

ViCToR-Räume: Kooperative Wissensräume für Mathematik und Naturwissenschaften

Sabina Cikic, Sabina Jeschke, Uwe Sinha

New Media Support and Infrastructure
TU Berlin
10623 Berlin
{cikic,sabina,sinha}@math.tu-berlin.de

Abstract: Durch die Nutzung kooperativer Wissensräume kann das eLTR (eLearning, eTeaching und eResearch) an Universitäten nachhaltig verbessert werden. Bisher sind jedoch nur wenige Anwendungen realisiert, insbesondere in Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften fehlt es an speziell auf diese Disziplinen ausgerichteten virtuellen Kooperations- und Wissensformen. Die „ViCToR“-Räume (*Virtual Cooperation in Teaching and Research for Mathematics, Natural Sciences and Engineering*) werden neue kooperative Wissensräume darstellen, die die bewährten Formen der wissenschaftlichen Kommunikation und Kooperation über geographische oder technologische Grenzen hinweg unterstützen. Wir beschreiben in diesem Artikel die Anforderungen an ViCToR-Räume, die Komponenten, die bereits vorhanden sind und integriert werden können, sowie geplante Weiterentwicklungen und Ausbaumöglichkeiten.

1 Einleitung

In virtuellen Gemeinschaften ist der Raum Schauplatz jeder Interaktion, Kommunikation und Zusammenarbeit. Die Beschaffenheit dieses virtuellen Wissensraumes wird durch die in ihm enthaltenen, dynamisch verbundenen Objekte bestimmt, d. h. durch seine Mitglieder – die Systemnutzer –, Dokumente, Werkzeuge und angebotene Dienste [HK01]. Das Design der einzelnen Komponenten und die Art ihrer Verknüpfung sind daher der Schlüssel zu erfolgreicher Kooperation und wertvollem Wissensgewinn.

In den letzten 15 Jahren ist eine Vielzahl von CSCL-Umgebungen (*computer-supported cooperative learning*) entwickelt worden. Jedoch werden die speziellen, fachspezifischen Bedürfnisse der Mathematik und der Naturwissenschaften durch die bestehenden Ansätze und Lösungen nur unzureichend bedient. Viele bemerkenswerte Entwicklungen gibt es in Bezug auf einzelne Komponenten wie bspw. Lehr- und Lernplattformen zu verzeichnen, es fehlen allerdings immer noch für naturwissenschaftliche Fächer optimierte Implementierungen, die den dortigen Lern-, Lehr- und Forschungsszenarien gerecht werden. Diese fachspezifischen Wissensräume nennen wir „ViCToR“-Räume.

In diesem Beitrag wollen wir die Entwicklung von ViCToR-Räumen an der Technischen Universität Berlin vorstellen. Nach einer Analyse des *State-of-the-art* werden die bestehenden Probleme und Defizite aufgezeigt, sowie Konzepte erläutert, mit denen Kooperati-

on und Zusammenarbeit im universitären Bereich nachhaltig gefördert werden sollen.

2 Anforderungen an ViCToR-Räume

In diesem Abschnitt beschreiben wir die speziellen Anforderungen an ViCToR-Räume. Als multi- und interdisziplinäres Team an der TU Berlin können wir dabei auf vielfältige Erfahrungsgewinne zurückgreifen, die wir aus der Alltagspraxis als Studenten, Dozenten und Forscher in der Mathematik und den Naturwissenschaften erlangen konnten.

Wie in der Einleitung bereits angesprochen, ist die Raum-Metapher für uns für die Schaffung kooperativer Wissensstrukturen von größter Bedeutung. Das zu Grunde liegende Raumkonzept unserer Entwicklungen entstammt der Welt der MUDs und MOOs (Multi-User Dungeons bzw. Multi-User Object-Oriented Environments), in denen virtuelle Räume zentrale Treffpunkte im Netz darstellen. Ein Raum ist dabei nicht bloß quasi ein Nebenprodukt der in ihm strukturierten Objekte, sondern ein Ort, an dem Daten abgelegt und verwaltet werden und den es auch *atmosphärisch* zu füllen gilt. Es ist daher umso wichtiger, zukünftige Nutzer des Raumes zu identifizieren, sowie ihre speziellen Bedürfnisse und Anforderungen zu analysieren und zu berücksichtigen.

Die Nutzer von ViCToR-Räumen werden aus den verschiedensten Bereichen der Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Mathematik kommen, was eine nahtlose Integration und komplexe Interaktivität der benötigten Komponenten unbedingt erstrebenswert macht. Die sich ergebende Lehr- und Lernwelt soll sowohl Nutzern als auch Entwicklern einen ganz neuen Zugang zu der jeweiligen Fachmaterie sowie Kooperation und Kollaboration untereinander ermöglichen.

2.1 Virtuelle Labore und Remote-Experimente

Experimente spielen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften eine zentrale Rolle. Durch die Integration virtueller Labore und Remote-Experimente in kooperative Wissensräume haben Nutzer fast unabhängig von Zeit, finanziellen Mitteln oder Laborplätzen Zugang zu Versuchsaufbauten.

