

## Physikstudium multimedial Neue Trends in der Hochschullehre aus fachdidaktischer Sicht

Horst Schecker

Universität Bremen, Fachbereich Physik/Elektrotechnik, Institut für Didaktik der Physik,  
Bibliothekstraße, D-28359 Bremen

### Kurzfassung

Der Beitrag untersucht aus einer fachdidaktischen und hochschuldidaktischen Sicht das Potenzial von Multimedia für die Verbesserung des Physikstudiums an Präsenzuniversitäten. Die Ausgangslage wird anhand von fünf multimedialen Komponenten physikalischer Lehrveranstaltungen beschrieben. Als Zielperspektive wird eine Verbindung von Präsenzlehre mit E-Learning formuliert. Weiter gehende Zukunftsvisionen virtualisierter Lehre werden für Präsenzuniversitäten kritisch eingeschätzt. Zwei Szenarien veranschaulichen Modelle, wie Dozenten und Studierende Multimedia in Lehr-Lern-Prozesse integrieren können. Geeignete Implementationsstrategien sind dafür ebenso wichtig wie gute Medien. Im zweiten Teil wird das Vorhaben *physik multimedial* vorgestellt, in dem sich Universitäten des Nordverbunds zusammengeschlossen haben, um die Nebenfachausbildung in Physik zu verbessern.

### 1. Einleitung

Der Einsatz von Multimedia im *Physikstudium* an den Physik-Fachbereichen in Deutschland erinnert an die Situation des *Physikunterrichts* am Beginn der neunziger Jahre, als der Computer Einzug in die *Schulen* hielt. Damals schrieben Ciesla und Jodl in ihrem Bericht über das neunte Treffen des DPG-Arbeitskreises „Computer im Physikunterricht“:

"Trotz (der) recht positiven Bilanz der Möglichkeiten des Computers im realen Physikunterricht ... muss man einschätzen, dass sich der Computer als Unterrichtsmittel im Fach Physik noch nicht in großer Breite durchgesetzt hat. Nur wenige engagierte Physiklehrer nutzen ihn punktuell mit relativ gutem Erfolg." (Ciesla 1991)

Ersetzt man „Physikunterricht“ durch „Physikstudium“ und Physiklehrer durch „Dozenten“, dann trifft diese Aussage recht gut das Bild, das sich an unseren Universitäten bietet (vgl. a. Keil-Slawik 1997).

In den „Physikalischen Blättern“ erschien im letzten Jahr ein Beitrag mit dem Titel „Wunsch und Wirklichkeit — Multimedia-Lehrmittel im Physikstudium“ (Wengenmayr 2001). Darin wird berichtet über:

- Universität Heidelberg: Live-Vorlesungen via Internet auf den heimischen PC;
- Technische Universität Berlin: Interaktive Bildschirmexperimente;
- Universität Kaiserslautern: Physik-Fernstudium über das Internet (FIPS);
- Universität Bremen: Multimedia-Tools im Präsenzstudium.

Diese Aufstellung kann um die Physik-Komponenten in den laufenden großen Förderprogrammen des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft ergänzt werden. Im Programm „Nutzung des weltweit verfügbaren Wissens für Aus- und Weiterbildung und für Innovationsprozesse“ sind dies:

- Universität Würzburg: Physik im Vorhaben „Vernetztes Studium Chemie“ [<http://www.vs-c.de/>];
- Fachhochschule Gelsenkirchen: „Infophysik“ im Bundesleitprojekt „Virtuelle Fachhochschule“ [<http://vfh.informatik.fh-ge.de/public/infophysik/infophysik.html>].

Im Programm „Neue Medien in der Bildung“ (2001 bis 2003) werden gefördert:

- Physik 2000 — Neue Medien im Universitätsverbund für ein forschungsorientiertes Studium der Physik unter Berücksichtigung moderner Anwendungsfelder und Einbeziehung eines selbstergänzenden digitalen Informationssystems: Universitäten Siegen, Berlin (Humboldt-Universität), Dortmund, Jena, Rostock [<http://besch2.physik.uni-siegen.de/~phys2000/>];
- IngMedia — Entwicklung und Evaluation interaktiver, multimedialer Lernsoftware für technische und physikalische Praktika in Ingenieur-Studiengängen: Hagen (Fernuni), Kaiserslautern (FH), Essen (U), Lippe (FH), Ulm (FH) [<http://www.ingmedia.fh-aachen.de/home/home.htm>];
- *physik multimedial* — Lehr- und Lernmodule für das Studium der Physik als Nebenfach: Universitäten Bremen, Greifswald, Hamburg, Oldenburg, Rostock zusammen mit den Kooperationspartnern Fachhochschule Gelsenkirchen und den Universitäten Potsdam, Berlin (TU), Düsseldorf sowie San Diego (SDSU) [<http://www.physik-multimedial.de/>].

These 1: Der *Multimedia-Einsatz an Hochschulen* erfährt zurzeit eine massive Förderung. Damit verbinden Politik und Hochschulleitungen hohe Erwartungen an Qualitätsverbesserung der Lehre und Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit deutscher Universitäten.

Das Vorhaben *physik multimedial* wird unter den Punkten 6 und 7 ausführlich vorgestellt.

Wengenmayr (2001) kommt nach seiner Erkundung bei laufenden Multimedia-Projekten zu der Einschätzung, dass anfängliche Euphorie inzwischen einem verhaltenen Optimismus gewichen sei. Ich halte das für eine zutreffende Wertung. Man könnte aus den vielen Projekten schließen, dass Multimedia in der Hochschullehre Physik bereits in voller Blüte stünde. Ein zutreffenderes Bild ist es jedoch, wenn man davon spricht, dass an neuen Sträuchern Knospen aufgegangen sind, die sich gegen das Laub der umstehenden Bäume durchsetzen müssen. Dabei liegt das Problem nicht primär in fehlenden Medien, noch nicht einmal im fehlenden Geld, sondern hauptsächlich in der Entwicklung schlüssiger Konzepte für die Implementation von Multimedia, d.h. für die Heranführung der Dozenten und Studierenden an die regelhafte Nutzung in Lehrveranstaltungen. Selbst an den Universitäten mit aktiven Kernen — und hier sind besonders fachdidaktische Arbeitsgruppen zu nennen — ist es noch nicht hinreichend gelungen, die Breite der Dozenten für einen fach- und mediendidaktisch sinnvollen Multimediaeinsatz zu gewinnen.

*These 2: Für die Einführung eines multimedial gestützten Physikstudiums fehlt es weniger an guten Medien als an wirksamen Implementationskonzepten für die fach- und mediendidaktisch sinnvolle Nutzung von Multimedia.*

Ich will diese These an folgender aktueller Begebenheit veranschaulichen: Der Tagungsleiter des MNU-Kongresses 2002 in Hannover (Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts), Wegner, bereitet zurzeit eine Podiumsdiskussion zum Thema „Neues Lernen mit Neuen Medien“ vor. In einem E-Mail-Wechsel mit mir beklagte er aus seiner Sicht das Fehlen von didaktischen Gesamtkonzepten, welche die Zukunft des Physiklernens vor dem Hintergrund der Neuen Medien aufzeigen. Herr Wegner schreibt darin u.a.:

„Heute hatte ich ein Gespräch mit einem Hochschullehrer der Elektrotechnik/Informatik der Universität Hannover. Danach kann ich ohne Hemmungen feststellen, dass die Spitze der Veränderungen darin besteht, eine Vorlesung abzufilmen und ins Netz zu stellen. Für Studenten anderer Hochschulen und für die eigenen der nächsten fünf Jahre. Ein Chat-Bereich für den Dialog mit dem Hochschullehrer kommt dazu und die Quicky-Übung multiple choice on-line. Mehr will man gar nicht. Keine Visionen. Oder?“

Diese Aussage hat mich nachdenklich gestimmt. Es stellt sich die Frage:

- Gibt es tatsächlich „keine Visionen“?

- Visionen oder nicht: Wie können Lehr-Lern-Szenarien für den Einsatz von Multimedia in der Hochschullehre aussehen?

## 2. Ausgangslage

Betrachten wir zunächst die Praxis multimedial unterstützter Physiklehre an deutschen Hochschulen. Es lassen sich angelehnt an Schulmeister (2001, 224) folgende Modelle unterscheiden:

- Online-Skripten;
- Multimedia in Vorlesungen;
- Online-Vorlesungen;
- netzbasierte Kommunikation/Kooperation;
- Virtuelles Studium.

