

# “Next Generation” in der eLearning Technologie: Wandel am Beispiel des Virtuellen Wissensraum “Mumie”

Dominik Eberlein

TU München  
eberlein@ma.tum.de

Volker Enss

RWHT Aachen  
enss@rwth-aachen.de

Sabina Jeschke

TU Berlin  
sabina@math.tu-berlin.de

Ruedi Seiler

TU Berlin  
seiler@math.tu-berlin.de

Peter Vachenaue

TU München  
vach@ma.tum.de

## Abstract:

*Neue Medien und Neue Technologien haben die Lehre massiv verändert, und wir stehen heute erst am Beginn dieser Veränderungen. Viele Ansätze der derzeitigen Einsätze und Szenarien werden jedoch den Potenzialen von eLearning und eTeaching nicht gerecht. Als Hauptursache hierfür ist zu sehen, dass sich das traditionelle Modell des eLearning (“First Generation in eLearning Technology”) hauptsächlich auf die Erstellung und Distribution von Dokumenten reduziert und demzufolge eher den Prozess der Studienorganisation verändert und weniger den eigentlichen Lernprozess revolutioniert. Dem stellen wir neue Perspektiven gegenüber (“Next Generation in eLearning Technology”) und verdeutlichen anhand ausgewählter Aspekte der Lernumgebung “Mumie”, wie entsprechende Ansätze gestaltet sein können, um das Potenzial digitaler Medien auszuschöpfen. Wir schließen mit einer Zusammenfassung der notwendigen Veränderungen in Konzeption und Design multimedialer Lern- und Forschungsumgebungen, die den Wandel von “First” zu “Next Generation-Umgebungen” in eLearning, eTeaching und eResearch (eLTR) charakterisieren.*

## 1 Einleitung

Fragt man nach den Gründen für die Einführung neuer Medien in der Bildung, so erscheint die Antwort klar: Neue Medien erleichtern das Lernen und Lehren durch eine bessere Lernmotivation, sie ermöglichen neue didaktische Modelle und führen schließlich zu besseren Lernergebnissen [Ker03]. Hakt man nach und untersucht, worauf sich diese Hoffnungen eigentlich stützen, so fallen – neben dem offensichtlichen Vorteil der Zeit- und Ortsunabhängigkeit – Schlagworte wie Interaktivität, Interoperabilität, Wiederbenutzbarkeit, Flexibilität der Inhaltskomponenten und User-Adaptivität. Eher inhaltlich orientierte Potenziale der digitalen Medien werden in der Fähigkeit zu Visualisierung, Modellierung und experimentellen Zugang zu Wissen sowie der Realisierung neuartiger Formen der Kommunikation und Kooperation gesehen.

Mit großer Euphorie und umfangreichen nationalen und internationalen Förderprogrammen wurde der Einsatz der Neuen Medien in den vergangenen Jahren weltweit vorangetrieben. Neue Medien werden heute in vielfältiger Weise in der Lehre eingesetzt. Dennoch: Längst nicht alle Hoffnungen haben sich erfüllt – im Gegenteil: vielerorts folgt heute der anfänglichen Begeisterung eine gewisse Desillusionierung bis hin zu einer tiefen Enttäuschung. Woran liegt das?

Zunächst einmal sind nicht alle eLTR-Entwicklungen (eLTR := eLearning, eTeaching & eResearch) als gleichermaßen zielführend zu bewerten: viele der sog. “First Generation”-Konzepte unterstützen gerade nicht den eigentlichen Lern- und Verständnisprozess; vielmehr wird der Zugriff

auf Wissensbestände mit der Aneignung von Wissen gleichgesetzt [Eng95], sog. Lehrplattformen sind vielfach lediglich fachspezifische Dokumenten-Management-Systeme, die zusätzlich bestimmte Organisationsabläufe in Ausbildungseinrichtungen unterstützen. Fehlende Granularität und statische typographische Objekte — in Kombination mit monolithischem Softwaredesign — lassen eine Realisierung selbstgesteuerten, konstruktivistischen Lernens und (Er-)Forschens nicht zu, weil die Materialien nicht für freies Interagieren und Experimentieren zur Verfügung stehen [JKS04a]. Dazu kommen unzureichende pädagogische Konzepte: so groß die Zahl an eLearning-Materialien, eLearning-Plattformen und eLearning-Initiativen auch ist, so gering sind derzeit noch wissenschaftliche gesicherte Erkenntnisse und die systematische Erforschung und Erprobung sinnvoller eLearning-Konzepte, insbesondere für einen fächerspezifischen Einsatz [JKS04b].

Die gegenwärtig bereits verwendeten eLearning Plattformen und Szenarien gehören fast ausschließlich der sog. “First Generation” an, d.h. sie dienen vor allem einer (mehr oder weniger effizienten) Verwaltung quasi-statischer (also wenig interaktiver) Dokumente. Unterstützung von Trainings- und Testszenarien ist häufig auf Multiple-Choice-Auswertungen reduziert. Dem Medium “Multi-media” angepasste, hochgradig interaktive, nicht-lineare, didaktisch hochwertige Einsatzszenarien sind nur in Ansätzen erkennbar.

**“First Generation”  
der eLearning-Technologie**

Die erste Generation der eLearning-Technologie umfasst vor allem die Bereitstellung und Verteilung von organisatorischen Informationen und statischen Lehr-Dokumenten. Klassische eLearning-Plattformen (etwa WebCT, Blackboard und Clix) sind i.w. “DocumentManagementCenter”, die zusätzlich bestimmte Organisationsaspekte in Ausbildungseinrichtungen umfassen. Es handelt sich um weitgehend geschlossene “monolithische” Software, die externe Tools, zusätzliche Software etc. nur schwer bis gar nicht integrieren kann. Fachspezifische Aspekte, die fachdidaktischen Ansätzen Rechnung tragen, werden i.a. ausgespart.

“First-Generation”-Methoden werden heute nahezu weltweit in Schulen und Universitäten eingesetzt, dabei überwiegt noch die “nicht-durchgängige” Nutzung.

**“Next Generation”  
der eLearning-Technologie**

“Next Generation” der eLearning-Technologie bezeichnet hochgradig interaktive, adaptive Lehrmaterialien, die Realisierung explorativer Lehr- und Lernszenarien, multimediale Unterstützung kommunikativer und kooperativer Lehr- und Arbeitsprozesse und die Möglichkeit zur aktiven Bearbeitung und Veränderung multimedialer Objekte (vom “statischen Objekt” zum “dynamischen Prozess”). Dabei ermöglichen integrative Technologien die Vernetzung verschiedener Einzelkomponenten zu komplexen eLearning-Netzen. “Next Generation”-Technologien sind vor allem Verbesserung und Intensivierung des eigentlichen Lernprozesses – und weniger der studienorganisatorischen Prozesse – ausgerichtet.

