

# Benutzer- und aufgabenorientierte Lernumgebungen für das WWW

Huberta Kritzenberger, Michael Herczeg

Institut für Multimediale und Interaktive Systeme

Medizinische Universität zu Lübeck

Seelandstraße 1a

{kritzenberger, herczeg}@imis.mu-luebeck.de

erschienen in: Oberquelle, H.; Oppermann, R.; Krause, J. (Hrsg.): Mensch und Computer 2001. 1. Fachübergreifende Konferenz. 5.-8. März 2001, Bad Honnef. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: Teubner, S. 225-233 (Berichte des German Chapter of the ACM; Band 55)

## Zusammenfassung

Lebenslanges Lernen verändert unsere Lebens- und Arbeitswirklichkeit und verwischt die Trennung zwischen Arbeiten und Lernen. Damit erhöhen sich die Anforderungen an die Benutzbarkeit von computerunterstützten Lehr- und Lernmaterialien für unterschiedliche Nutzergruppen und Nutzungskontexte. Der technologische Fortschritt und die damit verbundene universelle Verfügbarkeit von Lehr- und Lernmaterialien erhöhen lediglich deren Zugänglichkeit, nicht aber automatisch auch die Gebrauchstauglichkeit. Überlegungen zur Anpassung an die Nutzungsumstände beziehen sich überwiegend auf die Benutzermodellierung in tutoriellen Systemen, d.h. auf Veränderungen von Systemeigenschaften während der Systemnutzung. Der Entwicklungsprozess von computerunterstützten Lehr- und Lernmaterialien wird hingegen wenig diskutiert. Zwar werden Autorensysteme für die Entwicklung hypermedialer und multimedialer Lehr- und Lernmaterialien angeboten, aber sie unterstützen im wesentlichen nur das Authoring, d.h. die eigentliche Produktionsphase. Dies greift aber nach Ansicht der Autoren, die die Entwicklung von computerunterstützten Lehr- und Lernmaterialien als regulären Software-Entwicklungsprozess betrachten, zu kurz, weil die Planungsphase im Sinne von Aufgabenanalyse und Anforderungsdefinition häufig vollständig unter den Tisch fällt. Gelegentlich werden zwar Analyse- und Anforderungsdaten gewonnen, die aber im weiteren Entwicklungsprozess verloren gehen und zwischen den Mitgliedern des Entwicklungsteams nicht kommuniziert werden. In diesem Beitrag wird deshalb ein Vorschlag für ein Entwicklungsmodell (in Form eines teilrealisierten Prototypen) gemacht, das die Anforderungsanalyse im Rahmen des Entwicklungsprozesses für hypermediale und multimediale Lehr-/Lernumgebungen unterstützt und die Erfassung aller wichtigen Informationen über Benutzer und Aufgabe erlaubt.

## 1 Einleitung

Die Arbeit und Erfahrung der Autoren dieses Beitrags basiert auf zwei Projekten, die in diesen Rahmen von Bestrebungen hinsichtlich der Einführung virtueller Studienmöglichkeiten einzuordnen sind: das Bundesleitprojekt „Virtuelle Fachhochschule“ (gefördert vom BMBF

im Themenfeld „Nutzung des weltweit verfügbaren Wissens für Aus- und Weiterbildung und Innovationsprozesse“) und das Projekt „Fernstudium Medizinische Informatik“ (Förderung durch die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung). Im Projekt Virtuelle Fachhochschule (<http://vfh.de>) wird von einem Konsortium mehrerer Fachhochschulen im Projektzeitraum (1998-2003) eine standortunabhängige Fachhochschule („virtual university of applied sciences“) mit den zunächst exemplarischen Studiengängen Medieninformatik und Wirtschaftsingenieurwesen (Abschlüsse: Bachelor/Master) etabliert werden. Der wesentliche Teil des Studiums soll im Fernstudium auf der Basis computerunterstützter, medialer Lehr- und Lernformen erfolgen. Das Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS) ist in diesem Kontext verantwortlich für die ergonomische Gestaltung der Lehr- und Lernmaterialien und der virtuellen Lernumgebung. Im Projekt „Fernstudium Medizinische Informatik“ wird ein kompletter multimedialer www-basierter Studiengang für ein Nebenfach Medizinische Informatik entwickelt. Das Nebenfach wird im Rahmen des Informatikstudiums unter dem Dach der virtuellen Universität Hagen angeboten werden. Das IMIS ist verantwortlich für die multimediale und hypermediale Aufbereitung aller Kurseinheiten, die von den Autoren als herkömmliche Textdokumente erstellt werden.

