



lange Forschung und Entwicklung haben zu effizienten Mechanismen der Gestaltung von Rechensystemen geführt, die durchaus auf die Lehre übertragbar sind:

- Der Aufbau moderner Rechnerkomponenten folgt einem strukturierten, streng modularen Prinzip. Es existieren standardisierte Schnittstellen, die die Austauschbarkeit und Interoperabilität der Module sichern. Etablierte Designmuster für bestimmte Typen von Komponenten – wie fest verdrahtete oder rekonfigurierbare Hardware – führen zu einer hohen Effizienz der entstehenden Architektur.
- Die Entwurfsmechanismen weisen ebenfalls einen hohen Strukturierungsgrad auf. Durch den Einsatz von Hardwarebeschreibungssprachen wird ein hohes Abstraktionsniveau, unabhängig von der schließlich zu Grunde gelegten Technologie, möglich. Verschiedene Sichtweisen erlauben darüber hinaus beispielsweise die getrennte Spezifikation von Struktur und Verhalten einer Komponente.
- Letztlich ermöglichen verschiedene Realisierungsformen einen zielgerichteten Einsatz der entworfenen Hardware. So kann eine Simulation des Verhaltens für weitere Optimierungen herangezogen werden. Die Synthese der Komponenten kann temporär in einem programmierbaren Logikbaustein oder fest als Platinenlayout erfolgen – je nach Einsatzzweck.

Analog zu diesen drei Ebenen der Strukturierung, besteht ein innovatives eLearning-Konzept aus einem strukturierten Aufbau der Materialien, einem strukturierten Entwurfs-, Verwaltungs- und Nutzungskonzept sowie strukturierten Einsatzszenarien. Der Beitrag geht im Folgenden detailliert auf diese Ebenen des strukturierten Lehrens und Lernens ein. Zuvor wird motiviert, warum die Technische Informatik auch aus inhaltlicher Sicht für

das eLearning hervorragend geeignet ist.

Bei aller Euphorie soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die vollständige Virtualisierung des Lernprozesses nur in Ausnahmefällen angebracht ist. Der nur in Präsenzveranstaltungen mögliche direkte menschliche Kontakt stellt einen nicht zu unterschätzenden Qualitätsfaktor dar, der entscheidend zum Lernerfolg beiträgt.

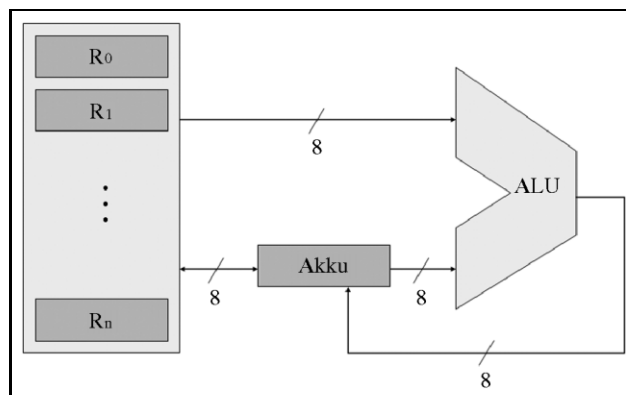
## 2 Besonderheiten der Technischen Informatik

Gerade das Fachgebiet Technische Informatik ist hervorragend für innovative Ansätze des eLearning geeignet. Die Kombination beständiger Grundlagenthemen mit aktuellen Einflüssen aus Industrie und Forschung führt zu einer ausgewogenen Mischung von über längere Zeiträume hinweg gültigem Lehrstoff mit individuellen Aktualisie-

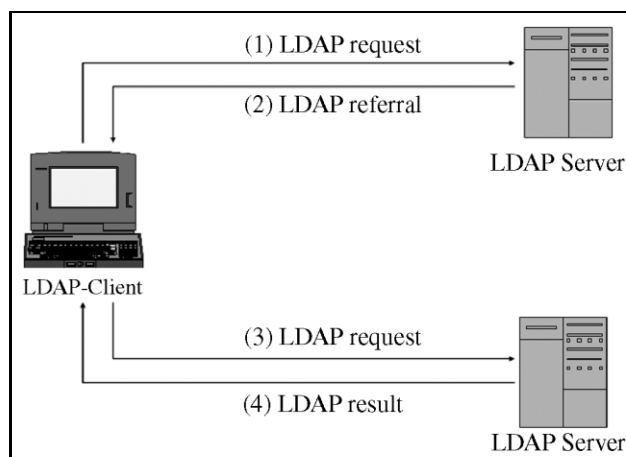
rungen. Die aufwändige Erstellung von multimedialem Lehr- und Lernmaterial kann sich so über eine größere Zeitspanne amortisieren als in vergleichsweise kurzlebigen Fachgebieten und weist zugleich eine hohe Praxisrelevanz auf.