“Next Generation”-Systeme sind heute noch weitgehend im Prototypstadium, ihr Einsatz in der Lehre noch die Ausnahme.

Ein weiterer Aspekt bei der Beurteilung der derzeitigen eLearning-Praxis ist die vielfach fehlende Integration fachspezifischer Ansätze: Wenn wir glauben, dass es sinnvolle Fachdidaktiken und fachpädagogische Konzepte gibt, wie können wir dann auch nur ansatzweise das Modell “one (platform) serves it all” akzeptieren? Tatsächlich sind heute viele der sog. eLearning-Plattformen als “monolithische Alleskönner” konzeptioniert, die – eben wegen ihres all-integrierenden Ansatzes – nicht in der Lage sind, auf fachspezifische Aspekte und Unterschiede einzugehen. Dass bei einem solchen Vorgehen die oben skizzierten Potenziale der Neuen Medien nicht mehr ausgeschöpft werden können, liegt auf der Hand.

Die Schwächen der “First Generation” der eLearning Technologien werden immer deutlicher. Insbesondere setzt sich die Erkenntnis durch, dass mit diesen Ansätzen zwar die *Studienorganisation* effizient gestaltet werden kann, dass diese Technologie aber nicht in der Lage ist, den eigentlichen

*Lernprozess* zu unterstützen. Gleichzeitig aber wird das eigentliche Potenzial der Informations- und Kommunikationstechnologien immer deutlicher und wahrnehmbarer, erstens, weil die technischen Möglichkeiten sich weiter verbessert haben, zweitens, weil inzwischen einige Beispiele der “Next Generation” existieren, und drittens, weil inzwischen eine sehr aktive, weiter wachsende scientific community begonnen hat, die Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologien (insbesondere in Bezug auf die Unterstützung von Lernprozessen) wissenschaftlich zu untersuchen und zu untermauern.

Wir stehen heute also vor einer komplizierten, gleichwohl aber keineswegs hoffnungslosen Situation: Die Überzeugung, dass die Neuen Medien das Potenzial haben, in der Lehre eine herausragende Rolle zu spielen, darf trotz einiger Desillusionierungen bestehen bleiben. Wir müssen jedoch erkennen, dass die ersten Versuche dieser Integration noch nicht zu den gewünschten Resultaten geführt haben. Die Ansätze, über die wir heute bereits verfügen, sind vielfach nicht geeignet, unsere hohen Erwartungen hinsichtlich Verbesserung der Lehre und Intensivierung der Lehrprozesse zu realisieren. Umgekehrt sind die Technologien, die hierzu nötig wären, derzeit noch stark in der Entwicklung begriffen und von einer “Produktreife” vielfach noch weit entfernt. Zudem sind noch tiefgreifende Veränderungen in unserer Vorstellung von multimedialen Lernszenarien erforderlich, um das Potenzial der Neuen Technologien für Bildung und Ausbildung zu nutzen.

Im folgenden wollen wir einen Ansatz skizzieren, der das Ziel verfolgt, die beiden angesprochenen Aspekte – “Next Generation”-Plattform einerseits, fachspezifischer Ansatz andererseits – zusammenzubringen. Als Modell verwenden wir Konzeption und Design der Lernumgebung “Mumie” [Mum], [JOSZ00], einer auf die Vermittlung von Mathematik und Naturwissenschaften optimierten multimediale Lehr- und Lernplattform der “Next Generation”, die im Rahmen einer BMBF-Förderung als Verbundprojekt der Hochschulen TU Berlin, TU München, RWTH Aachen und Universität Potsdam entstand.

Wir skizzieren dabei zunächst die Anforderungen an eine moderne mathematische Ausbildung, die aus der Veränderung des mathematischen Kompetenzbegriffes resultiert (Kap. 2) und leiten, basierend auf diesen Anforderungen die zentrale Konzepte für die Plattform “Mumie” ab (Kap. 3). Schließlich erläutern wir den zentralen Aufbau der Plattform und die Konsequenzen für das zugehörige Softwaredesign (Kap. 4).

## 2 Anforderungen an die mathematische Ausbildung

Moderne Technologien bestimmen die weltweit rasant verlaufende Entwicklung von einer Industrie- zu einer Wissensgesellschaft. Die Mathematik unterliegt dabei besonderen Veränderungen [Jes04b]: Hochentwickelte Computeralgebra- und Softwarepakete führen in der angewandten Mathematik zu einer Revolution in der mathematischen Leistungsfähigkeit. Darüber hinaus erlaubt der Einfluss von Informations- und Kommunikationstechnologien die Erforschung der Mathematik mit Methoden, die bisher den experimentellen Wissenschaftsrichtungen vorbehalten waren, und führt auf neuartige Möglichkeiten in mathematischer Modellierung, Simulation und Visualisierung komplexer natur- und ingenieurwissenschaftlicher Abläufe.

Diese enorme Steigerung mathematischer Leistungsfähigkeit, die Erweiterung ihrer Forschungsmethodik und die Vergrößerung ihres Anwenderkreises führt zwingend auf veränderte Anforderungen an die mathematische Ausbildung:

- **Verständnisorientierung:**

Im Fokus des “neuen” mathematischen Kompetenzbegriffes steht die Entwicklung von Verständnis, Kenntnis der Zusammenhänge und eigenständiger Einsichten ([Nis02]). Zwar sind diese Kompetenzen als solche keineswegs neu, sondern haben seit jeher die Ausbildung von Mathematikern charakterisiert – neu ist aber, dass diese Kompetenzen auch für die Ausbildung von Ingenieuren und Informatikern, “Anwendern” der Mathematik also, gefordert werden müssen: der intelligente und angemessene Einsatz der neuen Werkzeuge entlastet von aufwändigen Routine-Rechnungen, erfordert jedoch eine höhere intellektuelle und mathematische Leistung.

- **Selbstständigkeit im Lernprozess:**

Durch den rasanten Wissenszuwachs insbesondere in Mathematik, Naturwissenschaften und Informationstechnologie sowie durch die Kurzlebigkeit von Wissen vieler insbesondere technikgetriebener Bereiche erweist sich das klassische “knowledge at disposal” (Lernen auf Vorrat) als alleiniges Lernmodell als nicht mehr zeitgemäß; wegen der enormen Wissensmenge auch vielfach als nicht mehr praktikabel. Lehr- und Lernmethoden und -techniken müssen auf den notwendigen Prozess des “Lebenslangen Lernens” vorbereiten und ihn langfristig unterstützen. Die Förderung von Eigeninitiative, Flexibilität und Neugierde spielt dabei eine zentrale Rolle.

