet werden kann, jedoch nicht über Jahrzehnte oder Jahrhunderte hinweg. Formate, die obsolet geworden sind, können möglicherweise noch nicht einmal mehr in eine nutzbare Form konvertiert werden, und selbst wenn dies möglich ist, muss ein Kompromiss zwischen Aufwand und Nutzen klären, ob die benötigten zeitlichen und personellen Ressourcen vertretbar sind[255]. Viele Dokumen-

---

[255] Eine Möglichkeit, zumindest für einen kurzen Zeitraum Dokumentenformate wieder nutzbar zu machen, ist der Einsatz von Emulatoren, also Programme, die die Funktion eines bestimmten Betriebssystems oder Anwendungsprogramms auf einer fremden Plattform imitieren. Da jede wohldefinierte Funktion und also auch jedes wohldefinierte Programm durch eine Befehlsfolge für eine Turing-Maschine simuliert werden kann, würde letztendlich zu jedem Programm ein Emulator ausreichen, der dieses auf eine entsprechende Befehlsfolge abbildet, die dann auf einem Emulator einer Turing-Maschine ausgeführt werden kann. Die Implementierung einer entsprechenden Funktion müßte allerdings entweder für jedes Programm getrennt erfolgen, was mit entsprechendem Aufwand verbunden wäre,

tenformate, die sich als Standards herauskristallisiert haben, werden von Softwareherstellern nur teilweise oder gar nicht erfüllt, so dass selbst bei verbreiteten Formaten wie etwa HTML nicht gewährleistet ist, dass sie von jedem Anwendungsprogramm nutzbar sind oder nur eine Teilmenge der möglichen Ausdrucksformen sinnvoll verwendet werden können. Prinzipiell

---

so dass die Möglichkeit, die Emulation eines (obsolet gewordenen) Betriebssystems nutzen zu können, vorzuziehen ist, zumal es sich um eine skalierbare Lösung handelt, weil man mit einem Emulator die Nutzbarkeit einer ganzen Klasse von Medien (für das emulierte Betriebssystem) ermöglicht. Jedoch führt dies längerfristig extrapoliert zur Notwendigkeit, nacheinander mehrere Emulatoren verschiedener Betriebssysteme zu nutzen, wobei unklar ist, ob eine solche multiple Emulation überhaupt praktikabel ist. Eine Implementierung ist jedoch nur dann wirtschaftlich praktikabel, wenn der Bedarf seitens der Anwender hinreichend groß ist. Wenn dies gegeben ist, kann der Einsatz von Emulatoren beispielsweise sinnvoll als Ausgangspunkt für Konvertierungen in andere Datenformate sein, etwa wenn die ursprüngliche Hard-/Softwarekonfiguration für ein Medium nicht mehr verfügbar ist. Ein Beispiel für eine Emulation ist JVM (Java Virtual Machine), die einen kompilierten maschinenunabhängigen Bytecode interpretiert. Zur Nutzung emulierter Software ist es erforderlich, dass dem Nutzer eine ausreichende technische Beschreibung der zu erfüllenden Randbedingungen vorliegt, die jedoch selbst nicht plattformabhängig kodiert sein sollte, da sie sonst nicht genutzt werden kann. Um automatisch interpretierbar zu sein, könnte sie in einem strukturierten, nicht-binären Format vorliegen (XML oder RDF), dessen einzelne Felder als Attribute auf entsprechende Ressourcen verweisen, allerdings bedürfte es dann eines mitgelieferten Interpreters, der aber wiederum plattformabhängig ist. Auch bei rein textueller Speicherung, etwa im ASCII-Format kann aber für eine langfristige Perspektive nicht gewährleistet werden, dass dieses nicht durch ein anderes Format (beispielsweise 16-bit UNICODE) abgelöst wird. Neben dem eigentlichen Dokument oder Programm und der Beschreibung der technischen Randbedingungen als Metadaten sowie der original erforderlichen Software wäre also nicht nur eine genaue Spezifikation der originalen Plattform notwendig, sondern ebenfalls die eines passenden Emulators. Die Idee, dass diese formale Spezifikation ausreichend präzise formuliert werden kann, um einen Emulator bei der Nutzung abhängig von der jeweiligen aktuellen Konfiguration automatisch generieren zu können, wie Rothenberg [Rot99] schreibt, ist jedoch nicht näher konkretisiert. Allerdings könnte bei entsprechend genauer Beschreibung der technischen Randbedingungen, wie sie etwa im oben beschriebenen LOM-Standard vorgesehen sind, durch deren regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung eine dauerhafte Nutzbarkeit erreicht werden. Hierzu ist aber erforderlich, die technische Beschreibung hinreichend zu standardisieren oder zu schematisieren, nur so kann sichergestellt werden, dass die Spezifikation multimedialer Medien auch längerfristig genutzt und, falls nötig, aktualisiert werden kann.

ist auch mit jeder Transformation in ein anderes Datenformat ein Informationsverlust verbunden, der nur durch aufwändige manuelle Nacharbeit wieder kompensiert werden kann. Dieses Problem wurde anhand der Konvertierung von Medien in Kapitel 3 besprochen. Schwieriger wird das Problem im Falle ausführbarer Software oder aktiven Dokumenten, die nicht mit Hilfe standardisierter Software zu nutzen sind. Hier liegt die ursprüngliche Verantwortung für die Wartung und Pflege bei den Autoren und Softwareentwicklern, längerfristige Unterstützung ist jedoch gerade im Falle universitärer Produkte meistens nicht gegeben, da ein Großteil des Wissens intrinsisch mit den Entwicklern verknüpft ist, deren Verantwortlichkeit gebunden ist an ihre Forschungstätigkeit, die einen Rahmen von fünf Jahren meist nicht übersteigt. Eine längerfristige Unterstützung ist deshalb nur durch Firmengründungen (Spin-Offs) durch (ehemalige) Universitätsangehörige zu erreichen, wobei die Portierung auf jeweils aktuelle Rechnerplattformen und Anpassung an gängige Technologien ebenfalls sehr aufwändig sein kann und nur bei entsprechend hoher Nachfrage längerfristig wirtschaftlich ist. Je kürzer die Existenz eines Wirtschaftsbetriebs, desto größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass nützliche Entwicklungen, die sich aber nicht verbreiten konnten, für immer verloren gehen. Die Nutzung von allgemein anerkannten und genügend weitverbreiteten Standards, die allgemein (HTML, Java) oder proprietär (PostScript, PDF) sein können, verbessern potenziell die Nutzbarkeit digitaler Medien wesentlich; entsprechend ist die Wahrscheinlichkeit, dass passende Software für die Übersetzung in einen neuen Standard entwickelt wird, mit der Anzahl der Medien in einem gegebenen Format. Im allgemeinen ist jedoch der Ansatz der Migration nicht automatisch realisierbar und damit auch nicht skalierbar. Wegen der erforderlichen manuellen Nachbearbeitung ist sie zudem fehlerbehaftet und somit nur bedingt erfolgversprechend.

- **Informationstechnische Ausstattung öffentlicher Bibliotheken und Archive:** Die Beschaffung und Wartung der notwendigen Hard- und Software für Endnutzer ist finanziell und personell sehr aufwändig, weil Hard- und Software nicht nur in kurzen Innovationszyklen von wenigen (3-5) Jahren zu beschaffen, sondern auch durch entsprechend ausgebildetes Personal zu warten sind. Eine längerfristige, kontinuierliche Versorgung ist somit flächendeckend nur bei entsprechenden finanziellen Reserven von Bibliotheken und Archiven durchführbar. Die Alternative, nicht die Hardware, sondern nur die Medien bereitzustellen, allerdings Anschlüsse eigener (tragbarer) Rechner an den Arbeitsplätzen einer Bibliothek bereitzustellen, ist zwar kostengünstiger, jedoch benachteiligt es die potenziellen Nutzer, die über keine passende Hardware verfügen. Auch die Alternative, die Nutzung der Medien an zu entrichtende Gebühren zu koppeln, schließt diejenigen aus, welche die damit verbundenen Kosten nicht tragen können. Dies widerspricht der Idee öffentlicher Bibliotheken und allgemeiner Bildung.

- **Langfristige Mediennutzung in der Bildung:** Je mehr publiziert wird, desto größere Mengen müssen bei einer Umstellung der genutzten Systeme nachkonvertiert werden. Die Notwendigkeit zur Medien-Migration ist besonders offensichtlich bei wiederverwendbaren modularen Komponenten zur Aus- und Weiterbildung, da zur Medienintegration dekontextualisierter Komponenten erforderlich ist, diese entweder direkt zu editieren, also nicht nur ein editierbares Format vorliegen zu haben, sondern ebenfalls eine passende Bearbeitungssoftware, oder in ein Hypermedia-System zu integrieren, welches die Präsentation heterogener Medientypen ermöglicht. In diesen Fällen greift das Prinzip der Emulation im allgemeinen nicht. Aus diesem Grund bleibt die Vorstellung, alle relevanten wissenschaftlichen Publikationen dauerhaft am Arbeitsplatz zur Verfügung zu haben, eine Utopie, da teilweise keine nutzbaren Quellen in digitaler Form vorliegen und die Neuerfassung mittels Scannen und nachgeschalteter Bearbeitung mit OCR-Software[256] praktisch kaum durchführbar ist.

Viele wissenschaftliche Verlage sind in den letzten Jahren dazu übergegangen, ihre Zeitschriften auch auf elektronischem Wege bereitzustellen. Hierbei sind bemerkenswerterweise rein elektronische Erzeugnisse wie etwa das Journal of Universal Computer Science dazu übergegangen, neben der rein digitalen auch eine gedruckte Version anzubieten. Gegenwärtig werden Zeitschriften neben der Distribution als CD-ROM häufig auch als Online-Versionen über den Server des publizierenden Verlags angeboten, jedoch besteht gerade bei kleineren Verlagen keine Garantie, dass dieser Dienst kontinuierlich weiter gepflegt werden kann oder wird, insbesondere was die Möglichkeit der Recherche in elektronischen Volltexten betrifft. Viele Subskriptionen sind zeitbeschränkt und gelten für die insgesamt elektronisch verfügbaren Ausgaben, so dass im Anschluss an den Zeitraum der Subskription auf vergangene Auflagen kein Recht auf Nutzung mehr besteht. Einige (wenige) periodische Publikationen sind auch kostenfrei erhältlich, allerdings ist hier die Fortsetzung der Bezugsmöglichkeit gänzlich abhängig von der Bereitschaft und den Ressourcen der Anbieter, ihre Publikati-

---

256 Optical Character Recognition. Damit werden Verfahren der Mustererkennung bezeichnet, die Pixelmuster in alphanumerische Zeichen transformieren können. Die Zeichenerkennung funktioniert allerdings gewöhnlich nicht fehlerfrei, so dass eine Nachbearbeitung fast immer nötig ist. Rechtschreibprogramme können syntaktische Fehler aufspüren, allerdings bemerken sie keine Zeichenketten, die zwar einen lexikographischen Eintrag besitzen, aber im konkreten Kontext keinen Sinn ergeben. Schließlich findet man in literarischen Werken gelegentlich Wortneuschöpfungen des Autors oder in Fachpublikationen nicht im Lexikon des Programms gespeicherte Begriffe, so dass für qualitativ hochwertige Publikationen in digitaler Form eine personell aufwändige Nachkorrektur unumgänglich ist.

onen regelmäßig zu migrieren, also periodisch von einer Hardware-/Software-Konfiguration auf eine andere zu transferieren.

Die Digitalisierung per se wird also den Ansprüchen an eine längerfristige Medienhaltung keinesfalls gerecht. Sie bietet sich jedoch besonders für die Speicherung flüchtiger Information unter der Voraussetzung kompatibler Hard- und Software an. Darüber hinaus ergeben sich folgende Vorteile:

- **Informationserhaltung:** Bei digital gespeicherter Information als Bits ergibt sich durch Kopiervorgänge kein Informationsverlust. Dieser tritt nur deswegen ein, weil Information an Trägermedien gebunden ist, die physischem Verfall unterliegen.
- **Kompakte Speicherung:** Auf einer einzigen CD-ROM, DVD oder Bildplatte kann der Inhalt mehrbändiger Werke, etwa Lexika, abgespeichert werden, so dass der benötigte räumliche Speicherungsbedarf für digitale Medien wesentlich geringer ist.
- **Vervielfältigung:** Geeignete technische Ausstattung vorausgesetzt ist die Vervielfältigung digitalisierter Dokumente aufgrund günstiger Trägermedien ein rascher und kostengünstiger Prozess, so dass die Rentabilität einer Publikation sich im wesentlichen aus dem Verhältnis zwischen Umsatz- und Produktionskosten ergibt, da der übrige Aufwand als gering und konstant angenommen werden kann. Da eine Kopie von ihrem Original prinzipiell nicht unterschieden werden kann, bedarf es gesonderter Vorkehrungen zum Nachweis der Integrität (inhaltliche und mediale Vollständigkeit) sowie der Authentizität (das Medium ist nachweisbar auf dem Weg vom Sender beziehungsweise Vertreiber zum Empfänger oder Kunden nicht verändert oder verfälscht worden). Dies schließt auch ein, dass Änderungen bezüglich einer früheren Version eines digitalen Objekts genau festgehalten werden, insbesondere auch bezüglich der Transformationen zwischen Medienformaten, so dass es dem Nutzer ermöglicht wird, die Herkunft des Mediums eindeutig festzustellen.
- **Mehrbenutzer-Zugriff:** Liegt die Information in einer für den Nutzer lesbaren Form vor oder kann dynamisch in ein für diesen nutzbares Format transformiert werden, so können prinzipiell auch mehrere Benutzer gleichzeitig unabhängig voneinander auf den gleichen Informationsvorrat zugreifen. Dieser Vorteil wird bereits im Falle von Datenbank-Diensten genutzt, kann jedoch für jede Art von digitalisierter Information eingesetzt werden. Dagegen können analoge Medien pro Exemplar immer nur von einer

Person genutzt werden; ausgenommen sind beispielsweise öffentliche Vorführungen wie bei Kino, Fernsehen oder Rundfunk[257].

- **Entkoppelung von Speicherung und Nutzung:** Bei internetbasierten Diensten (etwa WWW-gestützte Datenbanken) ermöglicht die netzgestützte Verbindung zwischen Speicher- und Nutzersystem, dass die Wartung und Speicherung von Daten und Dokumenten an ihrem Entstehungs- oder Produktionsort bleiben und folglich der Transport zum Endanwender in atomarer Form entfallen kann. Damit reduzieren sich für den Anbieter die Vertriebskosten.
- **Multiple Modalitäten:** Auf Papier und Mikrofilm können wegen der Beschränkung auf zwei Dimensionen des Trägermediums nur statische Medien, also Texte, Graphiken oder Bilder gespeichert werden, während analoge Bandmedien auch dynamische, zeitabhängige Medien archivieren können. Digitale Datenträger schließlich ermöglichen wegen der Zurückführung auf binäre Daten die Speicherung beliebiger Daten, also auch Programme, erfordern jedoch zum einen, dass die als Signale kodierte Information regelmäßig erneuert wird, etwa indem sie auf ein Trägermedium fixiert werden, zum anderen nutzerseitig die Transformation kodierter Daten in auditive oder visuelle Datenströme[258].
- **Zusatznutzen:** Speziell bei nachträglich digitalisierten Publikationen können ursprünglich weder vorhandene noch intendierte Funktionalitäten miteinbezogen werden, wie etwa eine Volltext- oder Attributsuche, die Integration von Film- oder Audiosequenzen oder vielfältige Annotationsmöglichkeiten. Dies ist häufig der Fall bei digitalisiert vertriebenen Enzyklopädien, deren Realisierung jedoch eine komplett neue Konzeption erfordert und deswegen entsprechend aufwändig ist.

Die Migration von Medien ist eine regelmäßig durchzuführende Tätigkeit. Um praktikabel und rentabel zu sein, müssen dazu entsprechende organisatorische Vorbereitungen getroffen sein (beispielsweise Klärung des Workflows bei einer

---

257 In den Anfängen sowohl von Rundfunk als auch von Fernsehen, als die benötigten Endgeräte (Antenne, Empfangsgeräte) noch nicht allgemein erschwinglich waren, weiß man von ganzen Menschengruppen, die über ein Gerät einer ausgestrahlten Sendung folgten. Häufig ist dies in Ländern der dritten Welt bis heute so, wo sich ganze Dörfer um ein Radiogerät versammeln, um das laufende Programm gemeinsam zu verfolgen.

258 Faktisch werden meist nur auditive und visuelle Datenströme generiert, prinzipiell wäre jedoch eine Erweiterung auf allgemein wahrnehmbare Ausdrucksformen (taktil, olfaktorisch, gustatorisch) denkbar.

Konvertierung), zusätzlich sind auch rechtliche Bestimmungen einzuhalten, da die Migration die Erzeugung einer neuen Instanz eines im allgemeinen urheberrechtlich geschützten Werks darstellt, so dass etwa die Einwilligung des Autors einzuholen ist, sofern das Copyright nicht beim derzeit anbietenden Verlag liegt. Solange keine sicheren Kopierschutzverfahren eingesetzt werden, bedeutet jedes angefertigte Duplikat, dass ihr Erzeuger praktisch ohne Qualitätsverlust selbst wieder weitere Kopien anfertigen und deren Bereitstellung mit Lizenz- oder Nutzungsgebühren verknüpfen kann, auf die dann der ursprüngliche Autor keinen Einfluss mehr hat. Besonders schwierig ist die Situation bei zusammengesetzten Werken, dessen Komponenten von verschiedenen Entwicklern oder Autoren stammen. Bezüglich der Verfügbarkeit ist zu ergänzen, dass beispielsweise bei online bereitgestellten Konferenzbeiträgen, die oft nicht mehr als gedruckter Tagungsband erhältlich sind und nicht zentral von einer Bibliothek angeboten werden, die Wahrscheinlichkeit sehr groß ist, dass im Laufe weniger Jahre der Zugriff nicht mehr möglich ist.

Eine Alternative, vor allem für (dem Inhalt nach) kurzlebige Publikationen wie wissenschaftliche Tagungsbeiträge, ist es, Dokumentenlieferdienste einzurichten, die mit Bibliotheken oder Verlagen assoziiert sind, wie etwa *subito*[259] in Deutschland. Hierbei existiert ein Verzeichnis verfügbarer Publikationen, das über eine Literaturdatenbank konsultiert werden kann, im Falle von Bestellungen werden die angeforderten Dokumente gedruckt und per Brief oder Fax dem entsprechenden Adressaten gegen Gebühr zugestellt. Dieses Verfahren ist vergleichbar mit dem Printing-On-Demand-Dienst mancher Verlage, so dass auch Publikationen in kleinen Auflagen realisierbar sind.

4.5 Zusammenfassung

Dieses Kapitel, welches zugleich den Hauptteil der vorliegenden Arbeit darstellt, hat sich der Bereitstellung und dem Nachweis elektronischer Publikationen in einer bibliothekarischen Infrastruktur für Lehr- und Lernzwecke gewidmet. Dazu wurde zunächst die Notwendigkeit betrachtet, die dort bereitzustellenden didaktischen Medien systematisch zu erschließen. Hier reichen konventionelle verbale und klassifikatorische Nachweismethoden, wie sie im Bibliothekswesen gebräuchlich sind, nicht aus, da zusätzlich Nutzungsbedingungen anzugeben sind, die sich auf pädagogische und insbesondere technische Randbedingungen konzentrieren. Rechtliche Nutzungsaspekte wurden ausgeklammert, da diese anbieterspezifisch unterschiedlich ausfallen können und davon ausgegangen wird, dass die anfallenden Bedingungen und Kosten über se-

---

[259] http://www.subito.de

parate Kanäle, Infrastrukturen und Mechanismen vor dem Nutzer verborgen bleiben.

Um bibliographische Deskriptoren auszutauschen, sind international das MARC-Format und dessen Derivate gebräuchlich, während in Deutschland das Maschinelle Austauschformat für Bibliotheken (MAB2) genutzt wird. Als Schnittstelle zum Datenaustausch ist das Protokoll Z39.50 gebräuchlich. Da die Erfassung digitaler Ressourcen, insbesondere hinsichtlich pädagogischer und technischer Deskriptoren arbeitsteilig zwischen Autor, Entwicklern und Fachreferenten durchzuführen ist, benötigt man ein Format, welches von der Komplexität des bibliothekarischen Austauschformats abstrahiert. Hier hat sich als Kern deskriptiver Metadaten seit 1995 der De-Facto-Standard Dublin Core entwickelt, der jedoch weder die für multimediale Publikationen spezifischen Bedürfnisse widerspiegelt noch erweiterbar ist. Aus diesem Grund ist speziell für rechnergestützte Lernmedien ein umfassenderes Metadaten-Schema im Prozess der Standardisierung, nämlich Learning Objects Metadata. Auch dieses reicht möglicherweise für applikations- und domänenspezifische Bedürfnisse nicht aus und spiegelt darüber hinaus die Beziehungen zwischen einzelnen deskriptiven Feldern nur implizit wider. Aus diesem Grund wurde ein konzeptuelles Transaktionsmodell für pädagogische Ressourcen vorgestellt, welches insbesondere auch zeitlich-räumliche Aspekte hinsichtlich der Lebensdauer eines Objekts berücksichtigt; es kann beispielsweise über das Resource Description Framework mit Hilfe der Konzepte aus dem Warwick Framework implementiert werden. Schließlich ist zur persistenten Referenzierbarkeit von Ressourcen eine Konkretisierung von Uniform Resource Names (URN) notwendig, wie sie mit dem Digital Object Identifier vor allem von Verlagen und anderen publizierenden Organen genutzt wird.

Im zweiten Teil dieses Kapitels wird ein Modell vorgestellt, welches mit Hilfe eines transnationalen, verteilten Dokumentenspeichers den dauerhaften Nachweis von Lernmedien in Kooperation mit wissenschaftlichen Bibliotheken ermöglicht. Dabei wird für die deskriptiven Metadaten das LOM-Datenschema zugrundegelegt. Dessen Instanziierung wird abgebildet in ein von den wissenschaftlichen Bibliotheken des Südwestdeutschen Bibliotheksverbunds entwickeltes Dublin-Core basiertes, erweiterbares Metadaten-Schema, so dass die Medien unabhängig von ihrem Speicherort sowie der Architektur des Dokumentenspeichers über die informationstechnischen Infrastrukturen der Bibliotheken nachgewiesen sind oder recherchiert werden können. Es folgt ein konkreter Vorschlag, wie der Nachweis von Lernmedien enger an die jeweilige Lehr- und Lernumgebung gekoppelt werden kann, um potenziellen Autoren das Einstellen ihrer Inhalte zu erleichtern, ohne dass diese ihre gewohnte Arbeitsumgebung wechseln müssen. Um die Qualität didaktischer Lernmedien zu verbessern, werden Lernmedien temporär zwischengespeichert und erst nach

einem geregelten Validierungsprozess dem Bestand des verteilten Dokumentenspeicher hinzugefügt.

Zur Konzipierung, Realisierung, Produktion, Distribution und Verwendung digitaler Medien sowie in kollaborativen Lehr- und Lernprozessen ist es erforderlich, dass die verfügbaren Werkzeuge Mechanismen zur sicheren verteilten, aber auch personalisierbaren Nutzung digitaler Dokumente aufweisen. Dazu werden zunächst essenzielle Forderungen an ein verteiltes Dokument-Management-System aufgestellt. Speziell für WWW-basierte Systeme erfordert der sichere, transaktionsbezogene Datenaustausch eine konzeptionelle Erweiterung des gebräuchlichen HTTP-Protokolls, wie sie am Beispiel von WebDAV (Distributed Authoring and Versioning) zur Verfügung steht. Um auch die Seite der (potenziellen) Nutzer zu berücksichtigen, wird exemplarisch die Funktion der medienübergreifenden Annotierbarkeit untersucht.

Abschließend wird die zur langfristigen Nutzbarkeit analoger und digitaler Lernmedien wichtige persistente Medienhaltung untersucht. Neben den Möglichkeiten zur dauerhaften Archivierung konventioneller, papiergestützter Publikationen werden die bei digitalen Medien gebräuchlichen Ansätze der Migration, Transformation und Emulation diskutiert.

5 Analyse der Nutzung digitaler Bibliotheken

Digitale Bibliotheken als Erweiterung traditioneller Bibliotheksdienste sind ein integraler Teil moderner universitärer Lernumgebungen. Als gemeinsamer Dienst von Rechenzentren und Bibliotheken steht ihre Nutzung Hochschulmitgliedern kostenfrei zur Verfügung. Neben den Kosten zur Pflege des Dokumentenbestands und zum transparenten Nachweis digitaler Publikationen fallen jedoch für urheberrechtlich geschützte Werke, auf die Nutzer direkten Zugriff haben, reguläre Nutzungskosten an, die sich je nach Anbieter und Medium erheblich unterscheiden können. Die angebotenen Dienste (so etwa die Zugriffsmöglichkeit auf Fachdatenbanken, Abonnements elektronischer Zeitschriften) orientieren sich dabei an Fachrichtung und Nachfrage.

Die Vergütung gegenüber Inhaltsanbietern wird unterschiedlich gehandhabt:

- Der Nutzer bezahlt direkt für den Zugriff auf anbietende Dienste. Beispiele hierfür sind die Zeitschriften und Konferenzbände der ACM, bei der man als Mitglied oder mittels Pay-Per-View Zugriff auf die elektronisch verfügbaren Publikationen hat. Die Suche ist – im Unterschied zur Nutzung von Fachdatenbanken – kostenfrei. Bei der IEEE ist dagegen die jährlich zu erneuernde Mitgliedschaft Voraussetzung, um deren elektronische Publikationen nutzen zu können. Als drittes Beispiel sei der vom Springer Verlag betriebene Dienst LINK Online erwähnt, der in Kooperation mit anderen Verlagen elektronische Zeitschriften und wissenschaftliche Publikationen in elektronischer Form anbietet, wobei – abgesehen von wenigen frei verfügbaren Publikationen – die Nutzbarkeit das Abonnement der gedruckten Version voraussetzt und zusätzliche prozentuale Kosten verursacht. Für nicht originär digital verfügbare Publikationen gibt es als Alternative zur konventionellen Fernleihe spezielle Dokumentenlieferdienste wie etwa *subito*, bei denen neben der Lieferung per Post (für Kopien bzw. Bücher) einzelne Artikel per File-Transfer oder E-Mail zugesendet werden. Die Kosten richten sich hierbei nach der Anzahl der bestellten Seiten[260]. Vorteil der direkten Abrechnung mit dem einzelnen Nutzer ist die jederzeitige Transparenz der Kosten, die proportional zum Umfang der voraussichtlichen Nutzung ausfallen, eine Erweiterung oder Reduktion der jeweiligen Abonnements zieht jedoch entsprechenden bürokratischen Aufwand für den Einzelnen nach sich.

---

[260] Bis zu 20 Seiten wird ein fester Betrag erhoben, der sich nach dem Auslieferungsmodus richtet, jede weitere Seite kostet zusätzlich. Dieser Seitenumfang entspricht etwa der oberen Grenze eines wissenschaftlichen Aufsatzes und erleichtert dem Lieferdienst die Abrechnung.

Problematisch erscheint auch, dass – angesichts der steigenden Zahl elektronischer Zeitschriften – im Vorfeld die Anzahl relevanter Publikationen nicht bekannt ist, eine größere Zahl individueller Subskriptionen jedoch den persönlichen finanziellen Rahmen sprengt.

- Eine wissenschaftliche Institution abonniert für ihren Nutzerkreis eine Reihe elektronischer Dienste und entrichtet die entstehenden Kosten an den Anbieter der jeweiligen Publikation. Der Umfang der Subskriptionen richtet sich hierbei zum einen nach dem Bedarf dieses Nutzerkreises, zum anderen nach den finanziellen Möglichkeiten der Institution. Der bürokratische Aufwand wird hier gebündelt und die individuellen Kosten vor dem Einzelnutzer verborgen. Um die Kosten zu beschränken, sind in diesem Fall jedoch nur Lizenz-Modelle (Gruppen- oder Einzelnutzer) realistisch, zumal bei fluktuierender Nutzerzahl auch die potenziell entstehenden Gesamtkosten für die Nutzung nur approximiert werden können. Wenn dieser jedoch über den verfügbaren Umfang der Dienste hinaus Bedarf anmeldet, wird eine Erweiterung der Subskriptionen der Institution nur aufgrund einer positiven Kosten-Nutzen-Abschätzung beschlossen werden können, die um so kritischer ausfällt, je begrenzter das noch verfügbare Budget der Institution oder ihres Vertreters, der (Fachbereichs-) Bibliothek ist. Je spezialisierter diese ist, desto gezielter kann auf individuelle Wünsche der Einzelnutzer eingegangen werden. Einzellizenzen haben hier den Vorteil, dass die entstehenden Kosten auch annähernd der anvisierten gleichzeitigen Zahl der Nutzer entspricht, die Auslastung ist allerdings im Durchschnitt um so schlechter, je mehr Lizenzen beantragt wurden. Zudem können bei punktuell hoher Zahl der Anfragen auf eine lizensierte Publikation substanzielle Wartezeiten resultieren. Gruppenlizenzen sind dementsprechend vergleichsweise teuer, lohnen sich nur bei anhaltend hoher Nutzerzahl und stellen damit gerade für kleinere Bibliotheken eine finanzielle Hürde dar.

Folgende Tabelle setzt die drei prinzipiell möglichen Lizenzmodelle für elektronische Publikationen in Beziehung zu den für Bibliotheken relevanten Kriterien Skalierbarkeit hinsichtlich der Menge potenzieller Nutzer, Verfügbarkeit, Kostenschwelle, Verwaltungsaufwand und Nutzungsanalyse, indem sie diese Modelle anhand der Kriterien beurteilt[261].

---

[261] Das Pay-Per-View-Modell ist hinsichtlich der Verfügbarkeit als unsicher eingestuft, weil die Nutzung eines entsprechend abgerechneten Dienstes durch die Angehörigen einer Institution nur solange möglich ist, wie das eingeplante Budget noch nicht ausgeschöpft wurde.

	Pay-Per-View	Einzellizenzen	Gruppenlizenz
Skalierbarkeit	++	O	--
Verfügbarkeit	++/--[262]	O	++
Kostenschwelle	++	O	--
Verwaltungsaufwand	--	O	++
Nutzungsanalyse	--	++	o

Tabelle 5.1: Lizenzmodelle und deren Eigenschaften

Informationen über die Nutzung digitaler Bibliotheken sind beispielsweise für die jeweiligen Inhaltsanbieter interessant, um die Attraktivität der Inhalte und Mehrwert-Dienste bewerten zu können, die proportional zu den zu erwartenden Einnahmen ausfallen. Für eine wissenschaftliche Bibliothek ist eine Nutzungsanalyse in weitaus größerem Maße notwendig, um die Relation zwischen entstehenden Kosten und Nutzen im Zusammenhang mit äußerst knappen Budgets optimieren zu können. Dies ermöglicht es, wenig genutzte Dienste rechtzeitig kündigen oder bei Bedarf zusätzliche Angebote integrieren zu können, etwa wenn ein häufiger Zugriff auf Probeangebote entdeckt wird. Eine Analyse ist im Fall des Pay-Per-View-Modell sekundär, weil dieses zum einen nur für Einzelnutzer gut handhabbar ist, wie schon oben erwähnt, zum anderen weil die direkt ersichtlichen Kosten proportional zu der Nutzungshäufigkeit ausfallen und diese mit dem Zugriff auf entsprechende Dienste nicht aktiv gesteuert werden kann.

Nutzerverhalten lässt sich nach qualitativen oder quantitativen Gesichtspunkten untersuchen:

- **Qualitative Verfahren** basieren auf Nutzerbefragung bzw. -beobachtung wie standardisierte Fragebögen, Interviews oder der Analyse von in größeren Abständen geplanten Szenarien und Sitzungen, bei der Testnutzer bestimmte Aufgaben lösen müssen. Ausgehend von den dabei erhobenen Daten kann jeweils punktuell die Nutzung eines Systems innerhalb eines begrenzten Personenkreises interpretiert werden, so dass sich die Ergebnisse unter der Annahme einer homogenen Nutzermenge entsprechend auf einen größeren

[262] Bei allen Lizenzmodellen wird im akademischen Umfeld davon ausgegangen, dass die entstehenden Kosten zentral übernommen werden. Geht man ferner davon aus, dass Bibliotheken festen Grenzen hinsichtlich der finanziellen Ausstattung unterliegen, so ist beim Pay-Per-View-Modell die Verfügbarkeit sehr gut, solange dieses Kontingent noch nicht ausgeschöpft ist, darüberhinaus stehen die entsprechenden Medien allerdings für Angehörige der Institution, die nicht selbst zahlen, überhaupt nicht mehr zur Verfügung.

Nutzerkreis hin extrapolieren lassen. Der Vorteil qualitativer Verfahren besteht darin, dass nicht nur das Nutzerverhalten an sich, sondern auch entsprechende Motivationen für bestimmte Handlungen und Interaktionen berücksichtigt werden können. Damit ergibt sich ein – je nach Verfahren und Aufwand – recht genaues Abbild tatsächlicher Nutzung, zumal wenn eine Analyse über einen längeren Zeitraum begleitend durchgeführt wird (formative Evaluation[263]). Als Nachteil ist jedoch zu nennen, dass Nutzeraussagen abhängig von verschiedenen, möglicherweise nicht explizierten Randbedingungen ausfallen können und somit subjektiv geprägt sind. Ferner gestalten sich Vorbereitung, Durchführung und Auswertung qualitativer Verfahren im allgemeinen recht aufwändig. Sie sind abhängig von der Häufigkeit der Erhebungen und der Größe des berücksichtigten Nutzerkreises und nur bedingt automatisierbar.

- **Quantitative Verfahren** basieren auf der Auswertung von System-Interaktionen. Diese werden zumeist in Echtzeit automatisch protokolliert, so dass die meist nachträgliche Auswertung durch Erfassung, Integration und Analyse entsprechender Protokolldaten durch rechnergestützte Verfahren geleistet werden kann. Die Interpretation der gewonnenen Aussagen ist jedoch nur durch Hinzuziehung weiterer nur bedingt formalisierbarer örtlicher (zu Hause, am Arbeitsplatz, am öffentlichen Terminal), zeitlicher (vor, während oder nach einer Unterrichtseinheit), kausaler (vorbereitende, begleitende, repetierend oder memorierend), sozialer (Nutzung am Einzelplatz oder in der Gruppe) oder technischer (synchron oder asynchron) Randbedingungen umfassend möglich und sinnvoll. Als Vorteil quantitativer Verfahren ist zu nennen, dass die zu interpretierenden Daten kontinuierlich und unter Berücksichtigung aller Nutzer eines Systems erhoben und analysiert werden können. Außerdem sind die Daten nicht durch subjektive Einflüsse verfälscht. Drittens können Datenerhebung und -analyse unabhängig voneinander durchgeführt werden, so dass beispielsweise bei verbesserten Werkzeugen zur Analyse auch rückwirkend gespeicherte Daten betrachtet werden können. Nachteilig wirken sich jedoch die je nach Granularität der Erhebung zumeist hohe Menge an protokollierten Daten, ferner die fehlende Berücksichtigung externer Randbedingungen (etwa die Motivation für die Nutzung eines spezifischen Mediums oder Dienstes) aus.

Häufig werden unterschiedliche qualitative und quantitative Verfahren kombiniert, so etwa durch Einbeziehung nutzerspezifischer Daten oder durch

---

[263] Formative Evaluation ist immer dann besonders geeignet, wenn der Untersuchungsgegenstand neuartig ist oder neuartige Verfahren ausprobiert werden (siehe dazu etwa [BD95], [Sch96]).

punktuelle Befragungen. Andererseits wird – gerade bei prototypischen Entwicklungen – der Aspekt der Evaluation häufig aus verschiedenen Gründen vernachlässigt. Beispiele dafür sind etwa die mangelnde Berücksichtigung bei der Planung des Projekts, zeitliche Randbedingungen, zu großer personeller, zeitlicher und finanzieller Aufwand oder keine Einbeziehung von geeigneten Fachleuten, wie etwa Psychologen. Aus diesem Grund hat sich in den letzten Jahren das Forschungsgebiet Data Mining etabliert. Die hierunter subsumierten Verfahren zielen darauf, automatisch Zusammenhänge zwischen gespeicherten Datensätzen zu erkennen, also in einer gegebenen Datenmenge nach Mustern zu suchen, indem hierauf beispielsweise statistische Algorithmen oder domänenangepasste Heuristiken angewendet werden. Entsprechende Verfahren umfassen zumeist Problemanalyse, Datenextraktion, Datenbereinigung, Regelerzeugung und Ausgabeanalyse. Die mit diesen Verfahren gewonnenen Schlüsse werden eingesetzt, um beispielsweise besser und effizienter strategische wirtschaftliche Entscheidungen treffen zu können.

Während qualitative Analyseverfahren nur schwer bezüglich ihres benötigten Aufwands zu optimieren sind, ist es bei quantitativen Verfahren zumindest möglich, quantifizierbare Randbedingungen, die anderweitig ermittelt wurden, in rechnergestützte Verfahren einzubeziehen, um die oben genannten Nachteile zu relativieren. Es werden deshalb im weiteren Möglichkeiten untersucht, die Nutzung verteilter, web-basierter Bibliotheken quantitativ zu analysieren. Hierbei werden digitale Bibliotheken als Bestandteil netzgestützter Dienste betrachtet, welche nutzerseitig plattformübergreifend über eine WWW-Schnittstelle nutzbar ist. Somit werden alle Zugriffe über einen Web-Server gebündelt, dessen Aufgabe es ist, Anfragen auf Nutzerseite je nach angefordertem Dienst geeignet weiterzuleiten und eventuell syntaktisch und semantisch adäquat umzusetzen.

Zunächst werden die Möglichkeiten und Grenzen der Analyse automatisch erhobener WWW-Protokolldateien erörtert. Diese kann im Falle datenbankgestützt operierender Systeme verbessert werden, da die Syntax der Anfragen und Antworten mit der Modellierung des Daten- oder des Dokumentenbestands korrelieren. Um die Aussagefähigkeit auf weitgehend unstrukturierten und heterogenen Beständen digitaler Dokumente zu verbessern, wird unter dem Stichwort Library Mining ein eigener Ansatz vorgestellt, der konventionelle Logfile-Analyse mit Metadaten-Retrieval, also zusätzlichem Wissen über die einzelnen zu analysierenden Informationsobjekten, kombiniert. Dieses Verfahren wird anschließend anhand einer detaillierten Langzeitanalyse auf einem begrenzten Bestand digitaler, zu Lehrzwecken intendierter Dokumente, validiert. Mit den Ergebnissen anhand einiger konkreter Beispiele werden zusammengefasst die prinzipiellen Grenzen quantitativer Analyseverfahren bestätigt.

5.1 Analyse über Server-Logfiles

Unter der Annahme, dass alle nutzergesteuerten Interaktionen mit einer digitalen Bibliothek über einen WWW-Server geleitet werden, kann man aufgrund der Daten der Server-Protokolldateien die Kommunikation zwischen Client und Server analysieren. Exemplarisch betrachten wir hier das Common Log File Format (CLF) beziehungsweise dessen Erweiterung (Extended CLF), um die Möglichkeiten und Grenzen der Analyse mit Hilfe der hiermit ermittelten Rohdaten aufzuzeigen.

5.1.1 Das Common Log File Format und dessen Erweiterung

Die Interaktion zwischen Client und Server erfolgt über das heute übliche zustandslose Hyper Text Transfer Protocol (HTTP). Es ist zustandslos, so dass bei jedem Zugriff auf den Server eine neue Verbindung ausgehandelt, geöffnet und geschlossen wird[264]. Jede Zeile einer Protokolldatei spiegelt somit die erfolgte Transaktion wider. Hierbei[265] initiiert ein durch IP-Adresse oder Domain Name eindeutig ausgewiesener Client (1) zu einem definierten Zeitpunkt (4) eine Verbindung zum Server, um ein durch den Uniform Resource Locator (URL) determiniertes Dokument (5) anzufordern. Optional erfolgt der Zugriff als identifizierter Nutzer (3). Ist es dem Server nicht möglich, das angeforderte Dokument zu übertragen, kann es hierfür verschiedene Gründe geben, die durch eine eindeutige, im HTTP-Standard festgelegte Nummer gekennzeichnet wird (6). Ferner wird die Größe des übertragenen Dokuments in Bytes (7) angegeben. In der Erweiterung dieses Formats umfasst der Eintrag zusätzlich den Typus des zugreifenden Clients (9) und den URL der Seite (8), von der aus auf das Dokument (5) des Servers, dessen Protokolldatei betrachtet wird, zugegriffen wurde.

```
cw04.KA1.srv.t-online.de - anonymous [30/Apr/2000:00:12:19
+0200] "GET /viror HTTP/1.0" 200 8133 "http://www.iig.uni-
freiburg.de/telematik/links/links.html"          "Mozilla/4.0
(compatible; MSIE 5.01; Windows NT; QXW0332b)"
```

---

264 Seit Juni 1999 existiert das HTTP-Protokoll in der Version 1.1, bei der insbesondere persistente Verbindungen zwischen Client und Server möglich sind, so dass nicht für jede Übertragung einer Komponente eines Dokuments ein gesonderter Auf- und Abbau der Verbindung notwendig ist.

265 Die Ziffern in Klammern geben die Position innerhalb einer Zeile des Protokolldatei-Eintrags wieder, siehe dazu etwa das folgende Beispiel.

In diesem Beispiel handelt es sich um eine Anfrage des Client mit Domain-Name cw04.Kal.srv.t-online.de als unidentifizierter Benutzer (anonymous) am 30. April 2000 um 00:12, und zwar auf die URL http://www.viror.de/viror, die erfolgreich (Status 200) beantwortet wurde, indem 8133 Bytes übertragen wurden. Angefragt wurde mit einem Netscape 4.0-Browser unter Windows NT von der URL http://www.iig.uni-freiburg.de/telematik/links/links.html aus.

Hierbei ist anzumerken, dass ein angefordertes Dokument selbst aus mehreren Objekten zusammengesetzt sein kann (beispielsweise verschiedene Rahmen, Graphiken oder eingebettete Java-Applets). In diesem Fall wird jedes dieser Bestandteile über eine eigene HTTP-Verbindung zum Server angefordert und resultiert konsequenterweise in einer eigenen Zeile in der Protokolldatei.

5.1.2 Mögliche Rückschlüsse

Die Information, die aus den Rohdaten ersichtlich ist, lässt sich durch einige zusätzliche Überlegungen erweitern. Die wichtigsten Aspekte werden hier kurz diskutiert:

- **Herkunft des Clients:** Aus der IP-Adresse lässt sich die Herkunft des Clients nicht ermitteln, wohl aber aus dem (weit häufiger protokollierten) Domain Name. Deren Suffix entspricht bei zwei Buchstaben einem standardisierten Ländercode, bei drei Buchstaben dem Typ der Organisation, von der aus der Zugriff erfolgte (beispielsweise edu für akademische Einrichtungen oder com für kommerzielle Unternehmen). Genauer gesagt handelt es sich hier um die IP-Adresse des anfragenden Knoten, so dass bei einem Zugriff über einen Proxy-Server die Adresse des eigentlichen Client verborgen bleibt.
- **Typ des Dokuments:** Aus der Endung der angeforderten Datei lässt sich deren Typ ermitteln, da diese standardisiert sind (beispielsweise doc für Word-Dokumente, pdf für PDF-Dateien, gif, tif oder jpg für Bilddokumente. Somit lassen sich unter gewissen Annahmen (beispielsweise, dass Bilddokumente im allgemeinen integraler Teil eines HTML-Dokuments sind) einzeln protokollierte Übertragungen als nachgeladene Dokumente identifizieren.
- **Aktualität der Verweise:** Da Verweise auf andere Dokumente integraler Teil eines WWW-Dokuments sind, zieht die Änderung der Struktur eines Dokumentenbaums möglicherweise (manuelle) Änderungen von Verweisen nach sich. Tauchen beim Server-Zugriff über einen längeren Zeitraum Fehler auf, so kann dies darauf hindeuten, dass entsprechende Verweise nicht aktualisiert wurden („404 File Not Found").

- **Verweise auf den Server:** Wird – wie im obigen Beispiel – das erweiterte CLF-Format benutzt, so kann man eine Liste der Fremdserver anlegen, von denen aus auf eigene Dokumente verwiesen wird.
- **Häufigkeit der Zugriffe:** Über einen längeren Zeitraum akkumuliert lässt sich die Häufigkeit der Nachfrage nach Server-Dokumenten allgemein oder nach bestimmten Dokumenten aufzeigen. Resultiert die Einstellung eines bestimmten Angebots im darauffolgenden Zeitraum in überdurchschnittlich vielen Zugriffen, so lässt sich daraus ein mögliches Maß der Popularität eines Dokuments ableiten. Stellt man andererseits beispielsweise fest, dass ausländische Domains wenige Zugriffe verzeichnen, kann man die internationale Ausrichtung seines Web-Angebots optimieren und erneut prüfen, ob die Maßnahmen hierzu erfolgreich waren.
- **Charakteristische Nutzungspfade:** Ein Pfad, den ein Nutzer eines Servers zurücklegt, ist eine zusammenhängende Folge von eigenständigen Dokumenten, die nacheinander selegiert wurden. Um diese zu ermitteln, werden alle Zeilen aus der Protokolldatei gruppiert, bei denen der anfragende Client identisch ist. Für jede so erhaltene Liste lässt sich durch Betrachtung des angeforderten URL und der Herkunft (im erweiterten CLF-Format) ein Nutzungspfad erstellen: Existiert für einen Client in einem Eintrag der Protokolldatei bereits eine Liste, bei denen der erste Eintrag der aktuellen Zeile mit dem ersten Eintrag aus einer beliebigen Zeile dieser Liste identisch ist, so ist die Herkunft entweder vom Server, dessen Protokolldatei betrachtet wurde, oder von einem anderen Server. Im ersten Fall wird der angeforderte URL an die bestehende Liste angefügt, ansonsten wird die aktuelle Liste geschlossen und mit diesem URL als ersten Eintrag eine neue Liste für den gleichen Client angelegt. Anderenfalls wird eine neue Liste für den Client erzeugt, dessen erster Eintrag dem angeforderten URL entspricht. In einem zweiten Schritt kann die Menge der angelegten Listen auf identische Folgen angeforderter URLs durchsucht werden, diese heißen charakteristische Pfade. Bei häufig wiederkehrenden Mustern handelt es sich jedoch möglicherweise um nicht eigenständige Dokumente, also solche, die innerhalb einer WWW-Seite als Frames oder Graphiken eingebettet sind.