In beiden Projekte wird die Entwicklung von Lehrmaterialien als erweiterter Software-Entwicklungsprozess behandelt, der die bei Software-Entwicklungsprozessen üblichen Schwierigkeiten zeigt. Alle Mitglieder des Entwicklungsteams (wie Autoren, Conceptioner, Multimedia-Entwickler, Didaktiker, Software-Ergonomie-Spezialisten etc.) haben ihre eigenen Vorstellungen von den späteren Benutzern und von den situativen Bedingungen der Nutzung. Diese Vorstellungen sind zum Teil inkonsistent, zum Teil nur implizit vorhanden und schwer explizierbar, zum Teil variieren sie auch innerhalb des Designprozesses. Da auf diese Weise entwicklungsrelevante Entscheidungen weder für den gesamten Entwicklungsprozess noch für die anderen Mitglieder des Entwicklungsteams nachvollziehbar oder verfügbar sind, müssen die relevanten Vorstellungen über Benutzer und Nutzungskontext erfasst und dokumentiert werden. Denn nur so können diese Informationen an den entscheidenden Stellen im Entwicklungsprozess verfügbar gemacht werden (cf. Hartwig/Kritzenberger/Herczeg 2000). Dies ist insbesondere deshalb wichtig, weil die Gestaltungsentscheidungen, die im Entwicklungsprozess getroffen werden, die Benutzbarkeit der späteren Lernumgebung prägen (cf. Kritzenberger/deWall/Herczeg 2000). Diese entwicklungsleitenden Kriterien sind häufig inkonsistent, variieren zwischen den Mitgliedern des Entwicklungsteams und werden in den meisten Projekten weder dokumentiert noch in brauchbarer Weise kommuniziert. Die Folge solcher Mängel im Entwicklungsprozess sind wenig aufgaben- und benutzerangemessene und mit Benutzungsschwierigkeiten behaftete Lernumgebungen. Dieser Beitrag fokussiert daher auf der Methodik für die Entwicklung von computerunterstützten Lernumgebungen, die im Bereich der Wissensmodellierung angesiedelt ist. Sie wird in beiden genannten Projekten erprobt und unterstützt sowohl die Modellierung der Lernumgebung während des Entwicklungsprozesses als auch die Ausprägung der Lernumgebung und die Anpassung der Lernumgebung an situative Bedingungen und an Nutzerbedürfnisse während des späteren Nutzungsprozesses.

## **2 Ein Framework für aufgaben- und benutzerangemessene Modellierung von Lernumgebungen**

Der erste Schritt im Entwicklungsprozess einer Lernumgebung besteht in der eng verzahnten Analyse der Bereiche pädagogische (allgemeindidaktische) Zielsetzung, organisatorischer Kontext (Umfeld) und Zielgruppen. Obwohl diese Bereiche entscheidenden Einfluss auf die möglichen Realisierungsoptionen der Lernumgebung haben, werden sie bislang in Entwicklungsprozessen von Lernumgebungen nur selten berücksichtigt (cf. Nikolova/Collis 1997; De la Teja/Longpré/Paquette 2000). Aber auch dann, wenn es Anforderungsanalysen bei der Entwicklung von Lernumgebungen gibt, sind die auftretenden Probleme noch nicht gelöst. Die Erfahrung zeigt, dass die konzeptuellen Modelle der Mitglieder eines Entwicklungsteams weitgehend unvollständig sind, meist nur sukzessive ergänzt werden können und sich außerdem zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Entwicklungsprozess unterscheiden. Dies hat nicht selten zur Folge, dass Designentscheidungen zu einem späteren Zeitpunkt weder nachvollzogen noch mit anderen Mitgliedern des Designteams kommuniziert werden können.

Aus den genannten Schwierigkeiten der Anforderungsanalyse ergibt sich der Bedarf nach einem Werkzeug, mit Hilfe dessen Aufgabenanalysen und Designentscheidungen festgehalten, geordnet und weiter verwendet werden können. Der in den folgenden Abschnitten vorgestellte Framework Layer ermöglicht die Erfassung, Ordnung und Weiterverwendung aller für die Entwicklung aufgaben- und benutzerorientierter Lernumgebungen wichtigen situativen Parameter.

In diesem Beitrag wird deshalb ein Vorschlag für ein Entwicklungsmodell (in Form eines teilrealisierten Prototypen) gemacht, das die Anforderungsanalyse im Rahmen des Entwicklungsprozesses für hypermediale Lernumgebungen unterstützt und die Erfassung aller wichtigen Variablen der speziellen Ausprägung der Anforderungsanalyse für Lernumgebungen erlaubt. Die Art der Unterstützung besteht erstens darin, dass die Variablen der Anforderungsanalyse beschrieben und diese Ergebnisse erfasst werden können. Die dokumentierten Analyseergebnisse können von den verschiedenen Mitgliedern eines Entwicklungsteams benutzt und mit entsprechenden Views selektiert werden. Zweitens können durch hypermediale Verknüpfungen Beziehungen zwischen den Beschreibungselementen geschaffen werden, die jeweils Lehr-/Lernkontexte und damit ein Systemkonzept definieren.

## **2.1 Framework Layer**

Der folgende Framework Layer (cf. Herczeg 1999) erfasst als generisches Modell sowohl die spezifischen Eigenschaften verschiedener Gruppen von Nutzern als auch den Nutzungsprozess der Lernumgebung. Er besteht aus den anwendungsunabhängigen (generischen) Entitäten: Managed (Learning-) Object, Task, Role, Agent und Tool.