- **Interdisziplinarität & “Soft Skills”:**

Schließlich nehmen interdisziplinäre Fragestellungen und Kooperationen einen immer größeren Raum ein, und damit spielen auch interdisziplinäres Kommunikationsvermögen und Teamfähigkeit eine wichtigere Rolle. Die viel zitierten “Soft skills”, neben den kommunikativen und kooperativen insbesondere Kreativität, Innovationsfähigkeit, ganzheitliches Denkvermögen und fortwährende Lernbereitschaft werden zu einer zentralen Voraussetzung erfolgreicher mathematischer Practice.

### 3 Mumie – Philosophie

Die oben skizzierte Veränderung des mathematischen Kompetenzbegriffes erfordert die Konzeption und den Einsatz von Lehr- und Lernmodellen, in denen die aktive, eigenständige Auseinandersetzung mit der Materie, die Einbettung mathematischer Modelle in ihren realen Kontext, die Unterstützung des nicht-linearen Lernprozesses und der kooperative und kommunikative Umgang im Vordergrund stehen müssen. Daraus folgen verschiedene Konsequenzen für das Gesamtdesign einer Lernplattform, die auf die folgende Ansätze führen:

- **Allgemeine Designansätze:**

- **Unterstützung der Präsenzlehre (F0):**

“Mumie” ist eine Plattform, die auf die Unterstützung der Präsenzlehre hin konzeptioniert ist (nicht auf deren “Ersatz” wie etwa im Rahmen eines Einsatzes einer reinen Virtual University oder einer Fernuniversität). Die Rolle des Lehrenden im Lernprozess wird nicht durch die Plattform kompensiert (wir wollen an dieser Stelle nicht diskutieren, ob und inwieweit das überhaupt möglich ist). Durch die Bereitstellung hochwertiger multimedialer Wissensbausteine wird der Lehrende vielmehr in die Lage versetzt, ein erhöhtes Gewicht auf die Vermittlung des eigentlichen Verständnisses sowie auf die Moderation des Unterrichts und auf die Steuerung der sozialen, kommunikativen und koordinativen Prozesse zu legen.

- **Unterstützung multipler Lernszenarien (F1):**

Mathematische Objekte und Methoden werden in individuellen Lerneinheiten mittels multimedialer Darstellungskonzepte durch Kombination von Texten mit Visualisierungen und explorativen Umgebungen präsentiert (Content-Szenario, S. 7). Diese inhaltliche Präsentation wird durch Bereiche ergänzt, in denen die eigenständige Auseinandersetzung mit mathematischen Inhalten im Vordergrund steht (Practice-Szenario, S. 7). Die Gegenstände der Mathematik werden losgelöst vom Kurs-Kontext hinsichtlich übergreifender innerfachlicher Zusammenhänge und Kontexten wie etwa historischen Abläufen etc. dargestellt (Retrieval-Szenario, S. 8).

- **Vermittlung von Problemlösungskompetenz (F2):**

Mathematische Kompetenz zeigt sich weniger in “Faktenwissen” als vielmehr in ihrer fachkundigen Anwendung, d.h. in der Fähigkeit, selbstständig Fragen und neuartige Probleme zu lösen, indem bekannte mathematische Methoden qualifiziert eingesetzt und ggf. auf neue Fragestellungen erweitert werden. Unterrichtsmodelle müssen sich von dem (ohnehin überholten) Modell des Nürnberger Trichters, in dem der Lernende auf der passiven Seite steht, befreien und einen wesentlich größeren Wert auf die eigenständige Auseinandersetzung mit der Materie legen. Diese Erkenntnis ist nicht neu – allerdings stehen mit den Neuen Me-

dien erstmals Technologien zur Verfügung, die alternative, lerner-aktive Unterrichtsmodelle deutlich unterstützen, teilweise sogar erst möglich werden lassen.

- **Fachpädagogisches Konzept:**

- **Visualisierung mathematischer Objekte und Konzepte (F3):**

Visualisierungen mathematischer Inhalte spielen eine zentrale Rolle: die Visualisierung abstrakter Sachverhalte trägt maßgeblich zu einem tieferen Verständnis mathematischer Konzepte bei. Der Einsatz von Visualisierungen ist nicht auf die bloße Verdeutlichung von mathematisch-naturwissenschaftlichen Daten und Fakten beschränkt, sondern erlaubt die Darstellung der strukturellen Eigenschaften von Objekten und Methoden. Räumliches Denkvermögen und visuelle Vorstellungskraft werden trainiert. Visualisierungen fördern insbesondere bei Anfängern die Motivation, weil sie eine *schnelle* erste Anschauung eines bis dahin unbekanntes Gegenstandes ermöglichen. Schließlich rücken mit den graphischen Darstellungen auch ästhetische Gesichtspunkte in den Vordergrund.

- **Nichtlineare Wissensrepräsentation, Visualisierung der Zusammenhänge (F4):**

Die Grundlage der Entwicklung neuer Erkenntnisse liegt weniger in der isolierten Kenntnis aller Einzelfakten als vielmehr in der Kenntnis ihrer Zusammenhänge. Umgekehrt kann auch formuliert werden, dass ein tiefes Verständnis der Einzelkomponenten erst erreicht werden kann, wenn die Strukturen der Gesamthematik verstanden werden.<sup>1</sup>

Die Vermittlung der Strukturen und der Zusammenhänge in der Mathematik ist ein komplexes Problem, was in der sehr großen Abstraktion mathematischer Objekte und Methoden von ihren möglichen Anwendungen begründet liegt; viele andere Wissenschaftsbereiche basieren auf einer wesentlich stärkeren Kontextualisierung ihrer Inhalte.

Darstellung und Vermittlung von Strukturen und Zusammenhängen sind deshalb für das Design der Plattform von entscheidender Bedeutung. Mathematische Strukturen sind daher nicht nur Grundlage des Datenbankdesigns, sondern auch des Navigationskonzepts: Der Nicht-Linearität mathematischen Wissens wird durch sog. “Navigationsnetze” Rechnung getragen, Anwählen (“click”) von Content-Objekten ist Navigation “in der Mathematik”. Navigationsstrukturen sind nicht länger reduziert auf ihre funktionale Bedeutung, sondern werden auf diese Weise selbst zum Träger mathematischer Inhalte [JS02].