Virtuelle Labore [JRS05, Kar97] sind eine Metapher zu „realen“ wissenschaftlichen Laboren, indem sie einen Rahmen für virtuelle und doch handgesteuerte, mithin greifbare wissenschaftliche Versuchsszenarien bieten. Wie in einem realen Labor werden Objekte und Meßinstrumente bereitgestellt, die Versuche in bestimmten Feldern ermöglichen. Virtuelle Labore in verschiedenen Bereichen der Mathematik und Physik bilden einen wichtigen Beitrag zur Realisierung neuer Lern- und Forschungsumgebungen, an deren Entwicklung zur Zeit intensiv gearbeitet wird. Für abstrakte Disziplinen wie Mathematik, Theoretische Physik und Chemie helfen sie, die „sinnlichen Gräben“ zwischen abstrakter Theorie und wahrgenommenen Phänomenen zu überbrücken. Der Anwendungsbereich virtueller Labore reicht von der Vorführung von Versuchen in klassischen Vorlesungen und einfachem Training gewisser Routinen von Studenten bis hin zur Unterstützung von

Forschern beim Experimentieren und Visualisieren. [JR06]

Im Gegensatz zu den virtuellen Laboren handelt es sich bei den **Remote-Experimenten** um reale Experimente, die jedoch von einem Ort außerhalb des Labors gesteuert werden. Remote-Experimente bestehen daher aus zwei Komponenten, dem Versuchsaufbau selbst sowie der Technik zur Fernsteuerung des Experiments. Remote-Experimente können einen breiteren Zugang zu Techniken ermöglichen, die ansonsten zu kompliziert, teuer oder unbeweglich sind und daher nur einer kleinen Auswahl von Anwendern vorbehalten bleiben.

In beiden Szenarien wird vom Experimentator ein Satz von Parametern kontrolliert, die den Versuch manipulieren und mit ihm interagieren, z. B. eine Motorleistung, ein Magnetfeld oder Randwerte. Außerdem gibt es in beiden Fällen eine Menge von einsetzbaren Meßinstrumenten, um vom laufenden Versuch Daten zu sammeln wie z.B. Drehzahlen, Temperaturen etc. Die beiden Ansätze haben also eine Reihe gleicher Konzepte und ergänzen sich gleichzeitig durch ihre Unterschiede: Remote-Experimente - nicht aber virtuelle Labore - erlauben die Untersuchung und das Begreifen von realen Objekten insbesondere mit „von Hand“ gemachten Messungen. Dafür kann im virtuellen Labor ein Versuch immer als kompletter Prozess einschließlich der Konstruktion des Aufbaus durchgeführt werden.

2.2 Inhalts-Repositories und Information Retrieval

Eine große Menge von eLearning-Inhalten (eContent) ist in letzter Zeit in der Mathematik, den Natur- und den Ingenieurwissenschaften entwickelt worden. Dies geschah meist in früheren Forschungsprojekten auf lokaler oder nationaler Ebene und auf Initiative einzelner Forscher und ihrer Institute. Dieses Lehrmaterial beschränkt sich nicht auf rein textuelle Wissensbausteine, sondern umfasst auch in hohem Maße multimediale Objekte und interaktive Komponenten. Bisher sind derartige Ressourcen weit verteilt und werden in lokalen Datenbanken von eLearning- und eResearch-Projekten gehalten, wo sie nur einer kleinen, eingegrenzten Nutzerschaft zugänglich sind. In der Zwischenzeit wurden jedoch geeignete Metadaten entwickelt und weitere Anstrengungen zur Standardisierung unternommen, so dass nun die Mittel verfügbar sind, die zur Konstruktion großer, umfassender Wissens-Repositories benötigt werden.

Da diese Inhalts-Repositories aus einer sehr großen Anzahl von Elementen bestehen werden, werden automatisierte Information-Retrieval-Systeme, die in der Lage sind, mit Texten, Tondokumenten, Bildern und anderen ggf. binär vorliegenden Objekten umzugehen, immer wichtiger. Die bisher am deutlichsten sichtbaren Anwendungen der Forschung über Information-Retrieval sind Web-Suchmaschinen wie z. B. Google. Um jedoch mit Lehr- und Forschungsmaterial umgehen zu können, werden verbesserte Suchmechanismen benötigt, die zu einer tiefer gehenden Interpretation des Inhalts eines Objekts in der Lage sind. Semantisch angereicherte Retrievalverfahren befinden sich in der Entwicklung; sie basieren in der Regel auf einer computerlinguistischen Analyse, die mit statistischen Methoden kombiniert wird (siehe 3.2.6).

2.3 Unterstützung besonderer Notationen

Beim Austausch mathematisch-naturwissenschaftlichen Wissens in einem webbasierten CSCW- bzw. CSCL-System tritt sehr häufig die Schwierigkeit auf, dass selten mehr als reiner Text eingegeben werden kann. Zwar stehen in den meisten Systemen einige wenige vordefinierte Grafikelemente zur Verfügung, wie etwa für „Emoticons“ in Diskussionsforen. Doch ist es i. Allg. nicht auf einfache Weise möglich, mathematische Formeln – bei denen neben diversen Sonderzeichen auch Brüche, Summenformeln, Integrale, Hoch- und Tiefstellungen u. a. m. dargestellt werden müssen – oder Diagramme (z. B. UML) in Foren, Wikis, Chats oder andere Kommunikations- und Kooperationswerkzeuge einzugeben.