### *Online-Skripten*

In der einfachsten Form werden Skripten zu Lehrveranstaltungen digitalisiert und über das Netz oder CD-ROM verfügbar gemacht. Dazu kommen ggf. Links zu Medien wie z.B. Simulationsprogrammen, Animationen, Videos. Solche Skripten finden sich auf Servern vieler Universitäten oder einzelner Institute und Hochschullehrer. Im schlichsten Fall wurden einfach vorliegende Textdateien ins Netz gestellt. (Polemisch formuliert könnte man das als Verlagerung der Druckkosten auf die Studierenden bezeichnen.)

Andere Hochschullehrer jedoch überarbeiten ihre Skripten bei der Umsetzung in die elektronische Form, nutzen dabei Hypertext-Funktionen und bauen Links zu externen Quellen oder Applets ein. Dies ist nicht nur bei html-Code sondern auch in pdf-Dokumenten möglich. Beispiele für Vorlesungsskripten mit interaktiven Elementen finden sich auf der Homepage von Peter Ryder [<http://www.ifp.uni-bremen.de/ryder/lv/skripte.html>]

### *Multimedia in Vorlesungen*

Bei einer entsprechenden Ausstattung der Hörsäle (PC, Beamer) werden in Vorlesungen neben Demonstrationsexperimenten auch Multimedia-Anwendungen zur Visualisierung physikalischer oder technischer Sachverhalte eingesetzt. Dafür eignen sich neben digitalisierten Videos besonders Simulationsprogramme und interaktive Bildschirmexperimente.

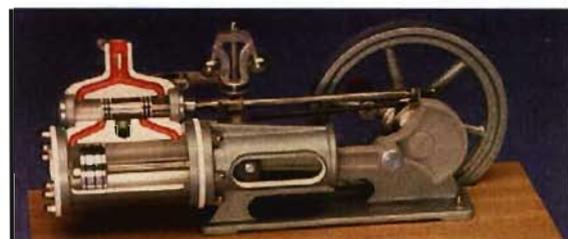


Abb. 1: IBE zur Dampfmaschine (<http://www.ibe.tu-berlin.de/ibe/>)

### Online-Vorlesungen

Online-Vorlesungen können Studierenden den Weg in die Universität ersparen, indem sie die Vorlesung von zuhause aus verfolgen — und das mit neu aufgebauten Video-Servern auch zeitversetzt oder nachts. Angesichts der geringen Leitungskapazitäten (zu geringe Bandbreiten) befindet sich diese Technik noch im Entwicklungsstadium. *Didaktisch* sinnvoll wäre es, über das Internet Zugang zu „Highlights“ der physikalischen Lehre zu ermöglichen — etwa zu Spezialvorlesungen besonders ausgewiesener akademischer Lehrer oder mit Live-Schaltungen in Labore. Warum sollte nicht z.B. eine Vorlesung über Kernfusion live aus Greifswald übertragen werden und dabei die Möglichkeit bestehen, direkt Fragen an den Dozenten dort zu stellen? Im Vorhaben „Physik 2000“ ist die „Bereitstellung exzellenter Seminare und Kolloquien mit Fachleuten“ vorgesehen. Von solchen Planungen sind die meisten online-Vorlesungen allerdings noch weit entfernt. Es besteht sogar die Gefahr, dass Standard-Vorlesungen „aus der DVD-Konserve“ eingespielt werden (vgl. das Zitat von Wegner).

Schnotz und Bannert (1998a) haben eine Studie zur Akzeptanz von online-Vorlesungen aus Sicht der Studierenden vorgelegt. Grundlage war eine Tele-teaching-Vorlesung, bei der im Wechsel jeweils Vorlesungstermine aus den Universitäten Landau und Kaiserslautern übertragen und am jeweils anderen Standort auf einer Großbildleinwand eingespielt wurde. Über ein Hörsaal-Mikrofon konnten über das Netz Fragen an den Dozenten gestellt werden. Die Wahrnehmung der Lernumgebungen zwischen der vor-Ort-Präsenzvorlesung und der online-Übertragung in den entfernten Hörsaal war deutlich unterschiedlich, mit klaren Vorteilen für die vor-Ort-Präsenzlehre. Die Studierenden zogen es schließlich vor, zwischen den beiden Universitäten zu pendeln, um vor Ort dabei sein zu können. Über eine ähnliche Reserviertheit bei Physikstudenten gegenüber online-Vorlesungen berichtet Wengenmayr (2001) mit Bezug auf Erprobungen an der Universität Heidelberg.

### Netzbasierte Kommunikation/Kooperation

An die Studierenden richten sich Angebote zur netzbasierten Kommunikation mit Dozenten oder Tutoren — eine Art elektronische Sprechstunde. Sinnvoll ist ein solches Angebot im Rahmen eines Fernstudiums. Bei der Präsenz-Lehre besteht ein Vorteil im zeitlichen Versatz zwischen den Fragen, Kommentaren und Antworten. Bei dieser so genannten „*asynchronen*“ Kommunikation bestehen mehr Möglichkeiten zum Überlegen und Verarbeiten von Informationen. Das kommt Studierenden entgegen, die im direkten Gespräch gehemmt sind. Der zeitliche Aufwand für Dozenten und Tutoren, eingehende E-Mail-Anfragen von Studierenden sorgfältig zu beantworten, darf jedoch nicht unterschätzt werden. Andererseits kommt einer guten tutoriellen Betreuung bei virtuellen Studienteilen eine entscheidende Bedeutung zu (vgl.

Schulmeister 2001, 225). Über positive Erfahrungen aus der Fernbetreuung von Studierenden im FIPS-Projekt berichten Schweickert und Jodl (2001).

Unter dem Stichwort „Kooperation“ ist daran gedacht, dass Gruppen von Studierenden sich über das Netz zusammenschließen, um etwa gemeinsam an Übungsaufgaben zu arbeiten. Dafür gibt es so genannte „Groupware“ wie Netmeeting. In der Präsenzlehre ist der „Mehrwert“ für mich kaum erkennbar — außer dass eine solche Runde zu jeder Tages- und Nachtzeit zustande kommen kann. Ein technisches Problem ist das Fehlen wirklich befriedigender, praktikabler Techniken für den elektronischen Austausch von und über Formeln.

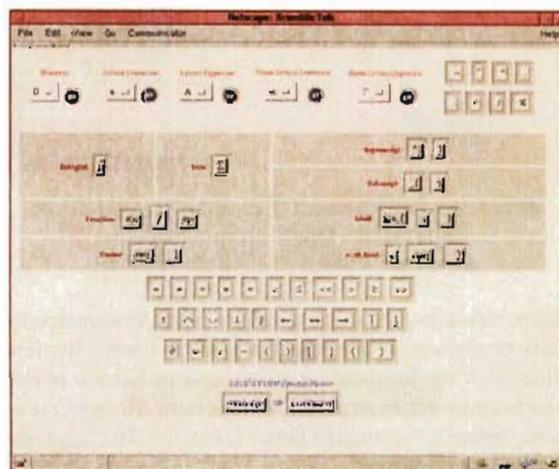


Abb. 2: ScientificTalk Editor für Formel-Chats  
[<http://sv7.ictp.trieste.it/>]

### Virtuelles Studium

Virtuelle Lehrveranstaltungen haben als Alternative zur Präsenzlehre ohne Zweifel ihren Wert im Fernstudium. Der potenzielle Mehrwert gegenüber den Korrespondenzbriefen im klassischen skriptbasierten Fernstudium ist offensichtlich. Besonders gilt das für die elektronische Bereitstellung multimedialer Lernmaterialien, wie sie im FIPS-Projekt verfolgt wird. Über den FIPS-Medienserver haben die Studierenden Zugriff auf über 200 Medien. Mit Hilfe von Zuordnungstabellen werden die Medien den Fernstudiums-Wochen und dem jeweils zugrunde gelegten Kapitel eines klassischen Lehrbuchs verkoppelt. Im Vorhaben „Infophysik“ wird dagegen der Lehrstoff komplett hypermedial bereit gestellt.

Für die Präsenzlehre an Universitäten stellt sich die Situation anders dar. Natürlich können Präsenzuniversitäten den Fernuniversitäten durch Angebote eigener online-Kurse Konkurrenz machen. Manchen Rektoren schwebt das als eine neue Einnahmequelle vor. Ich will darüber nicht spekulieren, weise aber auf die hohen Kosten beim Aufbau solcher Angebote hin. Das wird (sich) nicht jede Universität leisten können und wollen. Ein entsprechendes Entwicklungspoten-

zial können nur Verbände von Universitäten aufbauen, die gleichzeitig auf den internationalen Markt setzen. Jedoch wird auf diesem Feld die Dominanz amerikanischer Anbieter schwer zu brechen sein.