- **Support experimenteller Lernszenarien(F5):**

Die Einbeziehung von an Experimenten orientierten Lernszenarien, “Experimentelles Lernen”, gilt heute als eine der wirksamsten Formen des Lernens. Aktives Einbeziehen der Lernenden in den Lernprozess durch Simulationen sichert Lernerfolg schneller und insbesondere nachhaltiger ab. Neue Technologien in der Lehre schaffen die technischen Grundlagen für einen breiten Einsatz experimenteller Lernszenarien. Experimentelles Lernen beginnt mit interaktiven Visualisierungen zu einzelnen Wissensbausteinen und reicht über Simulationen in Practice-Umgebungen bis hin zur Durchführung komplexer Projekte in sog. “Virtual Labs”.

- **Support explorativen Lernens (F6):**

Im Gegensatz zum expositorischen Lernen hat der Lernende beim explorativen (entdeckenden) Lernen die Möglichkeit, sich frei im Wissensraum zu bewegen: Es wird keine Reihenfolge der Wissenseinheiten vorgegeben, was dem Wesen eines Hypertextes entspricht – der Fokus liegt auf der selbstständigen Erschließung des Stoffes. Exploratives Lernen setzt die Übersicht über die zur Verfügung stehenden Wissenseinheiten voraus. Support explorativen Lernens bedeutet also insbesondere Entwicklung geeigneter Navigationsstrukturen sowie Darstellungstechniken von Struktur und Anordnung der vorhandenen Wissenseinheiten.

- **Adaption an individuelle Lernprozesse (F7):**

Der Support unterschiedlicher Lernstile (ebenso wie Adaption an unterschiedliche Interessengebiete, unterschiedliche Studienrichtungen, unterschiedliches Lerntempo, unterschiedlicher Übungsbedarf etc.) ist herausragendes Potenzial des Einsatzes multimedialer Technologien in der Lehre. Die Realisierung dieses Anspruchs verlangt nicht nur eine genaue Analyse der ver-

---

<sup>1</sup>Diese Aussagen sind für alle Disziplinen gültig, in der Mathematik allerdings besonders augenfällig: mathematische Darstellungen sind in besonderer Weise strukturiert, die Trennung zwischen Objekten einerseits und ihren Zusammenhängen andererseits ist Bestandteil der mathematischen Fachsprache.

schiedenen individuellen Verständnisprozesse für das Gebiet der Mathematik, sondern auch die Entwicklung einer breiten Auswahl an Inhaltsbausteinen, intelligenten Auswahlwerkzeugen, adaptive Trainingsumgebungen und die Implementation verschiedenartiger Lernszenarien für denselben Unterrichtsgegenstand.

- **Fachinhaltliches Konzept:**

- **Modularität – Granularität (F8):**

Fachinhalte werden feingranular entwickelt und verwaltet: eine Definition, ein Theorem etc. sind Beispiele solcher granularen Bausteine. Die Bausteine werden in einem zweiten Schritt – je nach Zielgruppe und Unterrichtsziel – flexibel zu Lerneinheiten komponiert.

Ein wichtiges Ziel dieser extrem feinen Inhaltsstruktur liegt in der Wiederverwendbarkeit der Bausteine: weil der Aufwand der Entwicklung qualitativ hochwertiger multimedialer Lehrmaterialien sehr hoch ist und die Zusammenarbeit verschiedener Personen benötigt, kann diese Entwicklung nicht zeitgleich zum tatsächlichen Unterrichtsablauf geleistet werden. Die Chance liegt vielmehr darin, in bibliotheksartiger Weise “fertige” Bausteine zur Verfügung zu stellen, für die durch den Dozenten nur noch die Auswahl geleistet werden muss.

Mathematik bietet sich für einen solchen Ansatz in besonderer Weise an: die Inhalte unterliegen einer hohen Stabilität, es kommen zwar neue Erkenntnisse hinzu, die bestehenden werden dadurch aber selten tangiert. Zudem sind mathematische Inhalte in ihrer Bedeutung vollständig standardisiert und durch die formalen Strukturen der mathematischen Fachsprache in ihrer Darstellung sehr homogen.

- **Aufspaltung der Rollen “Dozent – Autor” (F9):**

Die Entwicklung qualitativ hochwertiger multimedialer Lehrmaterialien setzt nicht nur fachliche, sondern auch technische Kompetenzen voraus. Diese können nicht von jedem Dozenten verlangt werden. Umgekehrt werden bei der Entwicklung auch Techniker und Medienspezialisten benötigt, die i.a. nicht direkt in den mathematischen Unterrichtsprozess involviert sind. Die Aufteilung des Entwicklungsprozesses (Autoren entwickeln die Inhaltsbausteine, Dozenten komponieren sie zu geeigneten Einheiten für spezifische Unterrichtssituationen) bildet diese verschiedenen Anforderungen ab und ist integrativer Bestandteil des Rollenkonzepts der Mumie, [EJS04].

Damit die Inhaltsbausteine in dieser Weise rekombiniert werden können, müssen sie strikt unabhängig voneinander sein. Das bedeutet insbesondere, dass der – im Unterricht oft verbale, in Büchern durch Bindeabschnitte realisierte – “Glue” zwischen den einzelnen Objekten zunächst entfällt. Es sind allerdings Annotationssysteme für die komponierten Kurse (nicht die Einzelbausteine) denkbar, die diese Funktion übernehmen können. Ein solches Vorgehen wäre insbesondere dann absolut unerlässlich, wenn eine solche Plattform nicht in der Präsenz-, sondern in der Distanzlehre zum Einsatz kommen soll.

- **Aufspaltung von “Inhalt – Einsatz” (F10):**

Hinter der Aufspaltung der Rollen “Dozent – Autor” verbirgt sich das allgemeinere Prinzip der Trennung zwischen Inhaltsdesign und Inhaltsentwicklung einerseits und dem späteren Einsatz der Inhaltsbausteine andererseits. Die Modularität des Inhalts läßt nicht nur verschiedene Rekombination der Bausteine für verschiedene Kurse zu, sondern erlaubt auch ihren Einsatz in anderen Kontexten wie etwa in Trainingsszenarien, Virtual Labs und Retrieval Systems und sogar über Systemgrenzen hinweg.