Für die Mathematik erscheint \LaTeX als geeignetste Lösung dieses Problems. \LaTeX ist nicht nur unter Mathematikern, sondern auch unter denen, die die Mathematik benutzen, als Autorenwerkzeug breit akzeptiert. Es existieren mehrere Konvertierungswerkzeuge, mit deren Hilfe aus \LaTeX -Quellen webkompatible Inhalte erzeugt werden können.

Allerdings sind \LaTeX -Kenntnisse nach wie vor zu wenig verbreitet, vor allem bei Nicht-Mathematikern und Nicht-Informatikern. Daher kann nicht vorausgesetzt werden, dass Benutzer eines kooperativen Wissensraumes, die mit dessen Hilfe die Mathematik (bzw. ein anderes technisch-naturwissenschaftliches Fach) überhaupt erst lernen sollen, mit \LaTeX bereits vertraut sind. Aus diesem Grund erscheint eine Erweiterung virtueller Wissensräume um ein grafisches Editierwerkzeug für mathematische Formeln sinnvoll.

Auch externe (d. h. nicht webgestützte) Werkzeuge zur Erstellung mathematischer Inhalte für ViCToR-Räume müssen die komfortable Eingabe spezieller mathematischer Notationen ermöglichen und unterstützen.

2.4 Verteiltes, kooperatives Schreiben

Die traditionelle Form der Kooperation zwischen Mathematikern und Naturwissenschaftlern basiert auf persönlicher (*face-to-face*) Kommunikation: gemeinsam wird an einer Kreidetafel oder einem Whiteboard eine Formel diskutiert, ein Beweis oder eine Prinzipskizze für ein Experiment entwickelt; hierbei hat jeder die Möglichkeit, das vom jeweils anderen Geschriebene um eigene Anmerkungen zu erweitern. Bei dieser klassischen Form der Kooperation befinden sich die Teilnehmer der Diskussionsrunde allerdings zur selben Zeit am selben Ort - eine Situation, die jedoch aus verschiedensten Gründen nicht immer möglich ist.

Shared Whiteboards stellen einen Ansatz dar, Kooperation in der genannten Form auch über größere Entfernungen zu ermöglichen. Allgemein gesprochen bieten Shared Whiteboards einen gemeinsamen Arbeitsbereich für alle Angehörigen einer Arbeitsgruppe, z.B. die o.g. Gruppe von Mathematikern, die einen Beweis entwickeln. Dadurch kann jeder Angehörige dieser Arbeitsgruppe auf seinem jeweiligen Whiteboard **zeitgleich** mit demselben Satz von Objekten arbeiten. Ähnlich wie bei einem Chat-Client werden die Objekte, mit denen die Teilnehmer arbeiten, in identischer Form auf dem Whiteboard jedes Teilnehmers dargestellt.

In den ViCToR-Räumen soll sowohl das synchrone als auch das asynchrone Arbeiten mit Shared Whiteboards möglich sein. Das synchrone, weil es sozusagen das *natürliche* Zusammenarbeiten speziell von Mathematikern darstellt, das asynchrone Schreiben wiederum für eine Kooperation ohne zeitliche Verabredungen.

Für beide Formen des verteilten, kooperativen Schreibens (synchron/asynchron) ist ein System zur Verwaltung von Rechten unabdingbar. Dadurch wird verhindert, dass bspw. ein Inhaltsbaustein in einer Weise verändert wird, die der Absicht des ursprünglichen Autors zuwiderläuft, oder dass sich Benutzer in böswilliger Absicht in eine Shared-Whiteboard-Sitzung einklinken und willkürlich Objekte auf dem Tafelbild verändern oder gar löschen. Ebenso benötigen beide Formen eine angemessene Versionsverwaltung, die es ermöglicht, Änderungen zurückzuverfolgen und ggf. einen früheren Zustand eines Objekts oder des gesamten Tafelbilds wiederherzustellen.

Des Weiteren soll das Shared-Whiteboard-System auch eine Möglichkeit bieten, Computeralgebrasysteme, Numeriksoftware usw. einzubinden und anzusprechen. In einer Diskussion über (z. B.) eine mathematische Formel ist es oft nicht ausreichend, lediglich zu *sehen*, was der jeweils andere schreibt. Man wird sicherlich eine Gleichung lösen oder eine numerische Analyse automatisch durchführen lassen wollen. Aber auch andere Lernszenarien sind denkbar, die die Anbindung spezieller Software – etwa Compiler und Debugger in der Informatik-Lehre – erfordern.

3 Ein Ansatz zur Implementierung

3.1 Auswahl einer Plattform für ViCToR-Räume

Um nicht „das Rad neu erfinden“ zu müssen, haben wir uns entschieden, ViCToR-Räume auf einer existierenden CSCW/CSCL-Plattform aufzubauen. Bei der Auswahl der zu erweiternden Plattform sind zwei Kriterien aus unserer Sicht entscheidend: zum einem soll es sich um Open-Source-Software handeln, zum anderen soll die Plattform bereits Kommunikationsmöglichkeiten mitbringen, die über Chats und Diskussionsforen hinausgehen.