Das Framework wurde im Umfeld von interaktiven Applikationen entwickelt und beweist sich inzwischen immer mehr als generische Analyse- und Designplattform für die unterschiedlichsten Anwendungen. Bezogen auf die Entwicklung einer aufgaben- und benutzerorientierten Lernumgebung sind diese Entitäten folgendermaßen zu verstehen:

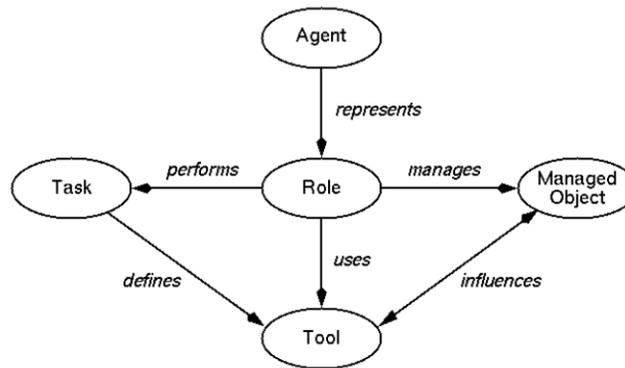


Abb. 1: Framework Layer (aus Herczeg 1999: 29)

*Managed (Learning) Objects:* Bei einer Lernumgebung handelt es sich hier um die Lehrinhalte, im Sinne von Lern-/Wissenseinheiten, Inhalten, Systemen von Begriffen und Schemata der Domäne, die vom System als Objekte verwaltet bzw. vom Lernenden an geeigneter Stelle im Lernprozess bearbeitet werden sollen. Im Hinblick auf diese Objekte muss festgelegt werden, wie sie vermittelt werden und in welchem Ausmaß sie beherrscht werden sollen. D.h. die Art ihrer Nutzung wird von der Lehrmethode bzw. den Lehrzielen (Tool) in Abhängigkeit von der Nutzungsrolle (Role) definiert.

*Task:* bezeichnen Aufgaben, die vom Lernenden oder ggf. vom System auf den Lern-Objekten ausgeführt werden sollen. D.h. hier sind die einzelnen Lern-Tätigkeiten bzw. ihre Einbettung in den Lernprozess angesprochen. Beispiele für Festlegungen im Sinne eines Lernmodells wären Aspekte wie die Sicherung der Lernvoraussetzungen für verschiedene Lehrzielkategorien (z.B. „Faktenwissen“, „kognitive Fähigkeiten“ (z.B. Regeln beherrschen, Problemlösen) oder „kognitive Strategien“) oder verfügbares Handlungswissen über den Aufbau und die Sequenzierung von Kursen (z.B. elaborative Grundsequenz des Kurses, Elaborationsempfehlungen, die unterschiedlich aussehen, je nachdem ob die Vermittlung von Begriffen (warum), Verfahren/Prozeduren (wie) oder Prinzipien (warum) geschehen soll) oder Werkzeuge zur Lerner-Selbstkontrolle usw. Dementsprechend definiert die Task die benötigten Tools.

*Role:* Die Rollen geben den Lernkontext wieder, der durch die Eigenschaften des Lernenden bzw. der Lernergruppe vorgegeben wird. Es ist dabei das spezifische Profil der jeweiligen Lernergruppe von Bedeutung (cf. Kritzenberger/Herczeg 2000).

*Agents:* Diese Entität beschreibt Gruppen von Benutzern und deren Qualifikationsprofile, die in einer oder mehreren Rollen tätig sind. Beispielsweise eine Lernergruppe 1, die grundlegende Studien macht; eine Lernergruppe 2, welche die Wissenseinheiten für ein Aufbaustudium nutzt; eine Lernergruppe 3 mit Fortbildungszielen; eine Lernergruppe 4, die problemorientiert nur wenige Wissensmodule nutzen möchte; eine Lernergruppe 5, die ohne Zeitnot die Wissensmodule im Explorationsmodus nutzen möchte. Es können hier je nach Bedarf beliebige Lernergruppen definiert werden.

*Tool:* Beschreibt bei Lernumgebungen die Art der verfügbaren Aktivitäten (und ggf. auch Werkzeuge), die zur Ausführung der Task (Verbindung zur Task) vorhanden sind. Hier können im Sinne eines Lehrmodells bzw. im Sinne einer Instruktionmethode oder –strategie

Vorgehensweisen festgelegt werden, die zum Erreichen eines Lehr- oder Lernziels empfohlen wird („Mit welcher Methode oder welchen (Hilfs-)mitteln bringe ich welchen Stoff am besten bei?“) (Verbindung zum Managed Learning Object). Unter dieser Entität können aber auch mediale und gestalterische Aspekte (im Sinne medienpsychologischer oder ergonomischer Empfehlungen) festgehalten werden. Elemente einer Lehrmethode könnten beispielsweise unterteilt sein in spezifischere Tools (im Sinne von Lehrstrategien) wie „Aufmerksamkeit gewinnen“, „Vorwissen aktivieren“, „Lernen anleiten“, „Anwenden lassen“, „Behalten/Transfer sichern“, „Darstellung charakteristischer Merkmale des Lernstoffes“, „Lernleistung kontrollieren“ und „Rückmeldung“ geben. Jedes Tool ist jeweils mit entsprechenden Modulen (Managed Learning-Objects) und mit den Lehr-/Lernschritten verbunden, die innere und äußere Lernbedingungen bezeichnen (Tasks).