## 4 Mumie – Konzeption und Design

Die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Konzepte werden in der Lernumgebung “Mumie” derzeit in drei zentralen Lern-Bereichen umgesetzt, die die Realisierung multipler Lernszenarien ermöglichen (F1, S. 4):

- **Content-Bereich:**

Der Content-Bereich stellt (multimediale, interaktive, insbesondere visuelle) Wissensbausteine zur Verfügung (F3, S. 5), die von Dozenten mittels eines “Course-Creators” auf der Basis der in der zentralen Datenbank vorliegenden Inhaltsbausteine komponiert werden (F9, S. 6) und den Lernenden zur Verfügung gestellt werden. Von besonderem Interesse ist die Realisierung vernetzter, nicht-linearer Navigationsstrukturen (F4, S. 5). Der Strukturierung der Wissensbausteine liegt eine Fach-Ontologie (vergl. S. 11 sowie [Gru02]) zugrunde.

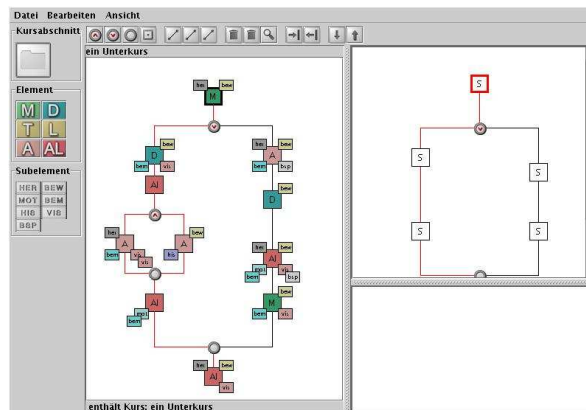


Abbildung 1: CourseCreator, nicht-lineare Navigation

- **Practice-Bereich:**

Im Practice-Bereich steht die eigenständige Auseinandersetzung mit mathematischen Problemstellungen im Vordergrund (F2, S. 4). Dem Lernenden werden Aufgaben und Projekte angeboten, die vergleichbar zur Kurs-Komposition vom Dozenten zusammengestellt werden, aber jederzeit die Möglichkeit bieten, eigenen Neigungen zu folgen. Auch hier spielt die Darstellung logischer Zusammenhänge (realisiert durch ein sog. “Aufgabennetzwerk”) eine zentrale Rolle, mittels dessen Fragestellungen auf solche mit reduziertem Komplexitätsgrad zurückgespielt werden können. In einer weiteren Ausbaustufe der “Mumie” werden hier verstärkt virtuelle Labore experimentier-orientiertes Lernen unterstützen (F5, S. 5).

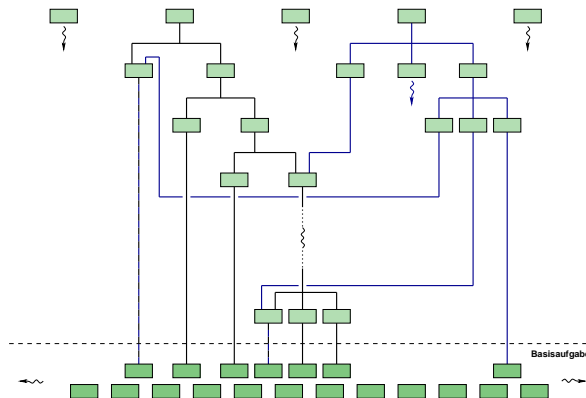


Abbildung 2: Aufgabennetzwerk; Stufenweise Reduktion bzw. Zuwachs des Komplexitätsgrades

- **Retrieval-Bereich:**

Der Retrieval-Bereich erfüllt einerseits Aufgaben eines klassischen “Fachlexikons”, geht aber andererseits darüber weit hinaus: Wissensnetze erlauben die Darstellung von Zusammenhängen, logischen Abhängigkeiten, Widersprüchen etc. unter Gesichtspunkten, die vom Benutzer *selbst* definiert werden können (F6, S. 5).

Das Retrieval-System operiert insbesondere auf den Inhaltsbausteinen der Datenbank, verwendet also dieselben Strukturen und Entitäten. Zusätzlich integriert es externe Quellen, um die Wissensbasis zu verbreitern.

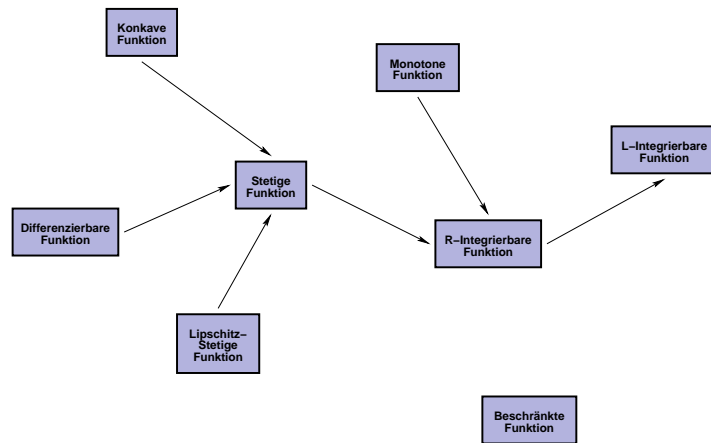


Abbildung 3: Beispiel: Eigenschaften von Funktionen

Die einzelnen Lernbereiche sind vielfältig miteinander vernetzt (F7, S. 5), was erst durch die Verwendung feinstgranularer Inhaltsbausteine (F8, S. 6) möglich wird, die “kontextfrei” (also ohne detaillierte Kenntnis über den späteren expliziten Einsatz) entwickelt werden (F10, S. 6), und eine gemeinsame ontologische Basisstruktur voraussetzt:

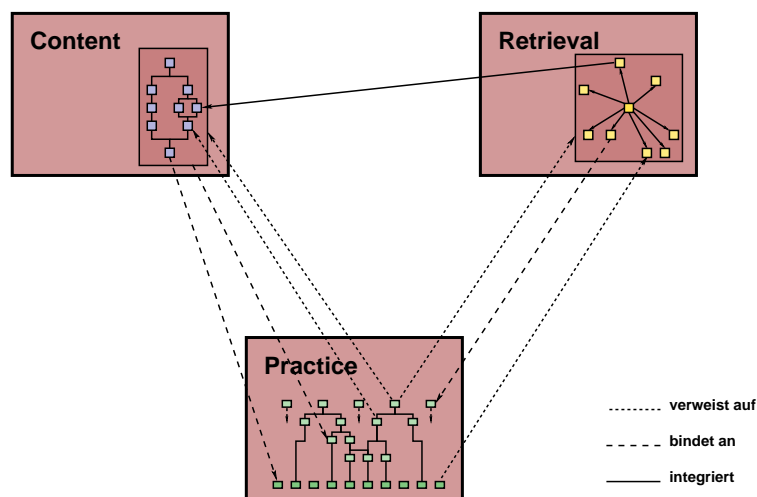


Abbildung 4: Vernetzung der Lernbereiche

Inhaltsbausteine (Content) binden Aufgaben (Practice) an, um eine direkte Form der Wissensüberprüfung zu ermöglichen. Elementcontainer (Content) binden ebenfalls Aufgaben an, und zwar gera-