5.1.3 Maßnahmen zur Optimierung der Aussagefähigkeit

Da alle Zugriffe innerhalb eines definierten Zeitraums protokolliert werden, umfasst dies auch die Zugriffe von automatischen Robotern, die von Suchdiensten eingesetzt regelmäßig nach unterschiedlichen Kriterien das erreichbare Dokumenten-Angebot auf WWW-Servern nach heuristischen Verfahren indexieren. Mit der wachsenden Anzahl von Servern und Suchmaschinen, die jeweils auf eigene Indizes zugreifen, wächst auch der Verkehr in Datennetzen. der nicht durch Nutzerinteraktionen initiiert wurde.

Eigene optimistische Schätzungen gehen von durchschnittlich 8% der Gesamtzugriffe pro Server aus, die relative Häufigkeit variiert jedoch stark. Verfügt man über eine Liste bekannter Roboter-Namen, die im erweiterten CLF-Format protokolliert werden, so kann man solche unerwünschten Zugriffe herausfiltern, da bei der Nutzung einer digitalen Bibliothek nur benutzerinitiierte Interaktionen von Interesse sind. Häufig erkennt man als menschlicher Beobachter bereits am Namen oder an der Bezeichnung eines Clients, ob es sich eventuell um einen Suchroboter handelt, so dass auch irrtümlich betrachtete Zugriffe im Nachhinein halbautomatisch herausgefiltert werden können. Alternativ hierzu könnte man den eigentlichen Dienst über einen Server abwickeln, der nicht direkt ans Internet angeschlossen ist, so dass die Zahl der unerwünschten Zugriffe minimiert werden kann. Alternativ dazu ist es dem Betreiber des Servers möglich, den Zugriff durch Roboter komplett oder auch teilweise zu unterbinden.

Bei zwei aufeinanderfolgenden Anforderungen einer Domain auf die gleiche Adresse kann man ferner davon ausgehen, dass beispielsweise eine fehlerhafte Übertragung der Grund für die wiederholte Interaktion war und somit die entsprechend resultierenden Mehrfacheinträge aus der Protokolldatei herausfiltern. Schließlich kann man auch Klassen von Dokumenttypen oder einzelne Instanzen herausfiltern, wenn bekannt ist, dass diese keine eigenständigen Dokumente (zum Beispiel Navigations-Icons oder graphische Schriftzüge) darstellen.

5.1.4 Grenzen des Verfahrens

Bei einer nutzerbezogenen Analyse sind nicht nur punktuelle Interaktionen von Interesse, sondern vielmehr auch Nutzungsprozesse über längere Zeiträume. Wegen des zustandslosen Protokolls ist es jedoch nur mit Hilfe zu spezifizierender Voraussetzungen und Randbedingungen möglich und sinnvoll, mehrere sukzessive Zugriffe von einer Domain aus als Sitzungen zu aggregieren (siehe auch Abschnitt 5.3).

Alle Dokumente sind durch entsprechende URLs eindeutig identifiziert, andererseits kann man den Typ des Dokuments nicht aus den Protokolldaten ermitteln. Im Hinblick auf digitale Bibliotheken ist dabei weniger das Format des Dokuments von Interesse – dieses kann zumindest bei statischen Seiten durch Betrachtung der Zuordnung von Mime Types und Suffix der angeforderten Datei ermittelt werden –, sondern vielmehr die Art der Publikation, zu der ein Dokument gehört und verschiedene bibliographische Daten wie Autor, Titel oder Verlag.

Eine prinzipielle Einschränkung ergibt sich auch dadurch, dass lediglich punktuelle Interaktionen zwischen Client und Server berücksichtigt werden können, nicht aber alle nutzerseitigen Aktionen, die keine Verbindung zum

Server benötigen, wie beispielsweise die Nutzung von externen Applikationen (beispielsweise Java-Applets) oder das Drucken einzelner Seiten. Damit sind natürlich auch keine Aussagen über die Intentionalität der Nutzung eines WWW-basierten Systems möglich. Bei datenbankgestützten Systemen müssen ferner Kenntnisse über die Semantik der Abfragen bekannt sein, um aus den URLs eine Zuordnung zu tatsächlich genutzten Objekten ermitteln zu können. Dies ist auch nur dann möglich, wenn die vom Nutzer übergebenen Parameter innerhalb des URL als Suffix gespeichert sind.

5.2 Datenbankgestützte Interaktionen

Modelliert man die möglichen Interaktionen mit einem System als Datenbankanfragen, so kann man domänenabhängig mit dem Wissen um die Bedeutung aller möglichen Interaktionen und ihrer Abbildung auf geeignete Queries sehr detailliert das Nutzerverhalten protokollieren. Je granulärer jedoch die Nutzerdaten erhoben werden, desto größer auch ihre Menge, und desto stärker sind diese Daten bei der Analyse zu aggregieren, um bedeutsame Aussagen erzielen zu können. Neben der problemangepassten, flexiblen Datenerhebung bieten sich Verfahren des Data Mining zur Auswertung an. Da hierbei zusätzlich interessierende Angaben und Parameter über benutzte Dokumente, Objekte oder Teilsysteme, aber auch Nutzerprofile, in Datenbanktabellen gespeichert sein können, lassen sich aus der Kenntnis des Nutzers und seiner Interaktionen auch Rückschlüsse aufgrund des Nutzerverhaltens treffen. Während Anwendungen wie Suchmaschinen, WWW-Portale und Auskunftsdienste nur als datenbankgestützte Systeme realisierbar sind, findet man auch bei vielfältigen Interaktionsmöglichkeiten und großen Mengen elektronischer Dokumente, deren Bestand sich kontinuierlich ändert, wie etwa in Firmen-Intranets, ebenfalls dynamische Systeme vor, deren Verwendung sich nur durch eine detaillierte Kenntnis der anwendungsabhängigen Nutzungsprotokolle erschließt. Hier findet oft eine strikte Trennung von Datenhaltung und Präsentation statt (etwa durch den Einsatz von PHP oder ASP[266]), so dass Inhalt und Design unabhängig voneinander gewartet werden können.

---

[266] PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) ist eine frei verfügbare serverseitige Skriptsprache. Dies bedeutet, dass der entsprechende Interpreter die auf einer HTML-Seite gespeicherten PHP-Befehle vor der Auslieferung an den Client abarbeitet und durch das Ergebnis dieser Operation (also durch den Client interpretierbare Zeichenketten, üblicherweise HTML und/oder JavaScript) ersetzt. ASP (Active Server Pages) ist eine ähnliche, von Microsoft entwickelte Technik.

Verfahren, die das Nutzerverhalten aufgrund datenbankgestützter Interaktionen ermitteln wollen, können jedoch nur vordergründige Zusammenhänge erschließen, während kausale Zusammenhänge nur durch Kenntnis der Randbedingungen und Szenarien der Nutzung zu ermitteln sind.

5.3 Library Mining als Synthese aus Logfile-Analyse und Metadaten-Retrieval

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Aufgabe, die Nutzung einer digitalen Bibliothek zu analysieren. Das dazu entwickelte Verfahren, welches im folgenden diskutiert wird, wurde auf einen exemplarisch an der Universität Freiburg gesammelten Bestand textueller und multimedialer Dokumente angewendet, wobei die Nutzung dieser Dokumente über einen Zeitraum von 29 Monaten ermittelt wurde. Folglich liegt der Schwerpunkt der Untersuchung auf der Häufigkeit der Nutzung einzelner Inhalte. Nebenbei wird – exemplarisch für systemeigene Funktionen – die Nutzung der integrierten Suchfunktion des Systems untersucht, diese allerdings aus technischen Gründen nur über einen Zeitraum von 20 Monaten, nämlich September 1998 bis April 2000 einschließlich.

Bei den berücksichtigten Dokumenten auf dem Server der analysierten lokalen digitalen Bibliothek handelt es sich um semantisch unterschiedliche Publikationsformen:

- Lehrbücher,
- multimediale, nach dem in Abschnitt 3.3.4 vorgestellten Note-Taking-Verfahren (Authoring-on-the-Fly) erzeugte Vorträge,
- Konferenzbände (Proceedings),
- einzelne wissenschaftliche Artikel,
- Technische Berichte,
- Diplom- und Studienarbeiten,
- Handbücher und Nachschlagewerke.

Wenn auch der Umfang an eigenständigen Publikationen nicht mit dem Angebot einer konventionellen wissenschaftlichen Bibliothek vergleichbar ist, so ergibt sich aus der Vielfalt der Publikationsformen dennoch ein repräsentativer Querschnitt durch die von Universitätsangehörigen bereitgestellten Medien.

Als erschwerende Randbedingung war die Menge der hier untersuchten Publikationen integraler Teil eines WWW-basierten Lehrstuhl-Informationssystems, dessen Basis das Hypermedia-Systems Hyperwave bildet. Da die Interaktionen der Nutzer des Systems in Protokolldateien im erweiterten CLF-Format

gespeichert waren, bildeten diese die Basis der quantitativen Evaluation. Somit ergibt sich auch hier die prinzipielle Einschränkung, lediglich Interaktionen zwischen dem Client des Nutzers sowie dem Dokumentenserver protokollieren und analysieren zu können. Die in diesem Zusammenhang gestellten Anforderungen an die Nutzungsanalyse, wie sie im folgenden Abschnitt beschrieben werden, sowie die Schwierigkeiten reiner Logfile-Analysen (siehe Abschnitt 5.1.4) resultierten in der Notwendigkeit, ein eigenes problemangepasstes Verfahren zu entwickeln. Die Ergebnisse und ihre Interpretation werden in Abschnitt 5.4 vorgestellt.

5.3.1 Vorüberlegungen zum automatischen Analyseverfahren digitaler Bibliotheken

Als grundsätzliche Notwendigkeit erwies sich die Unterscheidung zwischen Publikationen und reinen Informationsseiten des Servers. Da die Publikationen hierarchisch verteilt im Gesamt-Dokumentenbestand des Servers gespeichert waren, musste dazu jeder Bestandteil einer Publikation entsprechend markiert werden. Dies erfolgte – angelehnt an den Dublin-Core-Standard als kleinsten gemeinsamen Nenner –, indem Publikations-Module mit entsprechenden Metadaten versehen wurden. Dies erfolgte aufgrund der Annahme, dass jede Publikation strukturell als Baumordnung aus atomaren und zusammengesetzten Knoten aufgefasst werden kann. Ein durch eine Publikation aufgespannter Dokumentenbaum besteht also aus:

- **atomaren Knoten**, die assoziiert sind mit zusammenhängenden Dokumenten, also einer singulären Datei, die entweder statisch vorliegen oder aufgrund einer Datenbankabfrage dynamisch erzeugt worden sein kann. Atomare Knoten, auch Blätter genannt, haben keine Nachfolger;
- **zusammengesetzten Knoten**, die durch die Gruppierung oder Aggregierung atomarer Knoten gebildet werden können. Dies kann beispielsweise eine Liste von Dokumenten sein, die aufgrund einer Suchanfrage zurückgegeben werden. Zusammengesetzte Knoten werden also gebildet, wenn die strukturelle oder inhaltliche Beziehung zwischen zwei oder mehreren unzerteilbaren Dokumente verdeutlicht werden soll. Um zirkuläre Referenzen zu vermeiden, dürfen zusammengesetzte Knoten sich nicht selbst enthalten, wohl aber in anderen (zusammengesetzten) Knoten enthalten sein. Diese Beziehung kann graphisch auf verschiedene Weise dargestellt werden, so beispielsweise neben Baumordnungsdiagrammen auch als Inklusionsdiagramme.

Jeder dieser Knoten wurde mit entsprechenden bibliographischen Metadaten wie Autor, Titel, Verlag versehen. Dabei kam dem Feld **Relation** die Bedeutung zu, auf den zusammengesetzten Knoten zu verweisen, der logisch der Wurzel der Publikation entspricht. Dadurch ergibt sich zum einen, dass diese zirkulär auf

sich selbst verweist (Selbstreferenz), zum anderen, dass die bibliographischen Daten, die sich auf die gesamte betrachtete Publikation beziehen, nur als Attribute der Wurzel des Dokumentenbaums vorhanden sein müssen, da diese von jedem Knoten eines Dokumentenbaumes aus indirekt erschlossen werden können. Somit wurden nur diejenigen Dokumente als Publikation oder Teil davon interpretiert, wenn das Attribut **Relation** gefunden werden konnte. Damit definiert sich der Dokumentenbestand der genutzten digitalen Bibliothek hier als Gesamtheit der auf dem betrachteten Server gespeicherten als Publikation identifizierten Objekte[267].

Um handhabbare und vergleichbare Zeitspannen zu erhalten, wurde die Gesamtheit aller Zugriffe in wöchentlichen Abständen partitioniert. Um das Nutzerverhalten unverfälscht analysieren zu können, war es zudem notwendig, durch Roboter automatisch erzeugte Seitenzugriffe herauszufiltern. Dies erfolgte, indem ausgehend von einer Datei, in der die Namen bekannter Roboter gespeichert waren, bei jedem Zugriff der Name der genutzten Software geprüft wurde. Es ergaben sich hierbei folgende Möglichkeiten:

- **Optimistische Klassifizierung**: Nur solche Zeilen werden ausgesondert, deren zugreifende Software als Roboter bekannt ist;

- **Pessimistische Klassifizierung**: Alle Einträge werden als Roboter betrachtet, deren Software nicht als Browser bekannt ist.

Die Menge bekannter Browser ist wesentlich kleiner als die bekannter Roboter, beide verändern sich jedoch dynamisch. Um möglichst keine Nutzereinträge irrtümlich auszuschließen, wurde die optimistische Klassifizierung gewählt[268].

---

[267] Das zugrundeliegende System unterscheidet zwischen den physikalischen Dokumenten und den darauf aufgebauten strukturell beliebigen Objektgraphen. Ein Objekttyp ist beispielsweise der Verweis auf Dokumente eines anderen Server, so dass auch der Zugriff auf Fremdpublikationen als Gesamtheit ermittelt werden kann. Der Zugriff auf einzelne Module in Fremdpublikationen könnte nur dann festgestellt werden, falls die entsprechende Dokumentstruktur auf dem analysierten Server als Objektstruktur nachgebildet würde, was jedoch in diesem Fall nicht zutrifft.

[268] Zunächst wurde irrtümlicherweise davon ausgegangen, dass auf jedem Client nur ein Typ Software auf den Server zugreift. Dies trifft jedoch nur bedingt bei Einzelplatzrechnern zu (es können mehrere Browser installiert sein und benutzt werden), weniger noch bei lokalen Rechnernetzen, auf denen sogar zeitgleich Roboter und Browser installiert und aktiv sein können.

Als weiterer Filtermechanismus wurden unter der Annahme, dass Bilddateien als Bestandteil von Textdokumenten vorkommen, Bilddokumente und Icons als nicht eigenständige Dokumente ignoriert und die entsprechenden Zeilen nicht weiter in der Analyse berücksichtigt.

Bei der Nutzung einer Bibliothek kann man alle Aktionen zu einem Besuch rechnen, die sich zwischen Betreten und Verlassen der Räumlichkeiten ereignen. Bei rechnergestützten Systemen jedoch ist für deren Nutzung nicht immer eine Anmeldung erforderlich, folglich ist es schwierig, zwischen verschiedenen Nutzern zu unterscheiden. Deshalb wurde bei unterschiedlichen Client-Browser-Kombinationen auch von unterschiedlichen Nutzern ausgegangen. In jedem Fall konnte zwar beim ersten erfolgten Zugriff einer solchen Kombination vom Beginn einer Nutzung ausgegangen werden, deren Ende jedoch konnte nicht als letzter Eintrag in einem festen Zeitraum angenommen werden, da auch von mehreren aufeinanderfolgenden Besuchen ausgegangen werden musste und keine explizite Abmeldung aus dem System erfolgte. Um kontinuierliche Nutzungen des Systems dennoch möglichst realistisch feststellen zu können, wurde wie folgt vorgegangen:

- Zunächst wurden die Zeilen einer Protokolldatei aufgrund ihrer Client-Browser-Paarungen in disjunkte Gruppen zerlegt.
- Der erste Eintrag einer Gruppe entsprach dem Beginn der Nutzung. Eine Nutzung wurde definiert als Menge aufeinanderfolgender Zugriffe auf den Server. Dies impliziert, dass für eine Nutzung zumindest zwei Zugriffe nötig sind. Für jeden weiteren Eintrag wurde die zeitliche Differenz zum vorangegangenen Eintrag ermittelt. Überstieg er ein (parametrisierbares) zeitliches Intervall (hier wurden 60 Minuten als realistisch angesehen), so wurde vom Beginn einer neuen Nutzung ausgegangen, somit stellte der vorangegangene Eintrag das Ende einer Nutzung dar.
- Eine Nutzung ist nur dann als sinnvoll zu betrachten, wenn sie eine minimale Dauer überschreitet, wenn man davon ausgeht, dass sie intentional ausgerichtet ist, also nicht nur zu Testzwecken des Systems dient. Als minimale Dauer wurden 5 Minuten vorausgesetzt. Diese Nutzungen werden im folgenden auch als Sitzungen oder Sessions bezeichnet. Alle Nutzungen, deren Dauer diesen Wert nicht erreichte, wurden nicht weiter betrachtet.
- Als Bibliotheksnutzung wurde eine Nutzung des Servers bezeichnet, bei dem mindestens ein Modul einer Publikation angefragt worden war. Bibliotheksnutzungen wurden nur dann berücksichtigt, wenn sie eine minimale Zeitspanne (siehe oben) überschritten.

Die Nutzung von Funktionalitäten über den einfachen Zugriff auf Dokumente hinaus werden jeweils als echte Interaktionen mit dem Server gewertet. Dies

sind beispielsweise die Manipulation (Einfügen, Edieren, Löschen, Verschieben, Kopieren) von Dokumenten; diese Operationen wurden als interne Aktion zusammen mit benutzerdefinierten Parametern als Teil einer URL in der Protokolldatei gespeichert wurde. Hierbei war zu unterscheiden zwischen benutzerseitigen und systemseitigen Aktionen. In den meisten Fällen handelte es sich um Paare von Anfragen seitens eines Nutzers, die eine (dynamische) Antwort des Systems zur Folge hatten (etwa bei einer Suchanfrage), bei statischen Reaktionen, wie das Laden eines Dokuments nach Ausführung einer Navigation wurde jedoch nur die benutzerseitige Aktion protokolliert. Indem bei Zugriffen auf Dokumente, deren URL syntaktisch auf die Nutzung eingebauter Funktionen hindeutete, der jeweilige Suffix der protokollierten URL auf die semantische Bedeutung der jeweiligen Aktionen abgebildet wurde, konnte das Nutzerverhalten zumindest rudimentär untersucht werden. So deuten die Parameter bei einer Suchanfrage darauf hin, welche Erwartungen Nutzer beim Gebrauch digitaler Bibliotheken im Hinblick auf das Angebot haben. Andererseits kann zum Beispiel die häufige oder wiederholte Nutzung von Online-Hilfemöglichkeiten auf unbefriedigende Gestaltung der Nutzungsschnittstelle hindeuten.

Die Nutzungsdauer eines Dokuments wurde berechnet, indem der zeitliche Abstand zum letzten Zugriff aufgrund der gespeicherten Zeitstempel in jeder protokollierten Zeile gemessen wurde. Mit diesem Verfahren ergab sich aber kein Wert für den letzten Zugriff einer Nutzung. Deswegen wurde diese Zeit als Mittel aller vorangegangenen Zugriffe errechnet. Falls der Mittelwert allerdings den festgelegten Schwellwert für betrachtete Dokumente unterschreitet, wird unter der Annahme, dass das letzte angeforderte Dokument einer Sitzung wegen seiner inhaltlichen Relevanz gewählt wurde, der Mittelwert durch den Schwellwert, also die minimale Zeit für die Betrachtung eines Dokuments, ersetzt.

Nicht alle Dokumente des Servers werden innerhalb einer Nutzung als gleich relevant angenommen. Aus diesem Grund wurde unterschieden zwischen

- **transienten**[269] **Zugriffen**, also Dokumente, die beispielsweise nur zur weiteren Navigation angefordert wurden. Darunter wurden alle Zugriffe gezählt, bei denen die Nutzungsdauer die minimal angenommene Betrachtungszeit – hier 10 Sekunden – nicht übersteigt. Bleibt die Betrachtungszeit einer Komponente aus einem als Publikation gewerteten Dokument darunter, ist

---

[269] Für das englische Wort *transient* gibt es kein entsprechendes deutsches Wort, da sein lateinischer Ursprung (trans=zwischen, ire=gehen) die intendierte Bedeutung gut wiedergibt, wird er an dieser und folgenden Stellen als Wortneuschöpfung verwendet.

anzunehmen, dass die Erwartungen an dieses (beispielsweise aufgrund des Titels) nicht erfüllt wurden, und

- **betrachtenden Zugriffen**, deren Nutzungsdauer mindestens der minimal angenommene Betrachtungszeit entspricht.

Die Partitionierung der Protokolldateien in vergleichbare Zeitabschnitte von je einer Woche hatte zur Folge, dass speziell die Nutzung einzelner Publikationen zunächst nicht über einen größeren Zeitrahmen untersucht werden konnte. Deshalb wurde für jede Publikation eine Datei angelegt, in der verschiedene Daten zu ihrer Nutzung temporär gespeichert wurden. Wurde eine Publikation innerhalb mehrerer Zeitabschnitte genutzt, so wurden die entsprechenden Parameter zeitlich korrekt eingeordnet. Diese kumulativ ermittelten Daten wurden dann zur automatischen Generierung von Balkendiagrammen mit Hilfe eines frei verfügbaren Zeichenprogramms benutzt.

5.3.2 Ausgabe des Analyseverfahrens

Für jede Anwendung des Verfahrens auf eine Protokolldatei wurde eine zusammenfassende Überblicksdatei, ausgegeben. Ferner wurde für jede Nutzung, die den Zugriff auf Publikationen einschloss, eine Analyse des Nutzungsverlaufs erzeugt.

Überblicksdateien umfassen folgende Abschnitte:

- **Allgemeine Statistiken**: Hierunter ist die absolute und relative Zahl an Browser-, Roboter- und unbekannten Zugriffen zu zählen, ferner der Anteil transienter und betrachtender Zugriffe in den verschiedenen Nutzungsformen, Anzahl konsultierter Publikationen und Module, Anzahl verschiedener Nutzungen, sowie die Summe der zeitlichen Dauer unterschiedlicher Nutzungsformen, ferner auch den Anteil genutzter Publikationen und deren Betrachtungsdauer.
- **Fehlerhafte Zugriffe**: Alle Zeilen der Protokolldatei, bei denen Übertragungsfehler beobachtet wurden, wurden aufgrund ihrer absoluten und relativen Häufigkeit gruppiert und dargestellt.
- **Dauer der Nutzungen**: Hier wurden die längsten zehn Nutzungen, das Minimum verschiedener Nutzungsformen, sowie die entsprechenden Durchschnittswerte errechnet sowie auf den Client und Browser bezogen.
- **Maximale Betrachtungsdauer** einzelner Dokumente, auch hier die größten 10 Werte, Durchschnitte und Minima.

- **Anzahl der angeforderten Dokumente** während einer Nutzung, ebenfalls die 10 Maximalwerte, Minima und Durchschnitt, gegliedert nach transienten und betrachteten Dokumenten sowie Client und Browser zugeordnet.
- **Anzahl der Nutzungen** in den unterschiedlichen Nutzungsformen pro Client.
- **Verhältnis zwischen anonymen und identifizierten Nutzungen** in den verschiedenen Nutzungsformen sowie deren absolute Zahl.
- **Tabelle aller berücksichtigten Nutzungen** mit den Parametern Client, Identifizierungsmodus, Browser, Datum, ferner Beginn, Ende und Dauer der Nutzung, zusätzlich Anzahl der angeforderten Dokumente, transient und betrachtet nebst relativer Häufigkeit.
- **Tabelle der Nutzungen und der jeweils angeforderten Publikationen** mit Angaben zur Zahl der Module und zeitlicher Nutzung.
- **Tabelle der angeforderten Publikationen**, zugeordnet zu den jeweiligen Nutzungen, mit zeitlichen und quantitativen Angaben.
- **Tabelle der genutzten Module** mit der Zuordnung zu den jeweiligen Publikationen, die Häufigkeit und Dauer der jeweiligen Nutzung.

Für jede berücksichtigte Nutzung ist der entsprechende Eintrag in der Übersichtsdatei verknüpft mit der detaillierten Analyse des Nutzungsverlaufs. Zusammengefasst wurden die für jede Woche erstellten einzelnen Überblicksdateien in tabellarischer Form, wobei der Zugriff auf alle Publikationen ebenfalls im Überblick mit Verweis auf die entsprechende Datei mit den automatisch generierten Graphiken übersichtlich dargestellt wurde.

5.4 Ergebnisse der Analyse

Wegen des Umfangs der Nutzungsdaten über den analysierten Zeitraum war es schwierig, diese zu aggregieren. Der Schwerpunkt der zusammenfassenden Interpretation aufgrund der automatisch erstellten HTML-Analyse-Dateien liegt insbesondere auch wegen des Interesses an der Nutzung der verschiedenen digitalen Inhalte auf den Publikationen und nur eingeschränkt auf Nutzerinteraktionen, zumal es sich um nicht schreibbare Dokumente handelte und die serverseitig verfügbaren Interaktionen nur eingeschränkt zur Verfügung standen[270].

---

[270] Dies betrifft beispielsweise die Möglichkeit zur Annotation, welche es erlaubt, textuelle Anmerkungen zu einzelnen Server-Objekten und – im Fall von HTML-Dateien – auch innerhalb von Dokumenten anzubringen. Die Beobachtung anhand

Nach einigen allgemeinen Ergebnissen wird speziell die Nutzung einzelner Publikationen über den Analysezeitraum hinweg betrachtet, bevor exemplarisch die Nutzung der Suchfunktion als Interaktion mit dem Server behandelt wird.

5.4.1 Allgemeine Resultate

Ausgehend von den Überlegungen zur Klassifikation einzelner Zugriffe, wie sie im genutzten Analyseverfahren implementiert worden war, sind die Resultate innerhalb des Untersuchungszeitraums akkumuliert worden, so dass an den praktischen Ergebnissen die Tauglichkeit der heuristischen Vorgehensweise überprüft und optimiert werden konnte.

5.4.1.1 Vorklassifikation der Zugriffe

Nach jeder Anfrage schickt der Server dem Browser über HTTP das angeforderte Dokument (Status 200) oder eine Fehlermeldung, die aber nicht immer für den Nutzer als solche erkennbar ist, beispielsweise dann, wenn sie den Browser veranlasst, selbständig eine neue, modifizierte Anfrage zu stellen.

Das HTTP-Protokoll in der Version 1.0 definiert 34 solcher Fehlerzustände, von denen allerdings im Beobachtungszeitraum nur zehn vorgekommen sind. Die untenstehende Tabelle 5.2 illustriert ihre grundsätzliche Bedeutung, die anschließend im Kontext der genutzten Servertechnologie näher erläutert wird (siehe auch Spalte „Einordnung").

Code	Bezeichnung	Bedeutung	Wirkung	Einordnung
204	No Content	leeres Dokument	Popup-Fenster	Fehler
206	Partial Content	unvollständiges Dokument	partieller Inhalt übertragen	Fehler
302	Moved Temporarily	URL geändert	automatisches REDIRECT	kein Fehler
304	Not Modified	angefordertes Dokument im Cache	Dokument aus Cache angezeigt	kein Fehler
401	Unauthorized	Identifikation erforderlich	Popup-Fenster (Name+Passwort)	kein Fehler
403	Forbidden	Zugriff nicht erlaubt	Server-Meldung	Fehler
404	Not Found	URL nicht	Server-Meldung	Fehler

zweier später bereitgestellter alternativer Umgebungen, welche diese Annotationsmöglichkeit bereitstellten, zeigte jedoch, dass diese kaum genutzt wurde.

		referenzierbar		
500	Internal Server Error	Server nicht zugreifbar	Server-Meldung	Fehler
501	Not Implemented	HTTP-Kommando auf Server nicht ausführbar	unbekannt	Fehler
503	Service Unavailable	Server läuft nicht	Popup-Fenster	Fehler

Tabelle 5.2: Fehlercodes des HTTP-Protokolls

Wenn ein Nutzer einen externen WWW-Verweis selegiert, der als entsprechendes Server-Objekt angelegt ist, wird dieser aufgelöst in den realen URL, so dass der Server den Code 302 zurückmeldet zusammen mit dem Zielverweis im HTTP-Header. Die gleiche Rückmeldung erfolgt bei Aktivierung von CGI-Skripten sowie Verweisanker. Da der Browser beim Zugriff auf ein im Cache vorrätiges Dokument abhängig von dessen Einstellungen ein If-Modified-Since-Kommando schickt, wird dieses nur dann geliefert, wenn die im Cache gespeicherte Version gegenüber der am Server gespeicherten Fassung veraltet ist. Ansonsten wird der Code 304 zusammen mit dem zwischengespeicherten Dokument an den Browser geschickt. Wird schließlich ein Objekt angefordert, welches erst nach (erneuter) Identifikation zugreifbar ist, dann öffnet sich aufgrund des Codes 401 im Browser ein Fenster, in dem Nutzername und Passwort abgefragt wird. Man kann also in diesen drei Fällen nicht von einem fehlerhaften Zugriff sprechen, wenn man dies so interpretiert, dass der Nutzer nicht an das angeforderte Dokument herankommt. Im letzten Fall wird bei einer fehlgeschlagenen Identifikation der Code 401 zusammen mit einer entsprechenden Server-Meldung zurückgeliefert.

Hinsichtlich des Codes 401 (Unauthorized), welcher den Browser veranlasst, vom Nutzer dessen Identifikation zu fordern, kann zwischen expliziter und impliziter Identifikation unterschieden werden. Im ersten Fall ist dies die Auswahl der entsprechenden Anmelde-Funktion im Browser-Interface, letztere erfolgt automatisch, wenn ein nicht allgemein lesbares Dokument bei fehlendem oder unzureichenden Login angewählt wird. Für die Mehrzahl der Dokumente, insbesondere auch der vorlesungsbegleitenden Materialien und Publikationen, gilt hier, dass sie zumindest im lokalen Netz des Instituts ohne explizite Anmeldung nutzbar sind[271]. Ausgenommen hiervon sind die innerhalb der auf dem

[271] Aus technischen Gründen sind die verfügbaren Online-Vorträge nur im lokalen Netz nutzbar, ansonsten wird jeder Nutzer aus dem lokalen Netz automatisch mit einer generischen Nutzerkennung identifiziert (halbautomatische Anmeldung).

gleichen Server basierenden Lernplattform eingestellten Lernmaterialien zu einer ausgewählten Lehrveranstaltung des Hauptstudiums (Algorithmentheorie), da hierfür eine explizite Identifikation in jedem Fall nötig ist.

Während also im Schnitt die absolute Zahl an Identifikationen am Server etwa 80 pro Woche beträgt, werden in den ersten beiden Monaten des Wintersemesters 1999/2000 zwei Maxima mit fast 600 Anmeldungen pro Woche (wegen der Registrierung bei der Lernumgebung und des damit zusammenfallenden erstmaligen Zugriffs, also gewissermaßen als Neuigkeitseffekt) und später nochmals immerhin 350 Identifikationen ermittelt, die Nutzungszahlen erreichen dann ein Minimum von 20 Anmeldungen um den Jahreswechsel und steigen vor der Abschlussklausur auf etwa 220 an. Die stark schwankende Zahl an Anmeldungen innerhalb der Lernumgebung ist ein Indiz dafür, dass der Zugriff im wesentlichen zum Retrieval der Lernmaterialien, weniger aber zur Nutzung der kommunikativen und kooperativen Funktionen genutzt wurde, und zwar nur durch einen Teil der Studierenden, zudem hauptsächlich zum Kennenlernen der Umgebung sowie im Vorfeld der semesterbezogenen Prüfung. Dies liegt aber auch daran, dass viele Lernmaterialien, beispielsweise die Vortragsaufzeichnung, auch ohne Umweg über die Lernumgebung genutzt werden konnten. Damit was es dann freilich nicht mehr möglich, von den für die Nachbereitung so wichtigen systeminternen Funktionen wie Annotierung und Rückfragemöglichkeit an die Lehrenden zu profitieren[272].

Angesichts der genutzten Server-Technologie, welche durch getrennte datenbankgestützte Verwaltung für die Konsistenz von Verweisen sorgt, ist es auf den ersten Blick erstaunlich, dass mit 13% der Anteil der nicht gefundenen Dokumente (also die Rückmeldung des Codes 404 – Not Found) vergleichsweise hoch ist. Hierbei ist jedoch hinzuzufügen, dass diese Meldung auch dann erfolgt, wenn man einen URL fehlerhaft in das Browserfenster eingibt, oder aber von einer externen Quelle aus ein nicht (mehr) unter einer bestimmten Adresse verfügbares Dokument referenziert wird. Eine weitere Fehlerursache könnten absolut angegebene Verweise sein, die nicht korrekt verwaltet werden können.

---

[272] Natürlich besteht die Möglichkeit, falls vorhanden andere Kommunikationsmechanismen zu nutzen, diese sind jedoch nicht in die Lehr- und Lernplattform integriert, so dass sich keine Synergieeffekte ergeben.

Wie sich bei näherer Betrachtung zeigt, haben etwa 70% der Zugriffe mit diesem Code ihren Ursprung von Suchrobotern, so dass sich ein Schnitt von etwa 4% aller tatsächlich fehlerhaften Zugriffe mit dieser Meldung ergibt. Es ist plausibel, dass ohne Verweismanagement der Anteil entsprechender Fehlermeldungen wesentlich höher ausfiele. Unter Berücksichtigung der Codetabelle auf der vorigen Seite kann ferner in 75% der nicht mit Code 200 zurückgelieferten Server-Dokumente nicht von fehlerhaften Zugriffen gesprochen werden[273].

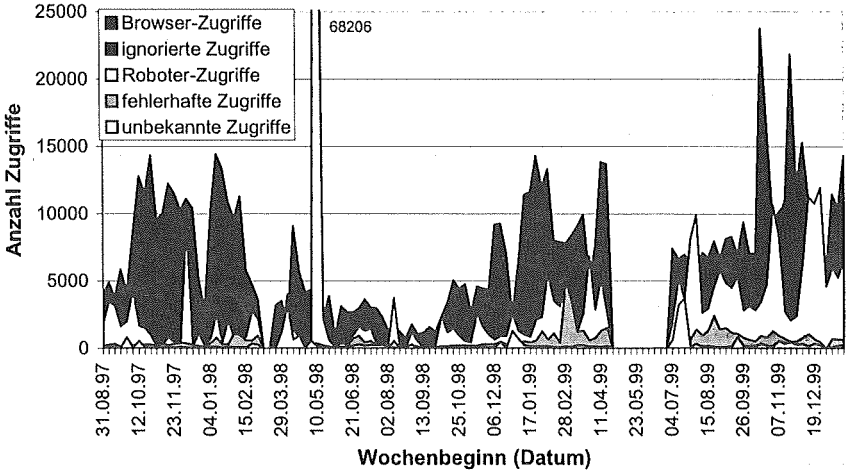

Abbildung 5.1: Klassifikation aller Zugriffe nach Typ

Daran anschließend wurden interne Zugriffe sowie solche auf Grafiken und Icons ebenfalls aussortiert; hiervon sind 18% Prozent aller Zugriffe betroffen[274].

---

273 In fünf Wochen des Untersuchungszeitraums sind mehr als 50% der Zugriffe mit HTTP-Code ungleich 200 als echte Fehler zu werten. Hier ist der Anteil der Zugriffe mit Code 500 (Internal Server Error) sowie 404 (Not Found) überdurchschnittlich hoch.

274 Programmseitig ist es möglich, sowohl bestimmte Dokumententypen anhand ihrer Mime Types zu ignorieren oder aber auch bestimmte Objekte nach ihren Namen. Aufgrund der Tatsache, dass die meisten Graphiken als Teile textueller Dokumente oder als funktionale Icons (etwa zur Navigation oder zum Aufbau eines User-Interfaces) genutzt werden, wurden alle Graphikdokumente exkludiert. Damit wird etwa die gezielte Selektion von Diagrammen oder Folien ebenfalls ignoriert, allerdings kann anhand der Protokolldateien nicht unterschieden werden,

Hier stellte sich heraus, dass im Unterschied zu den anderen Klassen die Standardabweichung über den Beobachtungszeitraum hinweg mit 7% vergleichsweise gering ausfiel.

Die verbleibenden Zugriffe wurden anhand der Liste bekannter Clients und Roboter optimistisch klassifiziert, wobei anhand der ursprünglichen Liste bekannter Roboter der Anteil nicht klassifizierbarer Clients mit durchschnittlich 13% und maximal über 50% vergleichsweise hoch ausfiel. Deswegen wurde die Liste der nicht klassifizierten Clients nochmals durchgesehen, wobei festgestellt wurde, dass dreimal so viele Clients wie ursprünglich als Roboter zu klassifizieren waren[275]. Somit konnte der durchschnittliche Anteil nicht klassifizierbarer Zugriffe auf knapp 2% reduziert werden.

Die obige Graphik verdeutlicht die Klassifizierung aller Zugriffe über den Beobachtungszeitraum hinweg. Ergänzend zum oben beschriebenen automatisch durchgeführten Verfahren ist sie wegen der fehlerhaft klassifizierten Zugriffe mit HTTP-Error-Codes das Ergebnis einer aufwändigen halbautomatischen Neuklassifikation[276]. Hierbei wurden alle mit der Lernumgebung assoziierten Zugriffe nicht berücksichtigt, dies erklärt den zwischen Oktober und Januar vergleichsweise hohe Anzahl ignorierter Zugriffe.

Wie man sieht, wurden in der Woche vom 10. Mai 1998 unverhältnismäßig viele Roboter-Zugriffe ermittelt. Der weitaus größte Anteil, nämlich 68003 von 68206 Zugriffen (99.7%) resultierte von einem gezielt aus der Domain der Universität Freiburg gestarteten Indexierer[277], der allerdings im übrigen Beobachtungszeitraum nicht mehr als Verursacher von Roboter-Zugriffen beobachtet werden konnte. Wenn man davon ausgeht, dass in unregelmäßigen

---

ob es sich um ein automatisch durch das <IMG>- oder <EMBED>-Tag in HTML inkludiertes Objekt handelt oder aber um eine explizite Anwahl.

275 Insgesamt ergaben sich so 593 unterschiedliche Roboter-Typen, diese Entwicklung korrespondiert mit der Popularisierung von Internet-Suchmaschinen, welche jeweils eigene Suchroboter zum Aufbau ihrer eigenen Datenbanken nutzen.

276 Ein Großteil der referenzierten Objekte auf dem Server war zum Zeitpunkt der Revision nicht mehr auf dem Server vorhanden, so dass bei einer wiederholten Anwendung des automatischen Klassifikationsverfahrens ein substanzieller Teil der wöchentlichen Zugriffe nicht hätte klassifiziert werden können.

277 Es handelt sich um das Programm htdig, dessen Komponente zur Datensammlung (Crawler) als Client für durchschnittlich 4% aller protokollierten Zugriffe im Beobachtungszeitraum verantwortlich war.

Zeitabständen solche Clients lokal den hier betrachteten Server extensiv (also unter Berücksichtigung aller erreichbarer Knoten des Dokumentenbaums) durchforstet haben, so erklärt sich auch der extrem schwankende absolute Wert für die Roboter-Zugriffe (Mittelwert 3249, Median 1906, Standardabweichung 6659) im Beobachtungszeitraum. Demgegenüber ist der relative Anteil aller ignorierten Zugriffe an der Gesamtzahl aller protokollierten fehlerfreien Zugriffen mit im Schnitt 25.3% und einer Standardabweichung von 9% vergleichsweise konstant. Der Mittelwert für alle unbekannten Clients beträgt im Schnitt 2.4%, erreicht jedoch im Beobachtungszeitraum ein Maximum von 28.4%, dies resultiert in einer Standardabweichung von 4.3%. Für die weitere Betrachtung der Nutzung digitaler Publikationen der lokalen elektronischen Bibliothek sollen jedoch wegen dieser Unsicherheit nur die erfolgreichen Zugriffe von Browsern gewertet werden.

Betrachtet man den Anteil aller erfolgreichen Browser-Zugriffe, so ergibt sich – die mit HTTP-Error-Codes korrekt zurückgelieferten Dokumente eingerechnet – ein durchschnittlicher Anteil von 50%, maximal jedoch 74.5% aller protokollierten Zugriffe, die das heuristische Verfahren zur Ausgrenzung nicht weiter zu betrachtender Protokolldaten rechtfertigt. Zur genaueren Klassifizierung empfiehlt es sich bei regelmäßiger Analyse, für jeden (beispielsweise wöchentlichen) Durchlauf aus der Liste unbekannter Clients, die das Analyse-Werkzeug protokolliert, manuell diejenigen Einträge herauszusuchen, welche (beispielsweise aufgrund des Namens) auf einen automatisierten Zugriff schließen lassen sowie die Liste der Clients zu ergänzen, falls nötig. Dadurch ist es möglich, den Anteil nicht klassifizierbarer Zugriffe, wie gesehen, auf einfache Weise zu minimieren[278].

Unter den allgemeinen statistischen Berechnungen wurde unterschieden zwischen gespeicherten Sitzungen sowie solche, welche die Nutzung von Publikationen einschließen sowie – als Schnittmenge – gespeicherte Sitzungen, in denen auf Publikationen zugegriffen wurde. Es fällt auf, dass über den gesamten

---

[278] Man kann die Heuristik optimieren, indem man zusammen mit den unbekannten Clients protokolliert, wie häufig deren Zugriff im HTTP-Fehler 404 Not Found resultiert, da der Anteil der Zugriffe von Robotern mit diesem Fehlercode an allen Roboter-Zugriffen 6.7% beträgt, für Browser ergibt sich mit 1.3% ein weit unterdurchschnittlicher Wert (3.2%). Um Zugriffe durch Roboter auszuschließen, wäre eine Alternative zur Exklusion ex post gewesen, a priori nur das Dokumenten-Retrieval durch Browser zuzulassen, dies hätte aber zur Folge gehabt, dass die Serverdokumente über allgemeine Suchmaschinen nicht hätten nachgewiesen werden können.

Betrachtungszeitraum in allen gespeicherten Sitzungen Publikationen genutzt wurde; dies erkennt man daran, dass die Zahl der gespeicherten Sitzungen mit der Zahl der gespeicherten Bibliotheks-Sitzungen identisch ist[279]. Hingegen schwankt der Anteil registrierter Bibliotheks-Sitzungen bezüglich aller Bibliotheks-Sitzungen zwischen 16 und 80 Prozent mit eher fallender Tendenz zu Ende des Beobachtungszeitraums hin.

5.4.1.2 Allgemeine Nutzung der Publikationen

Der Zugriff auf Module digitaler Publikationen (also etwa Lernmaterialien oder wissenschaftliche Berichte) war über den gesamten Betrachtungszeitraum äußerst gering, nämlich absolut gesehen zwischen 20 und 2000 Treffer pro Woche, dies entspricht einem Durchschnitt von knapp über 300 Zugriffen. Damit ergibt sich ein Anteil zwischen minimal 0.5% und maximal 30%, im Schnitt allerdings geringfügig über 5% der gesamten Protokolldaten, die der Nutzung von Browsern aus entsprechen.

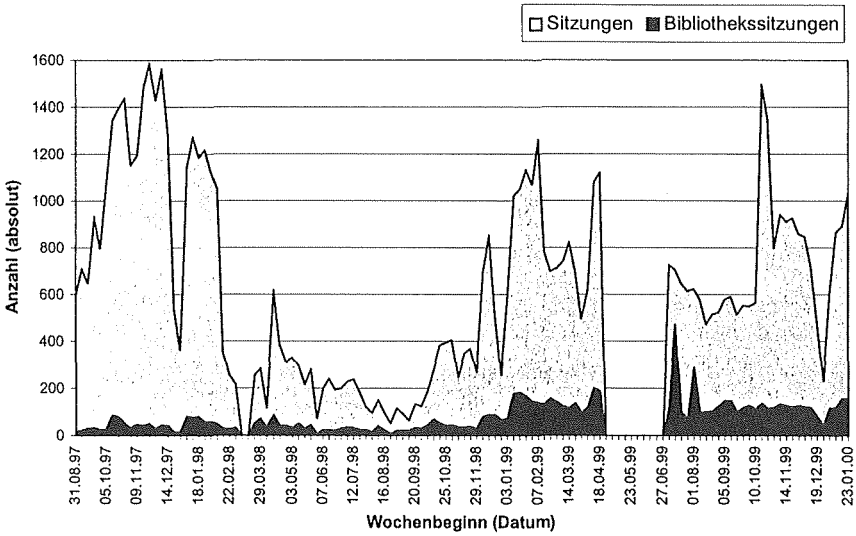

Abbildung 5.2: Sitzungen mit und ohne Nutzung von Publikationen

---

[279] Eine Sitzung wird hier verstanden als konsekutiver Zugriff auf mindestens zwei Objekte des Servers von der gleichen Domäne aus.

Da jeder Zugriff auf Publikationen auch die Nutzung anderer Server-Dokumente beinhaltet (also etwa transiente Seiten), wurde überprüft, ob der geringe Anteil an Publikationszugriffen korreliert mit einem entsprechend niedrigen Anteil an Bibliothekssitzungen, also kontinuierliche Nutzungen von Serverdokumenten, welche die Nutzung mindestens eines Publikationsmoduls einschließen. Auch hier wurde festgestellt, dass dies im Schnitt nur 80 pro Woche (also 18% aller Sitzungen) sind, die Standardabweichung beträgt hier absolut 64.

Bemerkenswert ist, wie Abbildung 5.2 zeigt, dass über das letzte Jahr hinweg, also ab Januar 1999, die absolute Zahl an Bibliothekssitzungen von vorher etwa 40 bis 60 auf etwa 160 bis 180 pro Woche steigt und dann bis Ende des Beobachtungszeitraums bis auf zwei Extrema im Juli und August 1999 konstant bleibt, während die Zahl aller Sitzungen stark schwankt, tendenziell aber zwischen Mai und November 1998 nach anfänglich hohen Werten mit bis zu 1500 Sitzungen wöchentlich stark abfällt[280]. Betrachtet man demgegenüber den Anteil der einzeln registrierten Bibliothekssitzungen, beschränkt sich also auf Sitzungen mit einer Minimaldauer von 5 Minuten, so ergeben sich im Schnitt 35 von 80 Bibliothekssitzungen, also 47%. wobei auch hier eine Standardabweichung von 10% auf einen stark schwankenden Anteil hinweist.