Bei einer Open-Source-Plattform erhalten wir eine gewisse Sicherheit, sämtliche Erweiterungen anbringen zu können, die wir für erforderlich halten, ohne dabei durch eventuelle Lizenzrechte eingeschränkt zu werden. Existierende Open-Source-Lernplattformen, wie etwa Moodle oder Ilias bieten an Kooperationsfunktionen aber lediglich Foren, Chats und Wikis. Der Grund dafür ist, dass das Hauptziel dieser Entwicklungen eher das Management von Inhalten bzw. Kursen ist.

Anhand dieser Erwägungen kommen für uns die Plattformen *sTeam* [HK01] (Universität Paderborn) und *CURE* [HSH⁺04] (Fernuniversität Hagen) in die engere Wahl. Letztere soll im Sommer 2006 unter einer Open-Source-Lizenz freigegeben werden, während erstere schon von Anfang an als Open-Source-Software entwickelt wurde.

sTeam und *CURE* basieren gleichermaßen auf dem Konzept virtueller Räume (vgl. Abschnitt 2). Diese dienen als gemeinsame Arbeitsbereiche für Arbeitsgruppen und Treff-

punkte für Studierende und Lehrende. In beiden Systemen können Nutzer in Räumen netzgestützt Dokumente an- bzw. ablegen und selbständig bearbeiten, indem sie sich gemeinsame Sichten auf die Dokumente verschaffen, sie austauschen, arrangieren, gegenseitig kommentieren und durch Verweise verknüpfen. sTeam und CURE unterstützen die spontane Bildung von Gruppen durch Bereitstellung von Awareness-Informationen, sowie die Vergabe von Zutritts- und Zugriffsrechten.

3.2 Integration vorhandener Komponenten

3.2.1 Elektronische Schreibtafeln

Wie bereits in 2.4 erwähnt, handelt es sich bei der klassischen Kreidetafel immer noch um das bewährteste (Unterrichts-)Hilfsmittel zum Wissenstransfer in der Lehre der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. Die elektronische Kreidetafel „eKreide“ (Abb. 1) wurde an der Freien Universität Berlin speziell für die Anwendung in mathematisch dominierten Disziplinen entwickelt [FKRT03]. Auf einem elektronischen Whiteboard oder einem anderen interaktiven Screen kann wie auf einer Tafel geschrieben werden (Abb. 2), zusätzlich können jedoch noch zahlreiche multimediale Einbettungen in das Tafelbild erfolgen. Dabei kann es sich z. B. um Bilder und Grafiken oder Java Applets handeln.

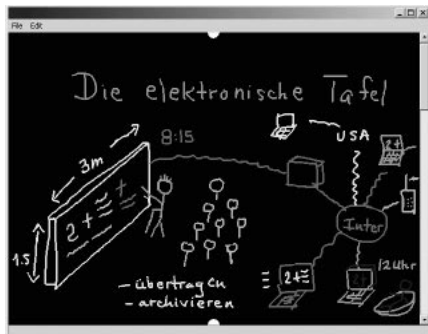


Abbildung 1: Die elektronische Tafel „eKreide“

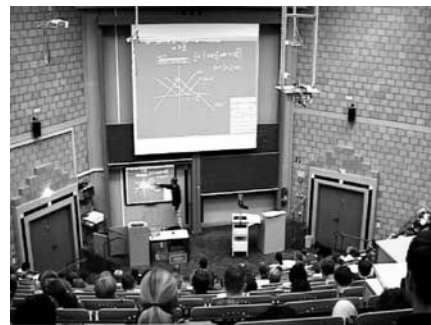


Abbildung 2: Die eKreide im Einsatz

Mathematische Formeln können dank einer Handschrifterkennung als solche identifiziert und an im Hintergrund arbeitende Computeralgebrasysteme zur Auswertung delegiert werden. Die numerischen oder symbolischen Ergebnisse und sogar Funktionenplots werden nahtlos in das Tafelbild eingefügt.

Die eKreide zeichnet während der gleichzeitigen Übertragung jeden Tafelstrich sowie sämtliche verwendeten Audio- und Videodaten auf, so dass zu einem späteren Zeitpunkt ein Betrachten der gesamten Sitzung möglich ist. Dies geschieht mittels eines Java-fähigen Browsers; weitere Installationen sind nicht notwendig. Ein ebenfalls erzeugtes PDF-Dokument bietet außerdem die Möglichkeit, alle Tafelbilder auszudrucken bzw. statisch zu betrachten.

Work in Progress: Verschiedene Instanzen von eKreide-Diensten sollen in die Lage versetzt werden, über das Internet zu kommunizieren. Fragen der Synchronisation müssen dabei behandelt werden, um die eKreide zu einer vollwertigen *gemeinsamen* Tafelumgebung (Shared Whiteboard, siehe 2.4) fortzuentwickeln. Dabei muss die Synchronisation nicht nur für die eKreide selbst, sondern auch für die angeschlossenen elektronischen Werkzeuge angewandt werden. Weiterhin muss ein Tracking möglich sein, über das Autoren und ihre Aktionen zu jedem späteren Zeitpunkt identifiziert werden können.