## 2.2 Benutzer- und Aufgabenorientierung im objektorientierten Framework

Mit dem im vorausgehenden Abschnitt beschriebenen generischen Modell können sowohl die Eigenschaften der Nutzer (Rollen) als auch der Nutzungsprozess mit allen wesentlichen Parametern des Nutzungskontexts der Lernumgebung (d.h. Lehrmethode (Tool), Lernprozess (Task) und Lernobjekte bzw. Lernmodule (Managed Objects)) erfasst werden. Die Daten, die in den einzelnen Entitäten gesammelt werden, stammen vorwiegend aus der Anforderungsanalyse, aber auch aus anderen Entwicklungsstadien, und sind von unterschiedlichen Mitgliedern des Entwicklungsteams beigetragen worden. Beitragende in typischen Entwicklungsprozessen für Lernumgebungen wären Didaktiker (die Beiträge zur Beschreibung des Lernprozesses bzw. zur Unterstützung des Lernprozesses durch Lehrmethoden geleistet haben), Fachautoren (die Lehrinhalte oder auch fachdidaktische Lernziele beigetragen haben), Conceptioner, Designer und Ergonomen und ggf. Beiträge von anderen Mitgliedern des Design-Teams. Obwohl solche Angaben anfangs zum Teil unsicher oder ungenau sind, sind sie häufig wichtig, um sinnvolle und begründete Designentscheidungen zu treffen.

Die Anwendung und den Nutzen des Frameworks für die Entwicklung von Kurseinheiten sei mit dem folgenden Beispiel aus dem Projekt „Fernstudium Medizinische Informatik“ verdeutlicht.

*Beispiel: Ausschnitt aus einer Kurseinheit Terminologie für das multimediale Fernstudium der Medizinischen Informatik*

*Im Rahmen der Entwicklung von Lehrmaterialien für das Fernstudium der Medizinischen Informatik werden verschiedene Kurseinheiten erstellt. An der Erstellung arbeitet ein Team von Entwicklern mit sehr unterschiedlichen Kompetenzen, z.B. Fachautoren, Didaktiker, Multimedia-Producer, Screen-Designer, Software-Ergonomen. Jeder von ihnen liefert je eigene Beiträge zum Entwicklungsprozess und jeder braucht bestimmte Beiträge oder Teilbeiträge der anderen Beteiligten. Hier tauchen bereits Probleme für einen erfolgreichen Verlauf des Entwicklungsprozesses auf, beispielsweise besteht das Problem, wie diese Beiträge zwischen den einzelnen Teammitgliedern geeignet kommuniziert und sinnvoll eingeordnet werden können. Der hier erforderliche Zusammenhang wird zusätzlich dadurch erschwert, dass viele Informationen in einem späteren Entwicklungsstadium, einem anderen Zusammenhang und einem anderen Teammitglied wieder benötigt wird, d.h. dass die benötigten Informationen zeitlich und örtlich verteilt geliefert und ggf. mit relevanten Ergänzungen für die Weiterarbeit im Entwicklungsprozess benötigt werden.*

Die Abbildung zeigt einen Bildschirmausschnitt aus der Modellierung einer Kurseinheit „Terminologie“ (hier Thema: Adjektive) für das multimediale Fernstudium Medizinische Informatik. In linken Fenster befindet sich ein Ausschnitt aus der Modellierung nach dem o.g. Framework. In der rechten Bildschirmhälfte ist ein View auf ein Managed Learning Objekt, d.h. ein Ausschnitt aus der Kurseinheit dargestellt. Der Ausschnitt gibt erstens die Struktur wieder, nach welcher der Autor diese Kurseinheit aufgebaut haben möchte (hier unter der Rubrik Verweis von anderen Objekten: Adjektive der a- und der o-Deklination, Adjektive der dritten Deklination, Adjektivsuffixe, Steigerung der Adjektive) und dazu die didaktischen Hinweise zur lernförderlichen und medienadäquaten Vermittlung des Lehrstoffes. Diese Hinweise können durchaus von einem anderen Beitragenden, beispielsweise von einem Didaktiker oder Ergonomenen