Die Themen der Technischen Informatik sind darüber hinaus aufgrund ihrer Natur besonders gut schematisch visualisierbar. Sinnvolle Ansatzpunkte für eine multimediale Unterstützung sind insbesondere Darstellungen des Aufbaus von Rechnerkomponenten sowie der Abläufe in Rechensystemen, wie in Bild 1 und 2 gezeigt.

Ausgewählte Aspekte bzw. Vorgänge innerhalb eines Rechnersystems können schließlich mit Hilfe von Simulatoren oder rechnergestützten Experimenten für die Studenten intensiv erfahrbar gemacht werden, wie in Bild 3 und 4 dargestellt. Der interaktive, häufig spielerische Umgang mit dem

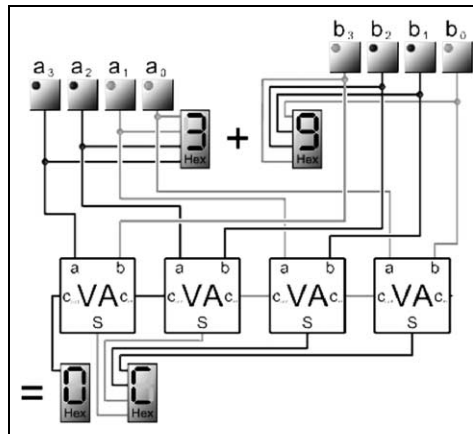


**Bild 1** Schematische Darstellung des Aufbaus einer 8-Bit Register-ALU.

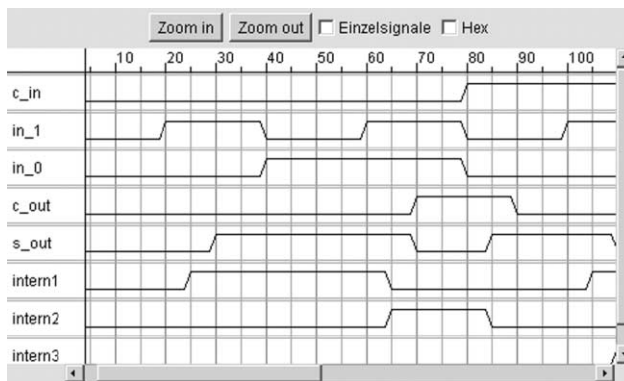


**Bild 2** Visualisierung des Ablaufs einer zweistufigen LDAP-Anfrage.

**Bild 3** Interaktive Konstruktion und Simulation digitaler Schaltungen mit LogiFlash (entwickelt durch die Universität Frankfurt a.M.). Die Lernenden können nicht nur Eingänge setzen und die Auswertung der Signale verfolgen, sondern beliebige Schaltungselemente frei platzieren und verdrahten.



**Bild 4** Simulation der Signalverläufe einer digitalen Schaltung. Beliebige Signale einer simulierten Schaltung können wie mit einem Oszilloskop abgegriffen und ihr zeitlicher Ablauf beim Anlegen eines Textmusters beobachtet werden.



Thema in einem selbst gesteuerten Lernprozess (exploratives Lernen) führt nachweislich zu einer tieferen Durchdringung des Lehrstoffs als bei der passiven Konsumierung von Faktenwissen. Insbesondere die selbstständige Konstruktion eigener virtueller Objekte geht weit über die reine Modifikation von (Darstellungs- und Verhaltens-) Parametern hinaus. Noch dazu bieten rechnergestützte Methoden für einzelne Fachgebiete (wie z.B. Architektur oder Medizin) hier das unschätzbare Potenzial eines quasi unzerstörbaren Testfelds – im Unterschied zu vergleichbaren realen Objekten. So können durch den praktischen Lebensweltbezug wertvolle Handlungskompetenzen erworben werden.

Im Fachgebiet Technische Informatik ist zudem der Computer nicht nur ein Hilfsmittel für den Lernprozess, sondern selbst der Gegenstand der Betrachtung. So kann es den Studenten z.B. in rechnergestützten (Fern-) Experimenten ermöglicht

werden, in einem real existierenden System zur Laufzeit Beobachtungen und Versuche durchzuführen. Dies geht weit über die Möglichkeiten anderer Fachgebiete hinaus.

Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Faktor ist das technische Verständnis der Lehrenden. Während in Fachgebieten mit geringer technischer Affinität mangelnde Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit dem Computer oft eine beachtliche Hemmschwelle darstellen, können in der Informatik vergleichsweise schnell multimediale Lehr- und Lernmaterialien realisiert werden.