de diejenigen, die mittels der Inhaltsbausteine eines Elementcontainers bearbeitet werden können, nicht aber durch einen einzelnen von ihnen. Aufgaben und Projekte (Practice) verweisen auf Inhaltsbausteine oder Elementcontainer (Content) als Bestandteil des internen hint-systems, und zwar i.a. auf einen vom Lernenden spezifizierten Kurs, ggf. einen Defaultkurs (wenn kein Kurs spezifiziert wurde). Alternativ wird auf Wissensnetze oder auf einzelne Elemente in lexikographischer Darstellung (Retrieval-System) verwiesen. Das Retrieval-System basiert auf den Inhaltsbausteinen der Datenbank (Content) und integriert sie direkt, wobei die Bausteine in lexikon-typischer Weise zusammengestellt werden. Auch das Retrievaltool bindet Aufgaben und Projekte zur Überprüfung des erworbenen Verständnisses an.

Verweise, Anbindungen und Integration werden dynamisch generiert. Sie werden *nicht* "hardcodiert", sondern aus den inneren Strukturen und semantischer Analyse ermittelt und automatisiert gesetzt. Auf diese Weise können neue Inhalte oder Aufgaben integriert werden, ohne die bestehenden Objekte direkt antasten zu müssen (selbstwachsendes Netz), was ab einer gewissen Komplexität der Materialien ohnehin nicht mehr möglich ist.

Aus der Realisierung dieser Lernbereiche leiten sich die folgenden zentralen Herangehensweisen und Anforderungen an Technologie und Softwaredesign ab:

**Technisches Konzept:**

– **Fachlogische Datenbankstruktur:**

Interaktive, adaptive, experimentelle Lern- und Forschungsszenarien setzen ein hohes Maß an inhaltlicher Strukturierung der Fachinhalte voraus. Diese müssen das Ziel verfolgen, die tatsächliche Struktur realer Bereiche zu modellieren – idealerweise unabhängig vom späteren Verwendungszweck, weil dieser einer ständigen (Weiter-)Entwicklung unterworfen ist, und unabhängig von speziellen Nutzergruppen, die sich entsprechend verändern. Hierzu ist die Entwicklung fachspezifischer Ontologien notwendig, und ihre Implementation als Grundlage der Content-Organisation, d.h. als Basis des verwendeten Datenbankmodells.

– **XML-Technologie:**

Die Verwendung der Metasprache XML (eXtensible Markup Language, offener Standard des W3C, [Mar00]) erlaubt die Definition strukturierter Dokumentformate. Layout – und allgemeiner, späterer Verwendungszweck – werden völlig von der Dokumentstruktur getrennt.

XML selbst ist "nur" eine Metasprache: auf der Basis ihrer Spezifikation muss ein eigener, "lokaler Dialekt" für die eigenen Dokumente erstellt werden. Neben der Darstellung von Dokumenten (in Kombination mit XSL-Transformationen, eXtensible Stylesheet Language, [Kay01]) eignet sich XML besonders zum Austausch von strukturierten Dokumenten zwischen verschiedenen Anwendungen.

– **Dynamische Seitengenerierung "on-the-fly":**

Viele der genannten Zielsetzungen – hohe Interaktion, Support experimenteller Szenarien, Unterstützung von Kommunikations- und Kooperationsszenarien sind ohne dynamische Seitengenerierung gar nicht möglich. Zum Einsatz kommen Application-Server-Technologien (Tomcat-Cocoon, [Hal01], [Lan03], [Roe02]).

– **Strikte Trennung von Inhalt, Kontext und Layout:**

Für die Wiederverwendbarkeit und Kontextunabhängigkeit ist eine strikte Trennung von Layout und Inhalten notwendig, um die gewünschte Flexibilität zu erhalten. Sie wird durch die Verwendung der XML-Technologie und XSL-Transformation optimal unterstützt.

– **Useradaption der Präsentation:**

Ein dem KDE-Manager vergleichbares "Theme-Konzept" erlaubt die Adaption der Präsentation an die Wünsche des Benutzers. Die Realisierung eines solchen Konzeptes verlangt die Definition und Implementation von standardisierten Schnittstellen bei allen Einzelkomponenten.

– **MathML zur Darstellung mathematischer Symbole:**

Bis vor wenigen Jahren war die Darstellung mathematischer Formeln im Browser nur sehr unzureichend möglich. Die einzige browserunabhängige Realisierung bestand in der Verwendung statischer Bilder. Neben den Nachteilen großer Ladezeiten, fehlender Fontskalierung etc. schließt dieses Vorgehen jedoch Interaktion, Manipulation oder Weiterverwendung von mathematischen

Formeln, etwa als Input für Computeralgebrasysteme, vollständig aus.

Mit der Entwicklung von MathML (Mathematical Markup Language), eines 1998 vom W3C-Konsortium verabschiedeten XML-Dialektes, hat sich diese Situation grundsätzlich verändert [Mat]. Mit dem OpenSource-Browser Mozilla steht auch ein geeigneter Browser zur Verfügung.<sup>2</sup> Die Darstellung mathematischer Symbole erfolgt in der Plattform “Mumie” ausschließlich in MathML.

– **L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X als Autorenwerkzeug:**

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ist Quasi-Standard bei der Formulierung mathematischer Texte und Standard-Textsatzsystem aller Mathematiker. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X bietet sich deshalb in kanonischer Weise für die Formulierung von Textanteilen multimedialer Inhaltsgestaltungen an.<sup>3</sup> In L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X formulierte Texte können nicht direkt im Browser dargestellt werden, sondern müssen nach MathML konvertiert werden [RJ03].

– **Offenheit und Heterogenität:**

Ziel ist die Entwicklung einer offenen heterogenen eLearning-Plattform: Schnittstellen werden konzeptioniert, um bestehende Software, die erforderliche Funktionalitäten bereits realisiert, integrieren zu können. Das Softwaredesign ist auf ständige Erweiterbarkeit ausgelegt. Die Technische Plattform ist strikt modular, damit geeignete Teilfunktionalitäten mit externer Software vernetzt und so auch in anderen Kontexten oder anderen Projekten Anwendung finden können. “Mumie” ist OpenSource und steht unter einer GPL-nahen Lizenz.