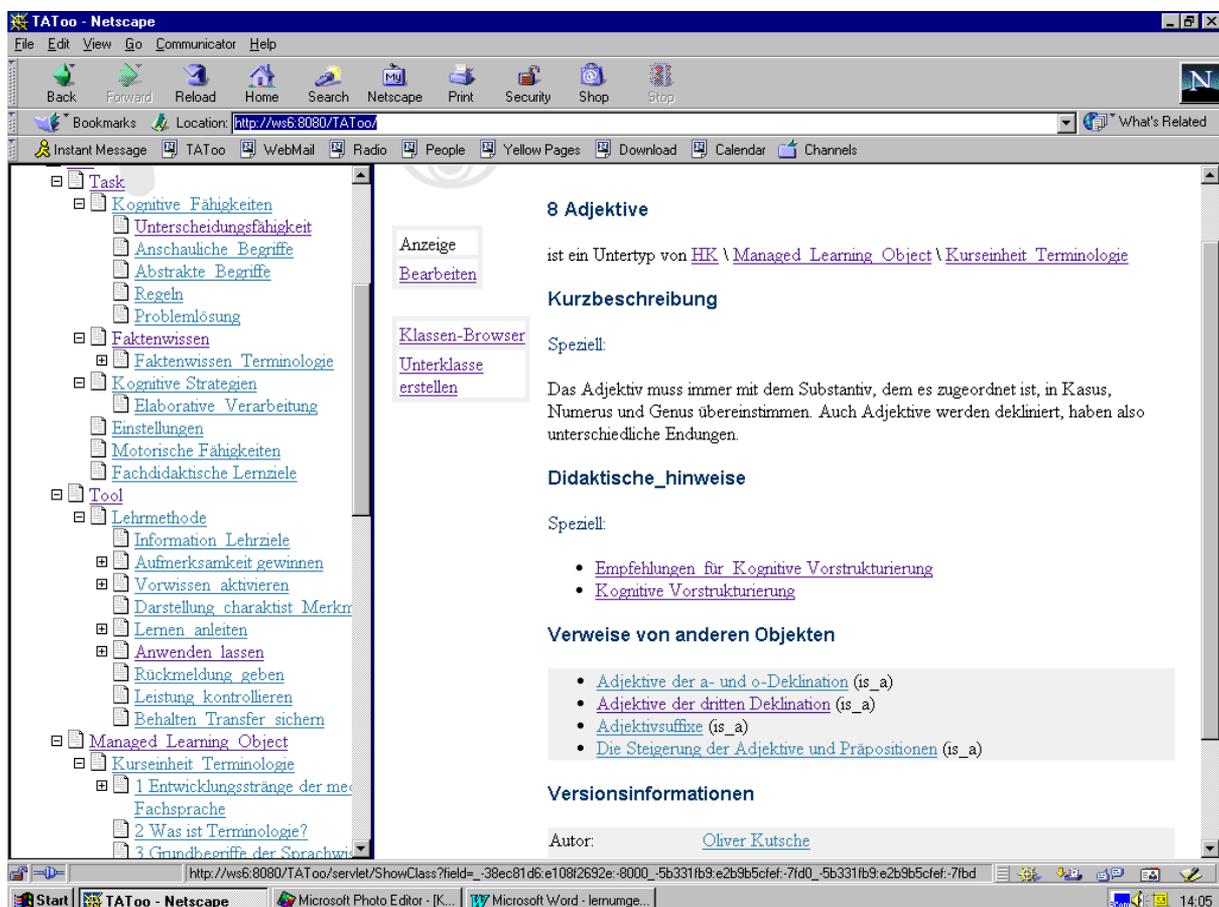


Abb. 2: Screenshot aus der Modellierung für die Kurseinheit Terminologie

stammen. Die Information wird für die Entwicklung der Kurseinheit aber erst zu einem späteren Zeitpunkt gebraucht. Ein Conceptioner, der in einem anderen Stadium des Entwicklungsprozesses vielleicht gerade ein Storyboard erstellen will, braucht beide Informationen möglichst nebeneinander, damit er alle bisher bekannten wesentlichen Aspekte für die Erstellung berücksichtigen kann.

Die Verfügbarkeit von Metainformation beispielsweise zur Zielgruppe, zur Vermittlung im

didaktischen oder medienpsychologischen Sinne ermöglicht es, Design-Entscheidungen auch zu einem späteren Zeitpunkt noch begründen und nachvollziehen zu können. Da die Metainformation auch relevante Zusatzinformation zur gewünschten Vermittlungsstrategie und anderen relevanten situativen Parametern gibt, ermöglicht sie auch, verschiedene Versionen der jeweiligen Kurseinheit zu erstellen und damit die Kurseinheit spezifizierten Nutzungsbedingungen anzupassen.

Ein wichtiger Vorteil dieses Frameworks ist, dass Klassen von Informationen frei eingeführt werden können, beispielsweise didaktische Hinweise, ergonomische Hinweise, für welche Nutzergruppen geeignet usw. Diese können dann frei in Views auf die Datenbasis kombiniert werden (cf. Hartwig/ Kritzenberger/Herczeg 2000). Die Datenmodellierung mit verschiedenen Klassen, die unterschiedliche Attribute tragen, erlaubt eine flexible Speicherung und Selektion, denn es können Attribute erfasst werden, die für den gesamten Kontext der Lehr-/Lernsituation oder nur innerhalb eines spezifischen Kontextes gelten. Obwohl die als relevant erachteten Attribute sehr zahlreich und komplex werden können, bleiben sie durch die objektorientierten Techniken der Generalisierung, Abstraktion und Vererbung handhabbar. Beispielsweise gilt nach dem Grundprinzip der Vererbung, dass eine spezialisierte Klasse von den übergeordneten Klassen die definierten Datenelemente erbt. Dadurch bleibt jede Klasse für sich alleine lesbar.