5.4.2 Nutzung einzelner Publikationen

Insgesamt konnten 233 verschiedene als Veröffentlichungen gewertete Dokumente festgestellt werden. Dabei stellt es sich als schwierig heraus, ein Ranking dieser Dokumente aufzustellen, da die Nutzungszeit in Tagen von der Länge der Verfügbarkeit auf dem Server abhängt[281]. Dokumente, die höchstens an drei aufeinanderfolgenden Tagen innerhalb des Untersuchungszeitraums genutzt wurden, sind ebenso wie nur unregelmäßig (also weniger als einmal pro Monat) selegierte Publikationen, von der weiteren Analyse ausgenommen, so dass diese sich auf 149 Dokumente beschränkt. Deswegen wurde die durchschnittliche monatliche Anzahl der Nutzer-Sessions, in der auf eine Publikation zugegriffen wurde, als Ordnungswert für die Zeilen der Tabelle aller Publikationen gewertet.

---

280 Der anfängliche Zeitraum fällt zusammen mit der Fertigstellung der digitalen Fassung des Lehrbuchs „Prinzipien des Algorithmenentwurfs", das zum Jahresende 1997 verfügbar gemacht wurde. Die hohe Anzahl an Bibliothekssitzungen hängt vermutlich mit der Bereitstellung der Online-Version auf dem Server und die anfänglich hohe Nutzung („Neuigkeitseffekt") zusammen.

281 Zum Zeitpunkt der Datenerfassung gab es hier Werte zwischen einem und 888 Tagen.

Folgende Tabelle gliedert alle gefundenen Publikationen nach Typ, wobei Lehrbücher, Handbücher, wissenschaftliche Beiträge, Konferenzbände Zeitschriften sowie ergänzende Lernmedien unterschieden werden. Insgesamt ein Drittel der Lehrbücher (7 von 21) sind physisch auf dem eigenen Server gespeichert. Davon wurden insgesamt fünf signifikant, also durchschnittlich mindestens einmal monatlich, genutzt.

	insgesamt	**berücksichtigt**	**rel. Anteil**
Lehrbuch	21	13	61.9 %
Handbuch	27	27	100.0 %
wiss. Beitrag	51	43	84.3 %
Konferenzband	10	9	90.0 %
Vorträge (AOF)	118	56	47.5 %
Zeitschriften	6	1	16.7 %
Summe	233	149	64 %

Tabelle 5.3: Absoluter und relativer Anteil der einzelnen Publikationsformen unter den vorhandenen Medien

Zwei der verfügbaren Lehrbücher sind vom Lehrstuhlinhaber verfasst beziehungsweise herausgegeben. Eines davon liegt in zwei verschiedenen Auflagen vor, wird also als zwei unterschiedliche Publikationen gezählt.

Hier ist erstaunlich, dass die durchschnittliche Nutzung beider Auflagen in etwa identisch ist, obwohl die neuere Auflage in der digitalen Version wesentlich komfortabler hinsichtlich der Online-Nutzung gestaltet wurde. Dies deutet darauf hin, dass im wesentlichen der Lehrtext zum Ausdrucken und späteren Lesen auf Papier verwendet wird. Die insgesamt geringe Nutzung der Lehrbücher – mit Ausnahme der vom Lehrstuhlinhaber herausgegebenen – erklärt sich damit, dass sie thematisch weder zum vertretenen Lehrgebiet zu zählen sind, noch als unterstützende Literatur bekanntgegeben werden.

Der geringe Bestand an elektronischen Zeitschriften und Konferenzbänden erklärt sich damit, dass die meisten dieser Publikationen nicht kostenfrei verfügbar sind. Die meisten Bände konnten nur aufgrund der Teilnahme an der entsprechenden Konferenz und Entrichtung der damit verbundenen Gebühren, mit denen ein Exemplar einer CD-ROM mit den wissenschaftlichen Beiträgen erworben wurde, lokal zur Verfügung gestellt werden, während frei verfügbare Zeitschriften offensichtlich wenig bekannt oder relevant erscheinen. Dagegen wurden die lokal geschriebenen wissenschaftlichen Beiträge zum großen Teil auch über den institutseigenen Server zur Verfügung gestellt und wurden in beträchtlichem Maße auch genutzt.

Die weitaus größte Akzeptanz fanden freilich Handbücher über populäre Techniken und Dokumentenformate wie Java, HTML, LaTeX und andere. Der umfassendste absolute Bestand an Dokumenten umfasst jedoch Aufzeichnungen von Vorträgen nach dem in Abschnitt 3.3.4 vorgestellten Authoring-on-the-fly-Verfahren. Relativ gesehen mag die geringe Nutzung erstaunen, unterscheidet man jedoch zwischen Download-Paketen, die per FTP auf dem eigenen Rechner zu installieren sind, sowie im lokalen Netz des Instituts abrufbaren und direkt auf dem Server gespeicherten Vorträgen (siehe dazu die folgende Tabelle), erkennt man, dass die Online-Versionen zu 90 % gefragt waren, während dies auf die Download-Pakete nur zu 10 % zutraf.

Generell erkennt man also, dass die FTP-Archive der einzelnen Vorlesungsaufzeichnungen kaum abgerufen werden. Dies ist insbesondere bei den nur als FTP-Version vorliegenden Einheiten erstaunlich, da insbesondere nur die einführende Vorlesung in Algorithmentheorie in signifikantem Maß[282] abgerufen wurde. Nur im Falle der Lehrveranstaltung Rechnernetze wurden einige der angebotenen Download-Pakete genutzt.

	Online-Vortrag[283]			**FTP-Archiv**		
	gesamt	**relevant**	**rel. Anteil**	**gesamt**	**relevant**	**rel. Anteil**
Algorithmentheorie	–	–	–	7	1	14.3 %
Rechnernetze	27	27	100.0 %	29	4	13.8 %
Geom. Algorithmen	–	–	–	7	0	0.0 %
Multimedia-Technik	19	14	73.7 %	1	0	0.0 %
Verschiedenes	4	4	100.0 %	16	1	6.3 %
Gesamt	50	45	90.0 %	60	6	10.0 %

Tabelle 5.4: Gegenüberstellung der Distributionsform der Vorlesungsaufzeichnung

---

282 Signifikant ist hier im Einklang mit der obigen Vorgehensweise zu sehen, nach der die an höchstens drei aufeinanderfolgenden Tagen innerhalb des Untersuchungszeitraums genutzten sowie unregelmäßig abgerufenen Publikationen ausgesondert wurden.

283 Alle ab dem Sommersemester 1999 aufgenommenen Vorträge wurden online aus Performancegründen nur noch über Verweise auf das lokale Dateisystem angeboten, so dass deren Nutzung nicht in dieser Analyse berücksichtigt werden konnte. Dies betrifft beispielsweise auch den Themenkomplex Algorithmentheorie und Geometrische Algorithmen, wie an den fehlenden Einträgen der Tabelle erkannt werden kann.

Dies deutet darauf hin, dass die Studierenden die Vorträge erst später, und zwar nach dem Erscheinen der Version auf CD-ROM, nutzen möchten. Betrachtet man die Online-Versionen der Vorträge, ergibt sich ein genau umgekehrtes Bild, was sicher damit zu begründen ist, dass die lokalen Studierenden als primäre Nutzer der Vorlesungsaufzeichnungen diese auf den institutseigenen Rechner bevorzugt zur Nachbereitung der Vorlesung beziehungsweise für die Vorbereitung auf Prüfungen nutzen, weil zum einen keine selbst zu zahlende Übertragungskosten anfallen[284], zum anderen der Installationsaufwand entfällt. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass trotz der ab Februar 1999 vertriebenen CD-ROM-Version aller Einzelvorträge (hier: Multimediatechnik) keine signifikante Änderung der Nutzung der Online-Versionen erkannt werden kann. Diese Version, deren Existenz auch erklärt, warum es keine FTP-Archive der einzelnen Vorlesungseinheiten Multimediatechnik gibt, wurde in einer Auflage von 100 Exemplaren an die Studierenden der teilnehmenden Universitäten verkauft und ist inzwischen vergriffen, die Nutzung am eigenen Rechner konnte in dieser Analyse jedoch nicht berücksichtigt worden.

Sitzungen / Monat	**über 10**	**über 5**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
Anzahl Publikationen	8 (5.4%)	13 (8.7%)	7 (4.7%)	7 (4.7%)	20 (13.4%)	36 (24.1%)	58 (36.5%)
Zeit (Wochen[285])	31 – 127	9 – 19	6 – 125	7 – 126	8 – 126	2 – 125	3 – 125

Tabelle 5.5: Häufigkeit der Nutzung einzelner Publikationen

Angesichts der Beobachtung, dass die Vorträge zur Vorlesung Rechnernetze generell häufiger genutzt wurden als die der Veranstaltung Multimediatechnik, wird vermutet, dass die Nutzungszahlen zur Rechnertechnik bei Verfügbarkeit einer CD-ROM geringer ausgefallen wären.

Im Schnitt wird also jede Publikation 3.5 mal pro Monat genutzt, wobei der Höchstwert bei 46 liegt. Setzt man nun einen festen Wert für häufig genutzte Dokumente fest, so dass die seltener genutzten Publikationen nicht berück-

---

284 Es handelt sich im Schnitt um etwa 50 MB große Archive, die bei Übertragung per ISDN unter idealen Bedingungen (64 kbit / Sekunde) immerhin 105 Minuten zum kompletten Download erfordern. Da diese Übertragungsrate allerdings nicht garantiert ist, erscheint ein Wert von mindestens zwei Stunden realistischer.

285 Jede angebrochene Woche wird gewertet, so dass etwa acht Tage als zwei Wochen zu zählen sind.

sichtigt werden, so ergibt sich folgendes Bild: Bei einer Nutzung von mindestens zweimal pro Monat werden über 36% nicht betrachtet, setzt man diesen Wert auf 5, so sind nur 14% der verfügbaren Dokumente als relevant einzustufen.

	Min. (Monat)	Max. (Monat)	Schnitt	Median
Lehrbuch	1	28	7	14.5
Handbuch	1	46	6	23.5
wiss. Beitrag	2	14	3	8.0
Konferenzband	1	10	3	5.5
Vorträge (AOF, online)	1	8	4	4.5
Zeitschriften	1	1	1	1.0
insgesamt	1	46	3.5	23.5

Tabelle 5.6: Häufigkeit der Nutzung nach Publikationsform

Sinnvoller als eine willkürliche Begrenzung a priori erscheint eine Differenzierung der relativen Nutzungshäufigkeit (bezüglich Sessions pro Monat) nach Publikationstyp, beschränkt auf die monatlich mindestens einmal durchschnittlich genutzten Dokumente, wie aus Tabelle 5.6 ersichtlich.

Es fällt auf, dass Durchschnittswert und Median im Fall der aufgezeichneten Vorträge sich annähernd gleichen, dies liegt sicher an der Relevanz der Themengebiete wegen der Koppelung an eine konkrete Lehrveranstaltung. Bei den Konferenzbänden ist dies ähnlich, weil deren Thematik mit den Interessensgebieten zumindest der lokalen Nutzung zum großen Teil übereinstimmt. Für die Lehrbücher ergibt sich wegen der oben erwähnten Nutzung mit Vorlesungsbezug einer kleinen Teilmenge der insgesamt verfügbaren Werke einen starken Kontrast zur Nutzung der weniger relevanten Lehrbücher, dies ist ähnlich im Fall der Handbücher, deren Themengebiete für die hauptsächlich lokalen Nutzer nicht in gleichem Maße relevant sind. Schließlich fällt anhand der Tabelle 5.4 auf, dass die durchschnittliche Nutzung aller Publikationsformen stark korreliert mit der durchschnittlichen Nutzung von wissenschaftlichen Beiträgen, Konferenzbänden und aufgezeichneten Vorträgen.

Nachfolgend wird die Nutzung vorlesungsrelevanter Materialien genauer betrachtet. Wie bei allen Publikationsformen werden hier die Anzahl der Module, die Anzahl der Sitzungen sowie die Nutzungsdauer pro Zeitraum – hier jeweils ein Monat – protokolliert. Dabei stellt sich angesichts des verwendeten heuristischen Verfahrens zur Datenanalyse die Frage nach ihrer Zuverlässigkeit und damit Aussagekraft:

- **Module**: Jeder Zugriff eines Browsers auf eine Publikation oder eine ihrer Komponenten wird in den Logfiles explizit protokolliert und innerhalb von

gezählten Sitzungen, also solchen mit einer Minimaldauer von 5 Minuten, berücksichtigt.

- **Sitzungen**: Der erste Zugriff von einer IP-Adresse aus wird als Sitzungsbeginn gewertet. Eine Sitzung wird als automatisch beendet angesehen, wenn zwischen zwei Zugriffen des gleichen Host eine Auszeit von 60 Minuten oder darüber liegt, da über die Tätigkeit des Nutzers während dieser Zeit keine Aussage getroffen werden kann. Es ist also denkbar, dass eine singuläre Sitzung tatsächlich mehrfach gezählt wird, falls der Nutzer zwischenzeitlich seine Online-Aktivitäten unterbricht, um später die Navigation auf dem Server fortzusetzen. Die Anzahl der protokollierten Sitzungen kann allerdings auch nicht als Maximalwert betrachtet werden, da im Falle von Zugriffen über einen Proxy-Server dieser als Host in der Logdatei protokolliert wird und so de facto eine protokollierte Sitzung mehreren realen Sitzungen entsprechen kann.
- **Nutzungszeit**: Die protokollierte Betrachtungszeit eines Dokuments als zeitliche Differenz zwischen zwei Zugriffen ist als Obergrenze für die tatsächliche Betrachtungszeit anzusehen, da im Logfile nur punktuelle Zugriffe gewertet werden und keine Zeiträume. Endet eine Sitzung mit der Nutzung einer Publikation, so wird die Betrachtungsdauer geschätzt als das Mittel aller vorangegangenen Zugriffsdauern. Damit erhält man einen hohen Unsicherheitsfaktor beim zeitlichen Maß, wobei von der tatsächlichen Dauer abweichende Nutzungszeiten das Ergebnis fast beliebig verschlechtern können.

Das zuverlässigste Maß ist also die Anzahl genutzter Module, gefolgt von der Anzahl erkannter Sitzungen. Die Nutzungszeit für sich genommen ist dagegen wenig aussagekräftig. Aus diesem Grund stützen sich die folgenden Auswertungen ausgesuchter Lernmedien primär auf die Zahl genutzter Module, wobei die Schlussfolgerungen hieraus verglichen werden mit den Aussagen, die anhand der Sitzungen gemacht werden können. Die Zugriffsdauer wird hingegen nur kursorisch zur Interpretation der Daten und zur Unterstreichung anderweitig erzielter Schlussfolgerungen genutzt.

Die Analyse von Lernmedien betrifft zunächst das Standardlehrbuch im Grundstudium „Algorithmen und Datenstrukturen" (2. und 3. Auflage[286]), welches re-

---

[286] Das Lehrbuch „Algorithmen und Datenstrukturen" ist in beiden Auflagen elektronisch verfügbar. Die 2. Auflage ist im wesentlichen als Fragmentierung der PostScript-Version gestaltet, so dass sie vor allem zum Drucken geeignet ist, darüberhinaus allerdings keine Möglichkeiten zur Navigation oder Interaktion

gelmäßig im Sommersemester im Rahmen der Vorlesung „Informatik II" verwendet wird, sowie der vom gleichen Autor herausgegebene Band „Prinzipien des Algorithmenentwurfs", welcher für weiterführende Lehrveranstaltungen im Bereich Algorithmen und Datenstrukturen angeboten wird. Anschließend wird am Beispiel der aufgezeichneten Vorträge zum Thema Rechnernetze untersucht, mit welcher Motivation die Vorlesungsaufzeichnungen als Mittel zur Nachbereitung der Lehrveranstaltungen genutzt werden[287].

5.4.2.1 Nutzung des Lehrbuchs „Algorithmen und Datenstrukturen"

Der Untersuchungszeitraum für das Lehrbuch „Algorithmen und Datenstrukturen" erstreckt sich von 1. September 1997 bis zum 31. Januar 2000, also über 29 Monate. Tabelle 5.7 fasst die Nutzungsdaten während dieses Zeitraums zusammen. Dabei fällt auf, dass die durchschnittliche Anzahl der Module pro Monat bei der 2. Auflage etwa doppelt so hoch ausfällt wie bei der neueren, 3. Auflage des Lehrbuchs, was zunächst verwundert. Wenn man allerdings berücksichtigt, dass die elektronische Version der 2. Auflage stärker fragmentiert ist als die 3. Auflage ist[288], kann gefolgert werden, dass tatsächlich die neuere Auflage intensiver genutzt worden ist als die ältere. Darauf deutet auch hin, dass die Anzahl der Sitzungen pro Monat für die neuere Auflage höher als bei der älteren Auflage ausfällt. Wenn auch die Durchschnittswerte sich nicht maßgeblich

---

bietet, ausgenommen die Selektion von Kapiteln bzw. Abschnitten von den HTML-Übersichtsseiten, deren Aktivierung das Programm GhostView mit dem jeweiligen Abschnitt startet. Die 3. Auflage dagegen ist komplett im PDF-Format gestaltet, welches mit Hilfe des Plugin Adobe Acrobat Reader im WWW-Browser zu betrachten ist. Damit wurde es möglich, alle Querbezüge (vom Inhaltsverzeichnis auf einzelne Abschnitte, Querverweise innerhalb eines Textkörpers sowie Verweise auf Fachbegriffe aus dem Index heraus) als Hyperlinks zu realisieren.

287 Im Sommersemester 2001, also nach Abschluss des Untersuchungszeitraums, wurde die Lehrveranstaltung Geometrische Algorithmen komplett mit Hilfe von Aufzeichnungen aus dem vergangenen Jahr durchgeführt, so dass sich die Teilnehmer selbständig den relevanten Vorlesungsstoff anhand dieser Aufzeichnungen aneignen; die Übungsstunden dienen also primär der Klärung von Fragen. Da die aufgezeichneten Vorträge auf einer CD-ROM vor Beginn erworben werden können, dienen diese hier sowohl zur Vor- als auch zur Nachbereitung bestimmter Themen. Eine parallel laufende Analyse der Nutzung der Vorträge seitens der Studenten kann jedoch erst im Nachhinein vollständig ausgewertet werden und ist nicht Teil dieser Arbeit.

288 Bei der 2. Auflage wurde für jedes Unterkapitel ein abgeschlossenes Modul generiert, während die 3. Auflage lediglich für jedes Hauptkapitel ein Modul vorsieht.

unterscheiden, so ist die Maximalzahl der Sitzungen bei der neueren Auflage fast doppelt so hoch wie bei der älteren Auflage.

Nutzungs-daten	Module			Sitzungen			Zugriffszeit		
	min	max	avg	min	max	avg	min	max	Avg
2. Auflage	2	623	200	1	65	29	1m 20s	18h 10m 36s	4h 33m
3. Auflage	1	455	101	1	123	32	44s	11h 30m 32s	3h 19m 8s
Gesamt	29	1078	301	8	177	62	5m 33s	18h 34m	7h 52m 48s

Tabelle 5.7: Nutzungsdaten des Lehrbuchs „Algorithmen und Datenstrukturen"

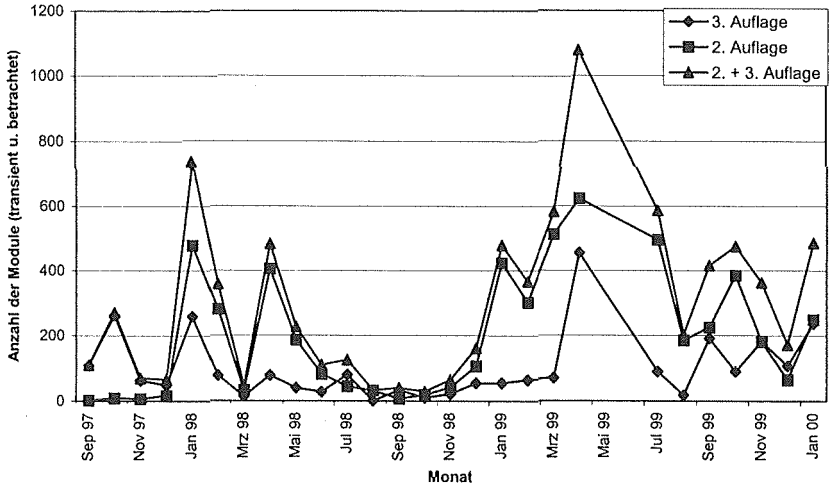

Abbildung 5.3: Algorithmen und Datenstrukturen – Genutzte Module pro Monat

Wie lässt sich aber erklären, dass die durchschnittliche Nutzungszeit pro Monat wiederum bei der 2. Auflage die der 3. Auflage um mehr als ein Drittel übersteigt? Dazu ist zu beachten, dass die Navigationsmöglichkeiten in der neueren Auflage wesentlich verbessert wurden[289], so dass letzendlich der Nutzer

[289] Kann man bei der 2. Auflage lediglich in jedes Unterkapitel springen und dort jeweils seitenweise navigieren, bieten sich dem Nutzer bei der 3. Auflage zusätzlich die Suche im gesamten Volltext, die Navigation über den Index sowie über den kleinsten unterscheidbaren Unterabschnitt.

wesentlich weniger Zeit mit dem Auffinden einer bestimmten Passage verbringt, insbesondere unter der Annahme, dass das Lehrbuch in der elektronischen Fassung vor allem zum Nachschlagen genutzt wird. Um zu überprüfen, ob diese Annahme gerechtfertigt ist, werden im Diagramm der Abbildung 5.3 die kumulative Zahl der genutzten Module pro Monat dargestellt.

In dieser Abbildung ist die Nutzung einzelner Module als Diagramm abgebildet, wobei der Wert der Ordinate der Anzahl der Module pro Monat insgesamt entspricht. Die lokalen Maxima lassen sich durch die Prämisse erklären, dass die Nutzer des Lehrbuchs – insbesondere Studierende im Grundstudium – vor allem vor Vordiplomsprüfungen, die immer in den Monaten April (nach geraden Semestern) und Oktober (nach ungeraden Semestern) stattfinden, zu erhöhten Zugriffszahlen im Rahmen der Prüfungsvorbereitung für erhöhte Nutzung der elektronischen Versionen sorgen. Analog dazu beobachtet man auch eine verstärkte Nutzung jeweils im Zeitraum vor den veranstaltungsbezogenen Prüfungen zu Ende der Semester (Juni und Januar)[290].

Maxima	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**
2. Auflage	04/99 (623)	01/98 (479)	01/99 (424)	04/98 (405)	10/99 (385)
3. Auflage	04/99 (455)	01/97 (262)	01/98 (259)	01/00 (237)	09/99 (191)
Gesamt	04/99 (1078)	01/98 (738)	01/00 (486)	04/99 (483)	01/99 (479)

Tabelle 5.8: Lokale Maxima bezüglich der Nutzung der Module des Lehrbuchs „Algorithmen und Datenstrukturen“

Tabelle 5.8 verdeutlicht nochmals die verstärkte Nutzung vor Prüfungen, mit Ausnahme des Monats Oktober 1998. Insbesondere fällt eine fast durchgängig niedrige Nutzung zwischen den Monaten August und November 1998 auf. Dies ist damit zu begründen, dass einer der Autoren und Lehrstuhlinhaber in Freiburg im Wintersemester 1998 wegen eines Forschungssemesters sich ab September in den USA aufhielt und folglich auch keine Vordiplomsprüfung abhielt. Bemerkenswert ist in den Herbstmonaten, dass ein Maximum der einen Auflage hier mit einem Minimum der anderen Auflage korreliert.

---

290 Für die Monate Juni und Juli 1999 fehlen die Rohdaten, aus diesem Grund sind keine Aussagen über die tatsächliche Nutzung der Lernmedien zu treffen.

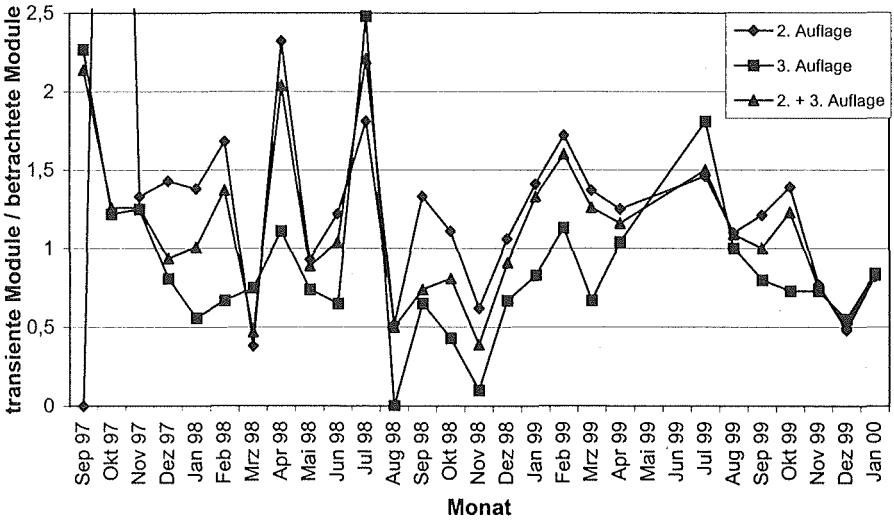

Abbildung 5.4: Algorithmen und Datenstrukturen – Transiente und betrachtete Module pro Monat

Anhand des obigen Diagramms[291] sowie der dazugehörigen Tabelle 5.9 erkennt man, dass die PDF-Version des Lehrbuchs entsprechend der Annahmen tatsächlich verstärkt zur Online-Nutzung konsultiert wurde. Verallgemeinernd wird angenommen, dass die Nutzungsdauer pro Modul sich um so mehr erhöht, je reichhaltiger die Auswahl an interaktiven Komponenten des Lernmediums ist, beispielsweise in Form einer Annotationsfunktion.

Transiente / betrachtete Module	Minimum	Maximum	Durchschnitt
2. Auflage	0.00	8.00	1.41
3. Auflage	0.55	2.48	0.91
gesamt	0.52	2.21	1.12

Tabelle 5.9: Algorithmen und Datenstrukturen – Verhältnis zwischen transienter und betrachtender Nutzung

Interessant ist auch, dass das Verhältnis der Online-Nutzung sich jeweils zwischen den Monaten März und April umkehrt. Dies deutet darauf hin, dass

[291] Die Ordinate des Diagramms ist zur besseren Übersichtlichkeit auf das Intervall [0,2.5) beschränkt, da nur ein Wert (2. Auflage, Monat Oktober 1997) außerhalb dieses Intervalls liegt und wegen der geringen absoluten Nutzungszahlen wenig relevant erscheint.

besonders vor den Prüfungen die Online-Version verstärkt zum Nachschlagen und Studium einzelner Passagen konsultiert wird.

Anhand der durchschnittlichen Verweildauer je Modul erkennt man zumindest ebenfalls die Tendenz, dass besonders vor Prüfungen die durchschnittliche Nutzungszeit lokale Maxima erreicht. Da jedoch die zeitlichen Werte für sich nur wenig aussagekräftig sind, wie oben erwähnt, kann dieser Befund nur zur Verstärkung von auf andere Weise gewonnenen Beobachtungen dienen.

Es stellt sich noch die Frage, wie intensiv einzelne Nutzer das Lehrbuch nutzen. Hier eignet es sich, die Anzahl der Module pro Sitzung zu betrachten. Man erkennt anhand von Tabelle 5.10, dass die Anzahl der Module pro Sitzung bei der 2. Auflage sowohl im Minimum und Maximum als auch im Durchschnittswert höher ausfällt als bei der 3. Auflage.

Module / Sitzung	**min.**	**max.**	**avg.**
2. Auflage	1.8	12.2	5.6
3. Auflage	1.0	7.3	3.1
gesamt	2.0	8.1	4.6

Zeit / Modul	**min.**	**max.**	**avg.**
2. Auflage	15s	5m 45s	1m 20s
3. Auflage	44s	7m 55s	2m 20s
gesamt	48s	6m 30s	1m 45s

Tabelle 5.10: Algorithmen und Datenstrukturen: (a) Module pro Sitzung, (b) Zeit pro Modul

Betrachtet man zusätzlich noch die Zeit, welche im Durchschnitt pro Modul aufgewendet wird, bestätigt sich die Annahme, dass Lernmedien, welche hypermedial aufbereitet sind (am Beispiel der 3. Auflage) verstärkt gegenüber fragmentierten Druckformaten (2. Auflage) genutzt werden. Sieht man sich in der untenstehenden Graphik die lokalen Maximalwerte für die Anzahl der Module pro Sitzung an, so erkennt man, dass besonders in den Monaten April 1998 und 1999 sowie zum Oktober 1999, also vor den Vordiplomsprüfungen, besonders viele verschiedene Abschnitte des Lehrbuchs konsultiert wurden.

Sieht man sich die Nutzung einzelner Module pro Monat unter zeitlichem Aspekt – also das Verhältnis von transienten zu betrachteten Modulen – an, so ist anzunehmen, dass der entsprechende Wert um so niedriger ist, je intensiver die Nutzer sich online mit den Abschnitten des Lehrbuchs befasst haben. Ein hoher Wert bedeutet umgekehrt, dass die Module in einer Weise verwendet wurden, die keine lange Verweildauer auf der entsprechenden Seite erfordert, also etwa die Selektion eines Abschnitts zum sofortigen Ausdruck.

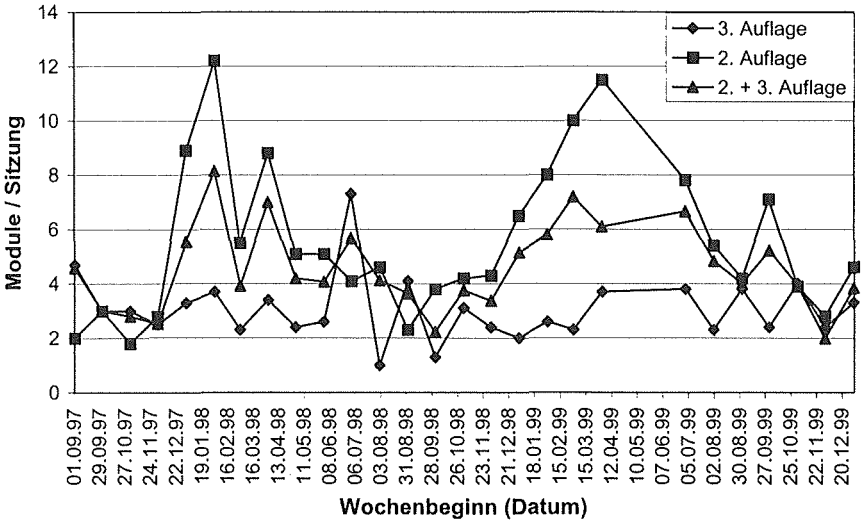

Abbildung 5.5: Algorithmen und Datenstrukturen – Module und Sitzungen

Es ist zu erwarten, dass hier im Durchschnitt bei der 2. Auflage, welche über keine Intra-Dokument-Verweise verfügt, eher mehr transitorische Zugriffe verzeichnet als speziell zur hypermedialen Nutzung gestaltete 3. Auflage.

Dies trifft in besonderem Maße für die 2. Auflage zu und verstärkt die Hypothese, dass die Online-Version verstärkt zum Nachschlagen einzelner Passagen vor Prüfungen genutzt wurde, obwohl gleichzeitig anhand der verkauften Hörerscheine anzunehmen ist, dass ein Großteil der Studierenden über das Lehrbuch in gedruckter Version verfügt.

Lokale Maxima	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**
2. Auflage	Feb 98 (12.2)	Apr 99 (11.5)	Apr 98 (8.8)	Okt 99 (7.1)
3. Auflage	Jul 98 (7.3)	Sep 98 (4.1)	Sep 99 (3.8)	Jul 99 (3.8)
gesamt	Feb 98 (8.14)	Mar 99 (7.19)	Apr 98 (7.0)	Jul 99 (6.66)

Tabelle 5.11: Algorithmen und Datenstrukturen – Module pro Sitzung

Die höhere insgesamte Nutzungszeit der zweiten Auflage ist damit zu erklären, dass komprimierte PostScript-Dateien wesentlich schneller am Bildschirm eingesehen und ausgedruckt werden können als PDF-Dateien. Zusammen mit der Tatsache, dass die Online-Version über keine multimedialen Komponenten verfügt, sowie aufgrund des Layouts, welches in beiden Versionen identisch ist, gibt es wenig Argumente für die Attraktivität der Online-Version. Um so mehr erstaunt es, wenn Nutzer diese verstärkt zum Nachschlagen verwenden.

5.4.2.2 Nutzung des Lehrbuchs „Prinzipien des Algorithmenentwurfs“

Dieses Lehrbuch wird regelmäßig im Wintersemester im Rahmen der Vorlesung Algorithmentheorie eingesetzt. Die gedruckte Version wird mit zwei CD-ROMs verkauft, auf denen neben dem Text im PDF-Format zu jedem Kapitel ein nach dem AOF-Verfahren aufgezeichneter Vortrag zum Thema abgespeichert ist. Die Software hierzu ist nur online über den FTP-Server des Instituts für Informatik erhältlich. Ferner sind alle Vortragsfolien sowie die verwendeten externen Applikationen (Filme, Simulationen, Animationen) abgespeichert. Diese digitalen Komponenten sind auch auf dem hier analysierten Lehrstuhlserver abgelegt, die benötigte Software ist lokal installiert. Wie das im vorigen Abschnitt besprochene Lehrbuch sind auch hier Texte und Graphiken vollständig hypermedial im PDF-Format abgelegt.

Der Analysezeitraum umfasst hier die Monate Oktober 1997 bis Januar 2000. Auch in diesem Fall liegen für die Monate Mai und Juni 1999 keine Nutzungsdaten vor. Wenn man Tabelle 5.12 mit den Nutzungsdaten aus Tabelle 5.7 vergleicht, so fällt auf, dass die durchschnittlichen Werte für die „Prinzipien des Algorithmenentwurfs“ etwas bei 30% – 40% der entsprechenden Werte für das Lehrbuch „Algorithmen und Datenstrukturen“ liegen. Dies entspricht der Tatsache, dass von den Hörern der Grundstudiums-Vorlesungen gut ein Drittel (35%) die Lehrveranstaltung Algorithmentheorie besuchen.

Nutzungsdaten	**Minimum**	**Maximum**	**Durchschnitt**
Sitzungen	3	58	26
Module	4	624	91
Kumulative Nutzungsdauer	2m 23s	11h 15m 3s	2h 49m 38s

Tabelle 5.12: Nutzungsdaten zum Lehrbuch „Prinzipien des Algorithmenentwurfs“

Nach Beginn des Jahres 1998 ist zu vermuten, dass einige Hörer der Vorlesung das Buch aus der Lehrbuchsammlung entliehen oder selbst erworben haben und somit nicht mehr auf die Nutzung der Online-Version angewiesen sind, deshalb wird der Wert im Januar 1998 (269 Module pro Monat) nicht wieder erreicht. Die übrigen Maxima pendeln sich bei knapp über 100 Zugriffen pro Monat ein, was bei 20 Studierenden, die zum Abschluss auch tatsächlich die Klausur schreiben, fünf Zugriffen monatlich entspricht.

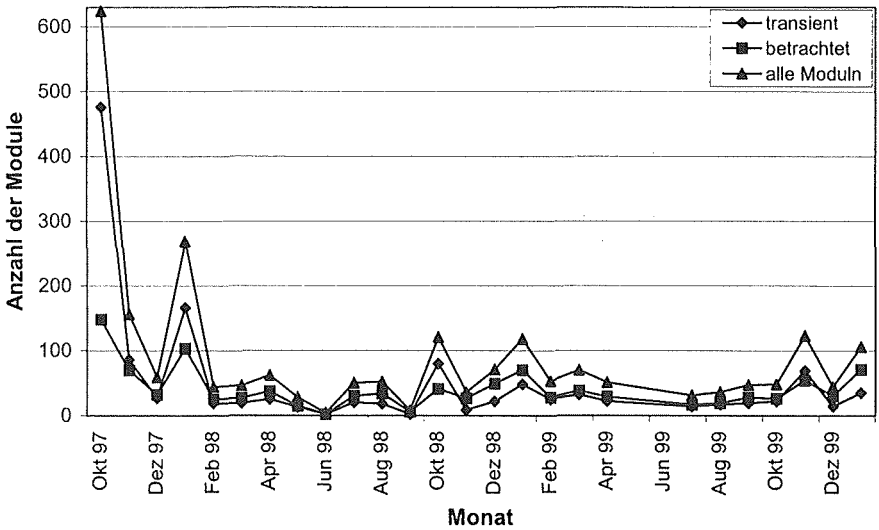

Abbildung 5.6: Prinzipien des Algorithmenentwurfs - Genutzte Module pro Monat

Betrachtet man die genutzten Module pro Monat, wie in Abbildung 5.6 dargestellt, so fällt auf, dass zu Beginn des Beobachtungszeitraums der Zugriff auf das Lehrbuch mit über 600 Modulen pro Monat mehr als doppelt so hoch ausfiel wie zu jedem anderen Monat. Dies hat mehrere Gründe: Zum einen ist dies der Neuigkeitseffekt, da das Lehrbuch erst im Dezember 1997 im Verlag veröffentlicht wurde – man erkennt dies daran, dass die Zahl transienter Zugriffe dreimal so hoch ist wie die Anzahl betrachtender Nutzungen –, zum anderen korreliert der Oktober mit dem Beginn der Vorlesung. Bei mindestens einem Zugriff wurden alle Texte nur für einen kurzen Zeitraum selegiert mit dem vermutlichen Zweck, die entsprechenden Kapitel oder Artikel auszudrucken.

Schließlich ist noch zu berücksichtigen, dass das Lehrbuch in diesem Semester in den Server eingefügt wurde und alle damit verbundenen Zugriffe ebenfalls berücksichtigt werden; zudem ist die Online-Version des Lehrbuchs verstärkt zu Demonstrations- und Testzwecken von Mitarbeitern des Herausgebers genutzt worden. Für die Monate Oktober 1998 und November 1999 sind ebenfalls lokale Maxima zu verzeichnen, dies deutet darauf hin, dass zu Beginn des Semesters zumindest einige der Studierenden des Hauptstudiums das Lehrbuch genutzt haben. Auch in den Monaten Januar 1998 und Februar 1999 sowie Januar 2000 wird die Online-Version verstärkt genutzt. Dies ist damit zu erklären, dass in der letzten Vorlesungswoche eine Abschlussklausur geschrieben wird, so dass auch hier das Lehrbuch zur Prüfungsvorbereitung konsultiert wurde.

Als nächstes interessiert das Verhältnis von transienten zu betrachteten Modulen. Es erreicht – wie schon oben erwähnt – mit 3.22 das absolute Maximum im ersten Monat der Erhebung, der gleichzeitig den Beginn der Verfügbarkeit darstellt, ansonsten pendeln die Werte zwischen 0.33 und 1.95, was einen Schnitt von 0.92 ergibt. Weitere Maxima mit einem Wert größer eins erhält man im Oktober 1998 sowie November 1999, also jeweils zu Beginn des Semesters und der Lehrveranstaltung.

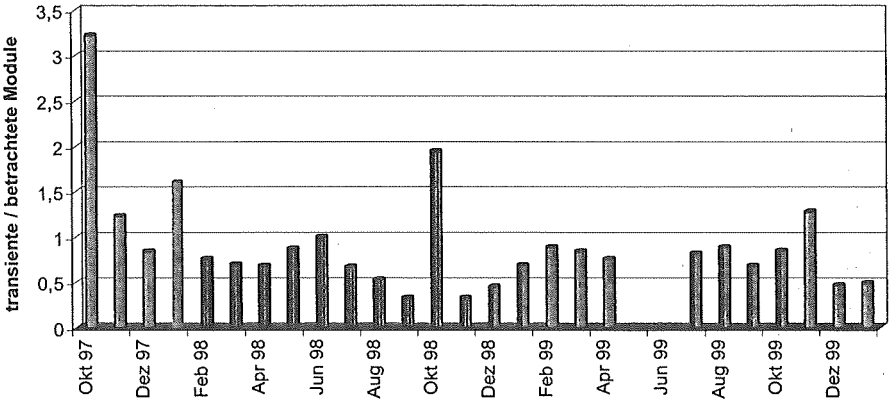

Abbildung 5.7: Prinzipien des Algorithmenentwurfs – Transiente und betrachtete Module

Dies zeigt, dass zu diesen Zeiten die Online-Version vor allem zur inhaltlichen Orientierung genutzt wird, möglicherweise auch mit dem Ziel einer Kaufentscheidung. Gleichzeitig wird auch ein Abbröckeln der Hörerzahlen von etwa 50 auf 30 in den ersten Vorlesungswochen verzeichnet. Das lokale Maximum zum Januar 1998 hängt möglicherweise mit dem oben erwähnten Neuigkeitseffekt zusammen. Andererseits erhöht sich von Dezember zu Januar jeweils der relative Anteil transienter Zugriffe, so dass auch hier die elektronische Version gerade im Vorfeld von Prüfungen verstärkt zum Nachschlagen genutzt wird, wobei in den Januarmonaten 1999 und 2000 etwa zwei betrachtende auf einen transienten Zugriff kommen. Das durchschnittliche Verhältnis über den Beobachtungszeitraum hinweg ist mit dem entsprechenden Wert für das im vorigen Abschnitt behandelte Lehrbuch vergleichbar, obwohl die multimedialen Anteile bedingt durch die aufgezeichneten Vorträge höher und die konzeptionelle und praktische Umsetzung wesentlich aufwändiger ausfällt.

Um dies genauer zu untersuchen, wird die Anzahl der Module pro Sitzung betrachtet. Zunächst ergibt sich hinsichtlich der Maxima der monatlichen Anzahl der Sitzungen ein ähnliches Bild wie bei den genutzten Modulen. Im

Schnitt ist die Zahl der Module pro Sitzung geringer als beim Lehrbuch „Algorithmen und Datenstrukturen", dessen Nutzung im vorigen Abschnitt analysiert wurde; gleichzeitig ergibt sich eine um fast 40% höhere Nutzungszeit pro Modul. Dies lässt auf eine gezieltere Beschäftigung mit den Teilen des Lehrbuchs schließen, als dies bei einem vorwiegend textlich-graphisch gestalteten digitalen Lernmediums der Fall ist und bestätigt die Vermutung, dass eine didaktisch motivierte multimediale Konzeption von Lernmedien eine sowohl konzentriertere (also auf wenige Teile beschränkt) als auch intensivere (also relativ gesehen zeitlich längere) Nutzung nach sich zieht. Hingegen ist die durchschnittliche Nutzungszeit pro Sitzung fast auf die Sekunde genau mit der Nutzung des Lehrbuchs „Algorithmen und Datenstrukturen" (7 Minuten 30 Sekunden) identisch. Dies lässt vermuten, dass bei Online-Medien die durchschnittliche Konzentrationsfähigkeit bedingt durch Faktoren wie schlechtere Auflösung und Bildschirmstrahlung nur etwa ein Drittel der entsprechenden Dauer bei gedruckten Medien (Erfahrungswert 20 Minuten) beträgt.

Module / Sitzung	**Min**	**Max**	**Schnitt**
transient	0.5	9.3	1.7
betrachtet	0.7	8.5	2.1
gesamt	1.4	13	3.8

Zeit / Modul	**Min**	**Max**	**Schnitt**
betrachtet	55s	7m 29s	4m 5s
gesamt	36s	5m 39s	2m 24s

Tabelle 5.13: Prinzipien des Algorithmenentwurfs – (a) Module pro Sitzung, (b) Zeit pro Modul

Zusätzlich zu den genannten Monaten bemerkt man auch für die Monate August sowie September 1998 erhöhte Nutzungszeiten pro Sitzung. Insbesondere fallen hier der umfassende Zugriff auf über 30 der Animationen und Filme durch einen Studierenden sowie mehrere längere Zugriffe durch einen Autor des Lehrbuchs auf, so dass der hohe Wert bedingt durch die niedrige Zahl an Sitzungen nicht signifikant ist. Schließlich werden hinsichtlich der kumulativen Betrachtungszeit pro Monat verstärkte Zugriffe zu Semesterbeginn sowie vor den Prüfungen als lokale Maxima für die Monate Oktober und Januar verzeichnet, so dass sich die obigen Vermutungen, dass das Lehrbuch verstärkt genutzt wird als Mittel zu Orientierung sowie zum Nachschlagen unmittelbar vor den Prüfungen der zugehörigen Lehrveranstaltung, bestätigen.

5.4.2.3 Nutzung der Online-Vorträge zum Thema Rechnernetze

Im Wintersemester 1998/99 wurde die Lehrveranstaltung Rechnernetze erstmals aus Mannheim nach Freiburg übertragen. Auf Freiburger Seite gab es maximal 20 Hörer, von denen 14 (70%) regelmäßig mitgearbeitet und einen Schein erworben haben. Die insgesamt 29 Vorlesungen wurden hierbei aufgezeichnet und werden zur Neuauflage der Vorlesung im Sommersemester 2000 den Studierenden auf 4 CD-ROMs zum Selbstkostenpreis angeboten. Diese Vorträge wurden innerhalb des Beobachtungszeitraums (Oktober 1998 bis Januar 2000) über den lehrstuhleigenen WWW-Server online zur Verfügung gestellt. Über eine HTML-Übersichtsseite war es hierbei möglich, einerseits die Folien zu nutzen, andererseits über einen speziellen Verweis die Stelle im Vortrag zu einer bestimmten Folie auszuwählen, wie nebenstehende Abbildung zeigt. Anschließend konnte man entweder durch Auswahl anderer Verweise die Wiedergabe der Vorlesung steuern, alternativ dazu war dies auch durch entsprechende Regler der externen Applikation möglich. Das entsprechende Verfahren erlaubt es jedoch lediglich innerhalb des institutsweiten Rechnernetzes, die Vorträge zu hören, anderenfalls kann man nur die statischen Komponenten (Übersichtsseite und Folien) nutzen.