## 3 Innovative Lehr- und Lernkonzepte

### 3.1 Aktuelle Entwicklungen

In den vergangenen Jahren sind zahlreiche hochqualitative eLearning-Angebote aus dem BMBF-Programm „Neue Medien in der Bildung“ (NMB) hervorgegangen [1]. Die technischen Disziplinen hatten mit fast 50% einen

großen Anteil an den insgesamt über 100 geförderten Vorhaben [8]. Für den Bereich Technische Informatik sind vor allem drei Vorhaben relevant:

- Das Projekt „*Rechnerarchitektur Visualisierung*“ (RaVi) aus dem SIMBA-Verbund liefert eine Reihe von feingranularen, interaktiven Multimedia-Objekten zu ausgewählten Themen der Rechnerarchitektur. Damit können dynamische Abläufe in Rechensystemen für die Lernenden leichter verständlich gemacht werden. Es wurde eine objektorientierte Realisierung auf Basis von Java gewählt. (<http://ls12-www.cs.uni-dortmund.de/ravi/>)
- Im „*Universitären Lehrverbund Informatik*“ (ULI) wurden ausgewählte Lehrveranstaltungen, u. a. auch aus der Technischen Informatik, für die virtuelle Lehre aufbereitet. Neben herkömmlichen Unterlagen können damit auch Vorlesungsmitschnitte über das Netz zur Verfügung gestellt werden. Technische Basis ist das Verfahren „*Authoring on the Fly*“ (AOF). (<http://www.uli-campus.de/>)
- Im Verbundprojekt „*Wissenswerkstatt Rechensysteme*“ (WWR) ist multimediales Lehr- und Lernmaterial auf Basis eines mehrdimensionalen Modells entstanden, mit dem das Fachgebiet Technische Informatik weitgehend abgedeckt wird. Das Material wurde auf hohem Abstraktionsniveau mit Hilfe einer XML-basierten Dokumenten-Beschreibungssprache erstellt. Begleitend wurden zahlreiche Werkzeuge entwickelt. (<http://www.wwr-project.de/>)

Generell ist ein zunehmender Trend zur Nutzung von XML zu verzeichnen; im NMB-Programm waren dies immerhin bereits 26% aller Projekte [8]. Zum einen resultiert dies aus dem mit der textuellen Beschreibung verbundenen geringen Datenaufkommen, das im Gegen-

satz zu binär codierten Formaten auch über einen schmalbandigen Internetanschluss übertragbar ist. Zum anderen bietet eine abstrakte Beschreibung in XML eine hohe Flexibilität bei der gestalterischen Aufbereitung. Darüber hinaus kann XML sehr gut automatisch verarbeitet werden. Ein weiterer Vorteil einer XML-basierten Auszeichnung auch von nicht-textuellen Objekten ist, dass textbasierte Suchmechanismen innerhalb dieser Objekte ansetzen können. Die Anwendungsmöglichkeiten für XML reichen dabei von Metadaten über didaktische Modelle bis hin zum Kursmaterial selbst; eine zunehmende Zahl von Werkzeugen unterstützt inzwischen das XML-Format [6].

Die durch XML erreichbare Flexibilität trägt wesentlich zur Wiederverwendbarkeit des Materials bei. Weitere wichtige Kriterien hierfür sind eine konsequente Modularisierung mit möglichst geringer Kontextspezifität der Module sowie deren Beschreibung mit aussagekräftigen Metadaten. Modularität, Flexibilität und Metadaten sind Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche Identifikation und Komposition von Modulen bei der Zusammenstellung von individuellem Kursmaterial, das wiederum entscheidend ist für die erfolgreiche Gestaltung von Lernarrangements.

Die folgenden Abschnitte beschreiben exemplarisch die Vorgehensweisen zur Strukturierung des Lehr- und Lernprozesses am Beispiel des Projekts WWR.

### 3.2 Strukturierung des Materials

Neben dem physischen Aspekt der Modularisierung bildet vor allem die strukturierte Beschreibung des Inhalts eines Moduls die Grundlage für dessen effiziente Verarbeitung und Nutzung. Nur eine semantisch motivierte Auszeichnung aller Bestandteile eines Dokuments (unabhängig von ihren gestalterischen Eigenschaften) erlaubt es, diese Bestandteile in automatisierten Verfahren zu identifizieren, zu transformieren oder zu interpretieren.

Gerade die getrennte Beschreibung von abstrakter Struktur, konkreten Inhalten und darauf anwendbaren Layouts, wie sie durch die XML-Technologie forciert wird, führt zu einer hohen Flexibilität und damit Wiederverwendbarkeit des resultierenden Materials. Im Umfeld des eLearning kommt zu den drei genannten ein weiterer Aspekt hinzu: die Didaktik. Durch eine von den Lehr- bzw. Lerninhalten getrennte didaktische Beschreibung wird ein Modul für verschiedene Szenarien verwendbar, sei es die streng lineare klassische Präsenzlehre, die hierarchische Gliederung eines Buches oder die vielfältige Vernetzung hypertextueller Online-Medien.

Eine derartig modulare, funktional getrennte Modellierung von Lehr- und Lernmaterialien lässt sich aus inhaltlicher Sicht nochmals präzisieren. In der „Wissenswerkstatt Rechensysteme“ wurde hierfür ein innovatives mehrdimensionales Modell entwickelt, durch das neben der Trennung von Inhalt, Layout und Didaktik jedes Modul zusätzlich in den Dimensionen Intensität, Zielgruppe und Ausgabemedium skalierbar ist [5]. Die Dimensionen und ihre Wertebereiche sind in Bild 5 dargestellt.