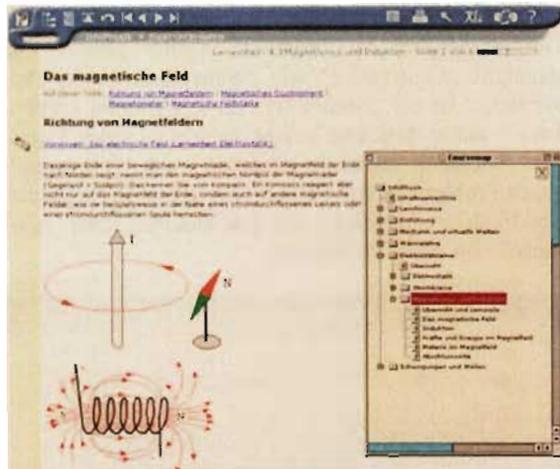


Abb. 3: Auszug aus einer Hypermedia-Lerneinheit von „Infophysik“ [<http://vfh.informatik.fh-ge.de/public/infophysik/infophysik.html>]

Rein virtuelle Seminare als Teil eines Präsenzstudiums erscheinen mir wenig sinnvoll. In einem Review über 95 Veröffentlichung zu virtuellem Lernen in der Hochschule (Schwerpunkt telematische Kommunikation; virtuelle Seminare) fasst Hesse (1997b) folgende Befunde zusammen:

- Mangel an sozialer Präsenz,
- fehlende Gruppenkoordination,
- fehlende Abstimmung über gemeinsamen Wissenshintergrund,
- Überangebot von Informationen,
- fehlende Nachrichtenverbundenheit (H.S.: fehlende Bezugnahme der Nachrichten untereinander).

### 3. Fehlende Visionen?

Ich komme nun auf die Frage der „fehlenden Visionen“ zurück. Worin könnten diese denn bestehen? Folgt man den Prognosen und Zukunftsszenarien mancher Visionäre — zu denen auch Rektoren deutscher Hochschulen zählen — dann sind wir längst auf dem Wege zu virtuellen Universitäten (s. z.B. Encarnação 1999). Ein Physikstudent würde dann im Grundstudium seine Credit Points (früher hätten wir „Scheine“ gesagt) dadurch erwerben, dass er einen online-Kurs (einschließlich online-Übungen) über Mechanik z.B. an der RWTH Aachen belegt, danach den zertifizierten Optik-Kurs an der TU Berlin abruft und für die Atom- und Kernphysik ein Angebot der UCLA in Berkeley nutzt. Über seinen privaten Breitband-Anschluss kann er entweder Vorlesungen als Videos abrufen oder mit dem multimedialen Skript arbeiten. Online-Tutoren stehen rund um die Uhr als Ansprechpartner zur Verfügung. Außerdem läuft

ständig ein Physik-Chat, in dem er mit seinen virtuellen Kommilitonen in Verbindung steht. Das physikalische Praktikum absolviert er in einer Blockveranstaltung vor Ort in Bremen – zumindest so lange, bis dort alle Experimente in Form virtueller Labore ferngesteuert werden können. Zur Vordiplomprüfung meldet er sich in Hamburg, wobei das Prüfungsgespräch als Videokonferenz abgehalten wird. Die Identifizierung erfolgt per Fingerabdruck-sensitivem Trackpad. Als virtuelle Tafel wird eine Whiteboard genutzt. Die Urkunde druckt er sich dann auf seinem heimischen Drucker aus.

So oder ähnlich sehen Visionen aus. Ich teile sie nicht und weiß mich dabei in guter Gesellschaft mit dem führenden deutschen Mediendidaktiker Rolf Schulmeister (2001), der in seiner kritischen Einschätzung der Entwicklungsprognosen für virtuelle Universitäten auf vergleichbare Fehlvorhersagen über den Stellenwert des computergestützten Unterrichts in den siebziger und achtziger Jahren verweist. Ein wichtiger Faktor sei dabei das Beharrungsvermögen der Hochschulangehörigen. Universitäten sind mindestens ebenso „träge“ Systeme wie Schulen, bei denen man Veränderungsprozesse in „Generationen“ (10 bis 15 Jahre) misst. Außerdem wird nach Schulmeister die Reichweite möglicher Virtualisierungen oft überschätzt:

„Die Geltungsbereiche für die potenziell virtualisierbaren Bereiche der akademischen Ausbildung werden immer wieder zu weit gezogen. Die Attraktivität mancher Studiengänge ergibt sich aus dem hohen Wert der Präsenzlehre, die durch virtuelle Angebote nur ansatzweise ersetzt werden kann (z.B. ... Laborerfahrungen für Chemiker).“ (Schulmeister 2001, 34)

Eine Entkopplung virtualisierter Lehrabschnitte von Praxis- und Kommunikations-abhängigen Studieninhalten würde die Qualität der Lehre vermindern. Sinnvoll erscheinen mir Ansätze, welche die Vorteile der Präsenzlehre mit den Vorteilen des E-Learnings konsequent in so genannten Hybrid-Lehrveranstaltungen verbinden. Ein neuer Begriff dazu lautet „blended learning“. (Im Kasten wird dazu ein Szenario entwickelt.) Hier sollten die Präsenzuniversitäten ihre Chancen konsequent nutzen.

#### Szenario 1: Verbindung von Präsenzlehre und E-Learning

Das folgende Szenario ist eine „erdachte Geschichte“ bzw. eine „konstruierte Fallstudie“, die Nutzungsmöglichkeiten der *physik multimedial*-Module beschreibt. Szenarien (s.a. Szenario 2 unter Punkt 7) sollen die Diskussion über hochschuldidaktische Modelle des Multimedia-Einsatzes mit mehr „Anschauung“ versehen — im Sinne „konkreter Utopien“.

Hochschullehrer M liest zum wiederholten Male „Physik für Biologie und Chemie“. Er verfügt über

langjährige Erfahrungen und kennt die Probleme dieser Nebenfach-Veranstaltung. Sie wird von den Teilnehmern als — oft lästige — Pflichtveranstaltung angesehen. Während er sich darum bemüht, den Studierenden wenigstens einen gewissen Einblick in physikalische Denkweisen, Begriffe und die Fachsystematik zu vermitteln, sind diese hauptsächlich daran interessiert, den Schein zu bekommen. Die Studierenden können den Sinn der Physik für ihr Studium nicht erkennen. Sie vermischen den Bezug zu ihrem Hauptfach. M hat seinerseits das Gefühl, bereits bis zur Grenze des physikalisch Zulässigen die Belange der Biologie und Chemie zu berücksichtigen. Aber wie soll er in einer Vorlesung mit über 100 Studierenden aus unterschiedlichen Studiengängen auf deren jeweilige Interessen noch stärker eingehen?

Vor einigen Wochen wurde im Fachbereich die im Vorhaben „physik multimedial — Lehr- und Lernmodule für das Studium der Physik als Nebenfach“ entwickelte Selbstlerneinheit „Schwingungen und Wellen“ vorgestellt. Die Autoren nehmen in Anspruch, darin in besonderer Weise Bezüge zu unterschiedlichen Hauptfächern hergestellt zu haben. Die Einheit soll dazu geeignet sein, sich das Themengebiet „Schwingungen und Wellen“ eigenständig zu erarbeiten.

M könnte den Studierenden nun einfach raten, sich parallel zur Vorlesung die Einheit anzuschauen, um den Stoff vor- und nachzubereiten. Aber das wäre eine naive Annahme: Vorlesung plus Selbststudium bedeutet eine zusätzliche zeitliche Belastung. Nur sehr wenige seiner Nebenfach-Studierenden würden diese Zeit tatsächlich investieren.

Andererseits könnte man für einen begrenzten Abschnitt der Lehrveranstaltung einmal eine neue Verbindung von Präsenz-Vorlesung mit E-Learning ausprobieren. Die Vorlesung könnte dazu dienen, eine Orientierung über das Themengebiet zu geben und Fragen zu klären. Den Stoff sollen sich die Studierenden eigenständig anhand der SLE — und natürlich des empfohlenen Lehrbuches — erarbeiten. Die üblicherweise für die Stoffdarbietung verwendete Vorlesungszeit soll für eine intensivere Interaktion zwischen Dozent und Studierenden genutzt werden.

M hat sich folgenden Plan überlegt:

- Insgesamt will er das Thema „Schwingungen und Wellen“ in 4 Semesterwochen behandeln. Pro Woche gibt es 2 Stunden Vorlesung und 1 Stunde Übungen.
- Die erste Vorlesung soll in das Themengebiet anhand anschaulicher Realexperimente einführen, ohne dass viel Theorie dargeboten wird. Die Vorlesungstermine in der zweiten und dritten Woche sollen allein dafür genutzt werden, um konkrete Fragen zu klären — in der ersten Woche zum Abschnitt „Schwingungen“ und in der zweiten zu „Wellen“. Dafür sollen die Studierenden ihre Fragen jeweils spätestens einen Tag vorher per E-Mail an ihn schicken. Die Fragen müssen konkret formuliert sein und sich auf einen bestimmten Teil der SLE beziehen. Globale Fragen wie „Ich habe den Abschnitt nicht verstanden“ sind nicht zulässig.