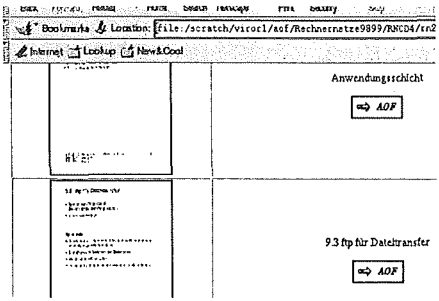

Abbildung 5.8: Online-Vortrag Rechnernetze – Übersichtsseite

Im allgemeinen wurden die Aufzeichnungen, deren durchschnittliche Dauer etwa 85 Minuten beträgt, unmittelbar nach Vortragsdatum zur Verfügung gestellt. Bezüglich der Nutzung ergab sich jedoch in einigen Fällen eine größere Verzögerung, so dass im Schnitt 23 Tage nach der Vorlesung, zu 60% allerdings bereits nach einer Woche die Aufzeichnung erstmals von den Studierenden genutzt wurde. Hier muss jedoch eingeschränkt werden, dass knapp die Hälfte der Online-Vorträge aufgrund des fehlenden oder fehlerhaften Audiostroms überhaupt nicht wiedergegeben werden konnten. Es handelt sich hierbei um die Vorlesungseinheiten 1,4,5,8,9,16-22,24 sowie 27. Obwohl zu vermuten ist, dass in diesem Fall die Vortragsfolien erst mit Verzögerung abgerufen wurden, korreliert dies nur für die Vorlesungseinheiten 8, 9, 18 – 20 sowie 28.

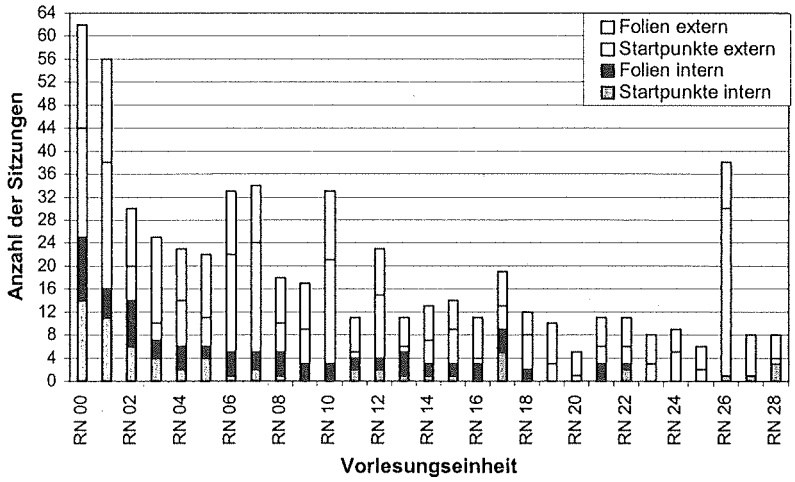

Abbildung 5.9: Vorlesungsaufzeichnung Rechnernetze – Sitzungen pro Einheit

Für die weitere Untersuchung werden zum einen interne und externe Zugriffe unterschieden, also aus dem lokalen Rechnernetz heraus beziehungsweise außerhalb davon, zum anderen zwischen tatsächlicher Nutzung der Vorträge und Einsicht in die Folien[292]. Schließlich bleiben Zugriffe von Mitarbeitern unberücksichtigt, da diese Untersuchung sich auf die Nutzung von Vortragsaufzeichnungen durch Studierende konzentriert. Problematisch ist hier, dass nicht unterschieden werden kann zwischen externen Zugriffen immatrikulierter Studenten einerseits und anderen interessierten Hörern andererseits. So ist etwa bei lediglich einem internen Zugriff die unerwartet häufige Nutzung der Einheit Nr. 26 mit der Relevanz des darin besprochenen

[292] Dies kann unterschieden werden, da jeder Zugriff auf den Server in den Logfiles protokolliert wird und somit der Zugriff auf einen Startpunkt gleichbedeutend mit der Nutzung des Vortrags ist, sofern man sich im lokalen Netz befindet. Das Laden der einzelnen Abbildungen wurde hingegen nicht analysiert, da diese wegen der Einbettung der Folien in die Übersichtsseite mit deren Aufruf automatisch nachgeladen werden und somit nicht unterschieden werden kann zwischen dem Aufruf einer Übersichtsseite und einer einzelnen Folie. Im zweiten Fall ist zudem anzunehmen, dass diese aus dem Browser-Cache nachgeladen würde und nicht in einer erneuten Client-Server-Interaktion resultieren würde.

Themas Internet-Telefonie zu erklären, und es kann vermutet werden, dass es sich hier weitgehend nicht um Hörer der Vorlesung handelte.

Im Schnitt wurden die Vorträge insgesamt 20 mal abgerufen, wobei der Wert zwischen 62 für den Einführungsvortrag sowie 5 für den 20. Vortrag schwankt. Lokale Maxima über dem Durchschnitt ergeben sich für die Vorträge 6, 7, 10, 12, 17 sowie 26. Eine Korrelation zwischen Dauer der Verfügbarkeit sowie Zugriffshäufigkeit kann somit entgegen den Erwartungen nicht festgestellt werden. Ebenso wenig besteht ein Zusammenhang zwischen Nutzbarkeit des Vortrags und internem Zugriff auf die Startpunkte, denn lediglich bei der Hälfte der nicht abspielbaren Vorträge blieb der Versuch aus, diesen zu starten. Umgekehrt wurden drei der 15 übrigen Vorträge (Nr. 10, 23, 25) überhaupt nicht abgespielt.

Sieht man sich die absoluten Sitzungszahlen an, so stellt man eine abnehmende Tendenz fest. Da jedoch früher gehaltene Vorträge auch länger verfügbar waren, ist es notwendig, die Anzahl der Sitzungen zu normalisieren. Hierzu wurde die Nutzung der Vorträge pro gleichem Intervall betrachtet: Sei n die absolute Nutzungszahl eines Vortrags. Dann ergibt sich die durchschnittliche Nutzungszahl k pro t Tagen als $k = n^* \ t/d$, wobei d die Zahl der Tage im Untersuchungszeitraum ist, die eine Vorlesungseinheit zur Verfügung stand und bei dem die Nutzung protokolliert wurde[293]. Sie beträgt zwischen weniger als einmal (Nr. 11, 13, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28) und knapp fünfmal (Nr. 0), im Schnitt knapp zweimal pro Monat (1.67), insgesamt also nur elfmal über dem Durchschnitt. Nur bei sechs Vorträgen wurde von außerhalb des lokalen Netzes überdurchschnittlich häufig die Wiedergabe durch Aktivierung eines Startpunkts angefordert, während dies bei internen Sitzungen achtmal der Fall war. Hier wurde im Schnitt jeder Vortrag weniger als einmal pro fünf Monate angefordert; dieser niedrige Wert liegt darin begründet, dass die Wiedergabe von zehn Vorträgen überhaupt nicht versucht wurde.

---

[293] Auch hier gilt, dass zwischen Ende April und Anfang Juli 1999 keine Logfile-Daten erhoben werden konnten und somit der tatsächliche Betrachtungszeitraum gegenüber der Gesamtzahl um 69 Tage reduziert war.

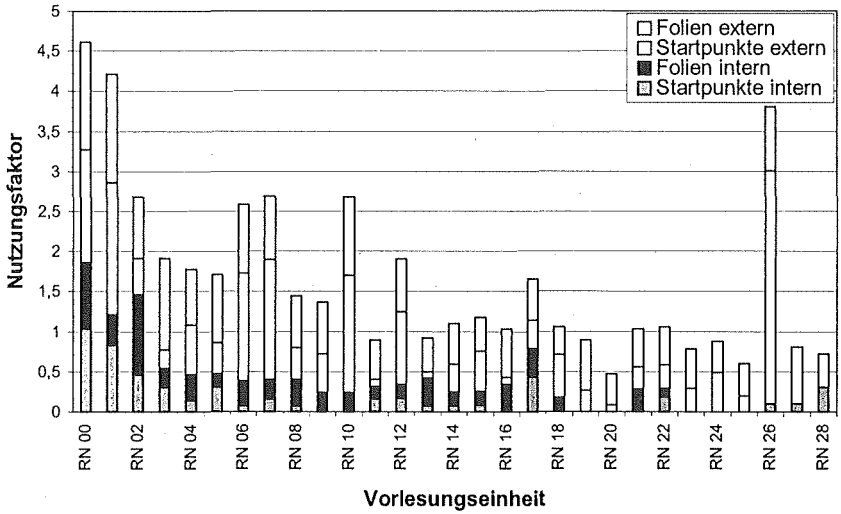

Abbildung 5.10: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Durchschnittliche monatliche Nutzung

Da den Studierenden im Laufe des Semesters bekannt gemacht sein dürfte, dass viele der Vorträge überhaupt nicht nutzbar waren, kann angenommen werden, dass diese Zahl ansonsten höher sein dürfte. Abgesehen davon ist bemerkenswert, dass nur der Eingangsvortrag im Schnitt einmal, pro Monat, der erste Vortrag immerhin noch alle 25 Tage, alle übrigen Vorträge aber höchstens einmal alle zwei Monate abgerufen wurde. Die (versuchte) Nutzung von außen ist demgegenüber um den Faktor 3.4 höher, gleichermaßen ist der Zugriff auf die Übersichtsseiten von außen dreimal höher als innerhalb des lokalen Netzes[294]. Insgesamt liegt der Anteil interner Zugriffe bei weniger als einem Viertel (24%), der Anteil der Nutzung der Vorträge bei knapp der Hälfte (48%) aller internen Zugriffe, dies entspricht auch dem Anteil der versuchten Vortrags-Aktivierungen an den externen Nutzungen. Erwartungsgemäß liegt hier der Anteil interner Zugriffe etwas höher (56%) als die reine Betrachtung der

[294] Mehrfaches Anwählen des gleichen Startpunktes wird in jedem Fall nur einmal gewertet, so dass die erhöhten Zugriffe von außen nicht dadurch erklärt werden können, dass (aufgrund fehlender Rückmeldung durch den Browser, da die Vorträge nicht abspielbar sind und so die notwendige externe Applikation nicht aktiviert werden kann) ein Startpunkt mehrfach angewählt wurde in der Annahme, es handele sich um einen Übertragungsfehler.

Vortragsfolien. Diese ist, wie die Nutzung über die Zeit zeigt, besonders hoch in den Wochen vor der Abschlussprüfung des Semesters, in dem die Lehrveranstaltung angeboten wurde. Damit erscheint es geboten, die Vortragsaufzeichnungen auch nach außen hin zur Verfügung zu stellen, und zwar vorzugsweise als kontinuierlich übertragenen Datenstrom.

Wie die wochenweise Nutzung der Rechnervorträge in der folgenden Graphik zeigt, setzt der Zugriff von außen erst etwa sechs Wochen nach Veranstaltungsbeginn ein. Dies entspricht der Erwartung, dass parallel zum regelmäßigen Vorlesungsbesuch der Stoff erst als Prüfungsvorbereitung gezielt nachbereitet wird, und zwar, wie die folgende Graphik zeigt, gegen Ende der Lehrveranstaltung, wobei die Vortragsfolien um so häufiger rekapituliert werden, je näher der Prüfungstermin rückt. Anhand der kurzen Nutzungszeiten ist anzunehmen, dass hier vor allem auf die Folien zugegriffen wird, um sie auszudrucken und zusammen mit den übrigen Vorlesungsunterlagen abzuspeichern. Auch nach der semesterbezogenen Prüfung erhöhen sich die Nutzungszahlen bis auf über 40 pro Woche, wobei zu vermuten ist, dass die versuchten Zugriffe auf die Vorträge nicht den lokalen Hörern der Vorlesung zuzuordnen sind, sondern externen Interessenten, welche über die beschränkte Verfügbarkeit der Aufzeichnungen nicht informiert sind.

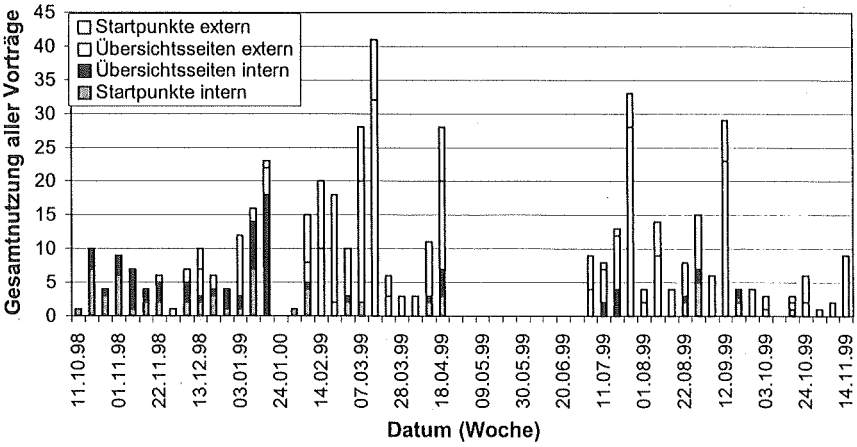

Abbildung 5.11: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Absolute wöchentliche Nutzung

Abgesehen von der punktuellen lokalen Nutzung der Aufzeichnungen nach Semesterende, etwa zwischen 11. und 24. April oder zwischen 22. August und 4. September, welche mit der Vorbereitung auf eine Diplomteilprüfung in

Verbindung gebracht werden kann, werden die Vorträge intern kaum noch genutzt.

Neben den absoluten Zugriffszahlen auf Vortragsaufzeichnungen, wie sie bisher untersucht worden sind, interessiert ebenfalls die Anzahl der Sitzungen pro Zeitraum, wobei der Vergleichbarkeit halber auch hier wieder jeweils eine Woche zugrundegelegt wird. In der folgenden Abbildung erkennt man, dass maximal vier interne Zugriffe pro Woche stattfinden, und zwar zu Beginn der Lehrveranstaltung (18.10 sowie 8.11.) sowie unmittelbar vor den mündlichen Diplomprüfungen im Herbst (29.8.). Da während dieser drei Wochen keine internen Sitzungen protokolliert wurden, bei denen nur auf Übersichtsseiten bzw. Folien zugegriffen wurde, entspricht dies der absoluten Nutzungszahl der Vorträge.

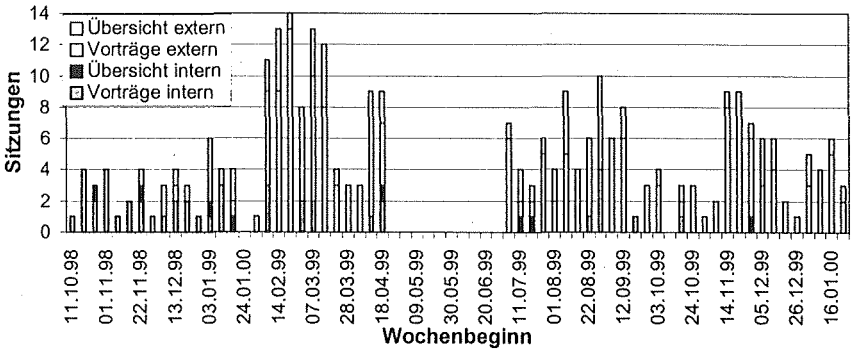

Abbildung 5.12: Vorlesungsaufzeichnung Rechnernetze – Anzahl wöchentlicher Sitzungen

Neben den absoluten Zugriffszahlen auf Vortragsaufzeichnungen, wie sie bisher untersucht worden sind, interessiert ebenfalls die Anzahl der Sitzungen pro Zeitraum, wobei der Vergleichbarkeit halber auch hier wieder jeweils eine Woche zugrundegelegt wird. In der folgenden Abbildung erkennt man, dass maximal vier interne Zugriffe pro Woche stattfinden, und zwar zu Beginn der Lehrveranstaltung (18.10 sowie 8.11.) sowie unmittelbar vor den mündlichen Diplomprüfungen im Herbst (29.8.). Da während dieser drei Wochen keine internen Sitzungen protokolliert wurden, bei denen nur auf Übersichtsseiten oder Folien zugegriffen wurde, entspricht dies der absoluten Nutzungszahl der Vorträge. Wie man sieht, stagniert diese während des Semesters auf niedrigem Niveau (maximal zwei Sitzungen). Hingegen ist offensichtlich, dass die Zahl der versuchten Zugriffe von außen in der Woche vor der Scheinklausur jäh ansteigt (sechs Sitzungen) und sich zum darauffolgenden Prüfungszeitraum nochmals ansteigt (13 Sitzungen), während der ausschließliche interne Zugriff auf

Vortragsfolien die Ausnahme bleibt (maximal eine Sitzung wöchentlich) und nur sporadisch zu vermelden ist. Augenfällig ist, dass im Schnitt in drei Sitzungen pro Monat die Vorträge intern aufgerufen werden, während dies in externen Sitzungen über viermal so häufig versucht wird und immerhin einmal wöchentlich auf die Folien zugreifen. Es ist wahrscheinlich, dass die Vortragsaufzeichnungen nur selten zur Nachbereitung einer Lehrveranstaltung genutzt werden, weil diese im allgemeinen privat erfolgt, die Nutzung der Vorträge dort allerdings nicht möglich und bis zur Einführung einer finanziell tragbaren Flat Rate für Internetverbindungen auch nicht erschwinglich ist. Während des Semesters hingegen, wenn die Studierenden die Möglichkeit zur Nutzung der Rechnerpools im Umfeld der Lehrveranstaltungen haben, nehmen sich zur regelmäßigen Nachbereitung höchstens 29% der Hörer die entsprechende Zeit. Hier sind zwei mögliche Interpretationen denkbar: Zum einen bevorzugen es die Studierenden, wie der regelmäßige Veranstaltungsbesuch zeigt, trotz der Übertragung die Live-Atmosphäre am Übertragungsort gegenüber der zeitlich unabhängigen Vortragsnutzung, um sich den Lernstoff angemessen anzueignen. Dabei ergibt sich wegen der überschaubaren Teilnehmerzahl zumindest theoretisch die Möglichkeit, Rückfragen an den Dozenten zu stellen sowie gemeinsam mit Kommilitonen direkt vor Ort, nämlich primär im Anschluss an die Übertragung oder in einer Pause, über das jeweilige Thema zu diskutieren. Offenbar wird hier die Übertragung als Ersatz zur Präsenzveranstaltung akzeptiert. Wahrscheinlich ist auch, dass die vorlesungsbegleitenden Übungen, welche lokal vor Ort betreut wurden, ein Anreiz für den konstant hohen und regelmäßigen Vorlesungsbesuch waren. Zum anderen wird der Lernstoff – wie auch schon die Nutzung der Lehrbücher zeigte – gezielt und konzentriert im wesentlichen unmittelbar vor Prüfungen nachbereitet. Es ist zu vermuten, dass eigene Vorlesungsmitschriften als individualisierte Lernmedien die als Konserve abrufbaren Materialien ergänzen.

Um das Nutzungsverhalten zu präzisieren, kann man, wie in der nachfolgenden Abbildung, die mittlere Zahl der Vorträge pro Sitzung betrachten. Hier fällt auf, dass im Schnitt nie mehr als zwei Vorträge pro Sitzung genutzt wurden. Lokale Maxima erkennt man hier besonders zu Anfang des Semesters, als die Auswahl nutzbarer Vorträge noch vergleichsweise gering ist, kurz vor Jahresende sowie im Vorfeld der Scheinklausur. Auch im Vorfeld der mündlichen Diplomprüfungen (April bzw. September 1999) erhöht sich das Verhältnis. Versuchte externe Zugriffe auf Vorträge sind demgegenüber im Verhältnis zu den externen Sitzungen noch seltener, wie die helle Kurve zeigt[295]. Allerdings oszilliert das Verhältnis ab Februar 1999 um den Wert eins, so dass hier

[295] Mehrere versuchte Zugriffe innerhalb des gleichen Vortrags werden hier nur einmal gewertet.

gleichbleibendes Interesse an den Aufzeichnungen der Vorträge angenommen werden kann. Hinsichtlich der Zugriffe auf die Folien steigt insbesondere das Verhältnis kurz vor der Scheinklausur jäh bis auf den Wert 18 an, dieses wird im Beobachtungszeitraum auch nicht mehr annähernd erreicht.

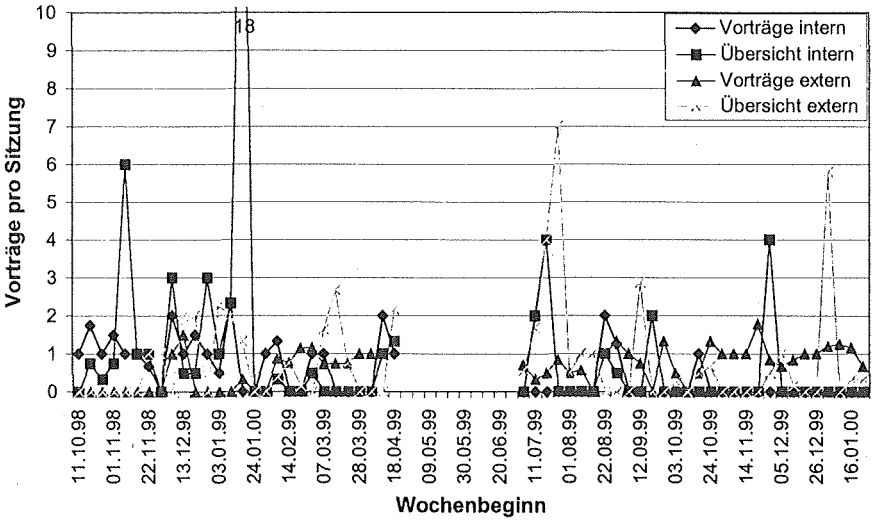

Abbildung 5.13: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Genutzte Einheiten pro Sitzung nach Wochen

Auffallend viele Vortragsfolien pro Sitzung werden durch externe Nutzer vor allem vor den Diplomprüfungen (März und Juli) sowie im Januar 2000 erreicht. Vergleicht man die Lage der Maxima hinsichtlich der Abszisse, ist zu vermuten, dass die Folien vor Beginn der eigentlichen Lernphase aufgerufen und vermutlich ausgedruckt werden, um diese dann zeit- und ortsunabhängig als Vorlesungsunterlagen nutzen zu können. Dies bestätigt auch die These, dass die Vortragsübersichten und -folien als Surrogat für die eigentliche Aufzeichnung wertvolle Lernmedien für die Studierenden darstellen.

Wie nun die Vortragsaufzeichnungen genutzt werden, soll nun aufgrund der jeweiligen Nutzungsdauer der Zugriffe auf die einzelnen Vorträge sowie auf die Folien festgestellt werden. Die Betrachtung beschränkt sich hier zunächst auf interne Zugriffe, da extern nur die Übersichtsseiten, nicht aber die eigentlich Vorträge genutzt werden können. Die maximale durchschnittliche Betrachtungsdauer wird zu Beginn der Lehrveranstaltung mit etwa 26 Minuten erreicht, nimmt aber im Laufe des Semesters rapide ab und erreicht vor der Diplomprüfungsphase im darauffolgenden Herbst einen neuerlichen Maximalwert von etwa

24 Minuten. Dies entspricht der Erwartung, dass Studierende die angebotenen Lernmedien zielgerichtet zur Vorbereitung auf Prüfungen nutzen, und zwar um so intensiver, je länger der Stoff erstmals präsentiert bzw. gelernt wurde.

Zählt man nur die Wochen, in denen mindestens ein Vortrag betrachtet wurde, ergibt sich eine Nutzungszeit von weniger als zehn Minuten, welche nach den ersten sechs Wochen des Semesters nicht wieder erreicht wird. Dies ist erst wieder kurz vor der Scheinklausur gegen Ende des Semesters der Fall.

Daraus lässt sich folgern, dass das neuartige Medium Vortragsaufzeichnung mit fortschreitender Zeit bzw. Erfahrung verstärkt zur punktuellen Rekapitulation des Lernstoffes genutzt wird, so dass sich in kürzerer Zeit ein größerer Nutzen ergibt. Dies korreliert mit der Beobachtung, dass abgerufene Vorträge um so seltener am Anfang gestartet werden, je näher das Ende des Semesters ist.

Hinsichtlich der ausschließlichen Nutzung der Folien liegt die entsprechende Zeitdauer erwartungsgemäß unter der Nutzungsdauer der Vorträge. Im Durchschnitt wurden gut vier Minuten gemessen, hier ist allerdings die Spanne zwischen Minimal- und Maximalwert sehr hoch. Es wird vermutet, dass die Folienübersicht hauptsächlich zum Ausdrucken angefordert wurde, während einige hohe Werte oberhalb von 20 Minuten vermuten lassen, dass einige Nutzer die Folien tatsächlich intensiv am Bildschirm genutzt haben. Erstaunlich ist auf den ersten Blick mit über 55 Minuten die lange Betrachtungsdauer der Folien Anfang März 1999, bei näherer Betrachtung stellt sich allerdings heraus, dass dieser Durchschnittswert durch eine einzige Sitzung hervorgerufen ist. Eine intensive Beschäftigung von fast einer Stunde mit den Folien ist unwahrscheinlich, so dass vermutlich parallel zur Betrachtung anderen, nicht über die Protokolldatei nachweisbaren Aktivitäten nachgegangen wurde. Hier ist an das grundsätzliche Problem der zeitlichen Erhebung als Differenz zweier aufeinanderfolgender Zugriffe zu erinnern, so dass eine kontinuierliche Beschäftigung mit einem statischen Medium um so unwahrscheinlicher ist, je länger die zeitliche Differenz ausfällt.

Berücksichtigt man, dass für fast die Hälfte der Vorträge lediglich die Folien nutzbar waren, so ergeben sich in immerhin drei Fällen Zugriffsdauern oberhalb von 30 Minuten, so dass die durchschnittliche Betrachtungszeit der Folien auch wegen der geringen Menge der Zugriffe pro Woche (im Schnitt weniger als vier) sehr wahrscheinlich geringer als im obigen Diagramm ausfällt. Genauere Aussagen hinsichtlich der zeitlichen Nutzung oder bezüglich des Navigationsverhaltens innerhalb eines Vortrags lassen sich jedoch durch ausschließliche Betrachtung der Protokolldateien nicht machen, da die Steuerung eines Vortrags entweder extern durch gezielte Anwahl einzelner Startpunkte oder intern (also aus der externen Applikation heraus, welche die Vorträge abspielt) erfolgt. Zudem wird angenommen, dass die Benutzer

während der Nutzung eines Vortrags nicht parallel auf dem gleichen Server zu anderen Unterlagen navigieren, so dass zeitbezogene Aussagen im weiteren Verlauf als Tendenzen und nicht als exakte Maße zu verstehen sind.

Interpretiert man einen Zugriff auf die Startpunkte eines Vortrags als Bedürfnis, diesen auch extern nutzen zu können, so lässt sich durch den Vergleich der durchschnittlichen zeitlichen Dauer externer Zugriffe auf die statischen Komponenten mit der durchschnittlichen Zugriffsdauer innerhalb von Sitzungen mit Aktivierung von Startpunkten ermitteln, inwieweit die Nutzung der Vorträge von außen tatsächlich erwünscht ist. Der besseren Vergleichbarkeit halber wurde dies jeweils für jede Vorlesungseinheit getrennt ermittelt, um die Annahme zu überprüfen, ob ein versuchter Zugriff auf die Startpunkte der Vorträge einhergeht mit einer zeitlich intensiveren Beschäftigung mit dem behandelten Stoff einhergeht.

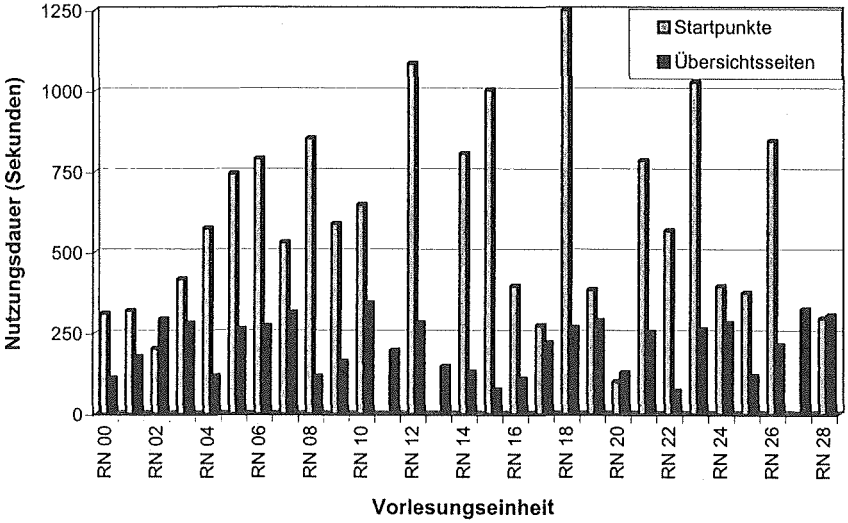

Abbildung 5.14: Vorlesungsaufzeichnungen Rechnernetze – Dauer der externen Zugriffe auf Startpunkte und Übersichtsseiten

Wie Abbildung 5.14 zeigt, liegt die durchschnittliche Nutzungsdauer in diesem Fall bis auf drei Fälle (Nr. 2, 20 bzw. 28) durchweg über der Nutzungsdauer der Übersichtsseiten, nämlich im Schnitt dreimal so hoch (10.5 Minuten gegenüber 3.5 Minuten). Während die durchschnittliche Zugriffszeit auf Übersichtsseite

und Folien zwischen etwa einer und 5.5 Minuten oszilliert, ist die Schwankungsbreite im Fall des versuchten Zugriffs auf die Vorträge erheblich größer und erreicht ihr Maximum bei etwa 20 Minuten[296].

Kurze Zugriffszeiten pro Vortrag könnten ein Indiz dafür sein, dass statische Komponenten vorzugsweise ausgedruckt oder lokal gespeichert wurden, um sie dann offline oder lokal etwa zu Annotationszwecken zu nutzen. In diesem Fall ist es schlüssig, dass der Bedarf für eine längere Online-Nutzung entfällt. Um zu erklären, warum jedoch diejenigen Nutzer, welche die Vorträge extern nutzen möchten, längere Zeit mit den statischen Medien verbringen, anstatt diese ebenfalls lokal zu speichern oder ausdrucken, wäre zu vermuten, dass potenzielle Nutzer von Online-Vorträgen weniger dazu tendieren, statische Komponenten auszudrucken und offline zu nutzen. Dies erscheint allerdings wenig plausibel, zumal längere Nutzungszeiten mit erhöhten Provider-Kosten einhergehen. Plausibler ist es, zu vermuten, dass die Intention, Vortragsaufzeichnungen zu nutzen, mit der Bereitschaft einhergeht, Vorlesungsunterlagen aktiv und intensiv zu gebrauchen. Auch hier bestätigt sich also die Annahme, dass die statischen Komponenten ein geeignetes Surrogat für die Aufzeichnungen darstellen, dies ist ein Indiz dafür, dass die Lernintensität nicht primär von der medialen Umsetzung abhängt.

Die Nutzungsdauer der Vorträge wurde ebenfalls in zeitlichem Kontext untersucht, hier bemerkt man, dass im Vorfeld der ersten mündlichen Prüfungsphase (März / April 1999) für die Zugriffe auf Startpunkte die mittlere Nutzungsdauer mit über 23 Minuten höher ausfällt als vor der Scheinklausur im Februar (16 Minuten) und vor der zweiten mündlichen Prüfungsphase im Herbst (14 Minuten). Andererseits ergeben sich jedoch weitere Maxima, die nicht unmittelbar in Zusammenhang mit prüfungsvorbereitenden Phasen gesetzt werden können, so dass angesichts der generell unsicheren Messung zeitlicher Zusammenhänge von einer weiteren Interpretation abgesehen wird.

---

[296] Nach der Addition der ermittelten Nutzungszeiten ergaben sich in einigen Fällen unverhältnismäßig hohe durchschnittliche Nutzungszeiten. Bei näherer Betrachtung fiel auf, dass einige Sitzungen aus weniger als vier Zugriffen bestehen, von denen die errechnete Dauer des ersten bzw. zweiten Zugriffs eine halbe Stunde übersteigt. Da die jeweils letzte Nutzungsdauer einer Sitzung als Mittel der übrigen Zugriffe errechnet wird, ergeben sich somit hohe gesamte Nutzungsdauern für Vorträge, wenn kurze Sitzungen mit dem Zugriff auf Folien beziehungsweise Startpunkte enden. In diesem Fall wurde so verfahren, dass die Zeit des letzten Zugriffs ignoriert wurde, wenn die gesamte Zugriffsdauer 30 Minuten überstieg.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Aufzeichnungen der Rechnervorträge – soweit abrufbar – ausnahmslos selten genutzt werden. Bemerkenswert sind erhöhte Zugriffsraten von außen für besonders anwendungsorientierte Themen, wie beispielsweise Internet-Telefonie, gleichzeitig ist einleuchtend, dass die einführenden Vorlesungseinheiten gegenüber den weiterführenden Lektionen bevorzugt genutzt werden. Erwartungsgemäß werden vor allem im Vorfeld zu Prüfungen insbesondere die Folien und Übersichten außerhalb des lokalen Rechnernetzes, weniger dagegen die Aufzeichnungen im lokalen Netz, abgerufen. Insbesondere im Vorfeld der Diplomprüfungen ergibt sich eine erhöhte Anzahl von Sitzungen, welche auf die Vorlesungsunterlagen zugreifen, die Vorträge hingegen werden nie in mehr als vier Sitzungen pro Woche genutzt.

Angesichts des regelmäßigen Vorlesungsbesuchs wird deshalb angenommen, dass zum einen die Übertragung der Veranstaltung aus Mannheim ein vollwertiger Ersatz für eine lokal gehaltene Vorlesung darstellt, zum anderen, dass die Nachbereitung entweder aufgrund anderer Aufzeichnungen (beispielsweise individueller Folienmitschrieb) oder aber nur in Zusammenhang mit Prüfungen effektiv von der Mehrheit der Zuhörer durchgeführt wird. Vor allem vor der Scheinklausur werden die Aufzeichnungen offensichtlich zur punktuellen Rekapitulation genutzt. Ein möglicher Grund für den spärlichen Zugriff wird hier in der mangelhaften Personalisierbarkeit der Aufzeichnungen (etwa durch Annotationen) vermutet. Hinsichtlich der Nutzungsdauer werden vor allem zu Anfang des Semesters, in der die Lehrveranstaltung angeboten wurde, die Aufzeichnungen teilweise in voller Länge angehört, je weiter die Zeit fortschreitet, desto kürzer auch die durchschnittliche Nutzungsdauer. Andererseits ist die zeitliche Nutzung vor Prüfungen um so ausgedehnter, je länger der behandelte Stoff zurückliegt, was sich beispielsweise unmittelbar vor dem Prüfungszeitraum im Herbst 1999 bemerkbar macht.

Das Bedürfnis, die Aufzeichnungen von außerhalb des lokalen Netzes zu nutzen, steht interessanterweise in direktem Zusammenhang mit der Länge bzw. Intensität der Betrachtung, auch wenn sich diese hier auf die statischen Komponenten beschränkt; sie übersteigt die Einsicht in die Folien und Übersichtsseiten um den Faktor 3. Vor allem in der vorlesungsfreien Zeit erkennt man die Erwartung, die Lernmedien orts- und zeitunabhängig nutzen zu können, wobei sich hier die statischen Medien als geeignetes Surrogat für den ortsunabhängigen Zugriff erweisen. Mit Einführung einer Telefongrundgebühr, welche unbegrenzte Online-Nutzung einschließt, wird vermutlich die Attraktivität aufgezeichneter Lehrveranstaltungen steigen, so dass diese besonders für externe Studierende und andere Interessenten im Streaming-Format angeboten werden sollten.

Eine Möglichkeit, die Studierenden zur dauerhaft erhöhten Nutzung von Vorlesungsaufzeichnungen zu bringen, ist, diese bereits im Vorfeld der

eigentlichen Unterrichtseinheit den Studierenden als Möglichkeit zur thematischen Vorbereitung anzubieten und das entsprechende Wissen dann als vorausgesetzt anzunehmen, oder in regelmäßigen Wissensabfragen, da offenbar extrinsische Gründe (etwa das Bestehen von Prüfungen) gegenüber intrinsischer Motivation (beispielsweise das Interesse am Themengebiet, Wissensdurst) überwiegen. Angesichts der geringen Teilnehmerzahl sowie ausschließlich quantitativer Angaben aufgrund von Protokolldateien ist es erstaunlich, viele der erwarteten Hypothesen bestätigt zu finden. Für eine umfassende und qualitative Evaluation hingegen wäre es vorteilhaft gewesen, diese schon in der Vorbereitung kooperativ im Konzept der Lehrveranstaltung zu verankern, um dann die Ergebnisse der unterschiedlichen Techniken (Fragebogen, Interview, Logfile-Analyse) vergleichen zu können. Andererseits sind die hier zusammengetragenen Ergebnisse auch ein Beispiel für die prinzipielle Beschränktheit quantitativer Analysen, die häufig vom Anspruch begleitet werden, aufgrund objektiver Datenerfassung einer prinzipiell unbegrenzten Nutzermenge verallgemeinerbare Aussagen zu liefern. Dass dies für spezifische Ziele wie in diesem Beispiel keinesfalls ausreicht, obwohl eine problemspezifische Aggregierung der erhobenen generischen Daten durchgeführt worden war, zeigt exemplarisch die Tatsache, dass viele nicht quantifizierbare Randbedingungen aufgrund von zusätzlichem Wissen nur in einem nicht zu automatisierenden intellektuellen Prozess inkrementell berücksichtigt werden konnten.

5.4.3 Nutzung der Suchfunktion des Bibliotheks-Servers

Als offensichtliches Beispiel für die Nutzer-Interaktion mit einem Bestand digitaler Lernmedien wird im Rahmen der Langzeitanalyse der Gebrauch der Suchfunktion näher betrachtet. Hier interessiert – abstrahiert von einzelnen Publikationen und lehrveranstaltungsbegleitenden Medien – inwieweit die Nutzung der Suche auf dem Server Einfluss auf das weitere Navigationsverhalten hat. Auch hier gilt das gegen Ende des vorigen Abschnitts Gesagte, nämlich, dass die Aggregierung der entsprechenden Parameter nach einzelnen Sitzungen nicht ausreicht, um weiterführende Aussagen treffen zu können. Hier setzt – wie auch schon oben gezeigt – der intellektuelle Prozess ein, nämlich dem Gebrauch der Suchfunktion im Kontext der übrigen Navigation innerhalb aufgezeichneter Sitzungen nachzuspüren.

Generell unterscheidet man drei Formen der Navigation in einem Dokumentenbestand:

- **Hierarchisch** entlang einer vorgegebenen Ordnung, im allgemeinen ist dies ein Baum oder ein azyklischer Graph. Beispielsweise ist dies ein Inhaltsverzeichnis oder eine Übersicht. Diese Art der Navigation entlang (anbieterübergreifenden) Dokumentenhierarchien bietet beispielsweise Gopher.

- **Assoziativ** entlang expliziter Verknüpfungen zwischen Fragmenten einzelner unterscheidbarer Komponenten. Diese werden gewöhnlich durch den Autor oder Medienanbieter zusätzlich definiert. Beispielsweise handelt es sich um einen Verweis zwischen einem Begriff in einem Text und dessen Erklärung in einem Glossar. Auf diese Weise navigiert man im Angebot eines WWW-Servers.
- Über eine **Suchfunktion** auf einem Teil oder der Gesamtheit des Dokumentenbestands, etwa in Form einer Suche in konventionellen Bibliothekskatalogen und OPACs. Digitale indexierbare Medien wie Textformate und in eingeschränktem Maße Audio oder Video erweitern diese Möglichkeit etwa durch eine Volltextsuche im Dokumenteninhalt.

Volltext-Indizes können entweder beim Einfügen eines neuen Mediums aktualisiert werden, wie dies etwa bei Knowledge-Management-Systemen wie Hyperwave der Fall ist, oder aber ein Roboter indexiert nach festgelegten Heuristiken Teile heterogener Dokumentenbestände und bietet dem Nutzer über einen allgemeinen Zugang die Suchmöglichkeit in den inkrementell erstellten Indizes. Im ersten Fall spricht man von vollständigen, ansonsten von partiellen Indizes. Diese haben den Vorteil, einen abgegrenzten Medienbestand vollständig in jederzeit aktuellen Indizes zu erfassen[297] und können verschiedene Dokumentenformate je nach genutzter Indexierungs-Software[298] abbilden, jene beschränken sich auf XML und HTML und berücksichtigen nur Teilgraphen des Dokumentenbestandes, können aber potenziell Medien auf allen miteinander verknüpften WWW-Servern indexieren. Moderne Dokumenten-Management-Systeme bieten dem Benutzer eine Kombination aus hierarchischer, assoziativer und Volltextsuche.

Im vorliegenden Fall bilden die Publikationen, von denen exemplarisch einige im vorigen Abschnitt untersucht wurden, nur einen Bruchteil der Dokumente des Servers, so dass sich die hier untersuchte Nutzung der Suche auf den gesamten Dokumentenbaum bezieht. Die integrierte Suchfunktion erlaubt dem Benutzer einige Optionen, so etwa die Suche auf dem aktuellen Teilbaum bzw.

---

[297] Genaugenommen gilt dies nur im Fall von hinzukommenden Dokumenten. Wird eine Komponente des Dokumentenbaums gelöscht, so müssen die entsprechenden Terme aus der Index-Datenbank ebenfalls gelöscht werden. Man spricht hier auch von einer Reorganisation des Volltext-Index, der im allgemeinen automatisch und in regelmäßigen Abständen durch den Dokumentenspeicher durchgeführt wird.

[298] Beispielsweise kann Verity (http://www.verity.com) außer ASCII und HTML alle gängigen Office-Formate sowie Postscript und PDF indexieren.

dem gesamten Dokumentenbestand, sowie der Suche beschränkt auf Attribute der mit den Dokumenten assoziierten Dokumenten, der Volltext-Indizes oder kombiniert. Diese Differenzierungen wurden jedoch bei der Analyse nicht weiter berücksichtigt.

	insgesamt	**Durchschn. / Woche**	**Anteil Sitzungen**
Sitzungen mit Suche	233	4	8.4%
erfolgreiche Suche	166	3	6.2%
Anteil	71%	75%	–

Tabelle 5.14: Sitzungen mit Nutzung der Suchfunktion (04.10.98 – 31.01.00)

Der berücksichtigte Zeitraum erstreckt sich, wie man aus der Tabelle 5.14 sehen kann, von Beginn Oktober 1998 bis Ende Januar 2000, wobei auch hier die Daten im Mai und Juni 1999 nicht verfügbar waren. Folglich handelt es sich um 59 Wochen, in denen insgesamt in 233 protokollierten Sitzungen[299] die integrierte Suchfunktion aufgerufen wurde.

Für den weiteren Verlauf werden jedoch nur potenziell erfolgreiche Suchen gewertet, also solche, bei denen auf die Anzeige des Ergebnisses ein Dokument aus der Trefferliste ausgewählt wurde[300]. Dies lässt sich dadurch erkennen, dass im entsprechenden Eintrag der Protokolldatei im erweiterten Logfile-Format die Herkunfts-URL den Aufruf einer Suche auf dem Server kodiert. Damit bleiben insgesamt 166 Sitzungen mit erfolgreicher Suche, also 71% aller Sitzungen mit Aufruf der Suchfunktion, übrig. Insgesamt wurden 241 unterscheidbare Suchaufrufe gestartet, so dass. jede Sitzung im Mittel zwischen ein und zwei Nutzungen dieser Funktion verzeichnete. Interessanterweise wurde in vielen Fällen die Suchfunktion mehrfach mit dem gleichen Suchterm aufgerufen, so dass die Gesamtzahl der Suchaufrufe noch erheblich höher liegt, aber hier nicht weiter berücksichtigt wird.

---

[299] Eine Sitzung ist wie in der Beschreibung der hier genutzten eigenentwickelten Analyse-Software definiert, so dass es sich mindestens um zwei Zugriffe ausgehend von der gleichen Domäne handelt, die insgesamt mindestens 400 Sekunden dauern.

[300] Ob eine Suche tatsächlich erfolgreich war, lässt sich durch Analyse des Nutzerverhaltens aufgrund automatisch erhobener Daten verfahrensbedingt nur unter Vorbehalt schließen. Von einer weiteren Präzisierung wurde daher bei dieser Untersuchung abgesehen.

Der Dokumentenbaum ist durchgehend navigierbar, da die Nachfolger eines Knotens als lineare Liste auf der linken Seite jeder aufgerufenen URL aufgelistet werden, zusätzlich kann man zu jeder Zeit durch einen Hyperlink zum strukturellen Vorgänger gelangen. Es ist zu erwarten, dass die Nutzung der Suchfunktion tendenziell mit der zeitlichen Position im Beobachtungszeitraum zunimmt, da die Navigation in einem Dokumentenbaum mit dessen Größe beschwerlicher, also die globale Übersicht schwieriger wird.

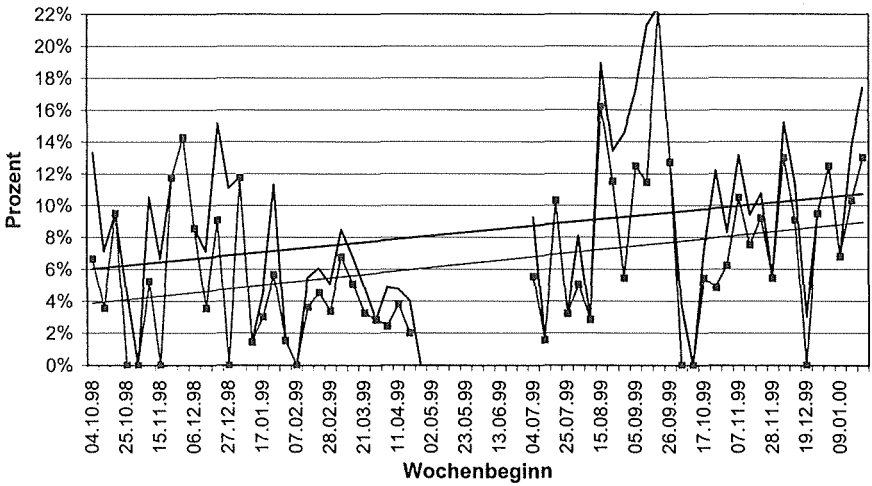

Abbildung 5.15: Prozentualer Anteil der Sitzungen mit genutzter Suchfunktion (je Woche)

In Abbildung 5.15 wird der Anteil der Sitzungen mit genutzter Suche über den Untersuchungszeitraum hinweg aufgetragen, zum einen für alle registrierten Sitzungen mit Aufruf der Suchfunktion (dunkle Kurve), zum anderen beschränkt auf die erfolgreichen Anfragen (helle Kurve). An beiden Trendlinien erkennt man, dass die Suchfunktion im Laufe der Zeit immer häufiger genutzt wird, und zwar vor allem von externen Nutzern, die gezielt nach bestimmten Informationen oder Dokumenten suchen, ohne möglicherweise die Struktur des Dokumentenangebots zu kennen. Insgesamt 44 der gezählten Sitzungen hatten ihren Ursprung vom lokalen Rechnernetz aus, dies entspricht einem Anteil von 26.5%, also etwas mehr als ein Viertel. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass 31 der internen Sitzungen vom Administrator des Servers herrührten, der in den

Online-Handbüchern nach speziellen Informationen suchte, so dass diese Zugriffe als nicht typisch anzusehen sind[301].