3.2.2 Autorenumgebungen

Durch den auf XML basierenden Standard MathML wurden in den letzten Jahren die Möglichkeiten zur Präsentation mathematischer Formeln im Web erheblich verbessert. MathML stellt die notwendige Voraussetzung für die Entwicklung moderner eLTR-Umgebungen dar, da sich damit wiederverwertbare und adaptierbare mathematische Inhalte erstellen lassen. Trotzdem bleibt das Erstellen und Editieren in MathML kodierter Formeln nach wie vor eine komplexe Aufgabe, die von geeigneten Autorenwerkzeugen unterstützt werden muss. Derartige Editierwerkzeuge müssen auf gemeinsamen Standards aufbauen; ein solcher Standard ist z. B. \LaTeX , das in der weltweiten mathematischen Community breit akzeptiert ist. Des Weiteren sollen diese Werkzeuge in der Lage sein, Eingaben in ein Format zu übersetzen, das Inhalt und Layout streng voneinander trennt, um es Autoren möglichst einfach zu machen, neue Inhalte zu erzeugen.

Eines der wichtigsten Charakteristika des computerbasierten Lernens ist die Möglichkeit, verschiedenste, v. a. interaktive, Inhaltsbausteine zu entwickeln und diese miteinander zu verbinden. Auf diese Weise können individuell angepasste, explorative Lernumgebungen erstellt werden. Im Rahmen der Mumie-Plattform wurde die Autorenumgebung „mmtex“ [DJRS05] entwickelt, mit der auch interaktive Objekte in eLearning-Inhalte eingebunden werden können. Da \LaTeX ursprünglich auf Druckerzeugnisse ausgerichtet ist und deshalb keine multimedialen Dokumentformate wie Applets oder Animationen unterstützt, muss ein auf \LaTeX aufsetzender Konverter entsprechende Erweiterungen implementieren. Bei diesen Erweiterungen ist zu beachten, dass Interaktivität auch impliziert, dass Inhalte miteinander durch Links verbunden sein können; dies ist eine der Kerneigenschaften einer webbasierten eLearning-Umgebung.

Mmtex ist ein Konverter für die Kommandozeile, der in Perl geschrieben wurde. Perl wurde wegen seiner einfachen Erweiterbarkeit ausgewählt. Derzeit versteht Mmtex zwei \LaTeX -Dialekte: einer ähnelt sehr stark dem Standard- \LaTeX , wobei einige Befehle und Umgebungen nicht implementiert wurden. Der zweite Dialekt wurde speziell für die Mumie-Plattform (siehe 3.2.5) zur Erzeugung mathematischer Texte entwickelt und stellt somit eine deutliche Erweiterung des Standard- \LaTeX dar. Bei beiden Dialekten werden die nicht-mathematischen Teile des \LaTeX -Quelltextes in einen speziellen XML-Dialekt übersetzt, während die mathematischen Teile nach MathML übersetzt werden. Mit entsprechenden XSL-Stylesheets kann dieses XML dann in das gewünschte Ausgabeformat, z. B. XML mit MathML-kodierten Formeln, umgewandelt werden.

Neben den Problemen, die von der Praxis der mathematischen Forschergemeinde herrühren, ist noch ein weiteres Problem zu beachten: \LaTeX wird *nicht* in allen technologie-

orientierten Fächern benutzt, vor allem nicht in den Ingenieurwissenschaften, der Experimentalphysik und ähnlichen, eher anwendungsorientierten Fachgebieten. Seine besondere Syntax, die einer Programmiersprache sehr ähnelt, macht \LaTeX zu einem mächtigen Werkzeug, erfordert aber ggf. auch eine längere Eingewöhnungsphase. Daher liegt hier ein grosses Potenzial in der Entwicklung von WYSIWYG-Editoren für \LaTeX wie etwa texmacs [vdH01].

Work in Progress: Damit eine breite Community innerhalb der ViCTOR-Räume zusammenarbeiten kann, sollen komfortable Autorenwerkzeuge, die der „Wiki-Philosophie“ folgen, integriert werden. Der Einsatz dieser Autorenwerkzeuge beschränkt sich nicht nur auf die Entwicklung größerer Textelemente wie Lernobjekte, Lehrmaterial oder wissenschaftliche Aufsätze. Sie werden auch benötigt, um Beiträge in Diskussionsforen oder Chats zu editieren, so dass mathematische Formeln auch in diese Kommunikationsmedien einfließen.

3.2.3 Virtuelle Labore

Das **Virtuelle Labor** VideoEasel [JRS05], entwickelt an der TU Berlin, fokussiert inhaltlich auf das Gebiet der statistischen Mechanik. Die frei programmierbare Plattform ermöglicht derzeit die Simulation verschiedener Modelle der statistischen Mechanik, darunter diverse Gittergasmodelle, Bildentauschungstechniken und Experimente zu Random Walks. Mit Hilfe virtueller Mess-tools, die frei an Experimente an- und abgekoppelt werden können, können Magnetisierung, Entropie, freie Energie und andere Messgrößen (siehe Abb. 3) während des laufenden Experiments ermittelt werden. Simulationen in VideoEasel basieren auf der Implementation der mikroskopischen Dynamik mittels *zellulärer Automaten* [TM87], die zur Laufzeit verarbeitet werden. Die Messresultate der Experimente können zur weiteren Analyse automatisch an Computeralgebrasysteme übermittelt werden. Um die Kooperation zwischen Lehrenden und Studierenden bzw. den Studierenden untereinander zu ermöglichen, erlaubt die VideoEasel-Architektur verteilte Messprozesse an einem Experiment; dies beinhaltet auch Remote-Zugänge zu den Experimenten von außerhalb der Universität, vergl. [JRS05] für technische Details.