- Die SLE deckt das Gebiet „Schwingungen und Wellen“ recht umfangreich ab. Einige Aspekte würde M in seiner Vorlesung normalerweise nicht behandeln, so z.B. den Transport von Impuls durch eine Welle. Es ist daher sehr hilfreich, dass der Dozent die Unterkapitel für die Studierenden jeweils als „unbedingt wichtig“, „hilfreich“ und „optional“ kennzeichnen kann. Auf den entsprechenden Seiten wird das in Form einer Ampel (grün/gelb/rot) angezeigt. Das wäre sogar gesondert für Biologen und Chemiker möglich. Ein getrennte Annotierung will M aber noch nicht vornehmen. Etwas anderes wäre es, wenn in einer Veranstaltung z.B. Biologen und Elektrotechniker zusammen sitzen würden.
- Neben üblichen Rechenaufgaben sollen in den Übungen Aufgaben vorkommen, die mit Hilfe von Multimedia zu bearbeiten sind. Die SLE umfasst u.a. ein Applet zum Phänomen der Resonanz. Damit soll ermittelt werden, bei welchen Randbedingungen die Amplitude einen bestimmten Wert überschreitet.
- In der SLE können Biologen und Chemiker an einigen Stellen unterschiedliche Anwendungsbeispiele für die physikalischen Grundprinzipien aufrufen. Dies soll sich auch in den Übungsaufgaben niederschlagen.
- In der vierten Woche wird M in der Präsenzvorlesung einige inhaltliche Punkte ergänzen, die ihm in der SLE fehlen. Außerdem hat er im Dozentenmodul von *physik multimedial* eine Simulation gefunden, mit der er veranschaulichen will, wie sich Wellen im Nah- und Fernfeld eines Dipols ausbreiten.

Auf die Rückmeldungen der Studierenden ist M gespannt. Immerhin handelt es sich um seinen ersten Versuch, Multimedia nicht nur als nette Ergänzung zur klassischen Lehrveranstaltung einzusetzen sondern als integralen Bestandteil. Bei positiven Erfahrungen will er diese Vorgehensweise in weiteren physikalischen Themenbereichen erproben. Beim nächsten Mal hat sich M vorgenommen, auf einer Lehrveranstaltungs-Homepage zusätzliche Medien für seine Studierenden anzubieten. Wenn Multimedia regelmäßig in der Lehrveranstaltung zum Einsatz kommt, sollen die Studierenden außerdem angeregt werden, zumindest in den Phasen, in denen sie mit Selbstlerneinheiten arbeiten, die Möglichkeiten der elektronischen Kommunikation zu nutzen, z.B. durch Bildung von Lehrveranstaltungs-bezogenen physikalischen Chat-Runden. Aber das ist zurzeit noch Zukunftsmusik.

Die Vorteile der Präsenzuniversitäten liegen in der integrierten Vermittlung fachlicher und sozial-kommunikativer Kompetenzen. Für beide Bereiche bieten die neuen Medien Möglichkeiten zur Qualitätssteigerung. Hesse (1997a, 25) formuliert als „Leitbild für den Medieneinsatz in der Hochschule“:

„Ein Potenzial (kann) darin liegen, eine bessere Arbeitsteilung dahingehend zu etablieren, dass Informationen in höherem Maße über neue Medien multimedial aufbereitet und telematisch verfügbar

gemacht werden können. Was sie nicht gut können, nämlich die Betreuung der Studenten, eine methodische Beratung, all dies, was mit der Vertiefung oder auch mit der Diagnose von bestimmten Zuständen innerhalb der Studenten zusammenhängt und vom Hochschullehrer geleistet werden könnte, muss beim Hochschullehrer im stärkeren Maße bleiben.“

These 3: Die Zukunft des Multimediaeinsatzes im Physikstudium liegt nicht in der Virtualisierung des Lehrbetriebes sondern in der engen Verzahnung multimedial unterstützter Präsenzlehre und E-Learning.

#### 4. Fachdidaktisches Potenzial

Bisher wurden die *hochschuldidaktischen* Aspekte der Nutzung von Multimedia diskutiert. Ich wende mich jetzt dem *fachdidaktischen* Potenzial zur Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen im Physikstudium zu, das ich in folgenden Punkten sehe:

- Visualisierung dynamischer Prozesse;
- Handeln in simulierten Welten;
- eigenständige Konstruktion von Modellen.

##### Visualisierung dynamischer Prozesse

Zahlreiche physikalische Konzepte haben einen dynamischen Charakter, d.h. sie beinhalten eine zeitliche Entwicklung. Man denke etwa an Bewegungen (Geschwindigkeit), Felder (Wellenausbreitung) oder Wärmelehre (Temperaturverläufe). Gerade abstrakte Konzepte wie Felder können durch Computeranimation mit Anschauung verbunden werden. Ein schönes Beispiel ist das von Girwidz (1999) erstellte Programm zur Dipolstrahlung.

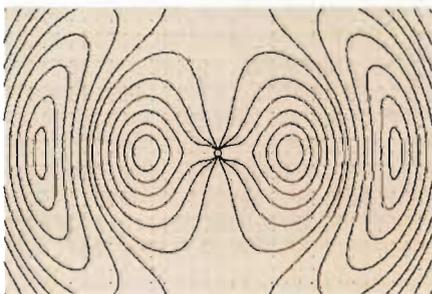


Abb. 4: Dipolstrahlung (s. Girwidz 1999)

Das von Heuer und Mitarbeitern entwickelte PAKMA-System, das inzwischen um eine grafikorientierte Modellierungskomponenten erweitert wurde (Reusch 2000) ist in der Lage, Messdaten aus einem Realexperiment online in grafische Visualisierungen umzusetzen. So wird eine parallel ablaufende Simulation durch das Realexperiment gesteuert. Messgrößen können als Vektoren in die Simulation eingeblendet werden. Die Gleichzeitigkeit von Realexperiment und

Simulation soll den Lernern dabei helfen, Beobachtungen realer Abläufe (ein Wagen rollt immer langsamer eine Ebene hinauf) mit ihren abstrakten physikalischen Beschreibung zu verbinden (der Geschwindigkeitsvektor wird immer kürzer, während der Beschleunigungsvektor die gleiche Länge behält, aber entgegengesetzt gerichtet ist).

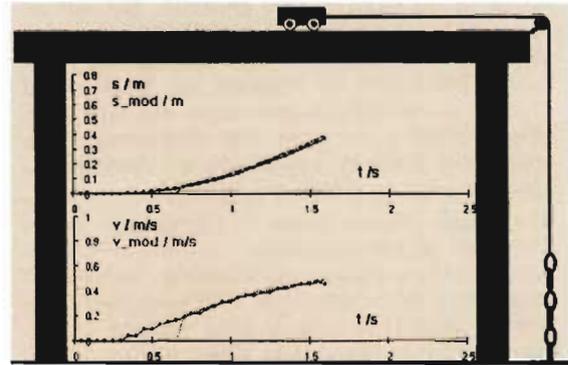


Abb. 5: Echtzeit-Darstellung von Messergebnis und Simulation mit PAKMA (aus Reusch 2000)

Physikalisch-technische Prozesse können ebenfalls durch Animationen wesentlich besser veranschaulicht werden als mit statischen Bildern. Hier ist etwa die technische Realisierung von Kreisprozessen in Carnot-Maschinen zu nennen [z.B. <http://physics.uwstout.edu/staff/scott/animate.html#carnot>].

Auf eine Gefahr der computergestützten Visualisierung soll aber an dieser Stelle hingewiesen werden. Lernpsychologische Untersuchungen haben gezeigt, dass Animationen paradoxerweise auch dazu führen können, dass Lerner einen Sachverhalt weniger tief erschließen als mit statischen Texten (s. z.B. Schnotz 1998b). Die Erklärung ist darin zu suchen, dass Visualisierungen den Anschein erwecken können, der Sachverhalt sei ja eigentlich ganz einfach zu verstehen. Das kann eine Reduzierung des kognitiven Engagements bewirken. Es wird versucht, die Bilder zu übernehmen, ohne sie wirklich zu verarbeiten und in eigene mentale Modelle zu überführen.