Die Erschließung per Volltextsuche ist, wie man am Anteil der erfolglosen Suchoperationen sieht, insbesondere dann genutzt worden, wenn die Eigenschaften des gesuchten Mediums nur annäherungsweise, nicht aber genau, bekannt waren – dies erkennt man an den allgemein formulierten Suchtermen – oder wenn insbesondere bei Zugriffen von nichtakademischen Netzen gezielt nach bestimmter Information gesucht wurde. Dies erkennt man anhand der teilweise sehr spezifischen Anfragen. Andererseits erstaunt der nicht unerhebliche Anteil an wenig konkreten Anfragen, die jedoch teilweise aufgrund des gelieferten Ergebnisses noch weiter präzisiert wurden.

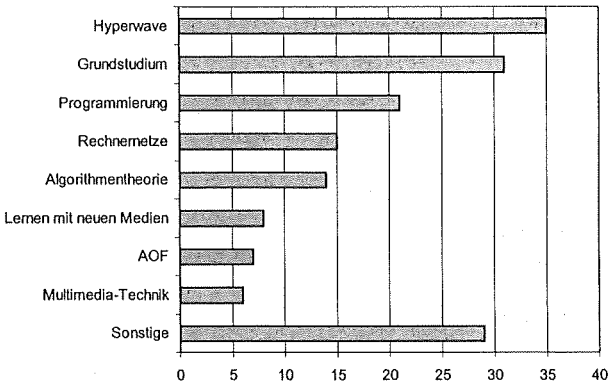

Abbildung 5.16: Themen in den Suchoperationen

Im nebenstehenden Diagramm wurden die Zugriffe thematisch geordnet, wobei die Unterscheidungen sich nicht aus der entsprechenden thematischen Relevanz ergeben, sondern aufgrund der Abstraktion anhand der protokollierten Suchstrings. Der größte Anteil nimmt aufgrund der soeben erwähnten administrativen Zugriffe die Suche nach Begriffen zum Thema Hyperwave, also der hier genutzten Server-Technologie, ein, nämlich 35 Sitzungen, dicht gefolgt von 32 Zugriffen zu Themen im Grundstudium Informatik, genauer gesagt der beiden Anfängervorlesungen (Informatik 1 und 2). Der nächste größere Komplex wird durch das Thema Programmierung aufgespannt, also durch Suchen zum Thema Java, HTML, Perl und XML, und zwar in 21 Fällen. Zum Thema Algorithmentheorie wurde in 16 Fällen gesucht, bezüglich Rechnernetze und Multimedia-Technik wurden 16 beziehungsweise 6 Sitzungen verzeichnet. Dieser recht hohe Anteil erklärt sich daher, dass diese Ver-

[301] In diesen Fällen war der gesuchte Begriff präzise definiert, aber die genaue Fundstelle innerhalb der Dokumentation war unklar, so dass die Suche nur innerhalb der Online-Handbücher durchgeführt wurde.

anstaltungen verteilt zwischen Mannheim, Heidelberg, Karlsruhe und Freiburg stattgefunden haben, und somit auch ein hoher Anteil der Nutzer von außen zugegriffen hat. Schließlich bemerkt man noch 9 Zugriffe zum Thema Lernen mit neuen Medien, sowie 7 Zugriffe zu Authoring on the Fly, der am Institut für Informatik in Freiburg entwickelten Technik zur synchronen Aufnahme und Wiedergabe multimedialer Präsentationen, und schließlich fünf Sitzungen, in denen nach Personen gesucht wurde. Zwanzig Suchterme waren keiner der obigen Klassen zuzuordnen und werden deshalb auszugsweise in der folgenden Tabelle aufgeführt.

unspezifische Suchbegriffe	**spezifische Suchbegriffe**
fluid	"Cubase+Score+VST+Deutsch",
transistor, netzwerkkarte+linux	VST+3.5+Handbuch+Steinberg+Deutsch
neuronale+netze+dokumentationen	cde
Fuzzy+logic	hashing
Physik	Powerpoint+templates
News	hypervisvr
bildverarbeitung	create+list
virus	Workshop+Digitale+Bildverarbeitung +Medizin
evaluation	raid
postscript	danke, stichtag

Tabelle 5.15: Spezifische und unspezifische Suchbegriffe

Maximal sechs verschiedene (teilweise präzisierende) Suchanfragen wurden pro Sitzung protokolliert. Tabelle 5.16 gibt hierzu eine Übersicht, aus der hervorgeht, dass immerhin 22.3% der suchenden Nutzer mit der initialen Antwort auf ihre Suchanfrage nicht zufrieden waren und sich durch alternative Formulierung ihrer Suchterme eine genauere Antwort erhofften.

Suchaufrufe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
# Sitzungen	129	21	7	5	1	3
Anteil	77,7%	12,7%	4,2%	3,0%	0,6%	1,8%

Tabelle 5.16: Anzahl der Suchaufrufe pro Sitzung mit Suchanfragen

In 72 Sitzungen wurden komplexe Suchen gestartet, also solche, bei denen mehr als ein Suchterm verwendet wurde. 43 dieser Aufrufe umfassen zwei Terme, in 24 Fällen wurden drei Terme genutzt, und nur bei 5 Aufrufen handelt es sich um vier bzw. fünf Terme. Wurden mehrere Ausdrücke verwendet, so diente das zur Einschränkung des potenziellen Suchergebnisses, wobei die Wahrscheinlichkeit, überhaupt ein relevantes Ergebnis zu erhalten mit der wachsenden Anzahl genutzter Terme rapide sinkt. In einigen Fällen stellt man zudem noch ortho-

graphische Fehler fest, so dass vermutlich kein befriedigendes Suchergebnis geliefert werden konnte.

Im folgenden wird zum einen unterschieden zwischen Suchbegriffen, die sich primär auf Stichwörter und andere Metadaten beziehen, sowie solche Terme, welche eher im textuellen Inhalt eines gegebenen Dokumentenbestandes gesucht wurden. Zum anderen wird hier entsprechend Tabelle 5.13 unterschieden zwischen spezifischen und allgemeinen Suchbegriffen. Damit ergeben sich vier Klassifizierungsmöglichkeiten für einen vorliegenden Suchbegriff:

- Allgemeine volltextorientierte Begriffe werden vor allem dann verwendet, wenn das gesuchte Dokument nicht a priori bekannt und zunächst ermittelt wird, ob es zu dem genannten Thema oder einem in einer späteren Suchanfrage zu spezifizierenden Teilbereich überhaupt Treffer geben kann (beispielsweise der Begriff `vorlesung`). Solche unspezifischen Anfragen werden nur in rund ein Zehntel aller Suchoperationen gestellt, da hier die Anzahl zu erwartender Treffer potenziell sehr groß werden kann bei unbekannter Relevanz der gefundenen Einträge. Das Maß für die Vollständigkeit (*recall*) ist in diesem Fall also hoch bei gleichzeitig niedriger Präzision (*precision*).
- Spezifische volltextorientierte Begriffe werden vor allem dann verwendet, wenn ein Nutzer über das Vorkommen eines genauen Fachbegriffs in den textuellen Komponenten des Dokumentenbestands weiß, nicht aber die entsprechende Position in der Dokumentenstruktur kennt. Beispielsweise handelt es sich hier um die Suche in Handbüchern, und infolgedessen ist die zu erwartende Trefferquote klein bei sichergestellter Relevanz. Das Maß für die Präzision ist also hoch bei niedriger Vollständigkeit. Andererseits kann es vorkommen, dass die Ergebnismenge auch leer ist; dies führt häufig zur wiederholten Anfrage mit allgemeineren Suchtermen. Die Suchanfrage `jdk+download` ist hierunter einzuordnen, insgesamt konnten 48% der Anfragen hierunter eingeordnet werden.
- Begriffe, die sich auf Attribute oder Eigenschaften beziehen wie Stich- oder Schlagwörter, aber allgemeiner Natur sind. Solche Anfragen werden gestellt, wenn etwa zu einem allgemeinen Thema verschiedenartige Lernmaterialien gesucht werden. Beispielsweise ist dies der Begriff `java`, der darauf schließen lässt, dass ein Nutzer nicht weiter präzisierte Hilfsmittel zur objektorientierten Programmierung in der Sprache Java finden will. Da solche Attribute gezielt vergeben werden und sich nicht automatisch aus dem textuellen Inhalt eines Dokuments ergeben, ist die potenzielle Trefferquote kleiner als bei allgemeinen Volltextsuchen, aber größer als bei spezifischen volltextorientierten Begriffen. Die Relevanz des Suchergebnisses für den Benutzer ist wegen der Verwendung allgemeiner Begriffe möglicherweise

gering. In diesem wie auch im folgenden Fall ist das Maß für Vollständigkeit sowie Präzision in Abhängigkeit der Modellierungsgüte der explizit vergebenen Attribute zu sehen. Allgemeine attributbezogene Anfragen resultieren in niedriger bis mittlerer Präzision, während die Vollständigkeit im allgemeinen sehr hoch ist. Dieser Typ wurde in 18% aller Suchanfragen verzeichnet.

- Konkrete Begriffe oder Fachtermini, die sich auf Eigennamen oder Schlagwörter, manchmal auch Stichwörter beziehen. Das Suchthema ist hier klar umrissen, möglicherweise weiß der Nutzer um die Existenz relevanter Materialien, und im Falle eines positiven Suchergebnisses ist dieses auch relevant. So trifft dies etwa auf Suchoperationen zu, bei denen der Nutzer den Titel eines Dokuments (auch auszugsweise) weiß, aber dieses anderweitig (über Navigieren entlang des Dokumentenbaums) nicht erreichen kann oder will. Dies kann etwa der Fall sein, wenn ihm die Struktur des Dokumentenbestands nicht bekannt oder wenig vertraut ist. Beispielsweise verrät der Suchstring `guide+user+hyperwave`, dass nach dem Benutzerhandbuch des Hyperwave-Servers gesucht wurde, um dann darin auf dokumentenspezifischem Wege (beispielsweise über ein Inhaltsverzeichnis oder Index) die gewünschte Information finden zu können. In knapp 23% der Sitzungen wurden solche Anfragen an den Server gestellt. Sowohl die Vollständigkeit als auch die Präzision sind in diesem Fall mittelgroß bis hoch.

Schaut man sich die Formeln zur Berechnung der Vollständigkeit und zur Präzision an, so stellt man fest, dass die Zähler als Anzahl der Treffer – das ist die Teilmenge der für den Nutzer relevanten Dokumente aus den zurückgegebenen Einträgen der Antwortmenge – identisch sind. Der Nenner für das Maß der Präzision hängt als Anzahl relevanter Objekte des Dokumentenbaums primär von dessen Umfang sowie von der Anfrage ab, während im Fall der Präzision die Anzahl zurückgegebener Objekte primär nur von der Antwort abhängt. Die Antwortmenge ihrerseits hängt allerdings wiederum vom indexierten Dokumentenbaum sowie der Anfrage des Nutzers ab. Somit lässt sich durch Eingrenzung des Dokumentenbaums das Maß für die Vollständigkeit direkt beeinflussen, während dies für die Präzision nur indirekt gilt. Kennt man also die inhaltliche Struktur, so kann man zu einer gegebenen Abfrage das Maß der Vollständigkeit in stärkerem Maße erhöhen als das der Präzision, wenn man sich auf

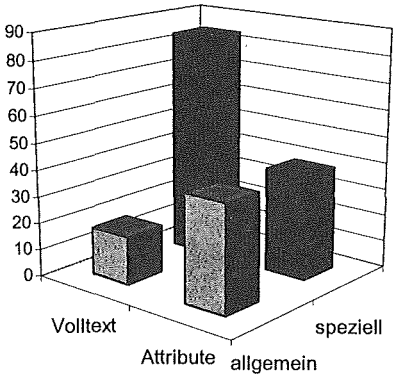

Abbildung 5.17: Klassifizierung der absoluten Zahl der Suchoperationen

einen Teilbaum beschränkt, und zwar um so mehr, je inhaltlich homogener dessen Dokumente sind. Dies ist besonders dann interessant, wenn es sich um genaue Suchterme mit niedriger Vollständigkeit des Ergebnisses handelt. Damit erklärt sich auch, warum der Anteil an spezifischen Anfragen, angewendet auf Volltexte, fast die Hälfte betrug, wenn man bedenkt, dass davon 31% (oder absolut gesehen 15 Prozent) auf einen inhaltlich homogenen Teilbaum angewendet wurden.

Hinsichtlich der Suche auf Attributen stellt man fest, dass hier, wie bereits oben erwähnt, sowohl hinsichtlich Vollständigkeit als auch Präzision tendenziell bessere Werte erreicht werden als bei der Anwendung auf Volltexte. Dies erklärt auch, warum hier das Bedürfnis, diese Werte durch Einschränkung auf einen Dokumententeilbaum zu verbessern, weniger ausgeprägt war, nämlich 12 % für allgemeine sowie 10% für spezifische Suchterme. Da die Attributsuche mit genauen Termen im Durchschnitt bereits mittelgute Werte für Vollständigkeit und Präzision liefert, erklärt sich, warum die Anzahl der hierunter klassifizierten Suchanfragen hier höher ausfällt als bei allgemeinen Suchtermen.

Die Beobachtung, dass über 70% der Anfragen eher spezieller Natur sind, deutet darauf hin, dass die Nutzer des Dokumentenangebots die Suchfunktion mit klaren Vorstellungen oder Erwartungen anwenden. Dies zeigt sich auch in den vergleichsweise wenig Ausreißern, also Suche mit Begriffen, die thematisch nicht zum Dokumentenangebot des Servers passen. Teilweise erklären diese sich dadurch, dass Nutzer ausgehend vom Ergebnis einer Suche mit einer allgemeinen Suchmaschine einen nicht relevanten Eintrag aus der Trefferliste weiterverfolgten und sich erhofften, durch die lokale Suche trotz Misserfolg das gewünschte Objekt finden zu können.

In der Mehrheit wird zwar über einen längeren Zeitraum hinweg betrachtet mit 58% die Suche im Volltext eher frequentiert als die Suche nach Attributen, und zwar um so öfter, je eher die Nutzer mit dem Dokumentenbestand vertraut sind. 57% der Suchanfragen beziehen sich auf studien- und lehrveranstaltungsbegleitende Materialien, also Lehrbücher, Skripten, Übungsblätter und andere Medien, wie sie eine digitale Lernmittelbibliothek bereitstellt. Die übrigen Anfragen sind eher forschungsbezogen oder können nicht genau eingeordnet werden. Der Anteil der registrierten Sitzungen mit Suchanfragen erreicht bis zu 22%, liegt aber im Schnitt unter zehn Prozent. Je größer das Angebot an potenziell relevanten Dokumenten, desto schwieriger ist die Navigation entlang der Dokumentenbaumstruktur, dies erklärt die tendenziell höheren Anteile an Suchen gegen Ende des Beobachtungszeitraums. Erstaunlich ist die extrem ungleichmäßige Nutzung der Funktion, hier lässt sich eine Abhängigkeit vom Zyklus des Semesters oder Prüfungszeitraums nicht feststellen. Die Mehrzahl der Nutzer (77%) bevorzugen einfache Suchanfragen, die nur einen Term um-

fassen, mehr als zwei Suchbegriffe wurden in weniger als 10% aller Fälle genutzt. Um die Güte der Suchergebnisse zu verbessern, ist es notwendig, entsprechende deskriptive Attribute zu Dokumenten, insbesondere Publikationen, datenbankgestützt zu speichern und retrievalfähig zu machen, wie dies prinzipiell bei der hier genutzten Servertechnologie möglich ist und auch rudimentär genutzt wurde. Dazu ist jedoch eine enge Kooperation von Autoren, Fachreferenten und Betreibern digitaler Bibliotheken erforderlich, um eine Integration auch wiederverwendbarer Lernmedien in bestehende Kataloge zu erreichen. Dies ist insbesondere notwendig angesichts nicht-textueller Medien wie Filme, Animationen, Simulationen oder Lernprogramme. Je genauer die Suchanfrage – dies ist insbesondere dann der Fall, wenn ein Dokument bekannt ist, nicht aber dessen Fundort im Dokumentenbaum, aber auch bei Konsultationen von Handbüchern und elektronischen Nachschlagewerken –, desto hilfreicher ist eine Kombination aus Attribut- und Volltextsuche, denn sie bewahrt den Nutzer, relevante Suchterme vorausgesetzt, vor leeren Ergebnismengen. Insbesondere bei präzisen Volltextsuchen ist zudem eine Begrenzung der Anfrage auf vorher lokalisierte Teilbäume entsprechend potenzieller thematischer Relevanz ein regelmäßig genutztes Verfahren, um unbefriedigende Suchergebnisse zu vermeiden. Hier erweist sich ein kombinierter Zugang aus Navigation entlang einer gegebenen Dokumentenhierarchie und integrierter Suche auf dem Dokumentenbestand als hilfreich. Diese kann jedoch nur effizient genutzt werden, wenn die erstellten Indizes für die Volltext- und Attributsuche dem aktuellen Dokumentenbestand entsprechen, da sich sonst dass Maß für die Vollständigkeit zu einer gegebenen Suchanfrage reduziert.

5.4.4 Fazit der exemplarischen quantitativen Analysen

Hinsichtlich der Nutzung elektronischer Publikationen einer digitalen Bibliothek, die Teil eines heterogenen, WWW-basierten Internet-Angebots ist, besteht die Notwendigkeit, zunächst unerwünschte und fehlerhafte Zugriffe der Protokolldateien herauszufiltern. Hier ist zu unterscheiden zwischen HTTP-Übertragungsfehlern, unerwünschten Dokumenttypen (beispielsweise Graphiken und Icons, welche meistens in andere Dokumente eingebettet sind) und automatisierten Zugriffen, wie sie etwa beim regelmäßigen Sammeln von indexierbaren und über Hyperlinks zugreifbaren Inhalten auf WWW-Servern vorkommen (Web-Crawling). Die Software, welche die Daten zum Aufbau einer über WWW suchbaren Datenbank sammelt, kann man weiter differenzieren in Komponenten allgemeiner und domänenspezifischer Suchmaschinen. Erstere haben zum Ziel, einen möglichst breiten Teilbereich des virtuellen Graphen, wie er durch die Dokumente und Hyperlinks des WWW aufgespannt wird, zu erfassen, wobei sich eine Heuristik, welche versucht, alle erreichbaren Knoten aufzunehmen, wegen der Gesamtgröße des WWW von vornherein verbietet. Einen solchen Crawler erkennt man an einer relativ überschaubaren Zahl von Server-

Zugriffen für ein gegebenes Paar aus Client-IP-Adresse und -Typ für einen gegebenen Zeitraum. Letztere durchforsten gezielt einzelne Domänen, um einen lokalen Dokumentengraphen möglichst vollständig abzubilden, also alle Seiten eines WWW-Servers zu erreichen. Weil sie potenziell jedem Hyperlink in jedem erreichbaren Dokument verfolgen, ist das Ergebnis eine große Zahl konsekutiver Zugriffe für ein gegebenes Paar aus Client-IP und -typ. In einem Fall wurden, wie erwähnt, in einer Woche fast die gesamten Protokolldaten von einem Roboter dieses Typs produziert, und lokale Maxima in der absoluten Zahl aller Roboterzugriffe deuten tendenziell auf verstärkten Zugriff durch lokale Roboter hin.

Insgesamt beschränken sich die relevanten Zugriffe (also von Browsern ohne Übertragungsfehler produzierte HTTP-Requests) somit auf durchschnittlich die Hälfte, wenn man Daten über das konkrete Nutzungsverhalten gewinnen möchte. Hiervon ausgehend ist es notwendig, zunächst zu differenzieren zwischen Dokumenten, welche unterscheidbare Komponenten elektronischer Publikationen repräsentieren und solchen, welche als Informationsseiten aufzufassen sind. Im vorliegenden Fall war dies durch geeignete Attributierung der Server-Objekte in einfacher Weise möglich. Dabei stellte sich heraus, dass der größte Teil genutzter Publikationen aus Aufzeichnungen von Vorlesungen und Vorträgen gebildet wurde, gefolgt von wissenschaftlichen Beiträgen, Handbüchern und Lehrbüchern. Die Nutzung hängt natürlich von verschiedenen Faktoren ab, wie etwa dem Bestand an Publikationen auf dem Server, die Relevanz für Studierende und Mitarbeiter (etwa durch die Empfehlung seitens des Dozenten als Lernmaterial), sowie von der Multimedialität des Materials, welche die Attraktivität von Online-Medien langfristig steigern kann, falls ein echter Mehrnutzen erreicht werden kann. Bei großen Datenmengen wird hier eindeutig die Online-Nutzung der Offline-Nutzung (also der Gebrauch eines Lernmediums nach dessen Download und lokaler Installation) vorgezogen.

Am häufigsten werden, wie die Untersuchung gezeigt hat, vorlesungsrelevante Materialien abgerufen; dies war angesichts einer universitären Lehrumgebung, wie sie durch den untersuchten WWW-Server definiert wird, zu erwarten. Exemplarisch wurde deshalb die Nutzung zweier lokal häufig genutzter Lehrbücher – das eine primär für Studierende des Grundstudiums, das andere eher zur Spezialisierung im Hauptstudium gedacht – über einen Zeitraum von über zwei Jahren analysiert. Zusammenfassend bemerkt man, dass diese Lernmedien speziell vor Klausuren und Prüfungen, und zwar hier offensichtlich eher zum Nachschlagen einzelner Passagen, genutzt werden als zum längeren Durcharbeiten einzelner Kapitel. Es ist anzunehmen, dass zum intensiven Studium die Präferenz für die gedruckte Version überwiegt. Als weiteres Beispiel wurde die Nutzung von Vortragsaufzeichnungen im Kontext einer Tele-Lehrveranstaltung (Vorlesung Rechnernetze) betrachtet. Es ergab sich, dass diese eher zur

gezielten Konsultation vor Prüfungen als zur kontinuierlichen Nachbereitung des Lernstoffes genutzt werden. Dies bedeutet, dass die zeitliche Flexibilität offenbar gegenüber der sozialen Komponente (Rückfragen an Dozenten, Austausch mit Kommilitonen) am Vorlesungs- und Übertragungsort als weniger wichtig empfunden wird. Obwohl die Nutzung technisch bedingt lokal beschränkt war, gab es erstaunlicherweise eine große Zahl Interessenten von außerhalb, die wiederholt versuchten, die Vortragsaufzeichnungen abzurufen.

Abschließend wurde noch die Nutzung der integrierten Suchfunktion des Servers ausgewertet. Auch hier bestätigte sich die Annahme, dass diese proportional zum Umfang des Server-Angebots betätigt wurde. Dies hängt zusammen, dass der Zugriff über eine definierte Navigationsstruktur um so schwieriger ist, je größer die Anzahl erreichbarer Knoten ist. Hier spielt aber auch der Grad der Bekanntheit der Server-Struktur eine Rolle, eine Möglichkeit zur Verbesserung ergibt sich durch graphische Navigationsstrukturen wie etwa Site Maps oder Baumordnungsdiagramme. Beim Versuch, die Suchbegriffe zu klassifizieren, ergaben sich acht Bereiche, die lokal eingesetzte Technologien, Lehrveranstaltungen, Studienabschnitte oder Themenkreise betreffen. Dies lässt vermuten, dass die meisten Nutzer eine klare Vorstellung der in den Server-Dokumenten angebotenen Themen haben, aber nicht wissen, wie sich das gesuchte Dokument im Objektgraphen lokalisieren lässt, beziehungsweise sich ihr Wissen auf die Existenz möglicherweise relevanter Unterlagen zu einem allgemeinen Thema beschränkt.

5.5 Zusammenfassung

Die Analyse der Nutzung eines Angebots digitaler Dokumente ist besonders bei kostenpflichtigen Diensten wichtig, und zwar sowohl für die Anbieter als auch für die Lieferanten, und nicht zuletzt für die Betreiber digitaler Bibliotheken, welche als Vermittler zwischen Anbieter und Nutzer eine Maklerfunktion wahrnehmen. Im wissenschaftlichen Bereich ist es üblich, die Kosten vor den Nutzern einer Forschungseinrichtung zu verbergen, trotzdem muss eine Bibliothek hier einen Kompromiss zwischen Wirtschaftlichkeit und Relevanz des Angebots finden. Um die Bedürfnisse und Erwartungen ihrer Nutzer zu ermitteln, ist es aus diesem Grund notwendig, das Nutzerverhalten zu protokollieren und zu analysieren. Während hier qualitative Evaluationstechniken wie halbstrukturierte Interviews und Fragebögen erprobt und bekannt sind, erhofft man sich von automatischen Analyseverfahren auf der Basis kontinuierlich protokollierter Nutzerdaten aussagekräftige und verallgemeinerbare Erkenntnisse, vor allem weil es sich um objektiv erhobene Rohdaten handelt.

Während das Forschungsgebiet des Data Mining sich vor allem mit gut strukturierten Rohdaten beschäftigt, welche entsprechend der jeweiligen Anwendung

modellierten Datenstrukturen instanziieren, handelt es sich bei Dokumentenbeständen, welche über WWW-Schnittstellen abrufbar sind, a priori um heterogene Objektdaten. Hier stoßen konventionelle Logfile-Analyse-Werkzeuge rasch an ihre Grenzen. Aus diesem Grund wurden die mit einzelnen Publikationen korrespondierenden Objekte mit bibliographischen Metadaten versehen, so dass mit einer Synthese aus WWW-Logfile-Analyse und Metadaten-Retrieval wesentlich genauere Rückschlüsse hinsichtlich des Nutzerverhaltens möglich sind. Vorteil dieses Ansatzes ist, dass er auf heterogene, nicht oder schlecht strukturierte Dokumentenbestände angewendet werden kann. Dabei ist es sinnvoll, je nach Anwendung das hier vorgestellte Analyseverfahren durch Untersuchungen auf anwendungsspezifischen Daten zu ergänzen, die beispielsweise die Interaktion mit der jeweils spezifischen Nutzungsschnittstelle besser reflektieren können. Solche Verfahren müssen aber für jede Anwendung gesondert implementiert werden und sind somit schlecht wiederverwendbar.

Der hier vorgestellte Ansatz des Library Mining wurde anhand einer Langzeitanalyse auf einem lokalen Dokumentenbestand verifiziert. Es hat sich gezeigt, dass bei der allgemeinen Nutzeranalyse bestimmte wiederkehrende Muster nur schwer auszumachen waren. Andererseits wurde die detaillierte Untersuchung anhand einiger exemplarischer Lernmedien dadurch erleichtert, dass zum einen der potenzielle Nutzerkreis weitgehend lokal beschränkt war, zum anderen zahlreiche kontextuelle Informationen bekannt waren, etwa über die Lehrveranstaltungen, in denen die entsprechenden Medien genutzt wurden. Daran zeigt sich dass eine Evaluation mittels automatisch protokollierter Daten eher sekundär als Ergänzung gezielter Befragungen relevanter Nutzer durch Fragebögen und Interviews sinnvoll ist, etwa um entdeckte Muster oder aus den Daten gefolgerte Prämissen zu überprüfen. Durch den Anspruch einer Langzeituntersuchung entstand die Schwierigkeit, die hauptsächlich automatisch ausgewerteten Daten zu akkumulieren und aus dieser Information neues Wissen zu extrahieren. In gewissem Sinn reflektiert sich darin der allgemeine Prozess der Wissensgewinnung, der bei der Akkumulierung von Daten zu Information beginnt, welche anschließend unter Hinzunahme von Vorwissen, kontextueller Information und aufgabenbezogener Erfahrung zu neuem Wissen und – indem dieses in Zusammenhang mit Bekanntem gesetzt wird – neuer Erkenntnis reifen kann.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurden der Aufbau und die Nutzung einer digitalen Bibliothek im Kontext der akademischen Primärausbildung betrachtet. Der Aspekt der Nutzung wurde in zweierlei Hinsicht berücksichtigt: zum einen grundsätzlich, indem ein Rahmenkonzept zum problemorientierten Lernen mit neuen Medien entworfen wurde, zum anderen durch eine Analyse der automatisch protokollierten Nutzerdaten einer lokalen digitalen Bibliothek für Dozenten und Studierende der Informatik. Die Erstellung innovativer multimedialer Lernmedien wurde anhand eines Lehrbuchs für Studierende im Hauptstudium zum Thema Algorithmenentwurf exemplarisch beleuchtet. Hinsichtlich des Aufbaus lag der Schwerpunkt nicht auf der Architektur einer passenden Infrastruktur zur Speicherung, Verteilung und Nutzung digitaler Medien, sondern auf dem langfristigen und personenunabhängigen Nachweis rechnergestützter Medien als Erweiterung der Dienstleistungen einer konventionellen wissenschaftlichen Bibliothek. Einerseits obliegt es den Fachreferenten der Bibliotheken, im Rahmen der üblichen Sacherschließung, diese Medien inhaltlich anhand der von den Autoren gelieferten Angaben nachzuweisen, und zwar über standardisierte Metadaten, welche technische und pädagogische Attribute einschließen. Andererseits ist es Aufgabe der wissenschaftlichen Rechenzentren, nicht nur passende Infrastrukturen zur dauerhaften Speicherung digitaler Medien als Grundvoraussetzung für die persistente Verfügbarkeit bereitzustellen, sondern auch Komponenten, welche die medienübergreifende Nutzung und Personalisierung digitaler Medien erlauben und somit die Dokumentenhaltung durch kommunikative und kooperative Funktionen erweitern. Die Nutzung solcher Komponenten dient primär dazu, verteilte Lehr- und Lernprozesse im Sinne rechnergestützter Hilfsmittel zu erleichtern. Im folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Arbeit im Hinblick auf ihre Relevanz zusammengefasst, bevor deren Implikationen im Hinblick auf weitere Forschung und Entwicklung diskutiert werden.

6.1 Ergebnisse der Arbeit

In **Kapitel 2** wurde ein Rahmenkonzept für problemorientiertes Lernen in akademischem Kontext entworfen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den Kriterien der Praxisorientierung, also der Anwendung von Grundlagen- und Methodenwissen, sowie der Relevanz, also dem persönlichen oder kollektiven Nutzen der Anwendung des Gelernten. Damit wird gewährleistet, dass das erworbene Wissen aktiviert wird und im Rahmen einer gemeinschaftlichen Aufgabe weitergegeben, geteilt, ausgebaut sowie revidiert werden kann. Das Konzept orientiert sich einerseits an bestehenden Strukturen akademischen Lehrens und Lernens, integriert dabei anderseits auch alle Phasen eines ganzheitlichen Lernzyklus, bestehend aus den Phasen der Präsentation, Exploration, Konstruktion und Kollaboration und verknüpft damit auch Aspekte instruktiver, kognitiver und kon-

struktiver Lerntheorien. Motivation hierfür ist die – insbesondere in den Informationstechniken – oft mangelhafte Berücksichtigung pädagogisch-didaktischer Fragestellungen. Im Gegensatz dazu ist der hier entwickelte Ansatz sowohl medien- als auch domänenunabhängig konzipiert. Dies bedeutet, dass zum einen der Grad technologischer Unterstützung entsprechend den konkreten Bedürfnissen und Möglichkeiten variieren kann, und zum anderen, dass es auf unterschiedliche Formen von Lehrveranstaltungen angewendet werden kann. Schließlich integriert das Rahmenkonzept sowohl formative als auch summative Evaluation. Sie ermöglicht es, dessen Praktikabilität im universitären Alltag als Bestandteil der Lehrveranstaltung zu validieren.

Die Produktion multimedialer und interaktiver Lernmedien erfordert, wie **Kapitel 3** zeigte, die Kollaboration von Autoren, Graphikern, Medienpädagogen und Softwareentwicklern und ist deshalb von der Konzeption bis zur Realisierung wesentlich aufwändiger als die Produktion gedruckter Lernmedien. Unter dem Stichwort *Cross-Media Publishing* existieren zahlreiche punktuelle Ansätze, die sich darauf konzentrieren, medienunabhängiges Publizieren und damit auch die Wiederverwendung digital erfasster Komponenten zu ermöglichen, diese sind jedoch entweder hinsichtlich der Autoren- oder Nutzerformate proprietär oder aber nicht aufeinander abgestimmt. Durch die Trennung von Struktur und Layout (indem man beispielsweise Dokumentenstrukturen im XML-Format abbildet) erhofft man sich, die Aufbereitung für den Endnutzer vom Autorenprozess entkoppeln zu können. Es wurde verdeutlicht, dass sich zur Realisierung komplexer didaktischer Produkte weder Autorensysteme noch Entwicklungskonzepte aus der Softwaretechnik eignen, sondern dass diese bestenfalls die Erstellung von Teilkomponenten unterstützen können, insbesondere wenn es sich um die Konzeption und Entwicklung innovativer didaktischer Produkte handelt, wie am Beispiel eines Lehrbuchs zu Prinzipien des Algorithmenentwurfs mit integrierten Fachvorträgen, Animationen und Simulationen exemplarisch beleuchtet wurde. Um den Entwicklungsaufwand zu reduzieren und die breite Anwendbarkeit zu ermöglichen, empfiehlt es sich, zumindest für die textuellen Komponenten, welche Grundlage jedes Lernmediums sind, Standardformate mit der Fähigkeit zur hypermedialen Verknüpfung zu wählen. Außerdem wurde begründet, warum die Trennung zwischen inhaltsbezogenen Daten und anwendungsorientierter Software sowohl hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit als auch der Aktualisierungsmöglichkeit von Vorteil ist. Ein integrales Konzept zum medienunabhängigen Publizieren, welches formatübergreifend realisiert werden kann, ist nicht bekannt. Möglichkeiten zur Kostensenkung ergeben sich zum einen durch Vergrößerung des potenziellen Nutzerkreises, zum anderen durch die Wiederverwendung feingranulärer Komponenten. Voraussetzung dafür ist ein verteiltes Medienarchiv, über das lernförderliche Medien ausgetauscht werden können.

Kapitel 4 widmet sich dem Aufbau eines Medienangebots zu Lehr- und Lernzwecken. Um digitale Medien langfristig nutzbar zu machen, müssen diese nicht nur über einen verteilten Medienspeicher abrufbar sein, sondern als Voraussetzung für die längerfristige Einsetzbarkeit systematisch archiviert werden. Dazu gehört, dass sie abgesehen von allgemeinen und semantischen Daten, wie sie im Prozess der verbalen und klassifikatorischen Sacherschließung erzeugt werden, mit pädagogischen und technischen Daten zu indexieren sind. Letztere benötigt man insbesondere aufgrund des raschen technischen Fortschritts, um die langfristige Nutzbarkeit digitaler Lernmedien zu gewährleisten. Es wurde ein Arbeitsablauf definiert, spezifiziert und implementiert, welcher es ermöglicht, die über einen verteilten europaweiten Dokumentenspeicher nachgewiesenen Module auch über die bibliothekarische Infrastruktur zu nutzen. Hierbei spielt die Validierung der von den Autoren ausgefüllten deskriptiven Datenfelder eine entscheidende Rolle. Ergebnis dieses Kapitels ist also ein Arbeitsablauf zur kontrollierten Erfassung der Medien sowie die automatisierte Abbildung der Deskriptoren in ein im südwestdeutschen Bibliotheksverbund eingeführtes erweiterbares Metadaten-Format. Der Nachweis der Metadaten ist dabei unabhängig vom Speicherort und -medium der jeweiligen Lernmodule. Letzterer ist wiederum unabhängig von der konkreten Lehr- und Lernumgebung, in der ein Lernmedium als Komponente eines lehrveranstaltungsbegleitenden Dokumentenangebots für Studierende bereitgestellt wird.

In **Kapitel 5** schließlich geht es um die Analyse der Nutzung von Lernmedien als Bestandteil einer hybriden Lehr- und Ausbildungsumgebung. Dazu wurde ein Analyseverfahren zur automatischen Auswertung von HTTP-Protokolldateien in Kombination mit Metadaten-Retrieval entwickelt und erprobt, hierbei wurden auch die grundsätzlichen Grenzen quantitativer Evaluationsverfahren deutlich. Ähnliche Verfahren zur Auswertung der Nutzung schwach strukturierter Dokumentenbestände sind nicht bekannt. Ergebnis dieses Kapitels ist neben der Validierung des Analyseverfahrens die Erkenntnis, dass quantitative Methoden sinnvollerweise unterstützend zu formativen und summativen Evaluationsmethoden wie Fragebögen, Kurztests und Interviews eingesetzt werden sollten, da sie für sich genommen wenig Aussagekraft besitzen.

6.2 Potenziale für weiterführende Forschung und Entwicklung

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich in mehrfacher Hinsicht ausbauen und weiterführen, und zwar sowohl in naher als auch in ferner Zukunft.

Kurzfristig bedarf es zum einen der Erprobung des didaktischen Rahmenkonzepts aus Kapitel 2, wobei die integrierte Evaluation ergänzt werden kann durch die in Kapitel 5 vorgestellte Analyse der Nutzung der verwendeten Medien. Zu-

vor sind jedoch die vorgeschlagenen Schritte zur Evaluation zu konkretisieren. Die Ergebnisse der Untersuchung sind interessant insbesondere hinsichtlich der als Vorbereitung für die Präsenzphasen aufgenommenen Kurzvorträge des Dozenten, aber auch in bezug auf die kollaborativen und kommunikativen Komponenten einer gegebenenfalls eingesetzten integrierten Lehr- und Lernumgebung. Zum anderen konnte zwar anhand Kapitel 4 der Nachweis über Bibliothekskataloge unabhängig vom Speichermedium verwirklicht werden. Die Ankoppelung an eine Ausbildungsumgebung zur Erleichterung der Arbeit von Autoren und Dozenten wurde jedoch nur prototypisch realisiert. Bei einem Systemwechsel wäre es erforderlich, die Integration anhand der konkreten Bedürfnisse neu zu implementieren. Um die Bereitstellung von Lernmedien zu beschleunigen, ist es jedoch notwendig, die Autoren dazu zu bringen, ihre Lernmedien mit Kollegen zu teilen. Die Bereitschaft hierzu ist sehr unterschiedlich ausgeprägt. Es scheint unabdingbar, an diesem Punkt zusätzliche Anreize zu schaffen, denn kurzfristig ergibt sich für die Indexierung der Medien ein geringfügig höherer Aufwand, der häufig gescheut wird, insbesondere von Personen, die mit dem Verfahren nicht vertraut sind. Gleichzeitig ist der Anreiz für Dozenten als Autoren von Lernmedien, den Dokumentenspeicher zu nutzen, gering, solange nicht ausreichend viele Medienangebote verfügbar sind.

Um die Hürde für Autoren zu senken, wäre es hilfreich, als Erweiterung von Autorenwerkzeugen Hilfen bei der Vergabe von Metadaten anzubieten. So könnten für Textdokumente der Name des Autors sowie der Titel, aber auch das technische Format automatisch voreingestellt werden und potenzielle Stichwörter aufgrund einer Volltextanalyse von Textfragmenten (beispielsweise der Einleitung, der Zusammenfassung oder der Kapitel- und Abschnittsüberschriften) oder aufgrund explizit vom Autor angegebener Indexeinträge zur Auswahl angeboten werden. Vor dem Abspeichern und der Freigabe einer Version wäre es denkbar, den Autor dazu aufzufordern, zumindest einen Teil der erforderlichen Metadaten zu spezifizieren, um diesen Prozess an die Erstellung eines Dokuments zu koppeln.

Längerfristig interessiert insbesondere die Frage der Anbindung für Studierende von der jeweiligen lokalen Lernumgebung zum verteilten Dokumentenspeicher. Es besteht einerseits die Beschränkung, dass Medien erst nach Identifizierung in der Rolle eines Dozenten heruntergeladen und eventuell lokal installiert werden können. Da andererseits die Installation in universitären Systemen für Studierende beschränkt oder untersagt ist, ist dies kein prinzipieller Nachteil, wenn man voraussetzt, dass sich der jeweilige Dozent um die Bereitstellung relevanter Materialien kümmert. Allerdings könnte die Möglichkeit zur Rückmeldung anhand der Nutzung der Medien auch Studierenden eröffnet werden; diese Kommentare könnten dann regelmäßig gesammelt, redigiert und den entsprechenden Metadaten des Lernmediums hinzugefügt werden. Sie können als textuelle

Annotationen verstanden werden, in diesem Zusammenhang interessiert, wie multimediale Annotationen, wie sie etwa als Anlagen zu E-Mails nach dem MIME-Standard existieren, anwendungsunabhängig realisiert und über den Dokumentenspeicher unabhängig von der konkreten Ausbildungsumgebung auch anderen Nutzern bereitgestellt werden können.

Ebenfalls ungelöst ist die Frage, wie sich heterogene Applikationen geeignet und ohne substanziellen Mehraufwand kontextfrei in einem verteilten Medienspeicher ablegen lassen, da angenommen wird, dass diese in konkretem lehrveranstaltungsbezogenen Kontext entstehen. Um schließlich die zumindest teilweise automatisierte Extraktion in Lernumgebungen zu ermöglichen, ist zu eruieren, wie technische Randbedingungen für beliebige Anwendungen geeignet kodiert werden können, damit sie prozedural interpretierbar sind. Da jedoch in jedem Fall eine Rekontextualisierung modularer Lernmedien abhängig von der spezifischen Lernsituation durch den Dozenten unabdingbar erscheint, ist eine automatische Einbettung eher als Hilfestellung für den Dozenten zur einfacheren Sammlung der Rohmaterialien aufzufassen.

Anhang A: ARIADNE Document Type Definition

Nachfolgend wird die XML-DTD für Metadaten nach dem Learning Objects Metadata-Schema aufgeführt. Teile der Definition, beispielsweise für Entities oder für den Typ vCard zur Beschreibung natürlicher oder juristischer Personen, werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

```
<!-- ARIADNE Educational Metadata Recommendation v3.0 -->

<!ENTITY % string2000    "#PCDATA">
<!ENTITY % string1000    "#PCDATA">
<!ENTITY % string500     "#PCDATA">
<!ENTITY % string200     "#PCDATA">
<!ENTITY % string100     "#PCDATA">
<!ENTITY % string30      "#PCDATA">
<!ENTITY % string1       "#PCDATA">
<!ENTITY % integer       "#PCDATA">
<!ENTITY % mimetype      "#PCDATA">
<!ENTITY % url           "#PCDATA">

<!-- Definition of LangString -->
<!ELEMENT String (%string2000;)>
 <!ATTLIST String xml:lang NMTOKEN #REQUIRED>
<!ELEMENT LangString (String+)>

<!-- Definition of DateType -->
<!ELEMENT DateType (LangString?)>
 <!ATTLIST DateType datetime CDATA #REQUIRED>

<!ENTITY % entities SYSTEM
"http://bouts.cs.kuleuven.ac.be/AriadneWWW/entities.dtd">
%entities;
<!ENTITY % vCardDTD SYSTEM
"http://bouts.cs.kuleuven.ac.be/AriadneWWW/vcard-xml.dtd">
%vCardDTD;

<!ELEMENT BaseScheme (MetaMetadata, General, Semantics,
Pedagogical, Technical, UseConditions, Annotation?)>
<!ATTLIST BaseScheme creator CDATA #IMPLIED
                     created CDATA #IMPLIED
                     updater CDATA #IMPLIED
                     updated CDATA #IMPLIED>

<!-- 1: General -->
<!ELEMENT General (Title, Author+, Date, Language, Publisher,
Source*)>

  <!-- 1.0: Identifier -->
    <!ATTLIST General identifier ID #IMPLIED>
```

```
  <!-- 1.1: Title -->
  <!ELEMENT Title (LangString)>

  <!-- 1.2: Author -->
  <!ELEMENT Author (vCard)>

  <!-- 1.3: Date -->
  <!ELEMENT Date (DateType)>

  <!-- 1.4: Language -->
  <!ELEMENT Language EMPTY>
    <!ATTLIST Language xml:lang NMTOKEN #REQUIRED>
  <!-- 1.5: Publisher -->
  <!ELEMENT Publisher (%string2000;)>

  <!-- 1.6: Source -->
  <!ELEMENT Source (LangString)>

<!-- 2: Semantics -->
<!ELEMENT Semantics (Discipline, Subdiscipline, MainConcept,
MainConceptSynonym*, OtherConcept*)>

  <!-- 2.1: Discipline -->
  <!ELEMENT Discipline (LangString)>

  <!-- 2.2: Subdiscipline -->
  <!ELEMENT Subdiscipline (LangString)>

  <!-- 2.3: MainConcept -->
  <!ELEMENT MainConcept (LangString)>

  <!-- 2.4: MainConceptSynonym -->
  <!ELEMENT MainConceptSynonym (LangString)>

  <!-- 2.5 OtherConcept -->
  <!ELEMENT OtherConcept (LangString)>

<!-- 3: Pedagogical -->
<!ELEMENT Pedagogical (EndUserType, DocumentType,
DocumentFormat, UsageRemarks?, DidacticalContext?,
CourseLevel?, DifficultyLevel?, InteractivityLevel?,
SemanticDensity?, PedagogicalDuration)>

  <!-- 3.1: EndUserType -->
  <!ELEMENT EndUserType (%string30;)>

  <!-- 3.2: DocumentType -->
  <!ELEMENT DocumentType (%string2000;)>

  <!-- 3.3: DocumentFormat -->
```

```
  <!ELEMENT DocumentFormat (%string2000;)>

  <!-- 3.4: UsageRemarks -->
  <!ELEMENT UsageRemarks (LangString)>

  <!-- 3.5: DidacticalContext -->
  <!ELEMENT DidacticalContext (%string2000;)>

  <!-- 3.6: CourseLevel -->
  <!ELEMENT CourseLevel (Country, Degree)>

    <!ELEMENT Country (%string2000;)>
    <!ELEMENT Degree (%string2000;)>

  <!-- 3.7: DifficultyLevel -->
  <!ELEMENT DifficultyLevel (%string30;)>

  <!-- 3.8: InteractivityLevel -->
  <!ELEMENT InteractivityLevel (%string30;)>

  <!-- 3.9: SemanticDensity -->
  <!ELEMENT SemanticDensity (%string30;)>

  <!-- 3.10: PedagogicalDuration -->
  <!ELEMENT PedagogicalDuration (%integer;)>

<!-- 4: Technical -->
<!ELEMENT Technical (DocumentHandle, FileMediaTypes+,
PackageSize, OperatingSystem, OSVersion?,
OtherPlatformRequirements?, InstallationRemarks?)>


  <!-- 4.1: DocumentHandle -->
  <!ELEMENT DocumentHandle (%string2000;)>

  <!-- 4.2: FileMediaTypes-->
  <!ELEMENT FileMediaTypes (%string2000;)>

  <!-- 4.3: PackageSize -->
  <!ELEMENT PackageSize (%integer;)>

  <!-- 4.4: OperatingSystem -->
  <!ELEMENT OperatingSystem (%string2000;)>

  <!-- 4.5: OSVersion -->
  <!ELEMENT OSVersion (%string2000;)>

  <!-- 4.6: OtherPlatformRequirements -->
  <!ELEMENT OtherPlatformRequirements (LangString)>

  <!-- 4.7: InstallationRemarks -->
```

```
  <!ELEMENT InstallationRemarks (LangString)>

<!-- 5: UseConditions -->
<!ELEMENT UseConditions (UsageRemarks?)>

  <!-- 5.1: Cost -->
  <!ATTLIST UseConditions Cost (yes|no) #IMPLIED>

  <!-- 5.2: Copyright -->
  <!ATTLIST UseConditions Copyright (yes | no) #IMPLIED>

  <!-- 5.3: UsageRemarks -->
  <!-- ELEMENT UsageRemarks (LangString) -->

<!-- 6: MetaMetadata -->
<!ELEMENT MetaMetadata (Language, Author, CreationDate,
LastModificationDate, Validator?, ValidationDate?)>

  <!-- 6.1: Author -->
  <!-- Already defined in 1.2 -->

  <!-- 6.2: CreationDate -->
  <!ELEMENT CreationDate (DateType)>

  <!-- 6.3: LastModificationDate -->
  <!ELEMENT LastModificationDate (DateType)>

  <!-- 6.4: Language -->
  <!-- Already defined in 1.4 -->

  <!-- 6.5: Validator -->
  <!ELEMENT Validator (vCard)>

  <!-- 6.6: ValidationDate -->
  <!ELEMENT ValidationDate (DateType)>

<!-- 7: Annotation -->
<!ELEMENT Annotation (Annotator, CreationDate, Content)>

  <!-- 7.1: Annotator -->
  <!ELEMENT Annotator (vCard)>

  <!-- 7.2: CreationDate -->
  <!-- ELEMENT CreationDate (DateType) -->

  <!-- 7.1: Content -->
  <!ELEMENT Content (LangString)>
```

Anhang B: DLmeta Document Type Definition

Der Verbund südwestdeutscher Bibliotheken hat ein Metadaten-Schema in Anlehnung an den Dublin-Core-Standard entworfen. Die ausgelagerten Fragmente der Definition werden an dieser Stelle nicht aufgeführt, man kann sie allerdings unter http://www.dlmeta.de einsehen. Zur Erweiterung dieses Schemas wird in einem Basisrahmen zunächst die DLmeta Document Type Definition (B.2) inkludiert, bevor die für die Abbildung der in ARIADNE speziellen Felder für technische und pädagogische Deskriptoren notwendigen Erweiterungen (B.3) werden.