Es ist anzumerken, dass in diesen Skizzen fast kein Bezug auf die eingangs geforderten Aspekte der Kommunikation und Kooperation genommen wurden. Dies findet seine Begründung darin, dass in dem Gebiet der “kooperativen Wissensräume” bereits beachtliche Resultate, etwa von der Paderborner Gruppe um R. Keil-Slawik (siehe etwa [Ham01], [Ham02]), erzielt wurden, die mit einem vertretbaren Maß an Anpassungen als “Kommunikations- und Kooperationsframework” in offene Software-Konzepte integriert werden können und damit eine Neuentwicklung unnötig machen. Kommunikations- und Kooperations-szenarien werden also durch zusätzliche, externe Software realisiert (genauer: realisiert werden, denn noch ist die Anbindung nicht erfolgt) und sind damit durchaus Bestandteil des “Mumie-” Konzeptes, ohne aber Bestandteil dessen Softwarespezifikation zu sein.

## 5 Fazit

Fassen wir also die Mehrwerte der Neuen Medien zusammen. Wenn wir das Konzept der “aktiven Typographie” [JKS04a], der Abkehr von statischen passiven Objekten also, in den Vordergrund stellen, so ergeben sich als die wesentlichen pädagogischen und didaktischen Aspekte:

- **Modellierung** (Simulation, Kalkulation, Visualisierung)
- **Interaktivität** (Experiment, Exploration, Instruktion)
- **Nicht-Linearität** (Exploration und exploratives Lernen, Nicht-Linearität des Lernprozesses)
- **Kooperation** (Kommunikation, Kollaboration, Koordination)
- **Adaptivität** (Lernstil, Individualisierbarkeit, Personalisierung)
- **Durchgängigkeit** (fachthematische Verschränkung).

---

<sup>2</sup>Zwar unterstützen heute noch nicht alle Browser diese Erweiterungen, es ist jedoch zu erwarten, dass künftige Versionen anderer Browser den MathML-Standard zunehmend implementieren, insbesondere, weil MathML inzwischen auch außerhalb der Formeldarstellung im Web an Bedeutung gewonnen hat: Computeralgebrasysteme und andere mathematik-spezifische Software unterstützen MathML, das hier i.w. als mathematisches “Datenaustauschformat” fungiert. Einige Browser wählen einen Mittelweg: sie haben keinen “Built-In”-MathML-Interpreter, es existieren aber Plugins, mit deren Hilfe die Darstellung möglich ist.

<sup>3</sup>Die Verwendung von L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X als Eingabeformat bringt auch gewisse Schwierigkeiten mit sich: (Standard-)L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X stellt keine semantische Kodierung mathematischer Inhalte dar. Diese ist mindestens mittelfristig jedoch unbedingt erforderlich. Derzeit existieren aber keine Alternativen, die eine ausreichend komfortable semantische Textbeschreibung unterstützen würden.

Eher auf organisatorische und logistische Aspekte dagegen beziehen sich

- **Wiederverwendbarkeit und Rekombination**
- **Durchgängige Verfügbarkeit** (zeit-, orts- und plattformunabhängig).

Die hier skizzierten “Next-Generation”-Szenarien stehen für eine neue Sicht auf eLearning, eTeaching und eResearch. Von einer umfangreichen Realisierung solcher Szenarien trennen uns aber nicht nur unsere eigenen “Vorurteile”, die von der zu engen Orientierung auf den traditionellen Medieneinsatz herrühren, sondern auch konkrete technologische Designschwächen – Problemkreise, die sich wechselseitig noch verstärken [JS03].

Notwendig sind:

- **Offene heterogene plattformunabhängige Portaltechnologien (statt monolithischem geschlossenem Softwaredesign)**

Das Softwaredesign der Majorität der eLearning-Umgebungen ist monolithischer Natur. Integration von externen Tools, Erweiterbarkeit durch die speziellen Nutzer, fachspezifische Adaption etc. sind bei einem solchen Softwareansatz nicht möglich – zentrale Teile des Potenzials der Neuen Medien bleiben ungenutzt.

Zunehmend setzt sich heute die Erkenntnis durch, dass – statt “Monolithischer Alleskönner – einer einzigen Software für alles” – vielmehr die Möglichkeit der freien Komposition von Einzelapplikationen zu einem gemeinsamen Ganzen, die über Schnittstellen miteinander kommunizieren, wichtig ist: Integrationstechnologien, insbesondere sog. “Portaltechnologien”, rücken in den Blickpunkt. Dabei können verschiedene heterogene Einzelanwendungen beliebig miteinander kombiniert werden, sofern sie nur gewisse, einheitliche Standards bedienen – die Autarkheit der Entwicklungen ist weitgehend unberührt, das Portal selbst fungiert vor allem als Kommunikationsschnittstelle.

- **Entwicklung von Fachontologien und Konzeption feingranularer Wissensbausteine (statt willkürlicher Strukturierung und unzureichender Granularität)**

Fehlende Strukturierung von Wissensgebieten und ihren Inhalten sind eines der zentralen Probleme heutiger Lernumgebungen. Der Wunsch nach Wiederverwendbarkeit, Weiterverarbeitung und hoher Interaktivität von Inhaltsbausteinen führt auf die Notwendigkeit fein(st)granularer, in ihrer Binnenstruktur formalisierter Wissensbausteine. Die (insbesondere auch daraus resultierende) große Anzahl von Inhaltsfragmenten verlangt übersichtliche, nachvollziehbare Strukturen der Verwaltung dieser Objekte, damit diese einer vielfältigen Nutzung überhaupt zugänglich sind.

Notwendig ist eine ontologische Strukturierung der Inhalte [Jes04a]: Ontologien in der Informatik sind formal definierte Systeme von Objekten und Konzepten, ihren Relationen und ihren Regeln. Die Verwendung einer Ontologie erlaubt es, Kontextwissen wie z.B. die Beziehung zwischen Ober- und Unterbegriffen, die Verwandtschaft von Themengebieten usw. formalisiert zu spezifizieren und damit, stark vernetzte Informationssysteme aufzubauen. Zudem bieten Ontologien die Rahmenbedingungen für Kommunikation und Kooperation: Ohne gemeinsame Sprache ist kein Wissensaustausch möglich – Ontologien bieten gerade diese gemeinsame Sprachgrundlage.