„Nach allem, was wir heute wissen, ist die Kombination von anschaulicher Präsentation und aktiver Analyse der Information entscheidend. Wissen muss von den Lernenden mit einiger Mühe aufgebaut werden, wenn es zu gründlicher Einprägung und tieferem Verstehen kommen soll.“ (Sacher 1998)

Man muss demnach mit Visualisierungen stets Konstruktionsaufgaben für die Lerner verbinden, z.B. eine eigene Prinzip-Skizze eines Geräts zu zeichnen oder bestimmte „Momentaufnahmen“ eines Prozesses selbst zu zeichnen.

These 4: Computergestützte Visualisierung physikalischer Phänomene darf die Studierenden nicht zu einer Herabsetzung ihrer kognitiven Anstrengung führen.

gungen verleiten. Entscheidend ist der Aufbau eigener mentaler Modelle. Dies muss durch Aufgaben angeregt werden, die eine aktive Auseinandersetzung mit der Visualisierung anleiten.

### Handeln in simulierten Welten

Um ein altes, aber immer noch hilfreiches Bild von Hertz aufzugreifen: Die Physik bildet Prozesse aus der „Anfass- und Vorzeige-Welt“ in Form mathematischer Modelle nach und schafft sich dadurch eine eigene Welt, deren Gesetzmäßigkeiten Vorhersagen gestatten, die wiederum mit „realen“ Vorgängen abgeglichen werden können. Das Handeln in der Physik-Welt zur Prognose von Systemverhalten erfordert ein erhebliches Maß an mathematischen Fähigkeiten, über die Lerner (noch) nicht verfügen, oder zumindest einen erheblichen Rechenaufwand. Deshalb findet es entweder kaum statt oder ist auf simplifizierte Fälle beschränkt.

Dass Simulationssoftware hier einen entscheidenden Fortschritt bewirken kann, braucht an dieser Stelle nicht näher ausgeführt zu werden. Didaktisch kommt es darauf an, dass Handlungen in und mit Simulationen *zielgerichtet*, d.h. auf die Beantwortung einer klar formulierten *Frage* ausgerichtet sind. Fehlt eine solche Frage oder Aufgabenstellung, dann kommt es leicht zum „Herumspielen mit Parametern“. Die Lerner brauchen gerade bei Simulationsprogrammen eine klare Orientierung. Leider fehlt es bei Simulationssoftware oftmals an entsprechenden Aufgabenvorschlägen.

Zum Handeln in simulierten Welten zähle ich auch die Interaktiven Bildschirmexperimente (Kirstein 2001), obwohl ihnen keine mathematischen Modelle sondern reale Experimente zugrunde liegen. Für den Lerner ist der Unterschied jedoch nicht erkennbar, oder nur dann, wenn sich bei den Messergebnissen keine „idealen“ Kurven ergeben. Handeln in simulierten Welten mit IBEs ist nach den Ergebnissen von Zastrow (2001) eine gute Vorbereitung auf die anschließende Arbeit mit realen Geräten im physikalischen Praktikum.

Gegen Simulationen wird oft vorgebracht, sie verdrängen Realexperimente aus der Lehre. Zunächst einmal ist das keinesfalls zwangsläufig die Folge. Man kann sie ebenso gut einsetzen, um „Kreidephysik“ abzubauen. Aber auch wenn sie angesichts einer endlichen Unterrichtszeit in Konkurrenz zu Realexperimenten stehen, ist die implizite Annahme einer hohen Lernwirksamkeit von Demonstrations- und Schülerexperimenten durch empirische Forschungsergebnisse nicht gedeckt (s. Lunetta 1998). Fachdidaktische Arbeiten von Goldberg (1992, 1995) und Linn (1993) haben gezeigt, dass gerade die direkte Verbindung von Realexperiment und Simulation — das gleiche Experiment wird real durchgeführt und in einer Simulation behandelt — besonders zum Verständnis beiträgt. Die Verbindung hilft den Lernern

z.B. in der geometrischen Optik beim Verständnis von Strahlengängen und Abbildungen.

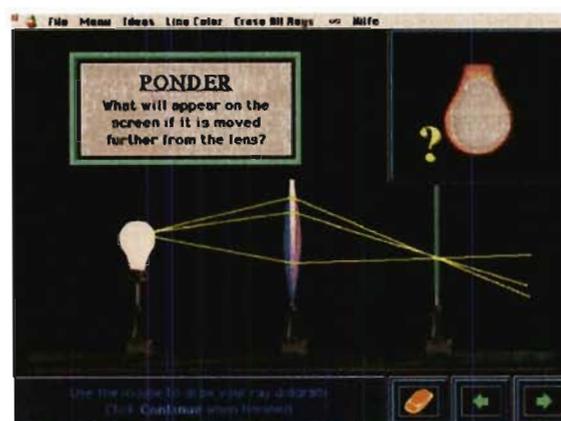


Abb. 6: Aus „Learning about Light“ (Optik-Curriculum mit parallelen Realexperimenten und Simulationen; s. Goldberg 1995)

### Eigenständige Konstruktion von Modellen

Noch einen Schritt weiter gehen Simulations-Baukästen und dynamische Modellbildungsprogramme, mit denen Lerner eigene simulierte Welten konstruieren können. Den Unterschied zwischen den beiden Arten von Software-Werkzeugen kann man folgendermaßen beschreiben:

- Bei Simulations-Baukästen konstruiert der Lerner am Bildschirm eine experimentelle Situation aus vorgefertigten Bauteilen, z.B. Linsen und Lichtquellen. Er erzeugt eine virtuelle experimentelle Anordnung. Die physikalische Theorie — d.h. die in ein mathematisches Modell umgesetzten Annahmen über Wirkungszusammenhänge — ist hingegen bereits in der Software vorgegeben. Insofern verhält sich das virtuelle Experiment stets physikalisch korrekt. Nur die Anordnung kann unangemessen sein. Bekannte Vertreter dieser Software-Gattung sind Interactive Physics [<http://www.interactivephysics.com/>] oder Constructing Physics Understanding [<http://cpuproject.sdsu.edu/CPU/>].

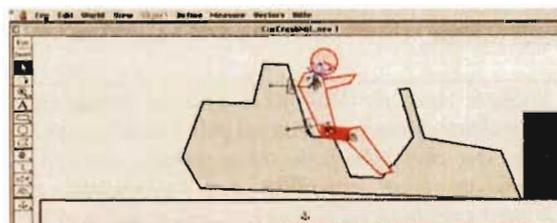


Abb. 7: Unfall-Simulation, zusammengestellt aus Elementen des Baukastens „Interactive Physics“

- Bei Modellbildungsprogrammen ist der Lerner hingegen für „die Physik“ des Modells selbst verantwortlich. Er muss die physikalischen Annahmen über Wirkungszusammenhänge und ihre mathematische Form eigenständig formulieren. Die Syntax

dafür kann entweder gleichungsorientiert sein (z.B. Modellus; <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>) oder sich an der Symbolik der Systemdynamik orientieren (z.B. Stella, s. Schecker 1998). Ergebnis ist immer ein System von Funktionen und Differentialgleichungen (über zelluläre Automaten spreche ich in diesem Beitrag nicht). Das Modellbildungsprogramm übernimmt dann die Lösung dieses Gleichungssystems und erzeugt Vorhersagen über das zeitliche und/oder räumliche Verhalten des modellierten Systems.

These 5: *Simulationsprogramme, die Lernern eigenes Handeln in virtuellen physikalischen Welten ermöglichen, sowie Simulationsbaukästen und Modellbildungssysteme, die zur eigenständigen Konstruktion von Modellen genutzt werden, haben ein besonderes didaktisches Potenzial für das Physiklernen. Sie sollten stets Bestandteil multimediale Lehr-Lern-Umgebungen sein.*

Modelleditoren werden als „kognitive Werkzeuge“ einem zentralen „Imperativ für virtuelles Lernen“ in besonderer Weise gerecht, in dem Schulmeister (2001, 229) fordert, dass aktiv konstruierende Lerntätigkeiten unabdingbarer Bestandteil von virtuellen Lernumgebungen sein müssen. Das didaktische Potenzial der eigenständigen Modellkonstruktion ist klar ausweisbar. Es ist empirisch nachgewiesen (Sander 2002, Hucke 1999), dass Studierende bei der Arbeit mit Modellbildungsprogrammen im physikalischen Praktikum intensiv über Physik kommunizieren. Noch unbeantwortet ist jedoch die Frage, warum das physikalische Wissen trotz der beobachteten intensiven physikalischen Reflexion nicht im erwarteten Maße zunimmt (s. dazu auch Schecker 1999). Hucke fordert eine offenere Gestaltung des Praktikums, die den Studierenden Fragen aufgibt und sie zu Mit-Entscheidungen anleitet, statt bereits vorab Antworten vorzugeben. In einer solchen Umgebung könnte das Potenzial von Modellbildungssystemen, das sich im traditionellen Praktikum zwar in den *Lernhandlungen* aber nicht in den *Lernergebnissen* zeigt, stärker genutzt werden.