B.1 Basisrahmen der erweiterten Document Type Definition

```
<!-- Customized DLMeta DTD for AMS 3.0 mapping-->

<!ENTITY % dlmeta SYSTEM
"http://www.dlmeta.de/dlmeta/2000/DLmeta.dtd">
%dlmeta;

<!ENTITY % AriadneInclude SYSTEM
"http://www.dlmeta.de/local/2000/bsz/ariadne_local.dtd">
%AriadneInclude;
```

B.2 Basis-Definition des Metadaten-Schemas nach DLmeta

Die Document Type Definition für DLmeta wurde am Zentrum für Datenverarbeitung der Universität Tübingen entwickelt. Die gewerbliche Nutzung ist untersagt, akademische Nutzung hingegen ausdrücklich erwünscht.

```
<!-- externe Definition des Scheme-Attributs für Element    -->
<!-- Subject gemaess den Empfehlungen des BSZ          -->

<!ENTITY % DL.SubjectScheme SYSTEM "DLSubjectScheme.ent"      >
%DL.SubjectScheme;

<!--                                                          -->
<!-- externe Definition der Attribute d. Elements Language -->
<!-- Empfehlung der DCMI: ISO639-2                            -->
<!ENTITY % DL.Lang639 SYSTEM "DLLang639.ent"                  >
%DL.Lang639;

<!-- Als Format für Datum u. Zeit wird entsprechend der     -->
<!-- Empfehlung der Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) -->
<!--  vom 2000-07-11 (http://purl.org/dc/documents/ ...     -->
<!-- ...   rec/dcmes-qualifiers-20000711.htm                 -->
<!-- das W3CDTF Format verwendet.                            -->
```

```
<!-- http://www.w3.org/TR/NOTE-datetime                          -->
<!ENTITY % a.date
      'DateTime     CDATA                        #REQUIRED
       Scheme   ( W3CDTF )                       #REQUIRED'      >

<!-- Entsprechend der Empfehlung der DCMI wird das               -->
<!-- Vokabular fuer DCType normiert.                             -->
<!-- http://purl.oclc.org/dc/documents/rec/                      -->
<!--                     dcmi-type-vocabulary-20000711.htm -->
<!ENTITY % a.Type
        'Scheme       (  DCT1 )                     #REQUIRED
        Type          (collection|dataset|event|image
                      |interactive_resource|service
                      |software|sound|text)         #REQUIRED'  >

<!-- Entsprechend der Empfehlung der DCMI wird das               -->
<!-Vokabular fuer Relation normiert:                             -->
<!-- http://purl.org/dc/documents/rec/                           -->
<!--                         dcmes-qualifiers-20000711.htm  -->

<!ENTITY % a.Relation
        'Scheme     ( URI )                         #REQUIRED
        Role        ( isVersionOf| hasVersion
                    | isReplacedBy | replaces
                    | isRequiredBy | requires
                    | isPartOf | hasPart
                    | isReferencedBy | references
                    | isFormatOf | hasFormat )     #REQUIRED '>

<!-- ================================================== -->
<!--          Modellierung des DL-Daten-Modells          -->
<!-- ================================================== -->

<!ELEMENT DLmeta ( Object+ )                                  >
<!ELEMENT Object (
     Title,
     Creator*,
     Subject*,
     Description?,
     Publisher,
     Contributor*,
     Date,
     Type,
     LocalType?,
     Format?,
     Identifier,
     Source?,
     Language*,
     Relation*,
     Coverage*,
     Rights?,
```

```
    Collection?,
    Local?,
    BSZStatus?,
    ObjectVersion,
    History?,
    ObjectType)                                        >

<!ATTLIST Object
    Origin          CDATA                 #REQUIRED
    ObjectID        ID                    #REQUIRED            >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Title                                -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Title ( TitleMain, Alternative* )                   >

<!ELEMENT TitleMain   ( #PCDATA )                             >
<!ATTLIST TitleMain
        %a.LanguageAttr;                                      >

<!ELEMENT Alternative ( #PCDATA )                             >
<!ATTLIST Alternative
        %a.LanguageAttr;                                      >


<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Creator                              -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Creator ( Person )                                  >
<!ATTLIST Creator
    Role            CDATA                 #IMPLIED             >

<!ELEMENT Person ( CompleteName, Address? )                   >
<!ATTLIST Person
    PersonType    (person|corporation)  #REQUIRED             >

<!ELEMENT CompleteName ( #PCDATA )                            >
<!ATTLIST CompleteName
    FirstName       CDATA                 #IMPLIED
    LastName        CDATA                 #IMPLIED
    NormName        CDATA                 #REQUIRED
    Scheme          CDATA                 #REQUIRED            >

<!ELEMENT Address ( #PCDATA )                                 >
<!ATTLIST Address
    Scheme          CDATA                 #IMPLIED             >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Subject                              -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Subject   ( #PCDATA )                               >
```

```
<!ATTLIST Subject
                    %a.SubjectScheme;                          >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Description                        -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Description ( DescriptionMain*, Abstract*, TOC* )  >

<!ELEMENT DescriptionMain ( #PCDATA )                        >
<!ATTLIST DescriptionMain
        %a.LanguageAttr;                                     >

<!ELEMENT Abstract ( #PCDATA )                               >
<!ATTLIST Abstract
        %a.LanguageAttr;
        Encoding         CDATA              #IMPLIED        >

<!ELEMENT TOC       ( #PCDATA )                              >
<!ATTLIST TOC
        %a.LanguageAttr;
        Encoding         CDATA              #IMPLIED        >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Publisher                          -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Publisher ( #PCDATA )                              >
<!ATTLIST Publisher
       Scheme            CDATA               #IMPLIED       >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Contributor                        -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Contributor ( Person )                             >
<!ATTLIST Contributor
     Role                CDATA               #IMPLIED        >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Date                               -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Date
         (Created, Valid?, Available?, Issued, Modified ?)   >

<!ELEMENT Created        ( #PCDATA )                         >
<!ATTLIST Created
                         %a.date;                            >

<!ELEMENT Valid          (ValidFrom?,ValidTo?)               >
<!ELEMENT ValidFrom      ( #PCDATA )                         >
<!ATTLIST ValidFrom
                         %a.date;                            >
<!ELEMENT ValidTo        ( #PCDATA )                         >
```

```
<!ATTLIST ValidTo
                        %a.date;                                  >
<!ELEMENT Available     ( AvailableFrom?, AvailableTo? )          >
<!ELEMENT AvailableFrom( #PCDATA )                                >
<!ATTLIST AvailableFrom
                        %a.date;                                  >


<!ELEMENT AvailableTo   ( #PCDATA )                               >
<!ATTLIST AvailableTo
                        %a.date;                                  >

<!ELEMENT Issued        ( #PCDATA )                               >
<!ATTLIST Issued
                        %a.date;                                  >

<!ELEMENT Modified      ( #PCDATA )                               >
<!ATTLIST Modified
                        %a.date;                                  >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Type                                  -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Type EMPTY                                              >
<!ATTLIST Type
                        %a.Type;                                  >
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- DLmeta ELEMENT LocalType                                  -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT LocalType     ( #PCDATA )                               >
<!ATTLIST LocalType
          Scheme        CDATA            #REQUIRED
          CSep          CDATA            #IMPLIED                 >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Format                                -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Format ( Extent?,Medium? )                              >

<!ELEMENT Extent        (#PCDATA)                                 >
<!ATTLIST Extent
          Scheme        CDATA            #REQUIRED                >

<!ELEMENT Medium        (#PCDATA)                                 >
<!ATTLIST Medium
          Scheme        (noScheme|IMT)   #REQUIRED                >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Identifier                            -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Identifier    ( #PCDATA )                               >
```

```
<!ATTLIST Identifier
       Scheme            CDATA            #IMPLIED              >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Source                               -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Source ( #PCDATA )                                  >


<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Language                             -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Language      EMPTY                                 >
<!ATTLIST Language
                        %a.Language;                          >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Relation                             -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Relation     ( #PCDATA )                            >
<!ATTLIST Relation
                        %a.Relation;                          >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Coverage                             -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Coverage     ( #PCDATA )                            >
<!ATTLIST Coverage
          Role (Spatial | Temporal )        #REQUIRED
         Scheme                CDATA        #REQUIRED        >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- Dublin Core ELEMENT Rights                               -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Rights ( #PCDATA )                                  >
<!ATTLIST Rights
       Scheme                 CDATA         #IMPLIED          >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- DL ELEMENT Collection                                    -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Collection        ( #PCDATA )                       >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- DL ELEMENT Local                                         -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT Local             ANY                               >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- DL ELEMENT BSZStatus                                     -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
```

```
<!ELEMENT BSZStatus ( #PCDATA )                                  >
<!ATTLIST BSZStatus
          %a.date;
          swdid              CDATA          #IMPLIED             >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- DL ELEMENT ObjectVersion                                 -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT ObjectVersion ( #PCDATA )                              >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- DL ELEMENT History                                       -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT History            ( Modification+ )                   >

<!ELEMENT Modification       ( Person, DLComment? )              >
<!ATTLIST Modification
                             %a.date;                            >

<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!-- DL ELEMENT ObjectType                                    -->
<!-- ++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++ -->
<!ELEMENT ObjectType         ( IsDLObject | NoDLObject )         >

<!ELEMENT IsDLObject         ( DLObjectInstance+ )               >

<!ELEMENT NoDLObject         EMPTY                               >

<!ELEMENT DLObjectInstance   ( DLGenerated?, DLPart+ )           >
<!ATTLIST DLObjectInstance
     Application              CDATA                #IMPLIED
     Number                   CDATA                #REQUIRED
     InstanceName             CDATA                #REQUIRED
     Persistent               ( Y | N )            #REQUIRED    >

<!ELEMENT DLGenerated         ( DLGeneratedFrom? )               >

<!ATTLIST DLGenerated
       Application             CDATA                #IMPLIED
       GeneratedBy             CDATA                #IMPLIED     >

<!ELEMENT DLGeneratedFrom     ( #PCDATA )                        >
<!ATTLIST DLGeneratedFrom
       Identifier              CDATA                #IMPLIED     >


<!ELEMENT DLPart              ( DLFile, DLFormat )               >
<!ATTLIST DLPart
       Number                 CDATA          #REQUIRED
       Application            CDATA          #IMPLIED
       PartName               CDATA          #REQUIRED
```

```
        PartIndexer          CDATA          #IMPLIED
        Size                 CDATA          #REQUIRED        >


<!ELEMENT DLFile             EMPTY
          >
<!ATTLIST DLFile
     Name                    CDATA          #REQUIRED
     Location                CDATA          #REQUIRED        >

<!ELEMENT DLFormat           ( DLAttribute*, DLComment? )    >
<!ATTLIST DLFormat
     MimeType                CDATA          #REQUIRED
     FormatVersion           CDATA          #REQUIRED
     Application             CDATA          #IMPLIED          >

<!ELEMENT DLAttribute        ( DLComment? )                   >
<!ATTLIST DLAttribute
        Name             CDATA              #REQUIRED
        Type             CDATA              #REQUIRED
        Value            CDATA              #REQUIRED        >

<!ELEMENT DLComment      ( #PCDATA )                          >
```

B.3 Spezifische Erweiterungen zu DImeta

Für die Validierung der aus einem ARIADNE-Metadaten-Satz abgeleiteten DLmeta-konformen Datensätze ist es notwendig, diese validieren zu können. Dies wird ermöglicht durch eine spezielle Ergänzung des in DLmeta beliebig erweiterbaren Felds Local. Es folgt die auf diese Weise vervollständigte DTD für erweiterte Metadaten-Sätze:

```
<!-- Definition lokaler Erweiterungen von DLmeta aufgrund
ARIADNE -->

<!ENTITY % string2000 "#PCDATA">
<!ENTITY % string1000 "#PCDATA">
<!ENTITY % string500 "#PCDATA">
<!ENTITY % string200 "#PCDATA">
<!ENTITY % string100 "#PCDATA">
<!ENTITY % string30 "#PCDATA">
<!ENTITY % string1 "#PCDATA">

<!ENTITY % a.CountryCode '
          Scheme ( ISO3166 ) #REQUIRED
          LanguageName (
   AF | AL | DZ | AS | AD | AO | AI | AQ | AG | AR | AM | AW |
   AU | AT | AZ | BS | BH | BD | BB | BY | BE | BZ | BJ | BM |
   BT | BO | BA | BW | BV | BR | IO | BN | BG | BF | BI | KH |
   CM | CA | CV | KY | CF | TD | CL | CN | CX | CC | CO | KM |
   CG | CD | CK | CR | CI | HR | CU | CY | CZ | DK | DJ | DM |
   DO | TP | EC | EG | SV | GQ | ER | EE | ET | FK | FO | FJ |
   FI | FR | GF | PF | TF | GA | GM | GE | DE | GH | GI | GR |
   GL | GD | GP | GU | GT | GN | GW | GY | HT | HM | VA | HN |
   HK | HU | IS | IN | ID | IR | IQ | IE | IL | IT | JM | JP |
   JO | KZ | KE | KI | KP | KR | KW | KG | LA | LV | LB | LS |
   LR | LY | LI | LT | LU | MO | MK | MG | MW | MY | MV | ML |
   MT | MH | MQ | MR | MU | YT | MX | FM | MD | MC | MN | MS |
   MA | MZ | MM | NA | NR | NP | NL | AN | NC | NZ | NI | NE |
   NG | NU | NF | MP | NO | OM | PK | PW | PS | PA | PG | PY |
   PE | PH | PN | PL | PT | PR | QA | RE | RO | RU | RW | SH |
   KN | LC | PM | VC | WS | SM | ST | SA | SN | SC | SL | SG |
   SK | SI | SB | SO | ZA | GS | ES | LK | SD | SR | SJ | SZ |
   SE | CH | SY | TW | TJ | TZ | TH | TG | TK | TO | TT | TN |
   TR | TM | TC | TV | UG | UA | AE | GB | US | UM | UY | UZ |
   VU | VE | VN | VG | VI | WF | EH | YE | YU | ZM | ZW )
#REQUIRED'>

<!ELEMENT Viror:Local (Viror:Pedagogical, Viror:Technical)>

<!ELEMENT Viror:Pedagogical (Viror:EndUserType,
Viror:UsageRemarks?, Viror:DidacticalContext?,
Viror:CourseLevel?, Viror:DifficultyLevel?,
Viror:InteractivityLevel?, Viror:SemanticDensity?)>
```

```
<!ELEMENT Viror:EndUserType (%string30;)>
   <!ATTLIST Viror:EndUserType     %a.Language;>

<!ELEMENT Viror:DidacticalContext (%string2000;)>
   <!ATTLIST Viror:DidacticalContext    %a.Language;>

<!ELEMENT Viror:CourseLevel (%string2000;)>
   <!ATTLIST Viror:CourseLevel      %a.CountryCode;>

<!ELEMENT Viror:DifficultyLevel (%string30;)>
   <!ATTLIST Viror:DifficultyLevel      %a.Language;>

<!ELEMENT Viror:InteractivityLevel (%string30;)>
   <!ATTLIST Viror:InteractivityLevel   %a.Language;>

<!ELEMENT Viror:SemanticDensity (%string30;)>
   <!ATTLIST Viror:SemanticDensity %a.Language;>

<!ELEMENT Viror:UsageRemarks (%string2000;+)>
   <!ATTLIST Viror:UsageRemarks    %a.Language;>

<!ELEMENT Viror:Technical (Viror:DocumentHandle,
Viror:OperatingSystem, Viror:OtherPlatformRequirements*,
Viror:InstallationRemarks*)>

<!ELEMENT Viror:DocumentHandle (%string2000;)>
<!ELEMENT Viror:OperatingSystem (%string2000;)>
   <!ATTLIST Viror:OperatingSystem Version NMTOKEN #IMPLIED>

<!ELEMENT Viror:OtherPlatformRequirements (%string2000;)>
   <!ATTLIST Viror:OtherPlatformRequirements      %a.Language;>

<!ELEMENT Viror:InstallationRemarks (%string2000;)>
   <!ATTLIST Viror:InstallationRemarks  %a.Language;>
```

Anhang C: XSL-Templates für die Abbildung der ARIADNE Metadatensätze nach DLmeta

Da zum einen das DLmeta-Schema sich anlehnt an Dublin Core, zum anderen auch eine Teilmenge der Datenfelder in ARIADNE dorthin abbildbar ist, eröffnet sich die Möglichkeit, ARIADNE-Metadatensätze einfach nach DLmeta abzubilden, und zwar mit Hilfe von XSL-Templates. Die dafür nötigen Transformationen ergeben sich wie folgt:

```
<?xml version="1.0"?>
<xsl:stylesheet
     xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
     version="1.0"
     xmlns:Viror="http://www.dlmeta.de/local/2000/bsz">
<xsl:output method="xml" encoding="ISO-8859-1" doctype-system=
     "http://www.dlmeta.dlmeta/local/2000/bsz/dlmeta-local.dtd"
     indent="yes"/>
<xsl:strip-space elements="*"/>
<xsl:preserve-space elements="xsl:text"/>
<xsl:variable name="APrefix">ARIADNE</xsl:variable>
<xsl:variable name = "vprefix">VIROR</xsl:variable>
<xsl:variable name = "datescheme">W3CDTF</xsl:variable>
<xsl:variable name = "typescheme">DCT1</xsl:variable>
<xsl:variable name = "relationscheme">URI</xsl:variable>

<xsl:variable name="langCodes"
   select="document('langCodeMap.xml')/langCodeMap/langCode"/>
<xsl:variable name="version">1. Version</xsl:variable>

<xsl:template match="/BaseScheme">

<xsl:variable name="local_pedagogical" select=
   "(Pedagogical/EndUserType)|(Pedagogical/DidacticalContext)|
    (Pedagogical/CourseLevel)|(Pedagogical/DifficultyLevel)|

(Pedagogical/InteractivityLevel)|(Pedagogical/SemanticDensity)
     |(Pedagogical/UsageRemarks)"/>
<xsl:variable name="local_technical" select=
    "(Technical/DocumentHandle)|(Technical/FileMediaTypes)|
     (Technical/OperatingSystem)|
     (Technical/OtherPlatformRequirements)|
     (Technical/InstallationRemarks)"/>

<DLmeta>
   <Object ObjectID="{$APrefix}.{General/@identifier}"
Origin="KaRZ">
     <xsl:apply-templates select="General"/>
     <xsl:apply-templates select="Pedagogical"/>
```

```
      <Identifier Scheme="URI"><xsl:value-of select="$APrefix"/>
         <xsl:value-of select="General/@identifier"/>
      </Identifier>
      <xsl:for-each select="General/Source/LangString/String">
         <xsl:variable name="prefix">
           <xsl:value-of select="substring-before(.,' ')"/>
         </xsl:variable>
         <xsl:if test="not(contains($prefix,'[') or
              contains($prefix,']'))">
           <Source><xsl:value-of select="."/></Source>
         </xsl:if>
      </xsl:for-each>
      <xsl:variable name="language_main"
         select="General/Language/@xml:lang"/>
      <Language Scheme = "ISO639-2" LanguageName=
         "{$langCodes[@iso639-1 = $language_main]/@iso639-2}"/>
      <xsl:call-template name="extract_from_source_relation"/>
      <xsl:apply-templates
           select="Pedagogical/PedagogicalDuration"/>
      <xsl:apply-templates select="UseConditions"/>
      <Local>
         <Viror:Local>
            <Viror:Pedagogical>
               <xsl:for-each select="$local_pedagogical">
              <xsl:apply-templates select="."/>
               </xsl:for-each>
            </Viror:Pedagogical>
            <Viror:Technical>
               <xsl:for-each select="$local_technical">
               <xsl:apply-templates select="."/>
               </xsl:for-each>
            </Viror:Technical>
         </Viror:Local>
      </Local>
      <ObjectVersion><xsl:value-of select="$version"/>
      </ObjectVersion>
      <ObjectType><NoDLObject/></ObjectType>
      </Object>
    </DLmeta>
</xsl:template>

<xsl:template match="General">
      <Title>
         <xsl:apply-templates select="Title/LangString"/>
      </Title>
      <xsl:for-each select="Author">
         <xsl:apply-templates select="vCard"/>
      </xsl:for-each>
      <xsl:call-template name="extract_from_source_subject"/>
      <xsl:apply-templates select="../Semantics"/>
      <Description>
```

```
        <xsl:for-each select="Source/LangString/String">
          <xsl:variable name="this">
             <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
          </xsl:variable>
          <xsl:variable name="fref">[FACHREFERENT]
          </xsl:variable>
          <xsl:if test="starts-with($this,$fref)">
             <xsl:variable name="language_in"
               select="@xml:lang"/>
             <Abstract LanguageScheme="ISO639-2" Language=
               "{$langCodes[@iso639-1 =
                    $language_in]/@iso639-2}">
               <xsl:value-of select=
                    "substring-after($this,' ')"/>
             </Abstract>
          </xsl:if>
        </xsl:for-each>
     </Description>
     <Publisher>
        <xsl:value-of select="normalize-space(Publisher)"/>
     </Publisher>
     <Date>
        <xsl:apply-templates select="Date"/>
        <xsl:apply-templates select=
          "../MetaMetadata/CreationDate"/>
     </Date>
</xsl:template>

<xsl:template match="Title/LangString">
   <xsl:for-each select="String">
     <xsl:variable name="language_in" select="@xml:lang"/>
     <xsl:choose>
        <xsl:when test="position() = 1">
          <TitleMain LanguageScheme="ISO639-2" Language=
               "{$langCodes[@iso639-1 =
                    $language_in]/@iso639-2}">
             <xsl:call-template name="remove_extensions">
               <xsl:with-param name="substr">
                  <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
               </xsl:with-param>
             </xsl:call-template>
          </TitleMain>
        </xsl:when>
        <xsl:otherwise>
          <Alternative LanguageScheme="ISO639-2" Language=
            "{$langCodes[@iso639-1 = $language_in]/@iso639-2}">
             <xsl:call-template name="remove_extensions">
               <xsl:with-param name="substr">
                  <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
               </xsl:with-param>
             </xsl:call-template>
```

```
          </Alternative>
        </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
    </xsl:for-each>
</xsl:template>

<xsl:template name="remove_extensions">
    <xsl:param name="substr">
      <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/></xsl:param>
    <xsl:choose>
      <xsl:when test="starts-with($substr,'[')">
         <xsl:call-template name="remove_extensions">
           <xsl:with-param name="substr" select=
              "substring-after($substr,']')"/>
         </xsl:call-template>
      </xsl:when>
      <xsl:when test="contains($substr,' [') and
           contains($substr,']')">
         <xsl:call-template name="remove_extensions">
           <xsl:with-param name="substr" select=
              "concat(substring-before($substr,' ['),
                substring-after($substr,']'))"/>
         </xsl:call-template>
      </xsl:when>
      <xsl:otherwise>
         <xsl:value-of select="normalize-space($substr)"/>
      </xsl:otherwise>
    </xsl:choose>
</xsl:template>

<xsl:template name="extract_from_source_relation">
    <xsl:for-each select="General/Source/LangString/String">
      <xsl:if test="contains(.,'[') and contains(.,']')">
         <xsl:variable name="prefix">
           <xsl:value-of select=
              "substring-after(substring-before(.,'] '),'[')"/>
         </xsl:variable>
         <xsl:variable name="suffix"><xsl:value-of select=
           "substring-after(.,' ')"/>
         </xsl:variable>
         <xsl:if test="$prefix = 'isVersionOf' or
           $prefix = 'replaces' or $prefix = 'isPartOf' or
           $prefix = 'isFormatOf'">
           <xsl:element name="Relation">
              <xsl:attribute name="Scheme">
                <xsl:value-of select="$relationscheme"/>
              </xsl:attribute>
              <xsl:attribute name="Role">
                <xsl:value-of select = "$prefix"/>
              </xsl:attribute>
              <xsl:choose>
```

```
                <xsl:when test="contains($suffix,$vprefix)">
                   <xsl:value-of select="$APrefix"/>.
                   <xsl:value-of select="$suffix"/>
                </xsl:when>
                <xsl:otherwise>
                   Achtung: Der ARIADNE-Identifikator f&#252;r
                  die Relation <xsl:value-of select="$prefix"/>
                   wurde nicht korrekt angegeben!
                </xsl:otherwise>
              </xsl:choose>
           </xsl:element>
        </xsl:if>
     </xsl:if>
   </xsl:for-each>
</xsl:template>

<xsl:template name="extract_from_source_subject">
   <xsl:for-each select="Source/LangString/String">
     <xsl:if test="contains(.,'[') and contains(.,']')">
        <xsl:variable name="prefix">
          <xsl:value-of select=
             "substring-after(substring-before(.,'] '),'[')"/>
        </xsl:variable>
        <xsl:variable name="suffix">
          <xsl:value-of select="substring-after(.,' ')"/>
        </xsl:variable>
        <xsl:if test="$prefix = 'SWD' or $prefix = 'LCSH' or
             $prefix = 'MeSH' or $prefix = 'AAT' or
             $prefix = 'DDC' or $prefix = 'LCC' or
             $prefix = 'NLM' or $prefix = 'UDC' or
             $prefix = 'Colon' or $prefix = 'Cr' or
             $prefix = 'ICONCLASS' or $prefix = 'JEL' or
             $prefix = 'MSC' or $prefix = 'PACS' or
             $prefix = 'RCHME' or $prefix = 'TGMI' or
             $prefix = 'TGN' or $prefix = 'SHIC2' or
             $prefix = 'ULAN'">
          <xsl:element name="Subject">
             <xsl:attribute name="Scheme">
               <xsl:value-of select="$prefix"/>
             </xsl:attribute>
             <xsl:value-of select="$suffix"/>
          </xsl:element>
        </xsl:if>
     </xsl:if>
   </xsl:for-each>
</xsl:template>

<xsl:template match="vCard">
   <Creator Role="Author">
     <Person PersonType="person">
        <xsl:variable name="firstname">
```

```
          <xsl:value-of select="normalize-space(n/given)"/>
        </xsl:variable>
        <xsl:variable name="lastname">
          <xsl:value-of select="normalize-space(n/family)"/>
        </xsl:variable>
        <CompleteName FirstName="{$firstname}"
          LastName="{$lastname}" NormName="{$lastname},
          {$firstname}" Scheme="noScheme">
          <xsl:value-of select="$lastname"/>
          <xsl:text>, </xsl:text>
          <xsl:value-of select="$firstname"/>
        </CompleteName>
        <xsl:apply-templates select="org"/>
      </Person>
    </Creator>
</xsl:template>

<xsl:template match="org">
    <Address>
      <xsl:value-of select="normalize-space(orgunit)"/>
      <xsl:text> / </xsl:text>
      <xsl:value-of select="normalize-space(orgnam)"/>
    </Address>
</xsl:template>

<xsl:template name="dateconvert">
    <xsl:variable name="date">
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="contains(DateType/@datetime,' ')">
          <xsl:value-of select=
             "substring-before(DateType/@datetime,' ')"/>
        </xsl:when>
        <xsl:otherwise>
          <xsl:value-of select="DateType/@datetime"/>
        </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
    </xsl:variable>
    <xsl:variable name="time">
      <xsl:choose>
        <xsl:when test="contains(DateType/@datetime,' ')">
          <xsl:value-of select=
               "substring-after(DateType/@datetime,' ')"/>
        </xsl:when>
        <xsl:otherwise>12:00:00Z</xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
    </xsl:variable>
    <xsl:value-of select="concat($date,'T',$time)"/>
</xsl:template>

<!-- Convert ARIADNE's Pedagogical.PedagogicalDuration into
     object.coverage (hhmm00) -->
```

```
<xsl:template name="timeconvert">
   <xsl:variable name="hours">
     <xsl:value-of select="floor(. div 60)"/>
   </xsl:variable>
   <xsl:variable name="minutes">
     <xsl:value-of select=". mod 60"/>
   </xsl:variable>
   <xsl:variable name="hhmmss">
     <xsl:if test="$hours &lt; 10">0</xsl:if>
     <xsl:value-of select="$hours"/>
     <xsl:value-of select="normalize-space($minutes)"/>00
   </xsl:variable>
   <xsl:value-of select="$hhmmss"/>
</xsl:template>

<xsl:template match="CreationDate">
   <xsl:variable name="datetime">
     <xsl:call-template name="dateconvert"/>
   </xsl:variable>
   <xsl:element name="Issued">
     <xsl:attribute name="Scheme">
        <xsl:value-of select="$datescheme"/>
     </xsl:attribute>
     <xsl:attribute name="DateTime">
        <xsl:value-of select="$datetime"/>
     </xsl:attribute>
      <xsl:value-of select="substring-before($datetime,'T')"/>
   </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="Date">
   <xsl:variable name="datetime">
     <xsl:call-template name="dateconvert"/>
   </xsl:variable>
   <xsl:element name="Created">
     <xsl:attribute name="Scheme">
        <xsl:value-of select="$datescheme"/>
     </xsl:attribute>
     <xsl:attribute name="DateTime">
        <xsl:value-of select="$datetime"/>
     </xsl:attribute>
     <xsl:value-of select="substring-before($datetime,'T')"/>
   </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="Semantics">
     <Subject Scheme="noScheme">
          <xsl:value-of select=
          "normalize-space(Discipline/LangString/String)"/>:
          <xsl:value-of select=
          "normalize-space(Subdiscipline/LangString/String)"/>
```

```
      </Subject>
      <xsl:apply-templates select="OtherConcept"/>
      <xsl:apply-templates select="MainConceptSynonym"/>
</xsl:template>

<xsl:template match="OtherConcept">
   <Subject Scheme="SWD">
      <xsl:value-of select="normalize-
space(LangString/String)"/>
   </Subject>
</xsl:template>

<xsl:template match="MainConceptSynonym">
   <Subject Scheme="noScheme">
      <xsl:value-of select="normalize-
space(LangString/String)"/>
   </Subject>
</xsl:template>

<xsl:template match="Pedagogical">
   <xsl:variable name="dcmitype">
      <xsl:choose>
         <xsl:when test="contains(DocumentType,'active')">
           interactive_resource
         </xsl:when>
         <xsl:otherwise>
           <xsl:choose>
              <xsl:when test="(DocumentFormat='Diagram' or
                DocumentFormat='Figure' or
                DocumentFormat='Graph' or
                DocumentFormat='Image' or DocumentFormat='Slide'
                or DocumentFormat='Video')">image</xsl:when>
              <xsl:when test="(DocumentFormat='Hypertext' or
                DocumentFormat='Index' or DocumentFormat='Table'
                or DocumentFormat='Narrative Text')">
                     text</xsl:when>
              <xsl:when test="DocumentFormat=Sound">
                     sound</xsl:when>
              <xsl:otherwise>unknown</xsl:otherwise>
           </xsl:choose>
         </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
   </xsl:variable>
   <Type Scheme="{$typescheme}" Type="{$dcmitype}"/>
   <LocalType Scheme="LearningResource">
      <xsl:value-of select="normalize-space(DocumentFormat)"/>
   </LocalType>
   <Format>
      <Extent Scheme="kBytes">
         <xsl:value-of select=
           "normalize-space(number(../Technical/PackageSize))"/>
```

```
      </Extent>
      <Medium Scheme="IMT">
         <xsl:variable name="siblings">
           <xsl:value-of select=
                "count(../Technical/FileMediaTypes)"/>
         </xsl:variable>
         <xsl:choose>
           <xsl:when test="$siblings > 1">
              <xsl:variable name="handle" select=
                "substring-after(normalize-
                   space(../Technical/DocumentHandle),'.')">
              </xsl:variable>
              <xsl:variable name="mimepos">
                <xsl:choose>
                   <xsl:when test="$handle='zip'
                     or $handle='ZIP'">2</xsl:when>
                   <xsl:otherwise>1</xsl:otherwise>
                </xsl:choose>
              </xsl:variable>
              <xsl:for-each
                     select="../Technical/FileMediaTypes">
                <xsl:if test="position()=$mimepos">
                   <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
                </xsl:if>
              </xsl:for-each>
           </xsl:when>
           <xsl:otherwise>
              <xsl:value-of select=
                "normalize-space(../Technical/FileMediaTypes)"/>
           </xsl:otherwise>
         </xsl:choose>
      </Medium>
    </Format>
</xsl:template>

<xsl:template match="PedagogicalDuration">
    <Coverage Role = "Temporal" Scheme="W3CDTF">
      <xsl:call-template name="timeconvert"/>
    </Coverage>
</xsl:template>

<xsl:template match="UseConditions">
    <Rights Scheme="{$APrefix}">
      <xsl:variable name="cost">
         <xsl:choose>
           <xsl:when test="@Cost='yes'">Nicht frei</xsl:when>
           <xsl:otherwise>Frei</xsl:otherwise>
         </xsl:choose>
         <xsl:text> verf&#252;gbar. </xsl:text>
      </xsl:variable>
      <xsl:value-of select="$cost"/>
```

```
      <xsl:variable name="usage_remark">
         <xsl:if test="@Cost='yes'">
           <xsl:value-of select=
                "normalize-
           space(UsageRemarks/LangString/String)"/>
         </xsl:if>
      </xsl:variable>
      <xsl:choose>
         <xsl:when test="@Cost='yes' and $usage_remark=''">
           <xsl:text>Die Nutzung der Ressource ist nicht
                kostenfrei, aber Nutzungsbedingungen sind nicht
                verf&#252;gbar.</xsl:text>
         </xsl:when>
         <xsl:otherwise>
           <xsl:value-of select="$usage_remark"/>
         </xsl:otherwise>
      </xsl:choose>
      <xsl:variable name="copyright">
         <xsl:choose>
           <xsl:when test="@Copyright!='yes'">
                 Kein Copyright.</xsl:when>
      <xsl:otherwise>Copyright</xsl:otherwise>
         </xsl:choose>
      </xsl:variable>
      <xsl:value-of select="$copyright"/>
   </Rights>
</xsl:template>

<xsl:template match="EndUserType">
   <xsl:element name="Viror:EndUserType">
     <xsl:attribute name="Scheme">ISO639-2</xsl:attribute>
     <xsl:attribute name="LanguageName">eng</xsl:attribute>
     <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
   </xsl:element>
</xsl:template>


<xsl:template match="DidacticalContext">
   <xsl:element name="Viror:DidacticalContext">
     <xsl:attribute name="Scheme">ISO639-2</xsl:attribute>
     <xsl:attribute name="LanguageName">eng</xsl:attribute>
     <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
   </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="CourseLevel">
   <xsl:element name="Viror:CourseLevel">
     <xsl:attribute name="Scheme">ISO3166</xsl:attribute>
     <xsl:attribute name="LanguageName">
        <xsl:value-of select="normalize-space(Country)"/>
     </xsl:attribute>
```

```
      <xsl:value-of select="Degree"/>
    </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="DifficultyLevel">
    <xsl:element name="Viror:DifficultyLevel">
      <xsl:attribute name="Scheme">ISO639-2</xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="LanguageName">eng</xsl:attribute>
      <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
    </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="InteractivityLevel">
    <xsl:element name="Viror:InteractivityLevel">
      <xsl:attribute name="Scheme">ISO639-2</xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="LanguageName">eng</xsl:attribute>
      <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
    </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="SemanticDensity">
    <xsl:element name="Viror:SemanticDensity">
      <xsl:attribute name="Scheme">ISO639-2</xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="LanguageName">eng</xsl:attribute>
      <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
    </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="Pedagogical/UsageRemarks">
    <xsl:variable name="language_in" select=
      "LangString/String/@xml:lang"/>
    <Viror:UsageRemarks Scheme = "ISO639-2" LanguageName=
        "{$langCodes[@iso639-1 = $language_in]/@iso639-2}">
      <xsl:value-of select="normalize-
space(LangString/String)"/>
    </Viror:UsageRemarks>
</xsl:template>

<xsl:template match="DocumentHandle">
    <xsl:element name="Viror:DocumentHandle">
      <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
    </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="FileMediaTypes">
    <xsl:element name="Viror:MimeType">
      <xsl:attribute name="Scheme">IMT</xsl:attribute>
      <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
    </xsl:element>
</xsl:template>
```

```
<xsl:template match="OperatingSystem">
   <xsl:element name="Viror:OperatingSystem">
     <xsl:variable name="osversion">
        <xsl:value-of select="normalize-space(../OSVersion)"/>
     </xsl:variable>
     <xsl:if test="$osversion != ''">
        <xsl:attribute name="Version">{$osversion}
        </xsl:attribute>
     </xsl:if>
     <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
   </xsl:element>
</xsl:template>

<xsl:template match="OtherPlatformRequirements">
   <xsl:for-each select="LangString/String">
     <xsl:element name="Viror:OtherPlatformRequirements">
        <xsl:variable name="language_in" select="@xml:lang"/>
        <xsl:attribute name="Scheme">ISO639-2</xsl:attribute>
        <xsl:attribute name="LanguageName">
          <xsl:value-of select= "$langCodes[@iso639-1 =
               $language_in]/@iso639-2"/>
        </xsl:attribute>
        <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
     </xsl:element>
   </xsl:for-each>
</xsl:template>

<xsl:template match="InstallationRemarks">
   <xsl:element name="Viror:InstallationRemarks">
     <xsl:variable name=
          "language_in" select="LangString/String/@xml:lang"/>
     <xsl:attribute name="Scheme">ISO639-2</xsl:attribute>
     <xsl:attribute name="LanguageName">
        <xsl:value-of select="
          $langCodes[@iso639-1 = $language_in]/@iso639-2"/>
     </xsl:attribute>
     <xsl:value-of select="normalize-space(.)"/>
   </xsl:element>
</xsl:template>

</xsl:stylesheet>
```

Anhang D: Korrespondenz zwischen proprietären Klassen (ARIADNE) und normierten Klassifikationen

Die Lernmedien, welche im verteilten Dokumentenspeicher des ARIADNE-Systems nachgewiesen werden, weisen als substanziellen Defizit keine normierte verbale bzw. klassifikatorische Erfassung auf. Schon die proprietären Basisklassen lassen sich in keines der international gebräuchlichen Klassifikationsschemata eindeutig abbilden, wie die folgenden Tabellen zeigen. Zunächst wird die Korrespondenz auf dem Gebiet der Naturwissenschaften aufgezeigt, sodann in den Geisteswissenschaften. Daraus wird ersichtlich, dass eine automatische Abbildung von einem proprietären Schema, welches sich regelmäßig ändert, in ein normiertes Schema automatisch nicht durchzuführen ist. Trotzdem können die beiden Tabellen als Richtschnur für die intellektuelle Abbildung in ein normiertes Schema dienen.

D.1 Korrespondenztabelle für die Naturwissenschaften

Ariadne	**DDC**	**RVK**	**DDB-Sachgruppen**	**SWD**
Biology / Life Sciences	570 – Life sciences, Biology	W – Biologie	32 – Biologie	23 – Allgemeine Biologie, Mikrobiologie
Chemistry / Biochemistry	540 – Chemistry & allied sciences 572 – Biochemistry	V – Chemie WD – Biophysik, Biochemie, Physiologische Chemie	30 – Chemie 32 – Biochemie	22 – Chemie 23.2 – Biochemie, Biophysik, Cytologie
Civil Engineering / Architecture	624 – Civil Engineering 720 – Architecture	ZH – Architektur ZI – Bauingenieur- und Vermessungswesen	45 – Architektur 38 – Bergbau, Bautechnik, Umwelttechnik	31.3 – Architektur, Bautechnik
Earth Sciences / Rural Engineering	550 – Earth sciences 629 – Other branches of engineering	TE – TZ Geologie und Paläontologie	31 – Geowissenschaften	19 – Geowissenschaften
Electricity / Electronics	537 – Electricity & electronics	UH 1000 – UH 4000 Klass. Felder, Elektrizitätslehre, Optik,Quantenoptik, Laser, Relativitätstheorie ZN - Elektrotechnik, Elektronik,	37 – Elektrotechnik (elektrische Energietechnik, Elektronik...) 29 – Physik, Astronomie (Elektrizität)	21.3 – Elektrizität, Magnetismus, Optik 31.9 – Elektrotechnik, Elektronik

		Nachrichtentechnik		
Informatics / Information Processing	004 – Computer science	SQ – SU – Informatik	28 – Informatik, Datenverarbeitung	30 – Informatik, Datenverarbeitung
Mathematics / Operational Research	510 – Mathematics	SA – SP – Mathematik	27 – Mathematik 17 – Wirtschaft (Betriebs-wirtschaftslehre)	28 – Mathematik 10.11b – Mathematische Methode – Betriebs-wirtschaftslehre
Mechanics / Mecatronics	621 – Mechanical engineering	UF – Mechanik, Kontinuums-mechanik, Hydrodynamik, Schwingungslehre	29 – Physik, Astronomie (Mechanik)	21.2 – Mechanik, Wärme, Akustik
Medicine / Health Sciences	610 – Medical sciences, Medicine	WW – YV – Medizin	33 – Medizin	27 – Medizin
Physics / Astrophysics	530 – Physics	U – Physik US – Astronomie, Astrophysik	29 – Physik, Astronomie (Astrophysik)	21 – Physik 20 – Astronomie, Weltraumforschung (Astrophysik)

D.2 Korrespondenztabelle für die Geisteswissenschaften

Ariadne	**DDC**	**RVK**	**DDB-Sachgruppen**	**SWD**
Arts	700 – The arts	A – Allgemeines (Film, Theater, Tanz, Photographie) LH – LY – Kunstgeschichte, Musikwissenschaft	46 – Bildende Kunst 47 – Photographie 48 – Musik 49 – Theater, Tanz, Film	6.1 – Kultur, Künste, Geistes- und Kulturgeschichte 6.1a – Kultur, Künste, allgemein
Economy / Management	330 – Economics 650 – Management and auxiliary services	Q – Wirtschafts-wissenschaften PN – Verwaltungs-wissenschaften, Verwaltungsrecht	17 – Wirtschaft 20 – Öffentliche Verwaltung	10.2 – Wirtschaft, Volkswirtschaft 7.15 – Öffentliche Verwaltung, Geschichte der Öffentlichen Verwaltung

Human Sciences	001.3 – Humanities 300 – Social sciences	MN – MW – Soziologie CA – CI – Philosophie CL – CZ – Psychologie ...	1 – Wissenschaft und Kultur allgemein (Geistes-wissenschaften ...) 14 – Soziologie, Gesellschaft	9 – Soziologie, Gesellschaft, Arbeit, Sozialgeschichte 4 – Philosophie 5 – Psychologie, Esoterik ...
Literature	800 – Literature and rhetoric	E – Allg. u. vergl. Sprach- u. Literatur-wissenschaft, Indogermanistik, Außereuropäische Sprachen u. Literaturen	51 – 58 – Allgemeine u. Vergleichende Sprach- u. Literatur-wissenschaft	12 – Literatur 11 – Sprache
Religions / Theology	200 – Religion	B – Theologie und Religions-wissenschaften	12 – Christliche Religion 13 – Allgemeine und Vergleichende Religionswissen-schaft, Nichtchristl. Religionen	3 – Religion
Social & Political Sciences	300 – Social sciences 320 – Political science	MA – ML – Politologie MN – MW – Soziologie	16 – Politik 14 – Soziologie, Gesellschaft	8 – Politik,Militär 9.2 – Sozial-wissenschaften

Literaturverzeichnis

[ABC99] Brickley, D. et al.: Harmony Project Proposal, 1999. http://www.ilrt.bris.ac.uk/discovery/harmony/proposal.pdf

[ABFP99] Abeck, S.; Batlogg, J.; Feuerhelm, D.; Pracht, D.: „Companion" – eine multimediale, webbasierte Lehr- und Lernumgebung. Beitrag zur Konferenz Arbeitsplatzrechensysteme 99 (APS99), Jena, Oktober 1999.