Die Daten werden durch Speichern beliebiger xml-konformer Datensätze in einer relationalen Datenbank erfasst (cf. Kutsche 2000). Diese Form der Speicherung bietet einerseits eine Hilfe im Entwicklungsprozess, weil alle dem jeweiligen Mitglied des Entwicklungsteams als wichtig erscheinenden Daten unmittelbar eingegeben werden können. Andererseits besteht durch Zuordnung der Lerninhalte auch die Möglichkeit, unterschiedliche Sichten auf diese Dokumente in Abhängigkeit von bestimmten Kriterien zu erzeugen, beispielsweise die Eigenschaften und Fähigkeiten bestimmter Gruppen, Beiträge in einer bestimmten Gestaltungsrichtung usw. Durch die Möglichkeit entsprechende Views zu generieren, muss nicht die gesamte komplexe Hyperstruktur erforscht werden. Durch die web-basierte Lösung, auf Grundlage von XML, Serverpages und einer Netzwerk-Datenbank läßt sich die Analyse auch durch ein räumlich und zeitlich verteiltes Team leisten.

### **3 Adaption für Lernumgebungen**

Die benutzer- und aufgabengerechte Modellierung von Lernumgebungen wird gerne auf die Diskussion um Adaptierbarkeit und Adaptivität von Hypermedia-Applikationen eingeschränkt. So war das Interesse an adaptiven und adaptierbaren Lernumgebungen, als intelligente tutorielle Systeme oder adaptive Hypermedia-Systeme (cf. Brusilovsky 1998; Brusilovsky/Schwarz/Weber 1996), lange Zeit die vorrangige Domäne der KI (cf. McCalla 1992). In Hypermedia-Systemen werden entweder die Knoten-Inhalte (content-level adaption oder adaptive Text-Präsentation) oder die auf der Benutzungsschnittstelle angebotenen Links verändert. Die adaptive Text-Präsentation verändert die Präsentation des Inhalts der Seite, z.B. des Textes im Hinblick auf verschiedene Klassen von Benutzern. Die Anpassung der Links (link-level-adaption) wird hauptsächlich eingesetzt, um die Navigationsmöglichkeiten zu kontrollieren, die dem Benutzer durch den Hyperraum angeboten werden. Dies geschieht mit Techniken wie Link-Hiding oder Link-Annotation. D.h. das System entscheidet intern

auf der Basis eines meist während der Systemnutzung erstellten Benutzermodells (student models), welche der potentiell verfügbaren Links dem Benutzer präsentiert werden (cf. Calvi/DeBra 1997) bzw. welche Strukturanpassungen es über ein internes Modell typisierter und gewichteter Links vornehmen kann (Link-Hiding) bzw. mit welchen Hinweisen oder Kommentaren dem Benutzer die Struktur des zur Verfügung stehenden Navigationsraumes präsentiert werden soll (Link-Annotation) (cf. Brusilovsky/Schwarz/Weber 1996). Die weiteren Verfahren, die in Hypermedia-Systemen zur Anpassung der Navigationsstruktur verwendet werden, wie die Sortierung von Links oder die Anpassung von Verzeichnissen usw. an das vermutete mentale Modell des Benutzers, sind aufgrund der Gefahr, dass sie zu unvollständigen oder fehlerhaften mentalen Modellen führen (cf. Calvi 1997), ohnehin nicht weit verbreitet.

Ein solches Benutzermodell ist im wesentlichen ein Modell über das mentale Modell des Benutzers von der Domäne und ggf. hinsichtlich einiger Aspekte der Systembenutzung. Eine Adaption von Systemeigenschaften, wie Instruktionsmodell und Präsentation der Inhalte oder der Linkstruktur, erfolgt dann im Hinblick auf die beobachteten oder inferierten kognitiven Benutzereigenschaften. Solche Benutzermodelle leiden unter einigen bekannten Schwierigkeiten, wie Probleme bei der Repräsentation großer Datenbasen oder einer gewissen Inflexibilität hinsichtlich der Variationen des Benutzermodells bzw. der Planung von Instruktions-Strategien (cf. Woolf 1992). Solche Benutzermodelle können aber eine benutzer- und aufgabengerechte Modellierung, wie sie mit dem im Kapitel 2 vorgeschlagenen Framework möglich bereits während des Entwicklungsprozesses möglich ist, nicht ersetzen. Denn die wichtigsten für die ergonomische Gestaltung eines Systems relevanten Informationen beziehen sich auf die Lernenden und ihre Aufgaben (cf. Herczeg 1994), letzteres ist allerdings nicht nur im kognitiven Sinne als Lernaufgabe zu verstehen, sondern hat auch die situativen Bedingungen als Kontext zu berücksichtigen. Geschieht dies nicht, sind negative Auswirkungen auf die Benutzbarkeit der späteren Lernumgebung zu erwarten.