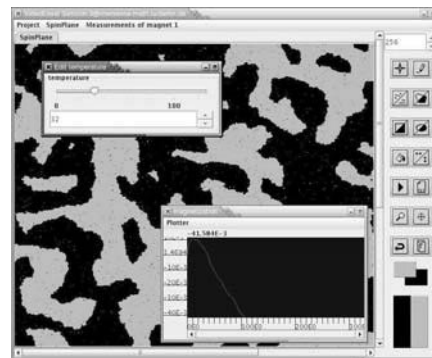


Abbildung 3: Screenshot von VideoEasel

Work in Progress: Bisher wird das VideoEasel-Labor hauptsächlich auf gewisse Bereiche der Statistischen Mechanik und der Thermodynamik angewandt. Aktuell werden Integrationstechniken, insbesondere *Web Services*, auf ihre Eignung geprüft, um VideoEasel mit anderen Laboren (z. B. Atomistix Virtual NanoLab [Ato]) zu kombinieren und so das Spektrum und die Komplexität der möglichen Experimente zu erweitern. Es werden bereits Erweiterungen entwickelt, welche VideoEasel für Experimente in der Nanotechnolo-

gie und der Biochemie anwenden. Durch auf Benutzerverhalten reagierende Assistenten sollen schliesslich die individuellen Lernprozesse mittels intelligenter Feedbackstrategien gesteuert und unterstützt werden.

3.2.4 Remote-Experimente

Remote-Experimente sind reale Experimente (also nicht virtuell simuliert), die von einem Ort außerhalb des Labors kontrolliert und durchgeführt werden. Die zwei wichtigsten Komponenten sind daher der Versuchsaufbau selbst sowie die für Fernzugang und Datenübertragung notwendigen Technologien. Für letzteres wird z.B. *Labview* [Tra02] benutzt. Über ein GUI kann der Experimentator gewünschte Parameter am Versuchsaufbau einstellen. Da Labview modular programmiert ist, können Versuchsaufbauten leicht erweitert bzw. kombiniert werden.

Work in Progress: Vernetzte virtuelle Labore und ferngesteuerte Experimente bilden einen wichtigen Teil der ViCToR-Räume, da sie sich zur Verwirklichung von Lehr-, Übungs- und Forschungskonzepten in den Natur- und Ingenieurwissenschaften eignen. Hochspezialisierte Ausrüstung und der Umgang mit ihr kann durch so in einer virtuellen Wissenswelt einer weltweiten Lehr- und Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt werden. Zu diesem Zweck wird eine dienstorientierte, netzgestützte Infrastruktur entwickelt und implementiert [JT06] mit dem Ziel, verteilten Aufbau und Durchführung gemeinsamer Versuche einschließlich Datenanalyse, Interpretation und Anwendungsentwicklung zu ermöglichen. Mithilfe einer gemeinsamen Portal-Infrastruktur, zu der auch ein „Service Broker“ gehört, wird dann über standardisierte Schnittstellen auf virtuelle und Remote-Experimente zugegriffen werden können.

3.2.5 Lehr- und Lernplattformen

Eine stabile, computerverträgliche Repräsentation mathematischer Objekte, die deren Austausch zwischen heterogenen Softwareumgebungen ermöglicht, stellt eine wichtige Voraussetzung für einen kooperativen, virtuellen Wissensraum im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich dar. Für diesen Bereich dient z. B. das OMDoc-Format (Open Mathematical Document [Koh00]) als Inhaltsauszeichnungsschema für mathematische Dokumente wie Lehrbücher, interaktive Bücher, Kurse oder Artikel. Darüber hinaus unterstützt OMDoc die Entwicklung semantisch angereicherter Dienste zur Darstellung, Manipulation und zum Austausch mathematischer Formeln mit anderen Anwendungen. OMDoc verfolgt dazu den Ansatz, an mathematische Dokumente Informationen anzufügen, die die Dokumentenstruktur, die Bedeutung bestimmter Textfragmente und die Beziehungen des jeweiligen Dokuments zu weiterem mathematischem Wissen beschreiben.

Die feingranulare Strukturierung mathematischer Inhalte macht eine Lehr- und Lernplattform vielseitiger und mächtiger. Dies ist, ebenso wie der Nutzen formaler Beschreibungssprachen, wie beim OMDoc-Ansatz realisiert, leicht zu erkennen. Beides wurde in bestehenden eLTR-Plattformen umgesetzt: die speziell an der Mathematik orientierten Open-Source-Lernplattformen Mumie [DJR⁺05], ActiveMath [MS04] und Connexions [KB06] zeichnen sich durch einen gemeinsamen Ansatz aus, feingranulare Wissens Elemente zu

benutzen, Inhalte konsistent semantisch zu kodieren, sowie das Content-Management auf ontologischen Strukturen aufzubauen. Alle drei Plattformen verfolgen das Prinzip einer strikten Trennung der Repräsentation mathematischen Wissens einerseits von pädagogisch orientierten Präsentationsformen sowie Multimedia-Funktionalitäten andererseits.