[AcMc96] Ackerman, M. S.; McDonald, D. W.: Answer Garden 2: Merging Organizational Memory with Collaborative Help. Proceedings of CSCW 96, 1996.

[Ado00] Adobe Systems Inc.: PDF Reference Version 1.3. 2. Auflage, Addison-Wesley, Juli 2000.

[Arm99] Arms, W. Y.: Preservation of Scientific Serials. Three Current Examples. Journal of Electronic Publishing, 5 (2), Dezember 1999.

[Auf99] Aufenanger, S.: Lernen mit neuen Medien – Was bringt es wirklich? Forschungsergebnisse und Lernphilosophien. medien praktisch, April 1999.

[Aus00] Ausserhofer, A.: Improvements in Web-Based Educational Systems for Teaching Computing. Dissertation an der Techn. Universität Graz, Österreich. Januar 2000.

[BaBa98] Balasubramanian, V.; Bashian, A.: Document Management and Web Technologies. Alice Marries the Mad Hatter. Communications of the ACM, 41 (7), Juli 1998.

[Bak98] Thomas Baker: Languages for Dublin Core. D-Lib Magazine, Dezember 1998.

[Bak00] Baker, T.: A Grammar of Dublin Core. D-Lib Magazine, 6 (10), Oktober 2000.

[Bal93] Balasubramanian, V.: State of the Art Review on Hypermedia Issues and Applications. Dezember 1993. http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/hypertext_review/index.html

[Bal00] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik, Bd. 1: Software-Entwicklung. Spektrum Akademischer Verlag, 2000.

[BBB+98] Barth, A. et al. (Hrsg.): Digital Libraries in Computer Science: The MeDoc Approach. Lecture Notes in Computer Science 1392, Springer Verlag, Heidelberg, 1998.

[BCG+97] Baldonado, M. et al.: The Stanford Digital Library Metadata Architecture. International Journal of Digital Libraries, 1 (9), pp. 108-121, September 1997.

[BD95] Bortz, J.; Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation, 2. Aufl., Springer Heidelberg, 1995.

[BDS+98] Boles, D. et al.: Objektorientierte Multimedia-Entwicklung – Vom UML-Modell zur Director-Anwendung am Beispiel naturwissenschaftlich-technischer Labore. Workshop Multimedia-Systeme, GI-Jahrestagung 1998.

[BeGr99] Beagrie, N.; Greenstein, D.: A Strategic Framework for Creating and Preserving Digital Resources. eLib Supporting Study P3. Library Information Technology Centre, South Bank University, London, 1998.

[Beh95] Behnke, Chr.: Computergestützte Lern- und Arbeitsumgebung: ein bildungstechnologischer Ansatz und seine pädagogische Begründung. Europäische Hochschulschriften, Reihe 11: Pädagogik. Lang, Frankfurt a. M., 1995.

[BEJ+98] Brüggemann-Klein, A. et al.: Projekt Chablis – Abrechnungs- und Zahlungskonzepte für Dienstleistungen digitaler Bibliotheken. Informatik Forschung und Entwicklung, 13 (3), pp. 169 –.172, 1998.

[BeMe00] Beebe, L.; Meyers, L.: Digital Workflow: Managing the Process Electronically. Journal of Electronic Publishing, 5 (4), Juni 2000.

[BFM97] Bessler et al.: DIANE – A Multimedia Annotation System. Proceedings ECMAST 97, 1997.

[Bid98] Bide, M.: In Search of the Unicorn. The Digital Object Identifier from a User Perspective. BNBRF Report 89, Book Industry Communication, Februar 1998.

[Bie97] Bieber, M. et al.: Fourth generation hypermedia: some missing links for the World Wide Web. International Journal on Human-Computer-Studies, Special Issue on World-Wide-Web Usability, 47 (1), pp. 31–65, Januar 1997.

[BiVi97] Bieber, M.; Vitali, F.: Toward Support for Hypermedia on the World Wide Web. IEEE Computer, pp. 62-70, 30 (1), Januar 1997.

[Blu98] Blumstengel, A.: Entwicklung hypermedialer Lernsysteme. Wissenschaftlicher Verlag Berlin, 1998. http://dsor.uni-paderborn.de/organisation/blum_diss

[BMO+97] Bacher, Chr. et al.: Open Hypermedia Educational Environments: A Feasible Approach to Overcome Some Difficulties. Technischer Bericht Nr. 91, Institut f. Informatik, Universität Freiburg, 1997.

[BMR+99] Bearman, D. et al.: A Common Model to Support Interoperable Metadata. Progress report on reconciling metadata requirements from the Dublin Core and INDECS/DOI Communities. D-Lib Magazine, 5 (1), Januar 1999.

[BoPa98] Borghoff, U.; Pareschi, R.: Information Technology for Knowledge Management. Springer Verlag, Berlin, 1998.

[BoWü97] Boles, D.; Wüterich, G.: Transformationelle Multimedia-Softwareentwicklung. In: Fuhr, N. et al.: Proceedings HIM 97: Theorien, Modelle und Implementierungen integrierter elektronischer Informationssysteme. Reihe Schriften zur Informationswissenschaft, Band 30, Universitätsverlag Konstanz, 1997.

[BPW99] Bide, M. et al.: Digital Preservation. Library and Information Commission Research Report 23 & British National Bibliographic Research Fund Report 97, September 1999.

[Br92] Brown, M.H.: ZEUS – A System for Algorithm Animation and Multi-View Editing. SRC Research Report 75, Digital Systems Research Center, Februar 1992.

[BrEk98] Brusilovsky, P.; Eklund, J.: A Study of User Model Based Link Annotation in Educational Hypermedia. Journal of Universal Computer Science, 4 (4), pp. 429-448, April 1998.

[BrLi99] Britain, S.; Liber, O.: A Framework for Pedagogical Evaluation of Virtual Learning Environments. JTAP Report No. 41, University of Wales – Bangor, Oktober 1999.

[Bru96] Brusilovsky, P.: Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction – Special issue on adaptive hypertext and hypermedia. 6 (2/3), pp. 87-129, 1996.

[Brü95] Brüggemann-Klein, A.: Wissenschaftliches Publizieren im Umbruch. Bestandsaufnahme und Perspektiven aus der Sicht der Informatik. Informatik Forschung und Entwicklung, 10 (4), 1995.

[Brü98] Brückner, Th.: Ein WWW-basiertes Lernsystem zum Thema „Internet". Diplomarbeit an der Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe, 1998.

[BS98] Boles, D.; Schlattmann, M.: Multimedia-Autorensysteme – Graphisch-interaktive Werkzeuge zur Erstellung multimedialer Anwendungen. LOGIN 18,1, Juli 1998.

[BSCW97] Bentley, R. et al.: Basic Support for Cooperative Work on the World Wide Web. International Journal of Human-Computer Studies, Special Issue on Innovative Application of the World Wide Web, 46 (6), pp. 827–846, Juni 1997.

[BSW96] Brusilovsky, P. et al.: A Tool for Developing Adaptive Electronic Textbooks on WWW. Proceedings WebNet 96, San Francisco, CA, November 1996.

[Bu45] Bush, V.: As We May Think. The Atlantic Monthly, July 1945. http://www.isg.sfu.ca/duchier/misc/vbush

[Bus99] Busse, J.: Dozentenhandbuch. In: Klaeren, H.: Reihe Tübinger Studientexte Informatik und Gesellschaft, Universität Tübingen, 1999.

[CHM98] Cardinaels, K. et al.: A Knowledge Pool System of Reusable Pedagogical Elements. Proceedings 4th International Conference on Computer-Aided Learning and Instruction in Science and Engineering (CALISCE '98). Göteborg, Schweden, Juni 1998.

[Cla97] Clarke, R.: Beyond the Dublin Core: Rich Meta-Data and Convenience of Use are Compatible After All. Juli 1997. http://www.anu.edu.au/people/Roger.Clarke/II/DublinCore.html

[CMS97] Cooley, R. et al.: Web Mining. Information and Pattern Discovery on the World Wide Web. Proceedings ICTAI 97, November 1997.

[Co91] Collins, A. et al.: Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics. In: Resnick, L. B. (Hrsg.): Knowing, Learning and Instruction. Essays in Honour of Robert Glaser. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, 1991.

[Con96] Conway, P.: Preservation in the Digital World. Report No. 62,. Council on Library and Information Resources, März 1996. http://www.clir.org/cpa/reports/conway2/index.html

[Coy97a] Coy, W.: Turing@galaxis.com II. Überall & gleichzeitig – Informatik, Digitale Medien und die Zukunft des Wissens. In: Warnke et al.: HyperKult – Geschichte, Theorie und Kontext digitaler Medien. Stroemfeld, Basel, 1997.

[Coy97b] Coy, W.: Zukunft des Wissens – Zukunft des Lernens. Vortrag gehalten auf dem Symposium Wissenschaft & Internet, Berlin 5.Dez. 1997, abgedruckt in *Der Tagespiegel* vom 14.12.97. http://waste.informatik.hu-berlin.de/coy/Zukunft_des_Wissens_12_97.html

[CP91] Clark, J. M.; Paivio, A.: Dual Coding Theory and Education. Educational Psychology Review 3 (3), pp. 149-170, 1991.

[CRH+98] Carr, L. A. et al.: Implementing an Open Link Service for the World Wide Web. World Wide Web Journal, 1 (2), 1998.

[DAA+98] Dolin, R. et al.: Using Automated Classification for Summarizing and Selecting Heterogeneous Information Sources. D-Lib Magazine, Januar 1998.

[DaHe96] Dalitz, W.; Heyer, G.: HyperWave – The New Generation Internet Information System Based on Hyper-G. dpunkt-Verlag, Heidelberg, 1996.

[DBB+96] Dillenbourg, P. et al.: The Evolution of Research on Collaborative Learning. In: Spada, H.; Reimann, P. (Hrsg.): Learning in Humans and Machines: Towards an interdisciplinary Learning Science, pp. 189-211. Elsevier, Oxford, 1996.

[DEM+99] Depke, R. et al.: Ein Vorgehensmodell für die Multimedia-Entwicklung mit Autorensystemen. Informatik Forschung und Entwicklung, 14 (2), pp. 83-94, 1999.

[Die98] Diepold, P.: Ordnung im Multimedia-Chaos. Bildungsserver und Meta-Daten. Pädagogische Rundschau,Themenheft Multimedia, 52 (1998), pp. 671-691, 1998.

[DiSt99] Dittmann, J.; Steinmetz, R.: Möglichkeiten und Grenzen der versteckten Wissenschaft zur Sicherung von Copyrights für digitales Bild- und Tonmaterial. In: Bundesamt für Sichherheit in der Informationstechnik: IT-Sicherheit ohne Grenzen? Tagungsband 6. Deutscher IT-Sicherheitskongreß des BSI 1999. Ingelheim: SecuMedia Verlag, pp. 343-354, 1999.

[DiSt00] Dittmann, J.; Steinmetz, R.: Aktuelles Schlagwort: Digitale Wasserzeichen. Informatik Spektrum, 23 (1), 2000.

[DLa97] Daniel, R.; Lagoze, C.: Extending the Warwick Framework – From Metadata Containers to Active Digital Objects. D-Lib Magazine, November 1997.

[DLP98] Daniel, R.; Lagoze, C.; Payette, S.: A Metadata Architecture for Digital Libraries. Proceedings IEEE Advances in Digital Libraries (ADL 98), April 1998.

[Dör00] Döring, N.: Lernen und Lehren im Internet. In B. Batinic (Hrsg.), Internet für Psychologen (2. Aufl.), Kapitel 16., S. 443-478. Hogrefe-Verlag Göttingen, 2000.

[DoTo94] Dospisil, J.; Polgar, T.: Conceptual Modelling in the Hypermedia Development Process. Proceedings SIGCPR 94, Alexandria, VA, März 1994.

[EnFe00] Endres, A.; Fellner, D. W.: Digitale Bibliotheken – Informatik-Lösungen für globale Wissensmärkte. dpunkt-Verlag, September 2000.

[Eri94] Eriksson, H.: The Multicast Backbone. Communications of the ACM, 37 (8), pp. 54-60, 1994.

[FBG+00] Fischer, F. et al.: Kooperaties Lernen mit Videokonferenzen – Gemeinsame Wissenskonstruktion und individueller Lernerfolg. Kognitionswissenschaft, 9 (1), pp. 5-16, 2000.

[FDW99] Forte, E. et al.: Semantic and Pedagogic Interoperabiliy in the Ariadne Educational Repository. SIGMOD, 28 (1), März 1999.

[FLM99] Fünfstück, F. et al.: Softwarewerkzeuge zur Entwicklung multimedialer Anwendungen – Eine Übersicht. Informatik Spektrum 2/2000, pp. 11-25, 2000.

[Fur00] Furrie, B.: Understanding MARC Bibliographic: Machine-Readable Cataloging (5. Auflage). Cataloging Distribution Service, Library of Congress & Follett Software Company, 2000. http://lcweb.loc.gov/marc/umb

[FWA+98] Fielding, R. T. et al.: Web-Based Development of Complex Information Products. Communications of the ACM, 41 (8), August 1998.

[FWD97] Forte, E.; Wentland-Forte, M.; Duval, E.: The Ariadne Project – Knowledge Pools for Computer Based and Telematics Supported Classical, Open and Distance Education. European Journal on Engineering Education,. 22 (1/2) März/Juni 1997.

[Ga85] Gagné, R. M.: The Cognitive Psychology of School Learning. Little, Brown & Company, Boston, 1985.

[Gar96] Garzotto, F. et al.: Navigation in Hypermedia Applications: Modeling and Semantics. Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, 6 (3), pp. 211-237, März 1996.

[GaSh93] Gaines, B. R.; Shaw, M. L. G.: Open Architecture Multimedia Documents. Proceedings of ACM Multimedia 93, pp. 137-146, 1993.

[GCJ00] Gonzales, R. et al.: Academic Directions of Multimedia Education. Communications of the ACM, 43 (1), Januar 2000.

[GEE98] Geyer, W.; Eckert, A; Effelsberg, W.: Multimedia in der Hochschullehre: TeleTeaching an den Universitäten Mannheim und Heidelberg. In: Scheuermann, F. et al.: Studieren und weiterbilden mit Multimedia: Perspektiven der Fernlehre in der wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung. BW Bildung und Wissenschaft Verlag und Software GmbH, Nürnberg, 1998.

[GiEp00] Gilliland-Swetland, A. J.; Eppard, P. B.: Preserving the Authenticity of Contingent Digital Objects – The InterPARES Project. D-Lib Magazine, 6 (7/8), Juli/August 2000.

[Gil00] Gilliland-Swetland, A.: Enduring Paradigm, New Opportunities: The Value of the Archival Perspective in the Digital Environment. Council on Library and Information Resources, Washington D.C., Februar 2000.

[Glo97] Gloor, P.: Elements of Hypermedia Design. Techniques for Navigation & Visualization in Cyberspace. Birkhäuser Verlag, 1997. http://www.birkhauser.com/hypermedia

[Göd96] Gödert, W.: Vom Zettelkatalog zum HyperOPAC. In: Niggemann, E.; Lepsky, K.: Zukunft der Sacherschließung im OPAC. Schriften der Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf, Band 25, 1996.

[Gor98] Gorny, P.: Didaktisches Design telematik-gestützter Lernsoftware. In: Koerber, B.; Peters, I.-R.: Informatische Bildung in Deutschland. Perspektiven für das 21. Jahrhundert. LOG IN Verlag, Berlin, pp. 127-155, 1998.

[Gra00] Granger, S.: Emulation as a Digital Preservation Strategy. D-Lib Magazine, 6(10), Oktober 2000.

[GRJ99] Grady, B.; Rumbaugh, J.; Jacobson, I.: The Unified Modeling Language User Guide. Object Technology Series, Addison-Wesley, 1999.

[GrLü95] Grötschel, M.; Lügger, J.: Neue Produkte für die Digitale Bibliothek – die Rolle der Wissenschaften. In: Die unendliche Bibliothek – Digitale Information in Wissenschaft, Verlag und Bibliothek. Reihe Gesellschaft für das Buch, Band 2. Harasowitz Verlag, Wiesbaden, 1996.

[GrLü99] Grötschel, M.; Lügger, J.: Scientific Information Systems and Metadata. In: Gaul, W.; Locarek-Junge, H. (Hrsg.): Classification in the Information Age. Springer Verlag, Berlin, 1999.

[Gua95] Guarino N., Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation. In: Guarino, N.; Poli, R.: International Journal of Human and Computer Studies; Special issue on The Role of Formal Ontology in the Information Technology, 43 (5/6), Mai/Juni 1995.

[GüHa98] Günter, A.; Hahn, A.: Suchmaschinen, Robots und Agenten. Informationssuche im World Wide Web. In: Batinic, B. (Hrsg.): Internet für Psychologen (2. Auflage), Hogrefe, Göttingen, 1998.

[GWFJ99] Goland, Y. et al.: HTTP Extensions for Distributed Authoring – WebDAV. RFC 2518, Februar 1999.

[HaBö98] Hamm, I.; Müller-Böling, D. (Hrsg.): Hochschulentwicklung durch Neue Medien. Erfahrungen – Projekte – Perspektiven (2. Auflage). Reihe Bildungswege in der InformationsGesellschaft, Verlag Bertelsmann-Stiftung 1998.

[HaBu95] Hardman, L.; Bulterman, D. C. A.: Authoring Support for Durable Interactive Multimedia Presentations. State of the Art Report in Eurographics '95, Maastricht, Niederlande, 1995.

[HaHi96] Haake, A.; Hicks, D.: VerSe: Towards Hypertext Versioning Styles. Proceedings 7th ACM Conference on Hypertext, Washington DC, März 1996.

[Har99] Harold, E. R.: The XML Bible. IDG Books Worldwide Inc. Juli 1999.

[HaS94] Halasz, F.; Schwartz, H.: The Dexter Hypertext Reference Model. Communications of the ACM 37, 2, Februar 1994.

[Has95] Hasebrook, J. Multimedia-Psychologie. Spektrum Akademischer Verlag, 1995.

[HBR94] Hardman, L.; Bulterman, D.C.A.; van Rossum, G.: The Amsterdam Hypermedia Model: Adding Time and Context to the Dexter Model. Communications of the ACM 37, 2, Februar 1994.

[HD98] Hausner, A.; Dobkin, D.P.: Making Geometry Visible: An Introduction to the Animation of Geometric Algorithms. In Sack, J.R.; Urrutia, J. (Hrsg.): Handbook of Computational Geometry, Elsevier, 1998.

[He96] Hergeth, B.: Z39.50 in Bibliotheken und im World-Wide-Web. 1. Inetbib-Tagung in der Universitätsbibliothek Dortmund, März 1996.

[HeRo98] Heminger, A. R.; Robertson, S. B.: Digital Rosetta Stone: A Conceptual Model for Maintaining Long-Term Access to Digital Documents. 6th Delos Workshop on Preservation of Digital Information, Tomar, Portugal, Juni 1998.

[Hi98] Hipke, C.A.; Schuierer, S.: Vega – A User-Centered Approach to the Distributed Visualization of Geometric Algorithms. Technischer Bericht 117, Institut für Informatik, Fakultät für Angewandte Wissenschaften, Universität Freiburg, Januar 1998.

[Hi99] Hipke, C.A.: Verteilte Visualisierung geometrischer Algorithmen und Anwendungen auf Navigationsverfahren in unbekannter Umgebung. Dissertation an der Fakultät für Angewandte Wissenschaften, Dezember 1999.

[HKM97] Hummes, J. et al.: Active Annotations of Web Pages. In: Alten-Scheidl, R. et al. (Hrsg.): Voting, Rating, Annotation – Web4Groups and other projects: approaches and first experiences. Schriftenreihe der Österreichischen Computer-Gesellschaft, Band 104, Oldenbourg, Wien/München, 1997.

[Hod00] Hodge, G. M.: Best Practices for Digital Archiving. An Information Life Cycle Approach. D-Lib Magazine, 6 (1), 2000.

[HoSe00] Holdsworth, D.; Sergeant, D.: A Blueprint for Representation Information in the OASIS Model. Proceedings NASA/Goddard Mass Storage Conference, März 2000.

[HWV96] Hämäläinen, M.; Whinston, A.; Vishik, S.: Electronic Markets for Learning – Education Brokerages on the Internet. Communications of the ACM, 39 (6), Juni 1996.

[IMS99] IMS Learning Resource Meta-Data Specification, Version 1.0, August 1999.

[ISB95] Isakowitz, T.; Stohr, E.; Balasubramanian, P.: RMM – A Methodology for Structured Hypermedia Design. Communications of the ACM 38, 8, August 1995.

[JCN98] Jones, S. et al.: An Analyis of Usage of a Digital Library. Proceedings ECDL 98, 1998.

[Kal95] Kalkbrenner, G.: Computergestütztes Lernen und Teledienste. Gabler Verlag, 1995.

[Kas98] Kasdorf, B.: SGML and PDF – Why We Need Both. Journal of Electronic Publishing, 3 (4), Juni 1998. http://www.press.umich.edu/jep/03-04/kasdorf.html

[KST00] Kehoe, L.; Stasko, J.T.; Taylor, A.: Rethinking the Evaluation of Algorithm Animations as Learning Aids – An Observational Study. International Journal of Human-Computer Studies, 2000.

[Kea98] Kearsley, G.: Educational Technology: A Critique of Pure Reason. Educational Technology Magazine, April/May 1998.

[Kea99] Kearsley, G.: Online Education – Learning and Teaching in Cyberspace. Wadsworth Thomson Learning, Belmont, Dezember 1999.

[KeJe99] Kerres, M.; Jechle, T.: Hybride Lernarrangements: Personale Dienstleistungen in multi- und telemedialen Lernumgebungen. In: Jahrbuch Arbeit – Bildung – Kultur, Forschungsinstitut für Arbeiterbildung, Ruhr-Universität Bochum, 1999.

[Ker98] Kerres, M.: Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Oldenbourg, 1998.

[Ker99] Kerres, M.: Didaktische Konzeption multimedialer und telemedialer Lernumgebungen. HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, Heft 1, 1999.

[KeSh99] Kearsley, G.; Shneiderman, B.: A Framework for Technology-Based Teaching and Learning. http://home.sprynet.com/~gkearsley/engage.htm

[Kir00] Kirsch, S. M.: TeX aktrobatisch: pdfTeX erzeugt PDF ohne Umwege. c't 2000, Heft 2, 2000.

[Kno94] Knorz, G.: Automatische Indexierung. In: Hennings, R.-D. et al.: Wissensrepräsentation und Information Retrieval. Universität Potsdam, Informationswissenschaft, Modellversuch BETID, Lehrmaterialien Nr. 3, S. 138-196, Mai 1994.

[Ko84] Kolb, D. A.: Experimental Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Prentice Hall, New York, 1984.

[Ko98] Koch, Traugott: Nutzung von Klassifikationssystemen zur verbesserten Beschreibung, Organisation und Suche von Internet-Ressourcen. Buch und Bibliothek 50:5, pp. 326-335, 1998.

[KrSt99] Krämer, B.; Steinmann, U.: A Market Place for Multimedia Components. Proceedings ICDE 99, Wien, Österreich, Juni 1999.

[KW95] Kahn, R.; Wilensky, R.: A Framework for Distributed Digital Object Services. Corporation for Nacional Research Initiatives, Mai 1995. http://www.cnri.reston.va.us/cstr/arch/k-w.html

[Lag96] Lagoze, C.: The Warwick Framework – A Container Architecture for Diverse Sets of Metadata. D-Lib Magazine, Juli/August 1996.

[LaNi99] Lalis, S.; Nikolaou, Chr.: Federated Digital Libraries in Europe – A Forecast. In: Meadows, J.; Böcher, H.-D. (Hrsg.): Electronic Communication and Research in Europe. European Commission, 1999.

[Lau93] Laurillard, D.: Rethinking University Teaching – A Framework for the Effective Use of Educational Technology. Routledge, London/New York, 1993.

[Leh96] Lehmann, K.-D.: Das kurze Gedächtnis digitaler Publikationen. Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie, 3 (1996), pp. 209-226. Klostermann, Frankfurt a. M., März 1996.

[Len97] Lennon, J. A.: Hypermedia Systems and Applications. World Wide Web and Beyond. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 1997.

[Lev94] Levy, D. M.: Fixed or Fluid? Document Stability and New Media. Proceedings ECHT 94, September 1994.

[Lev98] Levy, D. M.: Heroic Measures. Reflections on the Possibility and Purpose of Digital Preservation. Proceedings ACM Conference on Digital Libraries 98 (ADL 98), 1998.

[Loe98] Loeser, H.: Techniken für Web-basierte Datenbankanwendungen: Anforderungen, Ansätze, Architekturen. Informatik Forschung und Entwicklung, 13 (10), Oktober 1998.

[LOM3.8] IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC): Learning Objects Metadata. Draft Document v. 3.8, November 1999.

[Lyn97a] Lynch, C.: The Z39.50 Information Retrieval Standard. Part I: A Strategic View of Its Past, Present and Future. D-Lib Magazine, 3 (4), April 1997.

[Lyn97b] Lynch, C.: Identifiers and their Role in Networked Information Applications. ARL Bimonthly Newsletter, 194, Oktober 1997.

[Lyn99] Lynch, C.: Canonicalization: A Fundamental Tool to Facilitate Preservation and Management of Digital Information. D-Lib Magazine, 3 (9), September 1999.

[L2H99] Drakos, N. et al.: The LaTeX2HTML Translator, Version 99.1. Macquarie University, Sydney, März 1999.

[MaMa95] Marchionini, G.; Maurer, H.: The Roles of Digital Libraries in Teaching and Learning. Communications of the ACM, 38 (4), 1995.

[Ma96] Maass, G.: Editor für Multimedia-Dokumente. Diplomarbeit am Institut für Informatik der Universität Freiburg, 1996.

[Ma99] Marchionini, G.: Augmenting Library Services. Toward the Sharium. International Symposium on Digital Libraries, 1999.

[Mar97] Marshall, C.: Annotation – from paper books to the digital library. Proceedings ACM Digital Libraries 97, Philadelphia, PA, Juli 1997.

[Mar98a] Marshall, C.: Towards an Ecology of Hypertext Annotation. Proceedings ACM Hypertext 98, Pittsburgh, PA, Juni 1998.

[Mar98b] Marshall, C.: Making Metadata: a study of metadata creation for a mixed physical-digital collection. Proceedings of the ACM Digital Libraries '98 Conference (ACM DL 98), pp. 162-171), Juni 1998.

[Mar00] Marshall, C.: The Future of Annotation in a Digital (Paper) World. In: Harum & Twidale (Hrsg.): Successes and Failures of Digital Libraries. University of Illinois, Urbana-Champaign, pp. 97-110, 2000.

[Mau96] Maurer, H.: Hyper-G now HyperWave: The next generation Web solution. Addison-Wesley, Harlow, England, 1996.

[MaVa90] Maturana, H. R.; Varela, f. J.: Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. Goldmann, München, 1990.

[MC94] Mayes, T. et al.: Learning Through Telematics. Part II: The Discussion. Projektbericht, 1994.

[McC96] McCarthy, B.: About Learning. Excel Inc., 1996.

[MeN95] Mehlhorn, K.; Näher, S.: LEDA – A Platform for Combinatorial and Geometric Computing. Communications of the ACM, 38 (1), pp. 96-102, Januar 1995.

[Mer98] Merz, T.: Web Publishing with Acrobat/PDF. Springer Verlag, 1998.

[Mer00] Merz, T.: Die PostScript- und Acrobat-Bibel. dpunkt-Verlag, 2000.

[Mil98] Miller, E.: An Introduction to the Resource Description Framework. D-Lib Magazine, Mai 1998.

[MNZ99] Maly, K. et al.: Smart Objects, Dumb Archives: A User-Centric Layered Digital Library Framework. D-Lib Magazine, 5 (3), März 1999.

[MöDr98] Mönch, Chr.; Drobnik, O.: Integrating New Document Types into Digital Libraries. Proceedings IEEE Forum on Research and Technology Advances in Digital Libraries, IEEE ADL '98, 1998.

[MPK00] Marchionini, G. et al.: The People in Digital Libraries: Multifaceted Approaches to Assessing Needs and Impact. In: Bishop, A. et al. (Hrsg.): Digital Library Use: Social Practice in Design and Evaluation. MIT Press, 2000.

[MRG98] Mandl, H. et al.: Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozesse". Heft 66 der Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung, Bund-Länder-Kommission (BLK), Bonn, 1998.

[Mü00] Müller, R.; Ottmann, T.: Electronic Note-Taking Systems, Problems and their Use at Universities. In: Adelsberger, H.H.; Collis, B.; Pawlowski, J.H.: Hand-

book on Information Technologies for Education and Training, Springer Verlag, 2000.

[Mü01] Müller, R.: Wahlfreier Zugriff in Präsentationsaufzeichnungen am Beispiel integrierter Applikationen. infix Verlag, St. Augustin, 2001.

[MüOt00] Müller, R.; Ottmann, T.: The Authoring on the Fly System for automated Recording and Replay of Tele-Presentations. Special Issue on Multimedia Authoring and Presentation Techniques, ACM/Springer Multimedia Systems Journal 8, 3, 2000.

[No99] Nohr, H.: Klassifikation – Skript zur Vorlesung im Fach Inhaltliche Erschließung. Hochschule für Bibliotheks- und Informationswesen, Stuttgart, 1999. http://www.hbi-stuttgart.de/klasse/klasse.pdf

[NoTa95] Nonaka, I.; Takeuchi, H.: The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press, New York, Oxford, 1995.

[NRW00] Forschergruppe SofTech NRW (Hrsg.): Studie über Softwaretechnische Anforderungen an Multimediale Lehr- und Lernsysteme. Kompetenznetzwerk Universitätsverbund MultiMedia NRW, 2000.

[OAMc99] Ovsiannikov, I. A.; Arbib, M. A.; McNeill, T. H.: Annotation Technology. International Journal on Human-Computer Studies, 50, pp. 329-362, 1999.

[OLL00] Olivier, B. et al.: Specifications and Standards for Learning Technologies: The IMS Project. International Journal of Electrical Engineering Education, 37 (1), Januar 2000.

[Ott98] Ottmann, Th.: Prinzipien des Algorithmenentwurfs. Spektrum Akademischer Verlag, 1998.

[OtWi96] Ottmann, Th.; Widmayer, P.: Algorithmen und Datenstrukturen (3. Auflage). Spektrum Akademischer Verlag, 1996.

[OtWi99] Ottmann, Th.; Will, M.: How to Make a Multimedia Textbook and How to Use It. In: Gaul, W.; Locarek-Junge, H.: Classification in the Information Age, Springer Verlag, Berlin, 1999.

[Ov96] Overmars, M. H.: Designing the Computational Geometry Algorithms Library. Workshop on Applied Computational Geometry, Philadelphia, PA, Mai 1996.

[Pa97] Paskin, N.: Information Identifiers. Learned Publishing, 10 (2), pp. 135-156, April 1997.

[Pa99] Paskin, N.: DOI – Current Status and Outlook. D-Lib Magazine, 5 (5), Mai 1999.

[PaKu99] Padhye, J.; Kurose, J.: Continuous Media Courseware Server – A Study of Client Interactions. IEEE Internet Computing, 3 (2), pp. 65-73, 1999.

[PhW00a] Phelps, T. A.; Wilensky, R.: Robust Hyperlinks – Cheap, Everywhere, Now. Proceedings DDEP 00, München, September 2000.

[PhW00b] Phelps, T. A.; Wilensky, R.: Robust Hyperlinks and Locations. D-Lib Magazine, Juli/August 2000.

[PhW00c] Phelps, T. A.; Wilensky, R.: Multivalent Documents: Anywhere, Anytime, Any Type, Every Way User-Improvable Digital Documents. Communications of the ACM, 43 (6), Juni 2000.

[PoBi99] Potter, L.; Bide, M.: User Passports and Visas: Understanding the Role of Identification Metadata. Library and Information Commission Research Report 22 & British National Bibliographic Research Fund Report 96, März 1999.

[PVS98] Pauen, P.; Voss, J.; Six, H.-W.: Modeling Hypermedia Applications with HyDev. In: Sutcliffe, A.; Johnson, P.; Ziegler, J. (Hrsg.): Proceedings IFIP 13.2 Working Conference on Designing Effective and Usable Multimedia Systems. Kluwer Academic Publishers, September 1998.

[PWH99] Pfister, H.-R. et al.: Evaluating Distributed Computer-Supported Cooperative Learning (D-CSCL): A Framework and some Data. In: Proceedings 2nd International Conference on New Learning Technologies (NLT 99), August 1999.

[PWW99] Pfister, H.-R. et al: Soziale und kognitive Orientierung in einer computergestützten kooperativen Lernumgebung. In: Arend, U. et al. (Hrsg.): Software-Ergonomie '99. Design von Informationswelten, pp. 265-274. Teubner-Verlag, Stuttgart, 1999.

[RBC+97] Röscheisen, M. et al.: The Stanford InfoBus and its Service Layers. In [BBB+97], Juli 1997.

[Reb94] Rebelsky, S. A.: A Web of Resources for Introductory Computer Science. Proceedings of the 2nd WWW Conference, 1994.

[Reb95] Rebelsky, S. A.: Designing Interactive Electronic Conference Proceedings. IEEE Multimedia, 2 (2), pp. 75-79, 1995.

[Reb96] Rebelsky, S. A.: Evaluating and Improving WWW-Aided Instruction. Journal of Universal Computer Science, 2 (12), pp. 829-841, 1996.

[Ree93] Reeves, T. C.: Evaluating Technology-Based Learning. In: Piskurich, G. M. (Hrsg.): The ASTD Handbook of Instructional Technology. McGraw-Hill, New York, 1993.

[ReHa94] Reeves, T. C.; Harmon, S. W.: Systematic Evaluation Procedures for Interactive Multimedia for Education and Training. In: Reisman, S. (Hrsg.): Multimedia Computing: Preparing for the 21st Century, pp. 472-505. IdeaGroup Publishing, Harrisburg, PA, 1994.

[Rei98] Reimann, P.: Unterstützung kollaborativer Arbeitsformen in Teleteaching-Szenarien. Proceedings Learntec 98, Karlsruhe, 1998.

[Res96] Resnick, M.: Distributed Constructionism. Proceedings of the International Conference on the Learning Sciences, AACE, Juli 1996.

[RF97] Rusch-Feja, D.: Mehr Qualität im Internet – Entwicklung und Implementierung von Metadaten. Online-Tagung der DGD. Deutsche Gesellschaft für Dokumentation, pp. 113-130, 1997.

[RKC99] Rittenbruch, M. et al.: Unterstützung von Kooperation in einer Virtuellen Organisation. In: Scheer, A.-W.; Nüttgens, M. (Hrsg.): Electronic Business Engineering. Proceedings Wirtschaftsinformatik 99, pp. 585-604, 1999.

[Rot99a] Rothenberg, J.: Avoiding Technical Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation. Council for Digital Preservation. Council on Library and Information Resources, Report Nr. 77, Januar 1999.

[Rot99b] Rothenberg, J.: Ensuring the Longevity of Digital Information. Rand, Santa Monica, CA, Februar 1999.

[Ru98] Rusbridge, Chr.: Towards the Hybrid Library. D-Lib Magazine, 4 (7/8), Juli / August 1998.

[Rus98] Rust, G.: Metadata – The Right Approach. An Integrated Model for Descriptive and Rights Metadata in E-Commerce. D-Lib Magazine, 4 (7/8), Juli/August 1998.

[SAR00] Semple, P. P. et al.: Developing an Educational Multimedia Digital Library: Content Preparation, Indexing, and Usage. Proceedings ED-MEDIA 2000, Montreal, Juni 2000.

[SaS96] Sander, J.; Scheer, A.-W.: Multimedia-Engineering: Rahmenkonzept zum interdisziplinären Management von Multimedia-Projekten. Reihe Forschungsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Universität des Saarlandes, Heft 132. Saarbrücken, Juli 1996.

[SBA+98] Shneiderman, B. et al.: Emergent Patterns of Teaching/Learning. In: Educational Technology Research and Development, 46 (4), pp. 23-42, 1998.

[SBl95] Schneider, D. K.; Block, K.: The World Wide Web in Education. ANDREA – A Network for Distance Education Reporting from European Activities, 2 (5), 1995.

[Sc89] Scardamalia, M. et al.: Computer Supported Intentional Learning Environments. Journal of Educational Computing Research, 5, 1989.

[Sch95] Schank, R. C.: Engines for Education. Lawrence Erlbaum Associates Inc., 1995.

[Sch96] Schulmeister, R.: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Oldenbourg, 1996.

[Sch99] Schneider, W.: Ein verteiltes Bibliotheks-Informationssystem auf Basis des Z39.50-Protokolls. Diplomarbeit an der Technischen Universität Berlin, 1999.

[Sch00] Schütte, Chr.-H.: Die Digitale Bibliothek Baden-Württemberg – realisierbar aus bereits vorhandenen Bausteinen und weltweit nutzbar. B.I.T.online 3 (3), 2000.

[Sha99] Shaw, S.: Overview of Watermarks, Fingerprints and Digital Signatures. JTAP Report No. 34, University of Edinburgh, August 1999.

[Shn98a] Shneiderman, B.: Relate-Create-Donate: A Teaching/Learning Philosophy for the Cyber-Generation. Computers & Education, 31 (1), pp. 25-39, 1998.

[Shn98b] Shneiderman, B.: Codex, memex, genex: The Pursuit of Transformational Technologies. International Journal of Human-Computer Interaction, 10 (2), pp. 87-106, 1998.

[Spe98] Specht, M.: Empirical Evaluation of Adaptive Annotation in Hypermedia. Proceedings ED-MEDIA 98, Freiburg i. Br., 1998.

[SR95] Schwabe, G.; Rossi, D.: The Object-Oriented Hypermedia Design Model. Communications of the ACM 38, 8, August 1995.

[SSF+99] Steinacker, A. et al.: Multibook: Metadata for the Web. In: Proceedings of the 2nd International Conference on New Learning Technologies, August 1999.

[SSL+97] Stern, M. et al.: MANIC – Multimedia Asynchronous Networked Individualized Courseware. Proceedings Educational Multimedia and Hypermedia, 1997.

[St90] Stasko, J.T.: The Path-Transition Paradigm: A Practical Methodology for Adding Animation to Program Interfaces. Journal of Visual Languages and Computing, 1 (3), September 1990.

[St92] Stasko, J.T.: Animating Algorithms with XTango. SIGACT News 23, 2, 1992.

[St95] Stasko, J.T.: The PARADE Environment for Visualizing Parallel Program Executions – A Progress Report. Technischer Bericht GIT-GVU-95-03, Graphics, Visualization and Usability Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, Januar 1995.

[St96] Stasko, J. T.: Using Student-Built Animations as Learning Aids – An Observational Study. Technischer Bericht GIT-GVU-96-20, Graphics, Visualization and Usability Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, August 1996.

[Ste99] Steinmann, U.: Hyperwave als Entwicklungsumgebung für einen Multimedia-Katalog. Proceedings KiVS 99, Darmstadt, 1999.

[Ste00] Steinmetz, R.: Multimedia-Technologie. Grundlagen, Komponenten und Systeme. Springer-Verlag, 2000.

[StM00] Staab, S.; Mädche, A.: Ontology Engineering beyond the Modeling of Concepts and Relations. In: Benjamins, R. V.; Gomez-Perez, A.; Guarino, M. (Hrsg.): Proceedings of the ECAI 2000 Workshop on on Applications of Ontologies and Problem-Solving Methods. Berlin, 2000.

[Stu97] Stubenrauch, R.: Dublin Core Meta-Data in LIBERATION. Internes Papier zum EU-Projekt LIBERATION, Oktober 1997.

[Stu99] Stubenrauch, R. et al.: The Digital Library as a Personal Knowledge Platform: LIBERATION. In: BIT – Zeitschrift für Bibliothek, Information und Technologie, Januar 1999.

[Stu00] Stuber, F.: Integration von implizitem und explizitem Kompetenzerwerb durch netzbasiertes Lernen. In: Vernetztes Lernen mit digitalen Medien. Physica-Verlag, 2000.

[Sü99] Süß, C.; Freitag, B.; Brössler, P.: Meta-Modelling for Web-Based Teachware Management. In: Proceedings ER99 Workshop on the World Wide Web and Conceptual Modeling, Lecture Notes in Computer Science Nr. 1727, Springer Verlag, 1999.

[SVW+97] Stein, J. et al.: Requirements for Distributed Authoring and Versioning on the World Wide Web. StandardView, 5 (1), März 1997.

[SWJ+96] Shafer, K. et al.: Introduction to Persistent Uniform Resource Locators. Proceedings INET 96, Montreal, Canada, Juni 1996.

[THN95] Nelson, T. H.: Literature Unified by Transclusion. Commmunications of the ACM, 38(8), pp. 31-33, August 1995.

[Toc96] Tochtermann, K.: A First Step Towards Communication in Virtual Libraries. Zeitschrift für Bibliographie und Bibliothekswesen, 43 (4), Deutsche Bibliothek Frankfurt, April 1996.

[Tsi99] Tsichritzis, Dennis: Research and Education: New Roles, New Instruments. In: Hirsch, W. Z.; Weber, L. E. (Hrsg.): Challenges facing Higher Education. Reihe Issues in Higher Education. Pergamon, Oxford, 1999.

[Tul99] Tulodziecki, G.: Multimediale Angebote – verbessern sie Lernen und Lehren? Lern-lehrtheoretische Grundlagen und didaktische Perspektive. medien praktisch, April 1999.

[Tur99] Turau, V.: Techniken zur Realisierung Web-basierter Anwendungen. Informatik Spektrum 22 (1), pp. 3-12, 1999.

[UeWu00] Uellner, S.; Wulf, V. (Hrsg.): Vernetztes Lernen mit Digitalen Medien. Physica-Verlag, Heidelberg, März 2000.

[Uml99a] Umlauf, K.: Einführung in die bibliothekarische Klassifikationstheorie und -praxis. Berliner Handreichungen zur Bibliothekswissenschaft, 67. http://www.ib.hu-berlin.de/~kumlau/ handreichungen/h67

[Uml99b] Umlauf, K.: Einführung in die Regeln für den Schlagwortkatalog RSWK. Berliner Handreichungen zur Bibliothekswissenschaft, 66. http://www.ib.hu-berlin.de/~kumlau/handreichungen/h66

[Ums95] Umstätter, W.: Die Rolle der Bibliothek im modernen Wissenschaftsmanagement. Humboldt-Spektrum 2 (4), pp. 36-41, 1995.

[VDO99] Verhoeven, B., Duval, E., Olivié: A Generic Metadata Query Tool. Proceedings WebNet '99, Orlando, FL, USA, Oktober 1999.

[VeW99] Verbyla, J.; Watters, C.: Cooperative Hypermedia Management Systems. Journal of Digital Information, 1 (4), Februar 1999. http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v01/i04/Verbyla

[Whi97a] Whitehead, E. J.: World Wide Web Distributed Authoring and Versioning: An Introduction. ACM Standard View, März 1997.

[Whi97b] Whitehead, E. J.: An Architectural Model for Application Integration in Open Hypermedia Environments. Proceedings Hypertext '97, Southhampton, UK, 1997.

[WhWi98] Whitehead, E. J.; Wiggins, M.: WEBDAV: IETF Standard for Collaborative Authoring on the Web. IEEE Internet Computing, September/Oktober 1998.

[Wi98] Will, M.: Multimedia and Hypermedia Publishing: Vision and Reality. Proceedings ED-MEDIA 98, Freiburg, Juni 1998.

[Wi00a] Will, M.: Metadata and Library Mining: Analyzing the Usage of a Distributed Electronic Library. Technischer Bericht Nr. 137, Institut für Informatik, Universität Freiburg, 2000.

[Wi00b] Will, M.: An Open Learning Environment for the Virtual University Upper Rhine: How to Avoid Re-Inventing the Wheel. In [UeWu00].

[Wil96] Wilson, B. G.: Cognitivite Teaching Models. In: Jonassen, D. H. (Hrsg.): Handbook of Research in Instructional Technology. Scholastic Press, New York, NY, 1996.

[WiLo00] Wilson, B. G.; Lowry, M.: Constructivist Learning on the Web. In: Burge, L. (Hrsg.): Learning Technologies: Reflective and Strategic Thinking. Jossey-Bass, San Francisco. New Directions for Adult and Continuing Education, 88, Dezember 2000.

[WiMy99] Wilson, B. G.; Myers, K. M.: Situated Cognition in Theoretical and Practical Context. In: Jonassen, D.; Land, S. (Hrsg.): Theoretical Foundations of Learning Environments. Erlbaum, Mahwah, NJ, 1999.

[WSD+01] Wilson, B. G. et al.: Adoption of Learning Technologies in Schools and Universities. In: Adelsberger, H. H. et al. (Hrsg.): Handbook on Information Technologies for Education and Training. Springer Verlag, New York, NY, 2001.

[Zei99] Alan Zeichick: ThirdVoice – Extending the Interpersonal Communications Potential of the World Wide Web. White Paper, 1999.

[Zim96] Zimmermann, H. H.: Automatische Indexierung und elektronische Thesauri. In: Niggemann, E.; Lepsky, K.: Zukunft der Sacherschließung im OPAC. Schriften der Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf, Band 25, 1996.