These 6: *Auch für Multimedia gilt das Primat der Instruktionsformen gegenüber den Instruktionsmedien, d.h. der didaktische Ausgestaltung der Lehr-Lern-Umgebung gegenüber den Lernmitteln: Es kommt entscheidend darauf an, die Lerner zu einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial anzuregen. Hierfür ist die Entwicklung geeigneter Aufgabenstellungen ebenso wichtig wie die Gestaltung des Medienangebots. Bisher werden die Entwicklungskapazitäten zu ungleichgewichtig in den Bereich der Medienentwicklung investiert.*

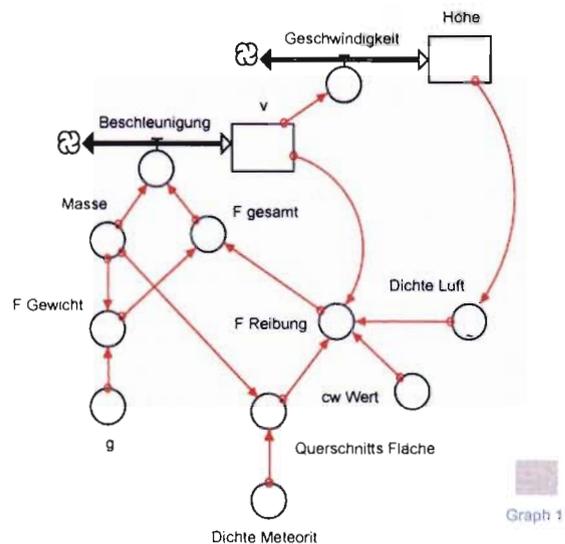


Abb. 8: Stella-Modell zur Abbremsung eines Meteoriten in der Erdatmosphäre (aus Schecker 1998)

## 5. Implementation

Wenn mit dem „blended learning“ eine sinnvolle und realistische hochschuldidaktische Perspektive aufgezeichnet und das fachdidaktische Potenzial beschrieben sind, bleibt es eine schwierige Aufgabe, den Weg dorthin zu bereiten. Dabei muss der Blick auf die „Normalsituation“ der Hochschullehre gerichtet sein, nicht auf einzelne „Leuchtturm-Projekte“. Das vorherrschende Bild beschreibt Keil-Slawik (1997, 73) folgendermaßen:

„Wie die vorliegende Bestandsaufnahme zeigt, gibt es zwar zahlreiche Versuche in fast allen wissenschaftlichen Disziplinen, den Einsatz von Multimedia zu forcieren, doch kommen die bisherigen Projekte und Ansätze durchweg nicht über den Status isolierter Einzelaktivitäten hinaus. Es gibt weder ausreichende Evaluationen noch eine systematische Einbettung in curriculare, technische und organisatorische Strukturen an den Universitäten. (...) Alle reden von Multimedia, viele entwickeln Multimedia-Systeme, doch nur wenige setzen Multimedia unter den Bedingungen der alltäglichen Lehre ein.“

Diese Einschätzung ist inzwischen fünf Jahre alt. Dennoch ist sie weitgehend auch heute noch gültig. Wo liegen die Ursachen dafür und wo kann man ansetzen? Nach meiner festen Überzeugung — gestützt auf Erfahrungen mit Lehrern ebenso wie Hochschullehrern — werden geschlossene Konzeptionen, vorgefertigte neue Curricula weitgehend folgenlos bleiben — mögen sich aus einer medientechnischen und — didaktischen Sicht auch noch so sehr den „state of the art“ abbilden. Es kommt entscheidend darauf an, das Vorverständnis und die Kompetenzen von Lehrenden und Studierenden zu berücksichtigen, wenn man Veränderungen herbeiführen will. Hesse (1997a, 24) spricht vom „Selbstverständnis eines Hochschullehrers“:

„Wenn ich an den Aspekt des Lehrens (...) könnte ich mir vorstellen, dass es wichtig ist, die spezifische Sichtweise des Selbstverständnisses eines Hochschullehrers beizubehalten. Dies würde bedeuten, dass ein Hochschullehrer sich auch jetzt immer vorbereitet hat, indem er Bücher zugrunde gelegt hat, aus denen er etwas herausgenommen hat. Dem würde man entgegenkommen, wenn man auf der technischen und medienspezifischen Seite Inhaltsmodule anbieten könnte, die eine Sequenzierbarkeit, Annotierbarkeiten und Adaptierbarkeiten erlauben, um daraus auch seine eigene Vorlesung, seine eigene Informationsbereitstellung zu realisieren.“

#### *Zielgruppe Dozenten*

Eine Grundannahme der Implementationsforschung besteht darin, dass eine Zielgruppe eine vorgeschlagene neue Konzeption als sinnvoll betrachten und als potenzielle Bereicherung des eigenen Handlungsrepertoires betrachten muss (adaptiv-evolutionärer Ansatz; bottom-up). Sonst sind Verhaltensänderungen allenfalls vorübergehend zu erreichen. (Diese Aussage gilt um so mehr, als wegen der „Freiheit von Lehre und Forschung“ keine „top-down“ Strategien der Implementation möglich sind.) Kein Dozent wird seine — subjektiv als erfolgreich empfundene — Lehrveranstaltungskonzeption verwerfen, nur weil neue Medien zur Verfügung stehen. Die Vorlage eines Multimedia-basierten Gesamtcurriculums wird eher eine Abwehrhaltung erzeugen. Hintergrund ist die Furcht vor dem Verlust der Kontrolle über die Gestaltung des Lehrangebots. In Verbindung mit einem „radikal konstruktivistischen Ansatz“ werden die Widerstände noch zu nehmen. Kaderali (1997, 56) betont diesen Punkt:

„Meine Grundthese ist — ich kann es nicht oft genug betonen —, dass die neuen Medien im Grunde nur ein Hilfsmittel zur Gestaltung der Lehre sind. (...) Der Hochschullehrer muss über die Art, den Umfang und die Gestaltung der neuen Medien entscheiden. Er kann die Verantwortung nicht an irgendwelche Expertenteams weitergeben.“

Die Schlussfolgerung hieraus kann nur darin liegen, statt geschlossener Curricula flexibel einsetzbare Multimedia-Bausteine zu entwickeln und zur Verfügung zu stellen. Die Bausteine müssen sich einerseits in bestehende Lehrveranstaltungskonzeptionen einpassen lassen (die Dozenten dort abholen, wo sie sind) und gleichzeitig Kristallisationskerne für neue Elemente und Formen der Präsenzlehre darstellen (konkrete Utopien aufzeigen). Für die Veranschaulichung neuer didaktischer Ansätze eignen sich besonders „Lehr-Lern-Szenarien“ wie sie auch im vorliegenden Beitrag zu finden sind.

Das Primat der Instruktionsform über den Medien macht die Implementation multimedial gestützter Lehre noch schwieriger: Auch wenn Hochschullehrer Multimedia einsetzen, bewirkt dass keineswegs au-

tomatisch eine Qualitätssteigerung der Lehre. So kann ein Modellbildungssystem dem Dozenten dazu dienen, noch komplexere physikalische Systeme zu modellieren und in einer Veranstaltung zu frontal zu demonstrieren. Einen didaktischen Mehrwert haben Modellbildungssysteme jedoch erst in den Händen der Studierenden, wenn sie damit physikalische Vorgänge — und seien es vergleichsweise einfache Vorgänge — aktiv und eigenständig beschreiben. Es geht darum, für solche Elemente einer „konstruktivistischen“ Gestaltung des Lehr-Lern-Prozesses zu werben und die Beiträge neuer Medien aufzuzeigen.

*These 7: Modulare und vom Dozenten gestaltbare Multimedia-Angebote haben eine deutliche höhere Chance auf einen tatsächlichen Einsatz in der Lehre als geschlossene multimediale Curricula.*

#### *Implementationsstrategien*

Für die Verbreiterung des Einsatzes neuer Medien in der Hochschullehre gibt es keine Patentrezepte, aber einige Vorschläge aus der Implementationsforschung (nach Mandl 1997):

- Überzeugen: Nur wer von einer innovativen Idee überzeugt ist, wird auch Bereitschaft zur Mitarbeit signalisieren.  
(H.S.: Best Practice: Demonstration guter Beispiele)
- Veränderungsdruck schaffen: Nur wer die Notwendigkeit einer Veränderung erkennt, wird auch die Mühe aufbringen, sich an einer solchen zu beteiligen.  
(H.S.: Anreiz- und Unterstützungssysteme und finanzielle Innovationsförderung)
- Informieren: Nur wer über eine innovative Idee ausreichend informiert ist, hat auch die Möglichkeit, sinnvoll daran mitzuarbeiten.  
(H.S.: Präsentationen in der Fakultäts-Öffentlichkeit, Berichte über Zwischenergebnisse)
- Rückmelden: Nur wer über den Erfolg seiner Mitarbeit Rückmeldung erhält, ist auch zum Weitermachen motiviert.
- Langfristig denken: Nur wenn Lösungen langfristig angelegt sind, lassen sich auch kurz- und mittelfristige Probleme in Kauf nehmen und überwinden.  
(H.S.: idiosynkratische Lösungen vermeiden und eine Fakultäts-bezogene Multimedia-Strategie aufbauen)
- Hindernisse einplanen: Nur wenn potenzielle Hindernisse von vornherein mit berücksichtigt werden, lassen sich Frustrationen und Enttäuschungen in Grenzen halten.