- **Aktive, ausführbare Prozesse mit semantischer Codierung (statt Verwendung passiver typographischer Objekte)**

Die beschriebenen Szenarien setzen eine erweiterte Sicht auf typographische Objekte voraus, die diese von “passiven Objekten” zu “ausführbaren Prozessen” werden lassen, die selbst Funktionalitäten tragen und damit komplexe Interaktion sowie den medienbruch-freien Austausch zwischen verschiedenen Teilapplikationen erlauben [JZ03]. Dabei bildet die semantische Beschreibung von Objekten, also die Reduktion auf die eigentliche Bedeutung eines Gegenstands unter Abspaltung seiner Darstellung, die zentrale Grundlage: Unterschiedliche Bezeichnungen und Notationen desselben Gegenstandes müssen ineinander überführt, eine gemeinsame Sprachbasis geschaffen werden.

Nur wenn es gelingt, hinsichtlich dieser Designaspekte eine nachhaltige Veränderung zu bewirken, wird das enorme Potenzial der Neuen Medien für Lehre und Forschung tatsächlich nutzbar.

## Literatur

- [EJS04] Dominik Eberlein, Sabina Jeschke, and Ruedi Seiler. Next generation in elearning technology: Rollenmodelle im virtuellen wissensraum “mumie”. preprint, to appear, Juni 2004.
- [Eng95] D. Engbring, R. Keil-Slawik, H. Selke. Neue Qualitäten in der Hochschulausbildung: Lehren und Lernen mit interaktiven Medien. Heinz Nixdorf Institutsbericht 45, Universität Paderborn, 1995.
- [Gru02] M. Gruninger, J. Lee. Ontology - applications and design. *Comm. ACM*, 45(2):39–41, 2002.
- [Hal01] M. Hall. *Servlets und JavaServer Pages*. Markt + Technik Verlag, München, 2001.
- [Ham01] T. Hampel, R. Keil-Slawik. sTeam – Designing an Integrative Infrastructure for Web-Based Computer Supported Cooperative Learning. Proceedings of the 10th International World Wide Web Conference, May 1-5, 2001, pages 76–85, Hong Kong, 2001.
- [Ham02] T. Hampel, R. Keil-Slawik. sTeam: Structuring Information in a Team - Distributed Knowledge Management in Cooperative Learning Environments. *ACM Journal of Educational Resources in Computing*, 1(2), 2002.
- [Jes04a] S. Jeschke. Mathematics in Virtual Knowledge Spaces – Ontological Structures of Mathematical Contents (Talk). to appear in Conference Proceedings, April 2004. MMISS Conference.
- [Jes04b] S. Jeschke. *Mathematik in Virtuellen Wissensräumen – IuK-Strukturen und IT-Technologien in Lehre und Forschung*. PhD thesis, Technische Universität Berlin, Berlin, April 2004.
- [JKS04a] S. Jeschke and R. Keil-Slawik. Next Generation in eLearning Technology – Die Elektrifizierung des Nürnberger Trichters und die Alternativen. Informationsgesellschaft. Alcatel SEL Stiftung, 2004.
- [JKS04b] S. Jeschke, M. Kohlhase, and R. Seiler. eLearning-, eTeaching- & eResearch-Technologien – Chancen und Potentiale für die Mathematik. *DMV-Mitteilungen*, Juli 2004.
- [JOSZ00] S. Jeschke, L. Oeverdieck, R. Seiler, and E. Zorn. MUMIE – MULTIMEDIALE MATHEMATIKAUSBILDUNG FÜR INGENIEURE. BMBF-Antrag, <http://www.mumie.net/>, Juni 2000. Verbundprojekt der Universitäten TU Berlin (R. Seiler), TU München (P. Vachenaer), RWTH Aachen (V. Enß), Universität Potsdam (M. Holschneider).
- [JR03] S. Jeschke and T. Rassy. Next Generation in eLearning Technology – Concepts and Visions for Math and Science (Talk). <http://www.openmath.org/cocoon/openmath/meetings/bremen2003/index.htm>, November 2003. OpenMath Conference.
- [JS02] S. Jeschke and R. Seiler. Strukturen in der multimedialen Didaktik – oder: “Die Mumie im Legoland” (Talk). [http://www.math.tu-berlin.de/~sabina/Talks/Erlangen\\_2002/](http://www.math.tu-berlin.de/~sabina/Talks/Erlangen_2002/), Mai 2002.
- [JS03] S. Jeschke and R. Seiler. Next Generation in eLearning Technology – Concepts and Visions for Math and Science (Talk). [http://www.math.tu-berlin.de/~sabina/Talks/Talk\\_Helsinki\\_2003.ppt](http://www.math.tu-berlin.de/~sabina/Talks/Talk_Helsinki_2003.ppt), Dezember 2003.
- [JZ03] S. Jeschke and E. Zorn. Next Generation in eLearning Technology – From Typographic Objects to Executable Processes (Talk). [http://www.math.tu-berlin.de/~sabina/Talks/Talk\\_Dubai\\_2003a.ppt](http://www.math.tu-berlin.de/~sabina/Talks/Talk_Dubai_2003a.ppt), October 2003.

- [Kay01] M. Kay. *XSLT – Programmer’s Reference*. Wrox Press, Birmingham, 2. edition, 2001.
- [Ker03] M. Kerres. *Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung*. Education Quality Forum. R. Keil-Slawik (ed.), Münster: Waxmann-Verlag, 2003.
- [Lan03] M. Langham, C. Ziegeler. *Cocoon: Building XML Application*. New Riders Publishing, Indianapolis, 2003.
- [Mar00] D. Martin, M. Birbeck, M. Kay, B. Loesgen, J. Pinnock, S. Livingstone, P. Stark, K. Williams, R. Anderson, S. Mohr, D. Baliles, B. Peat, N. Ozu. *Professional XML*. Wrox, Birmingham, 2000.
- [Mat] Math Working Group, W3C. MathML. <http://www.w3.org/Math/>
- [Mum] Mumie Group (TU Berlin, TU München, RWTH Aachen, Universität Potsdam). Die Mumie-Umgebung. <http://www.mumie.net/>
- [Nis02] M. Niss, T.H. Jensen (eds.). Kompetencer og matematikloering. Uddannelsesstyrelsen temahaefteserie 18, pages 1–134, IMFUFA Roskilde, 1002. Ministry of Education, Danish KOM-Project.
- [RJ03] T. Rassy and S. Jeschke. MmTeX – A LaTeX to XML Converter (Talk). <http://www.openmath.org/cocoon/openmath/meetings/bremen2003/index.htm>, November 2003. OpenMath Conference.
- [Roe02] P. Roessbach, A. Holubek, T. Poeschmann, L. Roewekamp, P. Tabatt. *Tomcat 4x – Die neue Architektur und moderne Konzepte für Webanwendungen im Detail*. Software und Support Verlag GmbH, Frankfurt, 2002.