Eine mögliche Folge wäre beispielsweise ein unangemessenes Belastungsniveau für den Lernenden. Nach arbeitspsychologischen Erkenntnissen können Lerntätigkeiten, ebenso wie andere Arbeitstätigkeiten, in einer Art von Wirkungskette als eine Folge von Belastungen, Beanspruchung und deren kausale Einflüsse auf die Änderung mentaler Zustände beschrieben werden (cf. Ulich 1994). Wichtig für effektives und erfolgreiches Lernen ist daher ein angemessenes Beanspruchungsniveau. Ist es zu hoch oder zu niedrig, werden sich negative mentale Zustände, wie zum Beispiel Ermüdung, Leistungsabfall, Frustration, Ärger und im schlimmsten Fall sogar psychosomatische Erkrankungen einstellen, die sich über Rückwirkungsmechanismen noch verstärken können. Bei angemessenem Beanspruchungsniveau lassen sich hingegen positive mentale Zustände und wünschenswerte mentale Entwicklungen, wie Freude, Motivation und Leistungssteigerung beobachten. Auf lange Sicht äußert sich dies in wünschenswerten Entwicklungen von Qualifikation bis hin zu einer stabilen, ganzheitlichen Persönlichkeitsentwicklung. Beanspruchung ist allerdings im Kontext des Lernprozesses ein variabler Faktor. Wenn sich im Laufe eines Lernvorgangs das bisherige Beanspruchungsniveau verringert und die positive Wirkung der Beanspruchung wächst, ist es wichtig, zum richtigen Zeitpunkt den Lernstoff, den Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung und ggf. die Lernformen zu variieren bzw. zu erweitern und so das richtige Beanspruchungsniveau zu finden. Dies wird jedoch dadurch erschwert, dass es zum jeweiligen Zeitpunkt und unter den jeweiligen individuellen Bedingungen hochgradig subjektiv sein kann und die Entscheidung, was von den o.g. Faktoren sinnvoller Weise in welchem Maße verändert werden sollte, mög-

lichst präzise auf den dynamischen Wirkkontext abgestimmt werden muss (cf. Herczeg 1997, Kritzenberger/Herczeg 2000).

Da das Beanspruchungsniveau für erfolgreiche und effektive Lernvorgänge ein variabler und subjektiver Faktor ist, ist bei der Gestaltung von adaptiven bzw. adaptierbaren Lernumgebungen von besonderer Wichtigkeit, im richtigen Zeitpunkt den Schwierigkeitsgrad, die Vermittlungsstrategie usw. anzupassen und möglichst präzise auf den dynamischen Wirkkontext abzustimmen. Betrachtet man Lernen als eine Tätigkeit im Sinne einer Arbeitstätigkeit, dann kann man auch dafür die Anforderung geltend machen, dass ein Handlungs- und Gestaltungsspielraum eingeräumt werden muss (cf. Ulich 1994). Handlungsspielraum (cf. Hacker 1978) kann im Zusammenhang mit Lernumgebungen bedeuten, dem Lernenden gewisse Freiheitsgrad in Bezug auf die Wahl einer Vermittlungsstrategie, der Lernmittel, Lernwege und der zeitlichen Organisation der Lernaufgabe einzuräumen. Weiter würde dies bedeuten, dem Lernenden eine gewisse Flexibilität im Hinblick auf die Ausführung von Lernschritten zu geben, im Rahmen derer der Lernende eigene Vorgehensweisen und Zielsetzungen verwirklichen kann. Diese wiederum können im Hinblick auf eine Anpassung von Lernumgebungen an die situativen Bedürfnisse und Kontexte des lebenslangen Lernens vielfältig sein. Da diese Lernumgebungen in einen Nutzungskontext eingebettet sind, der den Nutzungsprozess wesentlich mitbestimmt, ist es für die spätere geeignete Anpassung der Lernumgebung von entscheidender Bedeutung, dass die relevanten Parameter, die den Nutzungskontext bestimmen, bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt in die Modellierung des Systemverhaltens einbezogen werden können. Das in diesem Beitrag vorgestellte generische Framework erlaubt die Erfassung und Analyse aller wichtigen Parameter bereits im Entwicklungsprozess. Die xml-basierte Datenmodellierung auf der Basis einer relationalen Datenbank ermöglicht durch die Nutzung bekannter objektorientierter Methoden wie Vererbung, Generalisierung, Abstraktion, Unterspezifikation und Refinement, die Basis für Adaptionentscheidungen hochgradig flexibel den aktuellen Fragestellungen anzupassen und die Datenbasis entsprechend durch Views zu selektieren. Dies gilt einerseits für die im Entwicklungsprozess benötigten Daten und andererseits auch für die spätere Nutzung der eigentlichen Lernumgebung. In letzterem Fall müssen neben den Informationen über Nutzergruppen, Lernprozess und angemessene Vermittlungsstrategien auch die Lehrinhalte (siehe Managed Learning Objects im Abschnitt 2.1) erfasst werden.