Reinmann-Rothmeier und Mandl (1999) weisen darauf hin, dass in den Prozess der Implementation neuer Lehr-Lern-Ansätze folgende Faktoren einzubeziehen sind (hier übertragen auf Hochschullehre): die Do-

zenten und Studierenden mit ihren jeweiligen Vorerfahrungen und Einstellungen, die Curricula, die Prüfungsformen, die Universitäts- bzw. Fachbereichs-Leitungen, die Universität als Organisation mit einer bestimmten Lernkultur. Nach meiner Einschätzung besteht das größte Beharrungsvermögen — oder positiv gewendet der größte Überzeugungsbedarf — auf Seiten der Lehrenden (vgl. Schulmeister 2001, 34f.) Getrieben durch einen tatsächlichen oder auch nur antizipierten Konkurrenzdruck stehen die Leitungen einer „Modernisierung“ der Lehre mit Hilfe von Multimedia sehr positiv gegenüber. Zumindest gilt das für die Universität Bremen, die sich nach dem Willen des Rektorats gerade zu einer „Notebook-Universität“ wandeln soll, bei der alle Studierenden per Funknetz ständigen Zugriff auf multimediale Lernangebote und Kommunikation haben. Förderprogramme des Bundes und des Landes sollen für diesen Weg Anreize bieten. Deutlich schwieriger ist es da schon, bei den Hochschullehrer-Kollegen für eine aktive Beteiligung an einer solchen Entwicklung zu werben.

#### Zielgruppe Studierende

Die oben genannten Empfehlungen für eine Implementationsstrategie zielen vorrangig auf die Dozenten. Könnte man nicht versuchen, direkt die Studierenden zu erreichen? Wäre es nicht erfolgversprechender, mit guten multimedialen Selbstlerneinheiten ohne Umwege über zurückhaltende Hochschullehrer die — als innovationsfreudiger vermuteten — Lerner anzusprechen? Ich meine, dass dieser Weg in die Sackgasse führen würde. Was hilft es, wenn neben den Standardlehrwerken zur Experimentalphysik noch einige CBTs zur Verfügung stehen — der Dozent jedoch nach seinem eigenen Skript vorgeht und in den Übungen z.B. Simulationsprogramme keinerlei Verwendung finden? Der zeitökonomisch denkende Student wird sich das Medium herausgreifen, von dem er eine optimale Vorbereitung auf den Übungsschein und die Prüfung beim Dozenten X erwarten kann. Ohne die aktive Mitarbeit der Dozenten lässt sich realistisch keine Breitenwirkung von Multimedia in der Lehre an unseren Hochschulen erwarten. Allerdings trägt eine erhöhte „Nachfrage“ von Seiten der Studierenden zum „Veränderungsdruck“ bei, von dem Mandl und Rothmeier (1997) sprechen.

*These 8: Der Weg zur Implementation neuer Medien in der Hochschullehre führt über die Dozenten. Eine Wirkung in der Präsenzlehre entfaltet Multimedia dann, wenn ihre Nutzung konkret Lehrveranstaltungs-relevant und ihre Inhalte Prüfungs-relevant sind.*

Es gibt noch ein weiteres Argument, das hohen Erwartungen bezüglich der eigenständigen Multimedia-Nutzung durch Studierende entgegentritt: schwach herausgebildete Lernstrategien und mangelnde Fähigkeiten zum selbstregulierten bzw. selbstorganisierten

Lernen (vgl. Schreiber 1998). Die Anforderungen lauten z.B.: Informationen mit Medien/aus Texten erschließen, Informationen speichern und abrufen, Lernaktivitäten planen und kontrollieren. Nach den Ergebnissen von PISA ist das verständige Lesen eines Textes eine Grundlage für fachliches Lernen. Probleme haben damit nicht allein Neuntklässler. Schulmeister (Schulmeister 2001, 121) fragt sich hinsichtlich einer Virtualisierung des Studiums ...

„... wo die vielen Studierenden mit der anspruchsvollen Bildungsaspiration und dem hohem Grad an Selbständigkeit im Lernverhalten eigentlich herkommen sollen. Alle bisherigen hochschuldidaktischen Erfahrungen weisen auf ein hohes Kontaktbedürfnis der 18- bis 24-jährigen Studierenden hin und auf die Notwendigkeit, propädeutisches Wissen, Lernfähigkeit und metakognitive Fähigkeiten erst noch vermitteln zu müssen.“

Dillon und Gabbard (1998) vermuten in ihrem Review der Forschungsliteratur zur Effektivität des Lernens mit Multimedia, dass unterschiedlich ausgeprägte Lernstile und Fähigkeiten zum selbstregulierten Lernen einen erheblichen Anteil der Varianz in den empirischen Befunden erklären können. Leistungsstarke Lerner profitieren am meisten. Leistungsschwächere bedürfen einer stärkeren Führung im Lernsystem. In einer auf die individuellen Bedürfnisse der Studierenden abgestimmten Betreuung und Heranführung der Studierenden an die produktive Nutzung des Mediums liegt eine Chance, die Präsenzuniversitäten nutzen sollten.

## 6. physik multimedial

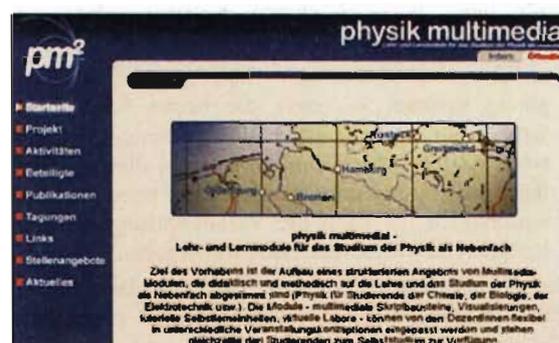


Abb. 9: physik multimedial Website [<http://physik-multimedial.de>]

Im Vorhaben physik multimedial [<http://www.physik-multimedial.de>] haben sich fünf Universitäten des Nordverbunds in Kooperation mit weiteren Partner-Hochschulen zusammengeschlossen, um mit Hilfe von Multimedia die Qualität der Nebenfachausbildung in Physik zu verbessern. Ziel ist der Aufbau eines strukturierten Angebots von Multimedia-Modulen, die didaktisch und methodisch auf die Lehre und das Studium der Physik als Nebenfach abgestimmt sind (Physik für Chemiker, Mediziner, Elektrotechniker usw.). Die Materialien können von den Dozenten

flexibel in unterschiedliche Veranstaltungskonzeptionen eingepasst werden und stehen den Studierenden zum Selbststudium zur Verfügung. Die Dozenten und die Studierenden werden bereits zum Projektbeginn an der Prioritätensetzung für die Modulentwicklung und deren Konzipierung beteiligt.

#### Konsortium

Zum Verbund gehören:

- Universität Bremen, Fachbereiche Physik/Elektrotechnik und Mathematik/Informatik:
  - Entwicklung von Selbstlerneinheiten
  - Fachdidaktische Beratung und Evaluation
  - Mediendesign/Software-Ergonomie
- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institute for Science Networking  
Server und Portal
- Universität Hamburg, I. Institut für Experimentalphysik  
Multimedia-Angebot für Dozenten
- Universität Rostock, Arbeitsgruppen Polymerphysik und Didaktik der Physik  
Aufgaben-Management-System und Evaluation
- Ernst Moritz Arndt Universität Greifswald, Experimentalphysik II  
Entwicklung von Selbstlerneinheiten

Als *Kooperationspartner* sind beteiligt

- Technische Universität Berlin, Institut für Atomare Physik und Fachdidaktik  
Entwicklung interaktiver Bildschirmexperimente
- Universität Düsseldorf, Physikalische Grundpraktika  
Erprobung, Evaluation
- Fachhochschule Gelsenkirchen, Fachbereich Informatik (Bundesleitprojekt Virtuelle Fachhochschule)  
Lernraum-Design, Entwicklung von Modulelementen
- Universität Potsdam, Institut für Didaktik der Physik  
Erprobung, Evaluation
- San Diego State University, Center for Research in Science and Mathematics Education  
Simulations-Baukästen

Die Projektleitung hat das Institut für Didaktik der Physik der Universität Bremen.