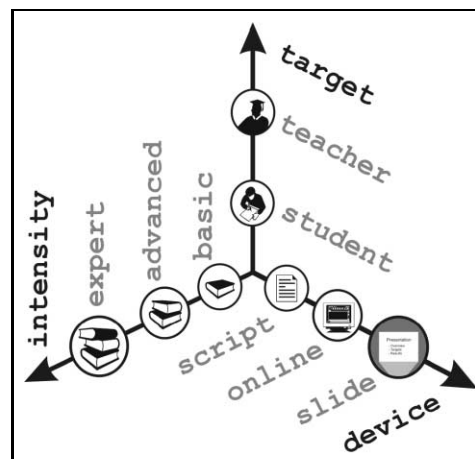
Hinsichtlich der Intensität bzw. des Schwierigkeitsgrades können die Elemente eines Moduls als für die Grundlagen-, Aufbau- und/oder Vertiefungsausbildung einsetzbar gekennzeichnet werden. Um verschiedene Zielgruppen zu berücksichtigen, können einzelne Elemente

speziell für Lernende und andere für Lehrende konzipiert werden. Schließlich ist jedes Modul als Foliensatz, druckbares Manuskript oder Online-Version erhältlich, wobei z. B. anstelle von Videos in der Print-Version alternative statische Grafiken verwendet werden. Durch Kombination aller Werte für die drei Dimensionen ergeben sich somit insgesamt 18 verschiedene Ausprägungen für jedes Modul. Je nach konkreter Wahl der Parameter werden das Modul bzw. dessen Elemente in die gewünschte Form transformiert. Ein Beispiel für die Online-Version zeigt Bild 6.

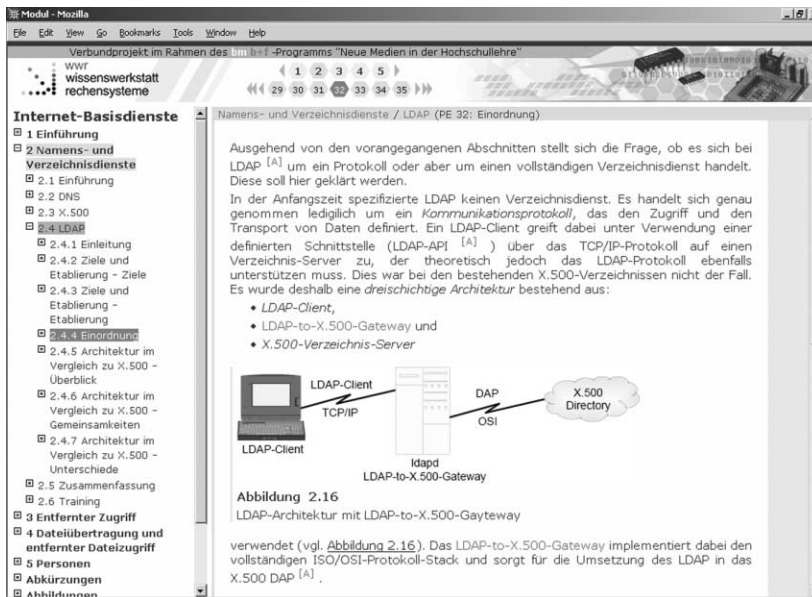
Dieses hohe Maß an Flexibilität sichert die vielfältige Wiederverwendbarkeit des Materials, da jeder Nutzer die von ihm ausgewählten Module individuell an die Erfordernisse des jeweiligen Einsatzszenarios anpassen kann. Gleichzeitig wird durch abstrakte Auszeichnung der Inhalte ein hoher Grad an Strukturierung erreicht.

Das Modell wurde in der XML-basierten Sprache <ML><sup>3</sup> (*Multidimensional Learning Objects and Modular Lectures Markup Language*) implementiert, die Grundlage für alle im Projekt WWR entstandenen Module ist. Sie greift grundsätzlich auf etablierte Mechanismen bestehender Markup-Sprachen für das eLearning zurück:

- hierarchische Untergliederung des Materials (verschachtelte <paragraph>-Elemente)



**Bild 5** Mehrdimensionales Modell für Lehr- und Lernmaterial. Alle Materialien sind „auf Knopfdruck“ für verschiedene Zielgruppen, Intensitäten und Ausgabemedien konfigurierbar.



**Bild 6** Einführung in LDAP aus einem <ML><sup>3</sup>-Modul zum Thema Internet-Basisdienste. In der Online-Version werden u. a. Hyperlinks, Navigationselemente und Verzeichnisse automatisch erstellt.

- didaktisch motivierte Definition von Lernschritten, Lernzielen usw.
- logische anstelle von physischer Auszeichnung (z. B. <empha-size> statt <bold>)
- Integration von externen Medienobjekten in verschiedensten Formaten (png, gif, jpg, svg, avi, mpg, wav, flash, java, usw.)
- Selbsttestaufgaben verschiedenen Typs (yes/no, multiple choice, fill blank, image choice, drag&drop, essay).