Die Mumie-Plattform stellt die Interaktivität und Multimedialität granularer Inhaltsbausteine sowie ihre Nutzbarkeit in vielen verschieden gearteten Lernszenarien in den Vordergrund: Mathematische Objekte können flexibel zu individuell angepassten Lehr- und Lerneinheiten kombiniert und in einer explorativen Umgebung präsentiert werden (Content-Szenario).

Diese Präsentation von Inhalten wird ergänzt durch Übungsszenarien und virtuelle Labore, wodurch zusätzlich ein individueller und unabhängiger Zugang zum mathematischem Lernstoff ermöglicht wird. Hierbei werden mathematische Objekte in lexikographischer Form oder mit besonderem Augenmerk auf innerfachliche Zusammenhänge, jedoch losgelöst vom Kontext bereits existierender Kurse, präsentiert (Retrieval-Szenario).

Der Schwerpunkt der eLearning- und eTeaching-Plattform ActiveMath, die am DFKI (Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz) in Saarbrücken entwickelt wurde, liegt auf der Adaptierbarkeit der Plattform an die Ansprüche jedes einzelnen Benutzers. ActiveMath enthält Funktionen zur Überwachung, Speicherung und Analyse der Benutzeraktivitäten, so dass das System den Lernfortschritt des Benutzers modellieren und dessen Präferenzen analysieren kann. Durch diese Rückkopplung werden Funktionen möglich, die sonst nur bei intelligenten Tutorensystemen zu finden sind.

Das Connexions-System, entwickelt an der Rice University in Houston/Texas, ist ein leistungsfähiges Content-Management-System für mathematische Wissensbausteine. Es wird weltweit eingesetzt und enthält bereits mehrere tausend Wissensbausteine mit Themengebieten vom Mathematik-Grundkurs bis hin zu aktuellsten mathematischen Forschungsfragen. Durch Verwendung von „Open-Content“-Lizenzen werden mehr und mehr weitere Autoren für das Connexions-System gewonnen.

Work in Progress: Inhaltsauszeichnungsschemata wie OMDoc leisten einen wichtigen Beitrag zur Überwindung des Problems der semantischen Strukturierung von Inhalten; allerdings behandeln sie die semantische Kodierung selbst nicht. Es sind weitere Anstrengungen nötig, damit Autoren semantisch angereicherten eContent erstellen können, so dass auf allen Ebenen intelligente Mechanismen zur Adaption an den Benutzer entwickelt werden können.

3.2.6 Information Retrieval

mArachna [GJNS05], entwickelt als Teilprojekt der Mumie-Plattform, bietet ein innovatives Information-Retrieval-System in Form eines interaktiven, mathematischen „Lexikons“, das multimediale Objekte aller Art enthält.

mArachna analysiert mathematische Texte mithilfe einiger Techniken zur Verarbeitung natürlicher Sprache, sowie mit mathematischem Hintergrundwissen. Die so gewonnene semantische Information wird in eine Wissensbasis eingefügt, die auf einer ausgewählten, fachspezifischen Ontologie für die Mathematik basiert. Diese Wissensbasis enthält das

Hintergrundwissen, das wiederum die Verarbeitung der natürlichen Sprache beeinflusst. Im Ergebnis kann ein Benutzer nicht mehr nur auf traditionelle Weise über Schlüsselwörter nach mathematischen Begriffen suchen, sondern auch nach Abhängigkeiten und Beziehungen mathematischer Aussagen.

Work in Progress: Neben der Erweiterung auf andere Sprachen als die deutsche wird die Weiterentwicklung von mArachna darauf abzielen, die Inhaltsstruktur längerer Fachtexte, wie z. B. Lehrbücher, zu analysieren. Verschiedene Ontologien, die von verschiedenen Autoren gebildet wurden, können verglichen werden, etwa im Hinblick auf verschiedene Zielgruppen, verschiedene (fach-)kulturelle Hintergründe oder verschiedene Lernziele. Weiterhin verschafft ein Vergleich dieser autorenspezifischen Ontologien mit abstrakteren, fachspezifischen „Oberontologien“ (upper ontologies) einen Einblick in bisher unbekannte Arten von Verbindungen zwischen verschiedenen Fachgebieten; dies macht mArachna zu einem Instrument der „Wissensevolution“.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden eine Reihe spezieller Anforderungen an kooperative Wissensräume für Mathematik und Naturwissenschaften definiert und ausgearbeitet. Dabei kann es sich auf Grund der Komplexität der Studiengänge in diesen Disziplinen nicht um eine abschließende und vollständige Spezifikation handeln. Weiterhin wurden bereits vorhandene und z. T. auch schon erfolgreich in der Lehre eingesetzte Werkzeuge und Komponenten vorgestellt, durch deren Zusammenwirken in kooperativen Wissensräumen die genannten Zielsetzungen erreicht werden sollen. Wo notwendig, werden Weiterentwicklungen stattfinden, etwa der Ausbau der E-Kreide zu einem „echten“ Shared Whiteboard. Aber auch neue Entwicklungen, z. B. der Service Broker für die vernetzten virtuellen Labore und Remote-Experimente, genießen eine hohe Priorität.