## 4 Ausblick

Das vorgeschlagene Modellierungsframework ermöglicht es, über die in tutoriellen Systemen üblichen kognitiven Entscheidungsgrundlagen hinauszugehen und alle wesentlichen Parameter, die den Nutzungsprozess von Lernumgebungen bestimmen, zu erfassen und zu handhaben. Das Ergebnis ist eine hohe Flexibilität hinsichtlich der benutzer- und aufgabenangemessenen Anpassung von Systemeigenschaften und damit eine größere Aufgaben- und Benutzerangemessenheit der Lernumgebung. Eine solche Modellierung scheitert leider oft daran, dass Informationen, die vielleicht während des Entwicklungsprozesses auf die verschiedenen Mitglieder des Entwicklungsteams verteilt und vielleicht nur kurzzeitig vorhanden war, nicht geeignet dokumentiert wird. Die Kommunikation dieser Informationen innerhalb des Entwicklungsteams und ihre Verwendbarkeit zu einem späteren Zeitpunkt sind damit oft ausgeschlossen. Demgegenüber bietet das vorgeschlagene Werkzeug eine Möglichkeit, diese Information festzuhalten, zu ordnen und den Mitgliedern des Entwicklungsteams bei Bedarf

und in einer geeigneten Form und Auswahl verfügbar zu machen.

## Literatur

- Brusilovsky, P. (1998): Methods and Techniques for Adaptive Hypermedia. In: Brusilovsky, P.; Kobsa, A.; Vassileva, J. (Eds.): Adaptive Hypertext and Hypermedia. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, pp. 1-43
- Brusilovsky, P.; Schwarz, E.; Weber, G. (1996): ELM-Art: An Intelligent Tutoring System on the World Wide Web. In: Proceedings of ITS '96, pp. 261-269
- Calvi, L. (1997): Navigation and Disorientation: A Case Study. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia. Vol. 6 (3/4), pp. 305-320
- Calvi, L.; DeBra, P. (1997): Improving the Usability of Hypertext Courseware through Adaptive Linking. In: Proceedings of the 8<sup>th</sup> ACM Conference on Hypertext. HYPERTEXT '97. Southampton, UK, April 1997, pp. 224-225
- De la Teja, I.; Longpré, A.; Paquette, G. (2000): Desinging Adaptable Learning Environments for the Web: A Case Study. In: Proceedings of ED-MEDIA 2000. World Conference on Educational Hypermedia, Multimedia and Telecommunications. 26<sup>th</sup> June – 1<sup>st</sup> July 2000. Montréal, Canada. AACE: Association for the Advancement of Computing in Education, pp. 243-248
- Hacker, W. (1978): Allgemeine Arbeits- und Ingenieurspsychologie. 2. Auflage. Schriften zur Arbeitspsychologie, Band 20. Bern: Huber
- Hartwig, R.; Kritzenberger, H.; Herczeg, M. (2000): Course Production Applying Object Oriented Software Engineering Techniques. In: Proceedings of ED-MEDIA 2000. World Conference on Educational Hypermedia, Multimedia and Telecommunications. 26<sup>th</sup> June – 1<sup>st</sup> July 2000. Montréal, Canada. AACE: Association for the Advancement of Computing in Education, pp. 1627-1628
- Herczeg, M. (1994): Software-Ergonomie. Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation. Addison-Wesley-Longman and Oldenbourg-Verlag
- Herczeg, M. (1997): Prospektive Gestaltung von neuen Lehr- und Lernsystemen im Kontext einer virtuellen Hochschule. Eingeladener Vortrag zum Symposium der „Virtuellen Fachhochschule“ am 16. Juni 1997 in Lübeck.
- Herczeg, M. (1999): A Task Analysis Framework for Management Systems and Decision Support Systems. In: Proceedings of AoM/IaoM. 17. International Conference on Computer Science. San Diego, California, 6<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup> August 1999, pp. 29-34
- Kritzenberger, H.; Herczeg, M. (2000): Completing Design Concepts for Lifelong Learning. In: Proceedings of ED-MEDIA 2000. World Conference on Educational Hypermedia, Multimedia and Telecommunications. 26<sup>th</sup> June – 1<sup>st</sup> July 2000. Montréal, Canada. AACE: Association for the Advancement of Computing in Education, pp. 1374-1375
- Kutsche, Oliver (2000): Proof-of-concept der datenbank- und web-basierten Unterstützung von Entwicklungsprozessen für einen Prototypen. Studienarbeit, Informatik, Medizinische Universität zu Lübeck, August 2000
- McCalla, G. (1992): The search for adaptability, flexibility, and individualization: Approaches to curriculum in intelligent tutoring systems. In: Jones, M.; Winne, P. (Eds.): Adaptive learning environments: Foundations and frontiers. Berlin: Springer-Verlag, pp. 91ff
- Nikolova, I.; Collis, B. (1997): Flexible Learning and Design of Instruction. Available on-line: [http://193.68.242.15/122/~iliana/TDO/TDO97/CRS\\_MATERIAL/PEG\\_PAPER.HTM](http://193.68.242.15/122/~iliana/TDO/TDO97/CRS_MATERIAL/PEG_PAPER.HTM)
- Ulich, E. (1994): Arbeitspsychologie. Dritte, überarbeitete Auflage. Zürich: Vdf-Hochschulverlag und Stuttgart: Schäffer-Poeschel
- Woolf, B. (1992): Towards a computational model of tutoring. In: Jones, M.; Winne, P. (Eds.): Adaptive learning environments: Foundations and frontiers. Berlin: Springer-Verlag, pp. 209-232