Zu den Besonderheiten der Sprache zählt vor allem die mehrdimensionale Inhaltsbeschreibung. Für jedes Element kann sein Gültigkeitsbereich in den Dimensionen Intensität, Zielgruppe und Ausgabemedium angegeben werden. Dies erfolgt durch eine geeignete Attributierung. So geschieht die Spezifikation der Intensität in der Praxis häufig auf der Ebene von Kapiteln oder Abschnitten, wie das folgende Beispiel zeigt:

```
<paragraph
intensity=“advanced“>
```

Auf analoge Weise können die Elemente verschiedenen Ausgabe-medien zugeordnet sein. Einfache

Medienobjekte finden häufig in jeder Ausprägung Anwendung, während textuelle Elemente für Folien in Stichpunkten, ansonsten jedoch in vollständigen Sätzen formuliert werden. Für dynamische Medienobjekte (interaktive Elemente, Animationen, Videos usw.) sind geeignete Alternativen bei der statischen Ausgabe zu spezifizieren:

```
<video uri=“test.avi“>
<image seq>
<image uri=“test1.gif“>
<image uri=“test2.gif“>
</image seq>
</video>
```

In gleicher Weise werden die Elemente Zielgruppen zugeordnet. Einzelne Bestandteile sind implizit nur für eine Zielgruppe bestimmt, wie z. B. Musterlösungen für die Lehrenden.

Eine weitere Besonderheit stellt die XML-basierte Anbindung von externen Experimenten dar, die u. a. einen Datenaustausch zwischen Lernmodul und Experiment und damit eine enge Verzahnung des Lehrstoffs mit dessen praktischer Anwendung erlaubt [3].

Eine Reihe von Verzeichnissen (Literatur, Abbildungen, Tabellen, Glossar) rundet die inhaltliche Be-

schreibung der WWR-Module ab. Sie werden jedoch nicht manuell erstellt, sondern bei der Transformation der Module in die gewünschte Ausprägung automatisch – ggf. unter Zugriff auf zentrale Datenbanken – generiert. Dies stellt eine konsistente Darstellung trotz der großen Zahl beteiligter Autoren und Datenquellen sicher.

Aufgrund des strukturierten Konzepts können so (wie auch beim Entwurf von Rechensystemen z. B. mit VHDL) Komponenten verschiedener Art und Herkunft abstrakt beschrieben und zu einem heterogenen System kombiniert werden. Alle Komponenten sind schließlich bedarfsgerecht konfigurierbar.

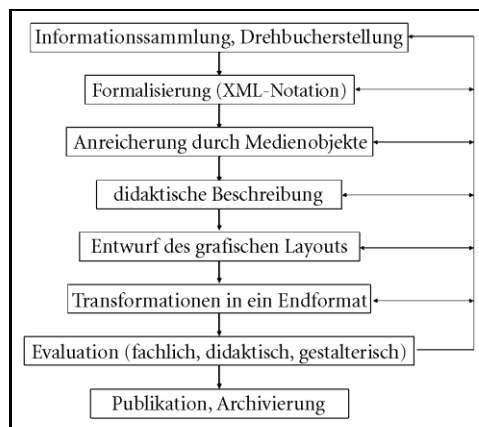
### 3.3 Strukturierte Dokumentenverarbeitung

Die Strukturierung betrifft nicht nur die Dokumente selbst, sondern auch die darauf aufbauenden Verfahrensweisen ihrer Erstellung, Verwaltung und Nutzung, die dadurch vereinfacht und optimiert werden. Bei der Erstellung von XML-basiertem Lehr- und Lernmaterial werden mehrere Phasen durchlaufen; z. T. in anderer Reihenfolge bzw. unter Wiederholung oder Auslassung einzelner Schritte [4]. Diese Phasen sind in Bild 7 skizziert.

Das hierbei involvierte Nutzerspektrum reicht von Experten des betreffenden Fachgebiets über XML-, Multimedia- und Grafik-Experten bis hin zu Didaktik-Experten bzw. Pädagogen, wobei meist der Fachexperte den Prozess leitet. Dabei kann eine Person z. T. verschiedene Rollen einnehmen. Jedoch ist das Rollenmodell weitest möglich einzuhalten, denn häufig ist z. B. ein XML-Spezialist mit der inhaltlichen Formulierung überfordert, ebenso wie der Fachexperte mit der grafischen Gestaltung.

Die zur Erstellung nativer XML-Dokumente benötigten Kenntnisse können nur bei einem XML-Experten vorausgesetzt werden. Bei Fachexperten aus dem technischen Bereich geht man von einem noch

**Bild 7** Ein Modell für den Lebenszyklus (strukturierter) Dokumente. Am Erstellungsprozess sind verschiedene Fachexperten in mehreren, aufeinander abzustimmenden Arbeitsschritten beteiligt.



vertretbaren Einarbeitungsaufwand aus. Darüber hinaus wird jedoch eine Unterstützung durch Werkzeuge auf einem höheren Abstraktionsniveau benötigt.