Index

A

Abhängigkeiten
  funktionale 70
  strukturelle 70
  temporale 70
abstraktes Medium
  Instanziierung 75
Abstraktion
  von Versionen einer Ressource 127
Abstraktionsniveau 112
  und Komplexität der Visualisierung . 107
Abwärtskompatibilität 263
Adaptierbarkeit 37
Adaptivität 37
Aggregierung
  von Informationsobjekten 246
Akkomodation 35, 36
Akronym 126
Aktivitäten
  gruppenbezogene 56
Aktivitätscluster 90
Algorithmenanimationen 109
  Integration als Film 109
  Konvertierung in Filme 111
  Offline-Szenario 110, 111
  Online-Szenario 109, 110
  Pfad-Transitions-Mechanismus 107
  plattformunabhängige Nutzung 111
  Prinzip der interessanten Ereignisse 107, 108
  Steuerung 110
  Trennung von Visualisierung und Algorithmus 110
  und Pseudocode 75, 107
  Visualisierung 106, 108, 109, 112
  Wiedergabe-Szenario 110
  zeitabhängige Pfade 107
Algorithmenvisualisierung 107
  sequenzielle Ausgabe graphischer Objekte 107
  unterschiedliche Sichten auf Verfahren 112
Anhängezahlen 141, 143
Animationen . 59, 73, 75, 83, 84, 85, 86, 91, 98, 103, 104, 105, 111, 113, 340
  Interpolation einzelner Frames 107
  und Simulationen 106
  Wiedergabe 111
Animationsbibliotheken 107, 108
  objektorientierte 109
  prozedurale 109
Annotationen 18, 55, 57, 58, 59, 60, 86, 93, 96, 99, 103, 116, 123, 190, 243, 246, 247, 255–57, 271, 292, 324, 343
  als abhängige Metadaten 129
  als First-Class-Objekte 256
  als Informationsträger durch Bezug auf andere Objekte 116
  deklarative 108
  prozedurale 108
  rekursive 255
  Skalierbarkeit 256
  Spiegelung 256
  typisierte 60
  über das MIME-Protokoll 257
  und Urheberrecht 257
Annotationsfunktion 306
Annotationsserver 255
Annotationssysteme
  Beispiele 255
  externe 255, 257
Annotierbarkeit 243
Ansätze zur Multimedia-Entwicklung
  Amsterdam Hypermedia Model (AHM) 117
  Dexter Hypertext Referenzmodell (DHM) 117
  Entity-Relationship-Diagramm 79
  Hypermedia Development (HyDev) .. 79
  Model-View-Controller (MVC) 78
  Object-Oriented Hypermedia Design Model (OOHDM) 79
  Relationship Management Methodology (RMM) 79
  Universal Modelling Language (UML) 80, 84, 124
Arbeitsbereiche
  gemeinsame 60
  kooperative 55
Archivformate 68, 70, 68–71, 76
Archivierung 151
  analoge 259–62
  digitale 259, 262–69

durch Migration 265
langfristige 213
systematische 341
ARIADNE
EU-Initiative 124
EU-Projekt 196
Local Knowledge Pool (LKP) 197
ARIADNE-System
Architektur 199
und Abschätzung für lesenden Zugriff 197
Artefakte....37, 38, 56, 57, 59, 65
Assimilation 35, 36
assoziativer Zugriff
über Index 87
Attributierung
der Instanzen einer Transaktion....173
deskriptive....334
durch Bezeichner 173
durch Klassifizierung....173
generisches Auszeichnungselement....72
strukturelle 114
über Angabe von Relationen....173
über Ausdehnungsmaß....173
von Server-Objekten 335
Aufstellungssystematik 145
Aufzeichnungen
applikationsunabhängige....102
Ausfallsicherheit....196
und verteilte Systeme....196
Ausgabeformat 72
Authoring
strukturiertes ....*Siehe* Datenerfassung, strukturierte
Authoring on the Fly (AOF).103, 110, 309, 330, 335
Fragmentierung....114
Steuerung der Wiedergabe (extern, intern) 110
automatische Nutzerpräsentation
und gerichteter semantischer Graph..119
automatische Visualisierungsverfahren
für gerichtete Graphen 87
Autorenformate ..68, 69, 71, 68–71, 76, 93, 97, 98, 99, 103, 104, 114
LaTeX 76
proprietäre....70
Autorenrechte....125, 172
Autorenumgebung
geschlossene....113
Autorenwerkzeuge....70, 72, 155
Integration in Entstehungsprozeß.... 120
Awareness....55, 56, 236

B

Backtracking....247
Baumordnung 86, 133
Baumordnungsdiagramm....140, 336
Beschlagwortung .*Siehe* Verschlagwortung
Bezeichner
kontextabhängige....183
kontextunabhängige....183
und Denotat 209
Bezeichner für digitale Objekte
Anforderungen....182
Bezeichnersysteme
Beispiele 125, 127, 189, 211
kontextabhängiger Bezeichner 183
bibliographische Daten 128
als Spezialfall von Metadaten....129
Bibliotheksdienste
Abrechnung 123
Attraktivität 123
Bestellung....123
Lieferantenbetreuung....123
Lieferung 123
Nutzerbetreuung 123
Recherche 123
Bibliothekskatalog 67, 326
Bibliotheksverbund....127, 129, 139
Bibliothekswesen....15, 146, 161, 171
bilaterale Abkommen
zwischen Autoren und Nutzern 172
Bildungsmaßnahmen
und Kompetenzerwerb 46
Bildungsprozesse
und Individualisierung....52
Bildverarbeitung 75
bookmarks....*Siehe* Lesezeichen
Brainstorming 58
Broker-Dienste....138

C

CampusSource-Initiative 124
Cascading Style Sheets (CSS) 70
CASE-Tools....77, 80, 120
Client-Server-Anwendungen
Optionen für 249

Client-Server-Interaktionen
Nutzungsanalyse 284
Client-Server-Interaktionen
Client Pull 54
Server Push 55
Cognitive Apprenticeship....40
Common Gateway Interface (CGI) 97, 150, 248, 250
und Skripte....291
Common Log File Format (CLF)....278–79
erweitertes....278–79, 280, 283
Fehlercodes 279, 290
Filterung der Einträge 334
punktuelle Interaktionen 281
Rückschlüsse....279–80
und Roboter-Namen....281
Communities of Practice....41
Computer Based Training (CBT).....53, 57, 227
Computer Supported Cooperative Learning (CSCL)....15, 56
Computer Supported Cooperative Work (CSCW)....53, 55, 56, 60
Content Management 55
Content Provider ...*Siehe* Inhaltslieferanten
Cookies....244
CORBA 155, 178
Corporate Memories....*Siehe* Firmengedächtnis
Corporate Universities....14
Credit Points....61
Cross-Media Publishing....67, 340

D

Data Mining....277, 282, 336
und strategische Entscheidungen 277
Datenerfassung....130
strukturierte....71–73
Datenformate
proprietäre....81
und Kompaktheit....94
Datenmodell
logisches....160
Datenströme 96
synchrone Wiedergabe....102, 110
und wahlfreier Zugriff....90
Dekodierung....74
Denotat ..... *Siehe* Ressource, referenzierte
Deskriptoren....131, 145, 171
didaktische Medien....77
didaktische Pfade....91
didaktische Szenarien 74
didaktischer Kontext....81
Digital Object Identifier (DOI).... 124, 184, 185, 181–93, 228, 270
Architektur....184
Auflösemechanismus..... 183, 184, 185, 186, 187, 192
Bezeichner und Denotat 186
globale Eindeutigkeit....183
Identifikator....192
International DOI Foundation (IDF) 181
Metadaten....188, 189
Relationstypen....190
Struktur....182
technische Realisierung des Auflösemechanismus 187
Verläßlichkeit....188, 192
digitale Bibliotheken 15, 16, 18, 19, 57, 93, 160
als Erweiterung traditioneller Bibliotheksdienste....273
als Komponente netzgestützter Dienste 277
als Makler zwischen Anbietern und Nutzern....336
Nutzung 18
und Nutzerattraktivität....120
digitale Lernmedien
Akzeptanz....67
arbeitsteilige Entwicklung....83
Entwicklungsaufwand 121
Konzeption 86–93
langfristiger Nachweis....339
Nachteile direkter Übermittlung.....237
Plattformunabhängigkeit 67
Relevanz 67
technische Anforderungen bei der Entwicklung....77–78
und Einsparungspotentiale 122
Zusatznutzen....67
digitale Medien
Dilemma ihrer Erschließung 170
Indexierung....162
Integration durch Anreicherung mit hypermedialen Funktionen....120
Medium, Kodierung und Sinnesmodalität....74
und Klassifikation....128

und potenzielle Ausprägungen.....127
digitale Objekte
als logisch unterscheidbare Einheiten 181
dynamische Generierung 184
Formate 184
globale und persistente Bezeichner...182
Granularität 184
Nutzungsbeschränkungen 184
Optimierung der Lokalisation.....185
Spiegelung.....184
und anwendungsübergreifende Referenzierung.....184
und Auflösungsmechanismus 184
und eindeutige Identifikatoren 181
und Granularität 182
und Instanziierung.....183
und kontextfreie Bezeichner 183
Versionen 184
digitale Publikationen
als Erweiterung konventioneller Medienformen 128
und Erfassung.....155
und Erschließung 128
und Indexierung 155
und Nachweis.....155
und Nutzung.....128, 155
digitale Ressourcen
als aktive Medienobjekte 243
Archivierung 243
Bearbeitung.....243
Dokumentenhaltung.....339
Ereignisse.....174
Erstellung 73, 74, 243
Erweiterungen.....69
kollaborative Integrität.....243
Lebenszyklus.....244
Modell zur kooperativen Erschließung 224, 225
Nutzung.....339
Revision 243
Transformation.....244
und textuelle Beschreibung.....232
Verteilung 243
digitale Signaturen.....160
Digitalisierung.....259, 262, 267
Speicherung und Nutzung.....268
und Informationserhaltung.....267
und Mehrbenutzer-Zugriff.....267
und multiple Modalitäten.....268
und Speicherung.....267
und Vervielfältigung.....267
und Zusatznutzen.....268
direkte und indirekte Informationsträger
und getrennte Verwaltung 117
disjunkte Speicherung
von Dokumenten und Relationen..... 246
Distribution..... 70, 72, 91, 128
DLmeta 194, 228–30, 231, 235, 270
und Dublin Core 228, 229
Document Type Definition (DTD) 70, 193, 221
Dokumenten- und Navigationsstruktur
Festlegung durch den Autor/Herausgeber..... 114
Dokumentenarchiv..... 151, 195
und verteilte Lernumgebungen... 236–38
Dokumentenbaum..... 328, 332
Dokumentenbeschreibung
mittels funktionaler Objekte..... 96
Dokumentenexport 76, 81, 83, 118, 119, 121
Dokumentenformate 127
proprietäre 72
Dokumentenlieferdienste.. 15, 67, 269, 273
Dokumentenmanagement 242–57
Abstraktion physischer Objekte 245
Forderungen an ein verteiltes System 243–50
logische und physische Speicherung 245
Modellierung von Nutzern und Rechten 244
Systemanforderungen..... 244–47
und formalisierte Workflows..... 243
und spezifische Sichten 244
verteiltes 247
Dokumentenmanagementsysteme 326
Drei-Schichten-Architektur..... 285
Hyperwave..... 283, 326
Verweismanagement 292
Dokumentenmodellierung
als gerichteter, azyklischer Graph (DAG) 246
als semantisches Netz..... 71
Dokumentenspeicher . 18, 59, 60, 193, 195, 196, 228, 245
Architektur..... 196
Dereferenzierung..... 197
Kommunikationsaufwand 197
Replikation 196

und Akzeptanz 236
und anfallende Datenmenge....197
und Ausfallsicherheit 198
und Relationen zwischen Ressourcen 233
Dokumententransformation....72
automatische 76
über Zwischenformate 76
Dokumentstruktur....99
logische 97
doppelte Enkodierung (Paivio)....75
Imagene....75
Logogene....75
Drehbuch 107
zur Planung hypermedialer Produkte..90
Druckerzeugnisse 72
Druckvorlage....69
Dublin Core....151, 155–62, 175, 176, 194, 270, 284
Abbildung in LOM-Schema 170
Erweiterbarkeit....230
Integration mit anderen Metadaten-Standards 159
Qualifier 157, 158, 161, 219

E

elektronische Tafel 103, 104
elektronisches Publizieren....57, 176
Emoticons....54, 86
Emulation 271
multiple 264
Emulator 263
Engagement Theory 17, 47, 51, 62
Entwicklung multimedialer Lernmedien 120
Entwicklungsmodelle
statische....90
Entwicklungssysteme
heterogene 120
Evaluation
formative....58, 61, 276, 340, 341
kontinuierliche 122
qualitative....277, 336
quantitative277, 284, 325, 336, 337, 341
summative....58, 61, 340, 341
Experimente 123
Exploration...17, 25, 29, 30, 36, 40, 46, 62, 85
Extended Markup Language (XML) 70, 72, 87, 115, 118, 189, 221, 239, 240, 326, 340
Document Type Definition (DTD)..... 72
und Namespaces 180
XML-Editor 71, 72
XML-Export 119
XML-Parser 70
XML-Plugin 72
Extensible Style Language (XSL) 72
und Formatierung 231
und Transformation 231
XSL-Stylesheets 70, 72
XSL-Transformation 72
externe Applikationen..... 103, 104, 105
Animationen 309, 312
Filme.... 309, 312
Integration in Lernmedien..... 105–12
Simulationen.... 309
vortragsunabhängige Nutzung..... 111

F

Fachreferent 18, 128, 232, 233, 334, 339
Fachsystematik 143
farbliche Typisierung.... 99
Fernlehre 194
Firmengedächtnis.... 23
Font 95
Format.... 76
Formatierung.... 71, 187
Formatvorlage.... 71
Formschlagwörter 132

G

Gehirn
als kognitives Netzwerk 38
als Sender-Empfänger-Modell 35
Gigabit-Wissenschaftsnetz 51
Glossar 101, 119
Goal-Based Scenario (GBS) 17, 48, 49, 50, 51, 62
Granularität
funktionale.... 188
Graphstrukturen
Baumordnung 284
und automatische Visualisierung..... 117
und Backtracking.... 247
und nutzerabhängige Definition..... 118

Visualisierung als
Baumordnungsdiagramm 284
Visualisierung als Inklusionsdiagramm
.....284
Groupware.....55, 255, 257

H

Handle™-Mechanismus.....159, 184, 185
Hierarchie
Definition.....134
notationsbezogene.....140
hierarchische Ordnung 140
Hintergrundbibliothek 163, 242
Holzstoff.....260
Homonyme 131, 132, 212
Homonymenzusätze 132
deskriptive.....131
Human-Computer-Interaction (HCI).....152
Hyperlinks 100, 101, 103
als First-Class-Objekte.....247
als Umsetzung von Verweisen.....87
typisierte.....75
und farbliche Typisierung.....99, 104
und Granularität 91
Hypermedia-Systeme
abstrakte Beschreibung 247
Erweiterbarkeit.....117
offene 117
Präsentationsschicht.....118
Unterstützung der Entwicklungsphase
.....119
Hypertext Markup Language (HTML) ..76, 83, 95, 96, 161, 167, 177, 184, 248, 264, 326
Trennung von Struktur und Layout.....95
Hypertext Transfer Protocol (HTTP) 92, 149, 184, 254, 278, 290
Fehlercodes 294, 295

I

Identifikation von Medien
eindeutige.....125, 128
Implementationsphase.....79
IMS.....171
indexierende Methoden 130
Indexierung.....151, 163, 334
gleichordnende.....132
syntaktische.....132
und Aufwand 204
und Verantwortung des Autors..... 171
indirekte Informationsobjekte
und automatische Einbettung 118
individuelle Nutzerpfade 118
Information Retrieval..... 146
Inverse Document Frequency (IDF). 150
Precision 331
Recall..... 331
Relevance Feedback 149
Informationsfluss
sequenziell, parallel, zeitversetzt..... 82
Informationsinfrastruktur
und Distribution..... 120
Informationsmanagement 22
Informationsträger 74, 75, 121
Daten und Metadaten..... 179
direkte..... 116, 117
indirekte..... 116, 117
Informationsverarbeitung
mentale 75
Inhaltslieferanten 124
Initiativfragen 58, 59
Instructional Systems Design (ISD) 90
Instruktionsdesign..... 89
intelligente Agenten..... 184
Intentional Learning..... 42
Intentionalität
des Lerners 28
Interaktion und Dynamik
in digitalen Lernmedien..... 73
Interaktionselemente..... 81, 82, 83
Interaktionsmöglichkeiten
komponentenspezifische 84
Interaktionsmuster 79
Interaktionsobjekte 81
Interaktionstypen
primitive 84
Interoperabilität..... 123, 128, 151, 152
Interoperability of Data in E-Commerce
Systems (INDECS)..... 188, 189
Interview
halbstrukturiertes 60, 61
strukturiertes..... 63
Intraoperabilität..... 129

J

Java 83

Java Database Connectivity (JDBC) 198, 250
Java Virtual Machine (JVM) 264
JavaScript 83

K

Katalogisierung 152, 212
Katalogsysteme 154
bibliographische 129
lokale 127
maschinenlesbare 152
und Vernetzung 127
Klassenhierarchie 139
Klassennotationen 138
Klassifikation 129
als Strukturierung in disjunkte Gruppen 130
bibliographische 133
Definition 133
durch automatische Spracherkennung 138
einstufige 212
inkrementelle 130
Klasseme 133
Klassennotationen 133
Kriterien 144
Mechanismen 130
multiple Ketten 145
obsolete Kategorien 130
proprietäre 233
sprachspezifische Klassenbezeichner 140
Terme 134
über Grundkategorie und Stichwörter 226
und Codes 139
und Hierarchie 140
Klassifikationsschema 133
Klassifikationsschemata 129, 133, 134, 141, 143–45, 226
ACM Computing Classification 135, 145
allgemeine 134
Allgemeine Systematik für Öffentliche Bibliotheken (ASB) 137
automatische Verfahren 137
Basisklassifikation (BK) .137, 143, 144–45
Definition 133
Dewey-Dezimalklassifikation (DDC) 136, 139–41, 143, 225, 232
domänenspezifische 134
Klassifikation für Allgemeine Bibliotheken (KAB) 137
Library of Congress Classification (LCC) 136
nationale 134
numerische 136
proprietäre 135, 143
Regensburger Verbundklassifikation (RVK) 137, 143–44
und automatische Konvertierungsverfahren 136
Universale Dezimalklassifikation (UDC) 136, 137, 141–43
universelle Verfahren 138
verbundorientierte 143
Knowledge Management ..... Siehe Wissensmanagement
Knowledge-Building Communities 42
Kodierung 74
datentechnische 75
Lempel-Ziv-Welsh (LZW) 96
technische 76
Kollaboration 15, 17, 24, 28, 29, 30, 44, 47, 56, 57, 59, 86
informelle 119
Kommunikation 15, 59, 123
asynchrone 57, 86
informelle 56
nonverbale 56
synchrone 54, 57, 86
und Nutzungskosten 52
und Übertragungsbandbreite 51
Kommunikationskanäle 56, 60
Kommunikationsmittel
nonverbale 54
Kommunikationswerkzeuge
asynchrone 246
Komponenten
Charakterisierung relativ zu anderen Objekten 182
dynamische 120
zeitabhängige / dynamische 73
zeitunabhängige / statische 73
Komponentenintegration 112–13
Komposita 131
Konditionierung
klassische (Pawlow) 32
operante (Skinner) 32
Konformität 204

Konsistenz 245
zwischen Autoren- und Nutzerformaten 68
zwischen Lernmedien und lokalen Kopien 242
Konstruktion. 17, 28, 29, 30, 31, 39, 40, 50, 59, 62
individuelle 42
mentale 106
Konvertierung. 69, 76, 85, 86, 97, 111, 187, 264
Kooperation. 13, 14, 15, 17, 24, 41, 59, 123
zwischen Inhaltsanbietern und Bibliotheken 223–27
Koordination 18, 25, 55, 57
von Arbeitsprozessen bei der Erstellung multimedialer Lernmedien 77
Koppelung
zwischen internen und externen Komponenten 82
Kreolisierung 161

L

Layout 93, 104
Konsistenz 73, 94
statisch 97
Learning Objects Metadata (LOM) 124, 128, 163, 170, 162–71, 193, 204
anwendungsspezifische Obermenge. 170
Implementierung und Konformität 204
Implementierungen 239
Kategorien 165
konkrete Implementierung in ARIADNE 204–23
standard-konforme Anwendung 170
tabellarischer Überblick 166–69
und Dublin Core 163
Legitimate Peripheral Participation 42
Lehr- und Lernszenarien
asynchrone 194
synchrone 194
verteilte 339
Lehrender
als Lernberater 29, 39, 44, 46
als Mittler 31
als Moderator 48
Lernen
als aktiver Prozeß der Wissenskonstruktion 39
als Ergebnis von belohnenden und bestrafenden Faktoren 32
als Erwerb relevanten und anwendbaren Wissens 64
als Training 32
als vielschichtiger Prozeß der Informationsverarbeitung 35
durch Neugier und Interesse 36
explizites 25, 26, 64
exploratives /entdeckendes 36
implizites 25, 26, 64
lebenslanges 14
problemorientiertes 64
selbstgesteuertes 36
und Disposition 47
und Effizienz 122
und Handeln 40
und Wissen 21–24
und Wissenserwerb 46
und Zielgerichtetheit 46
lernende Organisationen 23
Lernformen
Exkursionen 25
Frontalunterricht 14, 74
Gruppenarbeit 14
Instruktion 27, 31, 33
instruktionale Prägung des Hochschulunterrichts 34
kollaborative 38, 43, 64
Praktikum 17
praktische Übungen 25
Rollenspiel 25
Selbststudium 27, 29, 74
Seminar 17
Simulation 25
Vorlesung 17
Lerninhalte 124
Lernkontext 77
und Einbettung heterogener Fremdmoduln 122
Lernmaterialien
kontrollierte Freigabe und Veröffentlichung 204
Lernmedien 67, 172, 340
Aggregierungsgrad 167
aktive Dokumente 219, 220
Aktualität 68
Anforderungen 68, 74–77

Auswahl durch Lehrende 163
digitale 16, 17, 18
Einbettung in pädagogische Prozesse 122
Entwicklung 68
Entwicklungsaufwand 163
hybride Dokumente 219, 220
im forschungs- und anwendungsnahen Umfeld 84
interdisziplinäre Entwicklung . 68, 73–74
Konzeption und Erstellung 340
kritische Masse 125
langfristige Nutzbarkeit 341
langfristiger Nachweis 123–271
lokale Integration 195
multidisziplinäre Entwicklung 340
pädagogische Beschreibung 163
passive Dokumente 218, 220
problemabhängige Konzeption und Realisierung 120
Produktion 68
Relevanz 68
Replikation 197
ressourcenaufwendige Produktion 172
semantische Relationen 168
semi-aktive Dokumente 219, 220
Speicherplatz 197
technische Klassifikation 218
Transaktionsmodelle 169
und Akteure 172
und Dekontextualisierung 343
und Nutzung 172, 342
und Personalisierung 117
und Rekontextualisierung 343
und Urheberrecht 172
Wiederverwendbarkeit 68, 172, 334
Zielgruppe 163
Lernmodelle 340
Behaviorismus 32, 33, 35, 77
Instruktivismus 17, 31–35, 339
Kognitivismus 17, 35–39, 77, 339
Konstruktivismus . 17, 42–44, 39–45, 77, 340
programmierte Instruktion 33
telematische Unterstützung 51–64
Lernmoduln in ARIADNE
und technische Typisierung 217
Lernmotivation 122
Lernphasen 27, 122
Diagnose 49
Dialog 60
Diskussion 60
Elaboration 59
Exploration 27, 30, 49, 58, 64, 339
Externalisierung 28
Informationsvermittlung 27
Instruktion 58
Kollaboration 28, 30, 64, 339
Kommunikation 64
Konstruktion . 28, 30, 49, 58, 59, 64, 339
Präsentation 27, 29, 60, 64, 339
Präsenzphase 58
Schlussprüfung 61
Selektion 27
Steuerung 49
Transfer 28, 32, 41, 45, 50, 58, 60
Vertiefung 13, 60
Lernprozesse 15
explorative 35
Kontextgebundenheit 40
kooperative 56
und individuelle Faktoren 35
und individuelle Steuerung 34
und Modellierung 24–30
und telematische Werkzeuge 51–57
Lerntechniken
Analyse 25
Brainstorming 24
Coaching 36
Instruktion 25
Kollaboration 24
selbständiges Lernen 25
sokratischer Dialog 36, 59
Wissenskombination 24
Lerntheorien 31–51
Lerntypen (nach McCarthy)
analytisch 25
dynamisch 25
praktisch orientiert 25
Lernumgebungen 86, 195, 292, 294, 342
integrierte 21, 50, 59
und Anbindung an Dokumentenspeicher 342
und Hintergrundbibliothek 236
und modulare Infrastruktur 236
universitäre 273
verteilte 59, 64
Lernziele
affektive 46
kognitive 46

psychomotorische 46
übergeordnete 58
Lernzielklassen ..... *Siehe* Lernphasen
Lernzielkontrolle 30
Lernzyklus ... 17, 25, 30, 34, 45, 65, 85, 339
instruktionale Phase 102
Phasen 85
Reduktion in der universitären Ausbildung 34
Lesezeichen 70, 75, 96, 99, 101, 116
Library Mining 337, 341
als Synthese aus Logfile-Analyse und Metadaten-Retrieval 277, 283–89, 337
Ausgaben 289
Langzeitanalyse 283
Vorüberlegungen 284–88
Live-Szenario
und Authentizität 102
Lizenzmodelle 274
Logfile-Analyse 18, 284, 337

M

Machine-Readable Catalogue (MARC) 148, 150, 152–55, 176, 270
Manipulation von Ressourcen 172
Manuskripte
als Grundlage multimedialer Lehrbücher 93–102
Maschinelles Austauschformat für Bibliotheken (MAB) 151, 155, 181
Mediator 255
Medien
und eindeutige Identifikation 127
Medienbruch 69
Medienerfassung 127, 128
Medienformate 127
Weiterentwicklung 263
Medienhaltung
persistente 18, 125, 257–69, 271
und Hardware-Entwicklung 263
und Mikroverfilmung 69, 259, 261
und technische Innovationszyklen 125
Medienkompetenz 43
Medienkomponenten
symbolische Auszeichnung 70
Mediennutzung
durch Emulation 263
lernförderliche 21–65
Medientransformation
durchgängige 68
Medientypen
aktiv 214
expositiv 213
Medienvertrieb 171
Medienzentren 125
Medium 74, 77
physikalisches 127
Mehrbenutzerumgebung 83
Mehrbenutzerunterstützung 120
Mehrnutzen 73
Mehrschichten-Architektur 117
Mehrwert 125
Metadaten 18, 24, 128, 150, 155, 175, 182, 186, 246, 284, 342
Abbildung zwischen Schemata 194
aktive 254
Allgemeingültigkeit 151
Auflösung von Redundanzen 176
Austauschformat 237
bibliographische 337
Designer und Entwickler 175
deskriptive 173, 245
Erweiterbarkeit 152
Erweiterbarkeit und Integration .. 171–81
halbautomatische Indexierung 342
Interoperabilität 151, 163, 175
Kern 162
Mapping 175
Nachhaltigkeit 152
Nachweis 341
pädagogische 162
passive 254
Rechte- und Nutzungsverwaltung 176
standardisierte 339
standardisierter Austausch und bibliothekarische Ansätze 150–55
Standardisierung 151
Syntax 175
technische 162
und Aggregierung 175
und Annotationen 200
und Architekturen zur Replizierung . 177
und bibliographische Daten 128–30
und Gültigkeit 160
und Optionalität 206
und Validierung 160
verteilte Verwaltung 177
Verwaltung und Wartung 175
zentrale Verwaltung 228

Metadaten in ARIADNE 230
Abbildung auf DLmeta 230–36
allgemeine 222
Annotationen 223
Indexierungsdaten 205
Korrespondenz zwischen Einzelfeldern 209
Nutzungsbedingungen 223
pädagogische 223
und DLmeta 228–36
und Dublin Core 206
und Learning Objects Metadata (LOM) 206
Validierung semantischer Felder 223
vollständige Abbildung in DLmeta ... 231
Metadaten-Retrieval 18, 341
Metakognition 63
als Wissen über eigene kognitive Prozesse 36
Metapher
Darsteller, Bühne, Drehbuch 82
Metawissen 28
Methodenwissen 339
Migration 151, 152, 271
und Organisation 268
und rechtliche Bestimmungen 269
Mikroverfilmung 261
Modalitäten 75, 127
Modellierung
graphische 106
semantische 121
strukturelle 121
zeitabhängige 70
Monohierarchie ..... *Siehe* Baumordnungsstrukturen
Motivation
extrinsische 22, 26, 36, 43, 325
intrinsische 22, 26, 36, 43, 76, 325
Multicast Backbone (MBone) 51, 103
Multicodalität 74
Multimedia-Autorensysteme 17, 67, 83, 84, 81–84, 89, 120, 340
als graphisch-interaktive Software-Entwicklungsumgebungen 81
area-basiert 82, 83
graph-/flowchart-basiert 82
Grundtypen 82
Navigationsformen 82
skriptbasierte Erweiterungen 83
Skriptsprachen 81
timeline-basierte 82
Unterscheidungskriterium 82
Multimedia-Entwicklung 77, 80
Analyse 78
Ansätze 78–81
Methodologien 120
mit Autorensystemen 81–84
modellbasierte Ansätze 78
problemangepaßte 85
Multimedia-Entwicklungsmodelle ... 68, 84
multimediale Lehrbücher
Konzeption 85–86
Konzeption und Erstellung 84–113
multimediale Präsentationen 84
Multimedialität 74
Multimodalität 75
multiple Perspektiven 27, 47, 85, 120
Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) 177, 281, 343

N

Nachbearbeitung 72, 73
Neuformatierung 69
retrodigitalisierter Quellen 69
und Aufwand 98
Nachweis didaktischer Medien
Koppelung an Lernumgebungen 270
lokale Erschließung 239
lokale Suchbarkeit 241
systematischer 125–93
systemunabhängiger 124
und Entkoppelung 238
und kooperative Erschließung 224
und lokale Verantwortung 238–42
und Wiederverwendbarkeit 223
Nachweismethoden
klassifikatorische 129, 133–45, 269
verbale 129, 130–33, 269
Navigation 94, 247, 325, 328, 333, 334
assoziativ 326
auf WWW-Servern 326
hierarchisch 325
nichtlinear 101
Prinzipien 101
über Suchfunktion 326
zeitunabhängige 102
Note-Taking ... 45, 54, 59, 102–5, 299, 330, 342
Anforderungen 102–3

symbolische Aufzeichnung 102
Wiedergabemodus 109
Nutzbarkeit
langfristige 70, 125
lernförderliche 84
Nutzerformate 68–71, 76, 83, 104
Nutzerinteraktion 84
Nutzermodellierung 38, 118
Nutzerprofile 163, 282
Nutzerrollen 193, 201
Indexierer 200
Kommentierende 200
Leser 199
Prüfer 200
und Zugangsberechtigungen 201
Nutzersichten 79
Nutzungsanalyse 281, 284, 339
allgemeine Resultate 290–97
betrachtende Zugriffe 288
charakteristische Pfade 280
Datenanalyse 276
Datenerhebung 276
einzelner Publikationen 297–325
Ergebnisse 289–336
Filterung 286
Interaktionen 282–83
konventionelles Lehrbuch 303–8
multimediales Lehrbuch 309–12
Optimierung 280–81
optimistische Klassifizierung 285
pessimistische Klassifizierung 285
qualitative Verfahren 275
quantitative Verfahren ..16, 276, 281–82
Schlussfolgerungen 334–36
Suchfunktion 325–34, 336
transiente Zugriffe 287, 297
über Server-Logfiles (WWW) 278–82
Vorklassifikation 290–96
Vortragsaufzeichnungen 313–25
Zugriff auf Publikationen 297
Nutzungsbedingungen
und Transparenz 195
Nutzungskosten 273
und Lizenzmodelle 269
Nutzungsschnittstelle
problemangepaßte 73

O

Objektattribute 108
Objekteigenschaften 108
Objektgraph 117
und Lokalisation 336
Objektmodellierung
durch Komposition graphischer
Primitive 108
Objektorientierung 78, 245
Online-Medien
Mehrnutzen und Attraktivität 335
Online-Vorträge
Gliederung und Folienwechsel 115
orts- und zeitabhängige Nutzung 324
und Personalisierbarkeit 324
Ontologien
zur Modellierung semantischen Wissens
..... 24
Open Database Connectivity (ODBC). 198, 250
Open-Source-Produkte 124
Optical Character Recognition (OCR)... 69, 266

P

pädagogische Psychologie 15
Papierentsäuerung 261
Parametrisierung 106
Persistent Uniform Resource Locator
(PURL) 185
Personalisierung 86, 125
Personenschlagwörter 132, 226
Pidginisierung 161
Polyhierarchie 134, 144
Polyseme 131, 132
Portabilität 83
Portable Document Format (PDF)... 72, 95, 96, 97, 98, 101, 104, 113, 184, 245, 248, 308
balancierter Seitenbaum 99
Dokumentenbaum 96
Einbettung
von Schrifttypen 95
Outline-Baum 99
und Annotationsobjekte 99, 100
und wahlfreier Zugriff 96
Verweise 115
Postkombination 131, 141, 143
PostScript 76, 96, 103, 184
Präfixanalyse 138
Präkombination 131

Präsentation
didaktischer Inhalte ... 76
Präsentationsformat ... 76
Präsentationsphase ... 86, 103
Präzision ... *Siehe* Information Retrieval:Precision
Printing-On-Demand ... 269
Problemlösekompetenz ... 27, 28, 45
problemorientierte Interaktion ... 120
Problemorientiertes Lernen (POL)
als Leitkonzept ... 45–51
und didaktisches Rahmenkonzept 57–64, 339, 341
Problemorientierung ... 17, 85
Profildienst ... 67
Programmierung
durch visuelle Manipulation ... 81
Prozeßwissen ... 243
Publikationen
archivarischer Wert ... 258
dynamische Ausdrucksformen ... 123
Erscheinungsformen ... 123
interaktive Ausdrucksformen ... 123
Komponentenbeziehungen ... 123
Mehrwertdienste ... 123
Nutzungsmöglichkeiten ... 123
und Bezeichner ... 126
und Lebensdauer ... 259
und physikalisches Medium ... 125
und Vertrieb ... 123
Veröffentlichung ... 127
Versionen ... 123
Vertrieb ... 127
Zugangsdienste ... 123
Publikationsform ... 69, 75, 132
hybride ... 125
Publikationsprozeß ... 69, 70, 160
Publikationswesen ... 128

Q

Qualitätskontrolle ... 227
informelle ... 227
und Institutionalisierung ... 227
und Kriterienkatalog ... 227
Quellanker ... 99
Quelldateien ... 114
Quelldokumente ... 71
Quellformat ... 76, 96
Querverweise ... 69, 87, 91, 98
als Hyperlinks ... 303
assoziative ... 75
logische ... 114
strukturelle ... 75, 114

R

Randbedingungen
pädagogische ... 163
technische ... 128
Random Visible Scrolling ... 103
Ranking ... 149
Rapid Prototyping ... 78, 79, 81, 88
Recherche ... 123, 130
und Nutzungsbedingungen ... 195
rechnergestützte Integration ... 75
Referenz
persistente ... 124
Reindexierung ... 135
Relationen
annotative ... 245
assoziative ... 245
Modellierung von ... 247
semantische ... 88
strukturelle ... 245
temporale ... 82
typisierbare ... 245
Repräsentationismus ... 40
Resource Description Framework (RDF) ... 180, 189, 239, 270
Ressource ... 128
adressierbare ... 171
Konkretisierung in reproduzierbarer Form ... 173
Realisierung durch zeitlich-räumliche Interpretation ... 173
referenzierte ... 128
und redundante Beschreibung ... 176
und Transaktionen ... 171
und Transformation ... 174
Retrieval ... 102, 130, 198, 204, 221
Retrodigitalisierung ... 69, 120
Rückwärtskompatibilität ... 70, 94, 95, 145

S

Sacherschließung . 127, 129, 130, 133, 160, 161, 162, 169, 171, 175, 224, 339
klassifikatorische ... 144, 158, 171, 341
konsistente ... 130

sprachübergreifende 139
und Granularität 224
verbale 129, 143, 144, 145, 158, 171, 341
Sachschlagwörter 132
Schlagwörter. 129, 130, 179, 213, 226, 233, 234, 331, 332
normierte 233
Schlagworterfassung
und freie Termini 213
Schlagwortkatalog 226
als nationalsprachlicher Thesaurus ... 129
Regeln (RSWK) 131, 132, 233
Schlagwortketten .. 131, 132, 171, 213, 226, 233
und beschränkte Tiefe 131
Schlagwortliste 130
Schlagwortnormdatei (SWD) 130, 131, 132, 144, 234
Schlagwortsuche 144
Schlagworttypen 132
Schlüsselwörter 190
Schrift
Größe 71
skalierbare 93, 98, 101
Type 71, 93, 95, 96
Seitenumbruch 98
Selektion 188
Self-Assessment 57, 59, 122
semantische Abgeschlossenheit 116
semantische Indexierung 225
semantische Netze 71, 135
und Strukturierung 119
semantische Relationen
und graphische Darstellung 117
semantische Spezifikation 72
sensorische Deprivation 57
Serifen 93
Serverzugriffe
automatisierte 335
relevante 335
Servlets 248
Shared Workspace ... *Siehe* Arbeitsbereiche, gemeinsame
Simulationen 59, 82, 84, 85, 90, 91, 98, 104, 105, 111, 123, 340
Interaktion mit Programmablauf 111
interaktive 73
Sinneskanäle 75, 76
situierte Kognition 39
Sitzungsschlüssel 244
Smalltalk-80 78
Softwareentwicklung 68, 73, 77, 80, 120
Software-Management 77
Software-Qualitätssicherung 77
Softwaretechnik 340
Solipsismus 40
Speichermedien
abnehmende Haltbarkeit 125
Sprachverarbeitung 75
Standard
allgemeiner 265
proprietärer 265
Standard Generalized Markup Language (SGML) 70, 103, 177, 178
Stichwörter 129, 130, 233, 331, 332
automatische Vergabe 130
und Rolle für die Sacherschließung .. 130
Vergabe von 130
Stichwortlisten 137
Stoppwörter 130, 138, 149
als Negativliste 134
Struktur und Navigation
Planung 114
strukturelle Auszeichnung 76
Strukturierung
regelgeführte 72
Substrat ..... *Siehe* Informationsträger
Suchanfragen 330, 331, 333
erfolgreiche 327
im Volltext 326, 331, 333
in Attributen 331, 332, 333
kombinierte 334
spezifische 329, 331
strukturbasierte 246
thematische Klassifizierung 329
und Anzahl der Suchterme 333
und registrierte Sitzungen 333
unspezifische 329, 331
Suchbarkeit 120
multidimensionale 195
Suchbegriffe ..... *Siehe* Suchterme
Suchfunktion 101, 327, 328, 333
als Beispiel für Nutzerinteraktion 325
Einschränkung 326
und Navigationsverhalten 325
und Objektraum 328
Suchindex 326
Suchmaschinen
allgemeine 333, 334

domänenspezifische 334
Suchoperation ..... *Siehe* Suchanfrage
Suchraum
und Ergebnisgüte 333
Suchterme 327, 329, 330, 333, 334
Südwestdeutscher Bibliotheksverbund (SWB) 18, 136, 228, 341
symbolische Auszeichnung 93
Synchronisation
funktionale 75
über parallele Kanäle 82
von Programmablauf und Visualisierung 107
Synchronized Multimedia Interaction Language (SMIL) 70
Synonyme 131, 226
und Bedeutungsverschiebung 212

T

Taxonomie 161
einstufige 212
TCP/IP-Protokoll 146, 149
telematische Dienste
und Lastverteilung 185
Teleteaching 45, 53, 60, 61, 335
Textfragmente
Volltextanalyse 342
Textindexierung 130
Textsatzsysteme 93
Thesaurus 130, 133, 140
als Positivliste 134
Thumbnails 96, 101
Topologie 106
Trägermedium 18
Lebensdauer 262
Transaktionen 160, 188
Definition 173, 188
in Client-Server-Systemen 146
Transaktionsmanagement 187
Transaktionsmodell 171
für pädagogische Ressourcen 171–75
Transformation 271
zwischen Dokumentenformaten 265
tutorielle Systeme 33
Typographie 96, 104

U

Uniform Resource Identifier (URI) 154, 179, 181, 248
Uniform Resource Locator (URL). 99, 181, 185, 192, 211, 228, 232, 249, 278, 280, 287, 291
eindeutige Identifikation 281
Uniform Resource Name (URN). 124, 181, 182, 185, 228, 249, 270
Urheberrechte 125
Ursprungsformat 70, 81

V

Validator 18
Validierung 200, 222, 341
durch den Nutzer 202
Identität von Autor und Prüfer 202
Prozeß 222
und Arbeitsaufwand 201
und Institutionalisierung 203
und Lektorat 201
und Verantwortlichkeit 202
unter Kollegen 203
von Lernmedien 193
zur einheitlichen Erschließung von Lernmedien 199
Verbundkataloge 130, 143
Vergütungsmodelle 273
Abonnement 273
institutionsbezogen 274
Mitgliedsbeitrag 273
nutzerbezogen 273
Pay per View 273
Subskriptionen 274
Verknüpfungen 70
plattformunabhängiger und plattformabhängiger Komponenten 85
semantische 75
Verschlagwortung 129, 130, 166, 213
freie Termini 130
kontrollierte Termini 130
und Hilfsmittel 131
Versionierung 55, 119, 209, 245, 253
Check-In 252
Check-Out 252
verteilter Dokumentenspeicher
Anforderungen 196
Verweisdatenbank 255

Verweise ... 116
Ähnlichkeits- ... 101
Anker ... 116
assoziative ... 87, 101, 247
endogene ... 94, 101, 115
exogene ... 94
hierarchische ... 101
indirekte ... 248
personalisierte ... 246
Quellanker ... 248, 254
Startanker ... 99
statisch ... 101
strukturelle ... 87, 247
symbolische ... 98
überlappende ... 248
Zielanker ... 99, 248, 254
Videokonferenzsysteme ... 54
Viewer ... 72, 95, 100, 101, 111
proprietäre ... 118
virtuelle Arbeitsumgebung
Personalisierbarkeit ... 243
virtuelle Labore ... 73, 84
virtuelle Maschine ... 105
virtuelle Sprechstunde ... 60
virtuelle Umgebungen ... 83
virtuelle Welten ... 123 *Siehe*
Visualisierung. 73, 75, 106, 108, 247 *Siehe*
abstrakte Methodenaufrufe ... 107
abstrakter Vorgänge ... 107
ikonische ... 82
von Objektstrukturen ... 117
Vollständigkeit ... *Siehe* Information Retrieval:Recall
Volltextindexierung ... 69, 131, 137, 326
Volltextsuche ... 101, 130, 331, 334

W

Warwick Framework ... 171, 175–81, 270
Warwick Framework Catalog (WFC) ... 179
Web Content Management ... 55
Web Distributed Authoring and Versioning (WebDAV) ... 251–55, 271
konkurrierender schreibender Zugriff ... 251
Metadaten ... 254
Strukturierung ... 253
Versionenkontrolle ... 252
Web-Based Training (WBT) ... 53, 57
Web-Crawling ... 334
Whiteboard ... 54, 60, 103
Wide Area Information Servers (WAIS) ... 148
Wiedergabe-Szenario ... 111
Wiederverwendung ... 122, 246
digitaler Ressourcen ... 163
durch Aggregierung primitiver Basiskomponenten ... 83
einzelner Abschnitte ... 98
einzelner Komponenten ... 73, 80
in anderen Kontexten ... 121
langfristige ... 113–19
multimedialer Anwendungen ... 84
und Dekontextualisierung ... 122
und Einzelkomponenten ... 113
und endogene Verweise ... 115
Wissen ... 14
Aktivierung ... 24
als abstrahierte Information ... 31
artikuliertes ... 23
deklaratives ... 22, 38
explizites ... 242
Externalisierung und Abstraktion ... 22
Halbwertszeit ... 13
implizites ... 242
Personalisierung ... 28
präsentes ... 23
praxisorientiertes ... 14
prozedurales ... 38
schematisches ... 23
träges ... 22, 23, 26, 35, 64, 85
und Anwendbarkeit ... 122
und Dienstleistungsgesellschaft ... 23
und Relevanz ... 22
und Restrukturierung ... 28
Weitergabe durch Rekonstruktion ... 39
zeitliche Verfügbarkeit ... 22
Wissensanwendung
als Externalisierung ... 46
Wissensaufbereitung ... 76
Wissensbasis
sozial geteilte ... 28
wissenschaftliche Bibliotheken ... 125, 144
und betriebliche Abläufe ... 124
wissenschaftliche Verlage
und digitale Bibliotheken ... 72
Wissenserwerb ... 14, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 35, 40, 42, 65, 75, 102
als Speicherung von Information ... 32
und Aktivierung ... 339

Wissensgewinnung 337
Wissensklassifikation 13, 133
Faktenwissen 14
Grundlagenwissen 13, 14, 17, 339
Methodenwissen 13, 14
Werkzeugwissen 13
Wissenskonstruktion
als interner und subjektiver Prozeß 39
als Verfeinerung mentaler Strukturen . 39
Wissensmanagement 14, 22, 23, 56, 243, 326
Wissensorganisation 42, 76
Wissensstrukturen
Konstuktion 42
Wissenstransfer ... 14, 23, 27, 37, 42, 45, 46
horizontaler 23
Optimierung 28
Umwandlung zwischen Daten, Information und Wissen 24
und Optimierung 24
vertikaler 23
Wissenstransformation 27
Wissensverarbeitung 14
Wissensvermittlung 86
Beschleunigung 106
Wissenszyklus 23
Externalisierung 23, 28, 46
Internalisierung 23
Kombination 23
Sozialisierung 23
Workflow 160, 202, 223, 268, 341
Konfigurierbarkeit 243
lokale Einbindung 236–42
Workflow Management 119
Workflow-Systeme 56
Wortschatz
terminologisch kontrollierter 131
WYSIWIS (What You See Is What I See) 53, 55

X

XHTML 70
XLink 71
XML .... *Siehe* Extended Markup Language (XML)
XPointer 71
XSL ..... *Siehe* Extensible Style Language (XSL)

Z

Z39.50-Protokoll 146–50
Zeitachse 82
Zeitschriften
elektronische 273
Zeitstempel 105
Zielformat 76, 114
Zugriff
wahlfreier 102, 103
Zustandsübergänge 75