Durch die hier vorgeschlagenen Erweiterungen wird es möglich sein, inhaltsorientierte, experimentelle und kooperative Lernszenarien gleichermaßen zu bedienen und zu kombinieren. Wir erwarten dadurch eine deutliche Verbesserung der computerunterstützten Lehre in Mathematik und Naturwissenschaften.

Literatur

- [Ato] Atomistix A/S. Atomistix Virtual NanoLab. <http://www.atomistix.com/index.php?id=77>.
- [DJR⁺05] Nina Dahlmann, Sabina Jeschke, Tilman Rassy, Ruedi Seiler und Uwe Sinha. Mumie: Plattform und Autorenumgebung für die Mathematik. In Klaus P. Jantke, Klaus-Peter Fähnrich und Wolfgang S. Wittig, Hrsg., *Leipziger Informatik-Tage*, Jgg. 72 of LNI, Seiten 165–171. GI, 2005.
- [DJRS05] Nina Dahlmann, Sabina Jeschke, Tilman Rassy und Ruedi Seiler. Mmtex: Creating Mathematical Content for eLearning. In Méndez-Vilas et al. [MGMM05].

- [FKRT03] Gerald Friedland, Lars Knipping, Raúl Rojas und Ernesto Tapia. Web Based Education as a Result of AI Supported Classroom Teaching. Jgg. 2774 of *LNCS*. Springer, Berlin / Heidelberg, 2003.
- [GJNS05] Sven Grottke, Sabina Jeschke, Nicole Natho und Ruedi Seiler. mArachna: A Classification Scheme for Semantic Retrieval in eLearning Environments in Mathematics. In Méndez-Vilas et al. [MGMM05], Seite 957 ff.
- [HK01] Thorsten Hampel und Reinhard Keil-Slawik. sTeam: Structuring Information in a Team – Distributed Knowledge Management in Cooperative Learning Environments. *J. Educ. Resour. Comput.*, 1(2es):3, 2001.
- [HSH⁺04] Jörg M. Haake, Till Schümmer, Anja Haake, Mohamed Bourimi und Britta Landgraf. Supporting Flexible Collaborative Distance Learning in the CURE Platform. In *Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Los Alamitos, CA, USA, 2004. IEEE Computer Society.
- [JR06] Sabina Jeschke und Thomas Richter. Mathematics in Virtual Knowledge Spaces – User Adaptation by Intelligent Assistants. In Roland Kaschek und Klaus-Peter Jantke, Hrsg., *Intelligent Assistant Systems*. Idea Group, Hershey, 2006.
- [JRS05] Sabina Jeschke, Thomas Richter und Ruedi Seiler. VideoEasel: Architecture of Virtual Laboratories for Mathematics and Natural Sciences. In Méndez-Vilas et al. [MGMM05], Seite 874 ff.
- [JT06] Sabina Jeschke und Christian Thomsen. Collaborative Working Environment for Virtual and Remote Experiments in Nanoscience and Nanotechnologies. Conference Proceedings IMCL 2006 Amman/Jordania, accepted, to appear April 2006.
- [Kar97] Michael Karweit. A Virtual Laboratory for Beginning Scientists/Engineers. In *Proceedings of ED-MEDIA 97*, Calgary, 1997.
- [KB06] W. Joseph King und Richard Baraniuk. Connexions: Sharing knowledge and building communities. Bericht, Rice University, Houston, Februar 2006. <http://www.cnx.org/aboutus/publications/ConnexionsWhitePaper.pdf>.
- [Koh00] Michael Kohlhase. OMDOC: Towards an Internet Standard for the Administration, Distribution, and Teaching of Mathematical Knowledge. In John A. Campbell und Eugenio Roanes-Lozano, Hrsg., *AISC*, Jgg. 1930 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 32–52. Springer, 2000.
- [MGMM05] A. Méndez-Vilas, B. González-Pereira, J. Mesa González und J.A. Mesa González, Hrsg. *Recent Research Developments in Learning Technologies*, Badajoz, 2005. FORMATEX.
- [MS04] Erica Melis und Jörg Siekmann. ActiveMath: An Intelligent Tutoring System for Mathematics. In L. Rutkowski, J. Siekmann, R. Tadeusiewicz und L.A. Zadeh, Hrsg., *Seventh International Conference 'Artificial Intelligence and Soft Computing' (ICAISC)*, Jgg. 3070 of *LNAI*, Seiten 91–101. Springer-Verlag, 2004.
- [TM87] Tommaso Toffoli und Norman Margolus. *Cellular Automata Machines*. MIT Press Cambridge, 1987.
- [Tra02] Jeffrey Travis. *LabVIEW for Everyone*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 2. Auflage, 2002.
- [vdH01] Joris van der Hoeven. GNU TeXmacs: A free, structured, wysiwyg and technical text editor. *Cahiers GUTenberg*, (39–40), Mai 2001.