Basierend auf der Strukturierung von Prozessen der Materialerstellung, -verwaltung und -publikation in einem Workflow müssen auch die eingesetzten Werkzeuge einer durchgängigen Methodik folgen, den Anwender bei der Umsetzung dieser Konzepte unterstützen und dabei interoperabel zueinander sowie zu anderen Applikationen und Infrastrukturen sein. Im WWR-Projekt wurde begleitend zur Inhaltserstellung eine Reihe von

Werkzeugen entwickelt, die sämtliche Phasen der Modulbearbeitung vom Authoring über Transformation und Managementprozesse bis hin zur Nutzung der Module umfassen [9]. So wurden z. B. herkömmliche Office-Programme – wie MS Office, OpenOffice.org und Adobe FrameMaker (siehe Bild 8) – erfolgreich für die Erstellung von <ML><sup>3</sup>-Modulen erweitert.

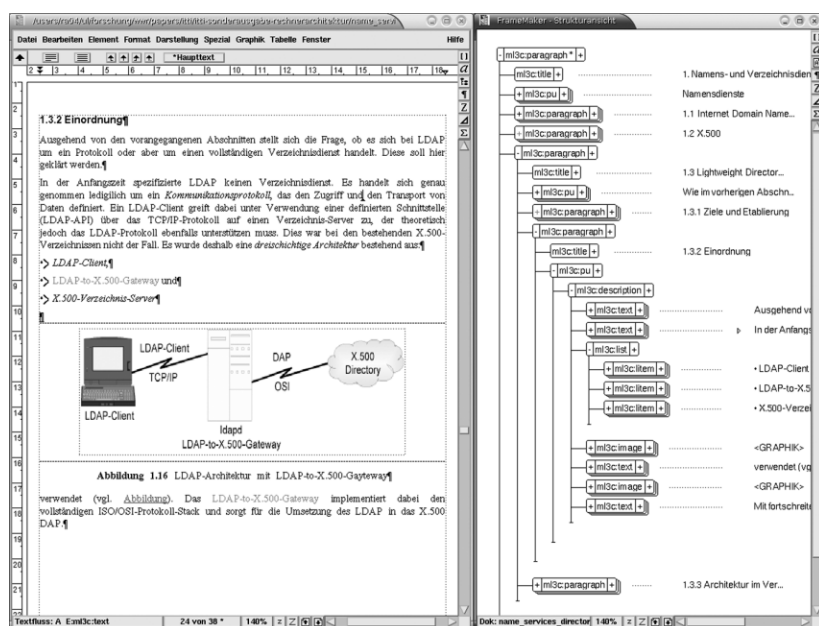
Darüber hinaus sind zahlreiche Import- und Exportfilter entwickelt worden, die zumeist auf Stylesheet-Transformationen basieren, partiell aber auch OLE-Automatismen oder Heuristiken nutzen. Bestehendes Lehr- und Lernmaterial in

gängigen Formaten (z. B. LaTeX, MS Word, MS PowerPoint oder andere XML-Sprachen) kann so wiederverwendet werden. Ebenso ist die Erzeugung konventioneller Dokumente (z. B. in HTML, PDF oder MS PowerPoint) aus der XML-Beschreibung möglich.

Ziel ist allerdings ein Einsatz der Module auf Basis des XML-Formats, da nur so das volle Potenzial der mehrdimensionalen Beschreibung genutzt werden kann. Bestehende Lehr- und Lernumgebungen sind jedoch nicht für die Verwaltung und Darstellung von Dokumenten in spezifischen XML-Dialekten konzipiert. Daher wurden im WWR-Projekt zwei Ansätze zur Integration verfolgt:

- Die XML-spezifische Funktionalität kann aus der Lernplattform ausgelagert und an zentraler Stelle bereitgestellt werden. So können z. B. Dienste zur Verwaltung und Transformation der Module durch einen zentralen Server als *Web Service* angeboten und von verschiedenen Applikationen in transparenter Weise integriert werden. Dies wurde exemplarisch für das Kursmanagementsystem Stud.IP realisiert.
- Die Lerninhalte können über ein standardisiertes Datenformat gekapselt und so für verschiedene Lernplattformen angeboten werden. Durch Erzeugung von *SCORM-Paketen* konnten auf diese Weise erfolgreich Ilias und Clix Campus für eine Nutzung erschlossen werden.

Als Ergebnis ist ein umfangreiches Framework aus strukturierten Modulen und Werkzeugen verfügbar, mit dessen Hilfe Kursmaterialien produziert, generiert bzw. individualisiert werden können. Um die Analogie zum Hardware-Design wieder aufzugreifen, wäre dieses Szenario mit einer Entwurfsumgebung für Rechnerkomponenten vergleichbar. Auch dort existieren umfangreiche Bibliotheken und struk-



**Bild 8** Entwicklung des in Bild 6 vorgestellten <ML><sup>3</sup>-Moduls mit der strukturierten FrameMaker-Anwendung.

turierte Werkzeuge für Design, Synthese und Verifikation von Hardware, die den komplexen Prozess auf einem hohen Abstraktionsniveau unterstützen.

### 3.4 Structured Blended Learning

Ziel des Entwurfs von Hardware-Komponenten ist deren praktische Umsetzung – sei es in virtueller Form als Simulation oder real im Rahmen der Synthese. Auch die der Aus- bzw. Weiterbildung (ob traditionell oder virtuell) zugrunde liegenden didaktischen Methoden müssen an den jeweiligen Einsatzzweck angepasst sein. Sie sollten sowohl dem Lehrenden als auch dem Lernenden genügend Freiheiten, aber auch Orientierungsmöglichkeiten und Regeln bieten. Im Blended Learning ist beispielsweise eine Strukturierung in folgende Phasen möglich [7]:

- In der *Präphase* wird durch individuellen (Fern-) Zugriff auf eLearning-Materialien eine Homogenisierung der Kenntnisse der Studierenden bereits vor Beginn einer Veranstaltung angestrebt. Durch selektive Bearbeitung können individuelle Defizite erkannt und beseitigt werden.
- Die *Präsenzphase* dient der Vermittlung von theoretischem Wissen (zumeist im klassischen Vorlesungsbetrieb), das durch praktische Beispiele und Übungen bereichert wird. Durch Rechnerunterstützung kann auch die Präsenzphase noch effizienter und flexibler gestaltet werden.
- In der *Postphase* stehen die praktische Anwendung und Vertiefung des Wissens im Vordergrund. Dabei wird auf das orts- und zeitunabhängige Lernen fokussiert. Der Lehrende tritt in die Rolle eines Begleiters zurück, steht jedoch für Fragen und Probleme zur Verfügung.

Die Überführung dieses Dreiphasen-Modells in die Praxis baut auf das Vorhandensein strukturier-

ter Materialien und Werkzeuge auf. Nur wenn die Lehrenden individuell aus einer großen Zahl hochqualitativer Module zu den betreffenden Themen wählen und diese jeweils entsprechend ihren konkreten Anforderungen für die virtuelle Lehre (als Online-Modul) oder die Präsenzlehre (als Foliensatz und Manuskript) konfigurieren, homogenisieren und kombinieren können, kann das eLearning zu einer Optimierung des Lehr- und Lernprozesses sowie zu einer Steigerung der Lernerfolge beitragen.

### 4 Ein Blick in die Zukunft

Der Artikel beschreibt aktuelle eLearning-Angebote für die Technische Informatik und demonstriert exemplarisch, wie bewährte Mechanismen des Hardware-Entwurfs auch im eLearning Anwendung finden. Durch Strukturierung von Materialien, Verfahren und Werkzeugen sowie Einsatzszenarien ist eine deutliche Effizienzsteigerung erreichbar: strukturiertes XML-basiertes Material weist eine hohe Flexibilität auf; strukturierte Entwurfsprozesse und -werkzeuge reduzieren den Aufwand bei der Materialerstellung; strukturierte Nutzungsformen transformieren dies alles in praktische (Lern-) Erfolge.

Eine zusätzliche Unterstützung für Lernende und Lehrende bieten neuartige Verfahren der automatischen Generierung nutzerdefinierter Manuskripte. Durch intelligente Auswahl und Konfiguration von Modulen wird so ein *learning on demand* ermöglicht. Zusätzlich werden dabei individuelle Änderungen am vorhandenen Material nötig: zur Bildung von Brücken zwischen Modulen, zur Anpassung des Kontexts von Modulen oder zur Integration eigener Vorstellungen des Lehrenden. Neue Verfahren zur Auswahl von Modulen aus heterogenen Quellen werden benötigt, die verschiedenste Randbedingungen in eine unscharfe Suche einbeziehen können. Die Assemblierung von Modulen zu Kur-

sen kann in Analogie zu Mechanismen der Speicherallokation gesehen werden, wo mit Methoden wie best-fit, first-fit oder auch random-fit nach einer geeigneten Anordnung von Fragmenten gesucht wird.

Mit der Evolution der verwendeten Technologien erfährt auch die rechnergestützte Ausbildung eine beständige Weiterentwicklung. Nach der ersten Phase des zumeist stationären eLearnings ist dank breiter Verfügbarkeit drahtloser Kommunikation seit Ende der 90er-Jahre die Ära des mobilen Lernens (*mLearning*) präsent, die mittlerweile aufgrund der Fortschritte in Bereichen wie Ubiquitous Computing oder Ambient Intelligence zum allgegenwärtigen, alles durchdringenden *pervasive eLearning* geführt wird.

### Danksagung

Das Verbundprojekt „Wissenswerkstatt Rechensysteme“ (WWR) wurde von April 2001 bis Dezember 2004 im Programm „Neue Medien in der Bildung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Mit 15 Partnern aus dem gesamten Bundesgebiet und über 40 beteiligten Wissenschaftlern zählte der Verbund zu den größten dieser Projekte. Neben der Universität Rostock, die das Projekt koordinierte, waren folgende weitere Hochschulen an den Entwicklungen von Inhalten und Werkzeugen beteiligt: FH Wiesbaden, TUs Chemnitz, Darmstadt und München, UniBw Hamburg, Unis Bayreuth, Frankfurt, Hannover, Karlsruhe, Lübeck und Passau. Einige der vorgestellten Ergebnisse sind an diesen Hochschulen entstanden. Ohne ihr aktives Engagement wäre das Projekt in dieser Form nicht realisierbar gewesen. Darüber hinaus stellten die Fachgesellschaften GI und ITG sowie die Siemens AG wertvolle Partner des Verbunds dar. An dieser Stelle gilt allen Förderern und Partnern des Verbundes unser aufrichtiger Dank.

## Literatur

- [1] *DLR-Projektträger NMB*: „Kursbuch eLearning“, Bonn / St. Augustin 2003.
- [2] *M. Kerres*: Online- und Präsenzelemente in hybriden Lernarrangements kombinieren.– In: A. Hohenstein und K. Wilbers (Hrsg.): Handbuch E-Learning. Köln 2002.
- [3] *W. Kalfa, R. Kröger, F. Köhler*: Integrating Simulators and Real-Life Experiments into an XML-based Teaching and Learning Platform.– In: Proc. of the World Conf. on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (EdMedia), Denver/Colorado/USA 2002.
- [4] *L. Kornelsen, U. Lucke, N. Ossipova, D. Tavangarian, M. Waldhauer*: Strategien und Werkzeuge zur Erstellung multimedialer Lehr- und Lernmaterialien auf Basis von XML.– In: Tagungsband zur Deutschen eLearning Fachtagung Informatik (DeLFI), Paderborn 2004.
- [5] *U. Lucke, D. Tavangarian, D. Voigt*: Multidimensional Educational Multimedia with < ML ><sup>3</sup>.– In: Proc. of the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (E-Learn), Phoenix/Arizona/USA, 2003.
- [6] *U. Lucke, A. Wiesner, H. Schmeck*: XML: Nur ein neues Schlagwort? Zum Nutzen von XML in Lehr- und Lernsystemen.– In: D. Tavangarian (Hrsg.): Internet und neue Medien in der Aus- und Weiterbildung, it+ti Nr. 4/2002.
- [7] *K. Nölting, U. Lucke, M. Waldhauer, D. Tavangarian*: Ein strukturiertes Modell für Mobile Blended Learning.– In: Tagungsband zur GI-Jahrestagung, Ulm 2004.
- [8] *U. Rinn, K. Bett, J. Wedekind, P. Zentel, D. Meister, F. Hesse*: Virtuelle Lehre an deutschen Hochschulen im Verbund (Teil 1). Tübingen 2003.
- [9] *D. Tavangarian, U. Lucke (Hrsg.)*: Structured eLearning: Wissenswerkstatt Rechensysteme. Tagungsband zum Workshop, Rostock 2004.



1



2



3

**1 Dipl.-Inf. Ulrike Lucke** ist als wissenschaftliche Assistentin am Lehrstuhl für Rechnerarchitektur der Universität Rostock tätig und unterstützt diesen bei vielfältigen Aufgaben in Lehre und Forschung.

Sie ist dort für den Bereich verteilter Architekturen und Werkzeuge für das eLearning verantwortlich.

Adresse: Universität Rostock, Institut für Informatik, Lehrstuhl Rechnerarchitektur, Albert-Einstein-Str. 21, 18059 Rostock, E-Mail: ul@informatik.uni-rostock.de

**2 Dr.-phil. Kristin Nölting** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Rechnerarchitektur der Universität Rostock. Zu ihren Arbeits- und Forschungsgebieten gehören Lehren und Lernen mit neuen Medien (eLearning, Mobile Learning) sowie Mediensoziologie.

Adresse: Universität Rostock, Institut für Informatik, Lehrstuhl Rechnerarchitektur, Albert-Einstein-Straße 21, 18059 Rostock, E-Mail: noelting@informatik.uni-rostock.de

**3 Prof. Dr.-Ing. habil. Djamshid Tavangarian** ist Leiter der Arbeitsgruppe Technische Informatik am Institut für Informatik der Universität Rostock, wo er den Lehrstuhl Rechnerarchitektur inne hat. Seine aktuellen Forschungsaktivitäten konzentrieren sich auf drahtlose Kommunikationsnetze, Architekturen für Local- und Wide-Area Computing sowie für rechnergestützte Lehr- und Lernformen.

Adresse: Universität Rostock, Institut für Informatik, Lehrstuhl Rechnerarchitektur, Albert-Einstein-Str. 21, 18059 Rostock, Tel.: +49 (0)381 498-7520, Fax: +49 (0)381 498-7522, E-Mail: tav@informatik.uni-rostock.de