#### Hauptfachbezüge

Der Einsatz von Multimedia zur qualitativen Verbesserung der Lehre hat im Nebenfach Physik ein besonderes Potenzial. Im Unterschied zum Hauptfach Physik bringen die Studierenden ein äußerst heterogenes Vorwissen mit. Multimediale Lernmaterialien sind dazu geeignet, individuelle physikalische Eingangsde-

fizite zu kompensieren, und ermöglichen gezielte fachliche Vertiefungsangebote. Die Physik-Nebenfachausbildung ist - das hat eine Erhebung an den Verbundpartner-Universitäten ergeben - sehr vielfältig organisiert. Je nach Standort und Hauptfach beträgt z.B. der Umfang der Physik für Biologen I bzw. 2 Semester mit 2 bis 4 Wochenstunden Vorlesung. Die Nebenfach-Physik wird in sehr unterschiedlichen Konstellationen gelehrt. Es sitzen z.B. in Hamburg in einer Vorlesung „Experimentalphysik“ Chemiker, Biologen, Geologen, Holzwirtschaftler, Informatiker, Mineralogen und Lebensmittelchemiker zusammen. Diese Ausgangslage erfordert die Entwicklung eines flexiblen Modul-Sets, das an die unterschiedlichen Strukturen angepasst werden kann. Der Versuch, einen durchgehenden Kurs zu entwickeln, wäre von vornherein zum Scheitern verurteilt.

In *physik multimedial* sollen die unterschiedlichen Hauptfach-Inhalte und die breit streuenden physikalischen Vorkenntnisse der Studierenden bei der inhaltlichen Gestaltung der Physik-Module besondere Berücksichtigung finden. So sehen die Selbstlerneinheiten unterschiedliche Pfade vor, die von den Studierenden je nach ihren Bedürfnissen und Interessen gewählt werden können. Angesichts der sehr unterschiedlichen Hauptfächer, aus denen Studierende in gemeinsamen Physikvorlesungen zusammen kommen, soll über Module, die auf das jeweilige Hauptfach abgestimmt werden können, eine stärkere inhaltliche Differenzierung erreicht werden.



Abb. 9: Seite der  $pm^2$ -Selbstlerneinheit „Schwingungen und Wellen“ mit wählbaren Beispielen zum Thema Ultraschallortung.

#### Evaluation

Das Projekt *physik multimedial* ist auf den Regelbetrieb der Hochschullehre ausgerichtet. Der Implementation kommt daher eine ebenso große Bedeutung zu wie der Entwicklung. Der Erfolg des Vorhabens misst sich letztlich an der Frage, in welchem Umfang und welcher Weise die Module von Dozenten und Studierenden genutzt werden. Die Evaluation umfasst drei Bereiche:

- Erhebung und Analyse des Ausgangszustands an den  $pm^2$ -Universitäten (Ist-Analyse)

- Organisationsformen der Physikausbildung im Nebenfach;
- Inhalte der Veranstaltungen;
- Erfahrungen und Erwartungen der Dozenten bezüglich des Einsatzes von Multimedia in der Lehre;
- Vorerfahrungen und Einstellungen bei den Studierenden gegenüber multimedial unterstütztem Lernen;
- räumliche und sächliche Voraussetzungen.
- Evaluation des Multimediaeinsatzes
  - Pilotstudien zur Erprobung von Selbstlerneinheiten durch Studierende;
  - Prozessevaluation: längsschnittliche Fallstudien mit Studierenden und Dozenten zur Multimedia-Nutzung in der Lehre;
  - Ergebnisevaluation:
    - querschnittliche Befragungen von Lehrveranstaltungsteilnehmern zur Bewertung von Multimedia in der Lehre nach entsprechenden Erprobungen;
    - Interviews mit Dozenten zu ihren Erfahrungen mit pm<sup>2</sup>-Modulen und Entwicklungsvorschlägen.

Zuständig für die Evaluation ist die Arbeitsgemeinschaft Fachdidaktik der Universitäten Bremen und Rostock zusammen mit dem Kooperationspartner Universität Potsdam. Die Ergebnisse der prozessbegleitenden, formativen Evaluation werden fortlaufend in den Modul-Entwicklungsprozess eingespeist. Weitgehend abgeschlossen wurde die Ist-Analyse. Herr Petri berichtet im vorliegenden Tagungsband darüber. Zwei für unser Projekt wichtige Ergebnisse sind die sehr geringen Vorerfahrungen der Studierenden mit Lernsoftware (aus Schule und Hochschule) sowie eine Gruppe von Studierenden aus der Biologie, die dem Einsatz von Multimedia in der Lehre recht reserviert gegenüber stehen.

## 7. Modulentwicklung

Die Module von pm<sup>2</sup> werden netzwerkfähig und mit Standard-Browsern abrufbar sein. Der Zugriff auf den verteilten Materialpool erfolgt über ein gemeinsames Portal. Die Module beruhen auf gemeinsamen Stylesheets und Metadaten. Modularisierung ist ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung der Implementationschancen. Durch Modularisierung soll sicher gestellt werden:

- die gezielte Auswahl von Materialien zur Einbettung in bestehende Veranstaltungskonzeptionen, die dadurch modifiziert werden, ohne dass der Zwang zur gleichzeitigen Übernahme einer anderen Grundkonzeption besteht;
- die einfache sukzessive Erweiterbarkeit des Multimedia-Angebots;
- der Einsatz in unterschiedlichen Lehrveranstaltungen (z.B. Physik für Elektrotechniker und Physik für Mediziner).

Der Gegenpol zu einer modularen Konzeption bestünde in der Konstruktion zusammenhängender multimedial gestützter Veranstaltungsreihen oder -zyklen. Die Dissemination solcher Konzeptionen scheitert jedoch meist daran, dass Dozenten, die an ihrer Entwicklung nicht beteiligt waren, auch nicht bereit sind, ihre Vorgehensweise insgesamt anzupassen. Auf die Nutzung des Materials wird dann gänzlich verzichtet oder einzelne Anwendungen — z.B. Simulationen — werden aus dem Zusammenhang gerissen, isoliert und damit ineffektiv eingesetzt.

Wir unterscheiden in pm<sup>2</sup> drei Arten von Modulen:

- Hypermedia-Selbstlerneinheiten,
- das Dozenten-Modul für den Zugriff auf Multimedia-Materialien,
- Aufgaben-Management-System.

### Modulgruppe Selbstlerneinheiten

Selbstlerneinheiten sollen Studierenden durch Hypermedia die eigenständige Erarbeitung von Lehrstoff begleitend zur Vorlesung - ggf. auch alternativ zur Vorlesung - ermöglichen (vgl. das Szenario 2). Selbstlerneinheiten sind nach Stoffgebieten thematisch abgegrenzt, z.B. „Schwingungen und Wellen“ oder „Fehlerrechnung“ (jeweils für Nebenfächler). SLEs sollen auch für die Vorbereitung von Experimental-Praktika entwickelt werden.



Abb. 10: Selbstlerneinheit „Spiegel“ (Entwicklung der Universität Potsdam, s. Mikelskis 1999)

Eine besondere Anforderung an SLEs bei pm<sup>2</sup> besteht in der *Konfigurierbarkeit* bzw. in *alternativen Pfaden* durch das Lernangebot für unterschiedliche Lernergruppen. Wir spannen das Feld gerne zwischen Biologen und Elektrotechnikern auf, die sich hinsichtlich ihrer physikalischen (und mathematischen) Vorkenntnisse, ihren Interessen und auch der in den Nebenfachveranstaltungen verfügbaren Lernzeit i.d.R. deutlich unterscheiden. Wir haben die Entwicklung unterschiedlicher SLEs zum gleichen Inhaltsbereich zugunsten einer Lösung verworfen, in der zwei Formen für alternative Bearbeitungswege vorgesehen sind, die eine Konfigurierbarkeit sowohl auf Ebene von Hauptfächern als auch auf Ebene der Lehrveranstaltung ermöglichen:

- Der Dozent soll die einzelnen Kapitel und Themen einer Lerneinheit eigenständig nach ihrer Wichtigkeit für seine Lehrveranstaltung und/oder bestimmte Hauptfächer (ggf. auch innerhalb derselben Lehrveranstaltung) annotieren können. Abgestuft nach „notwendig“, „empfohlen“, „zusätzlich wählbar“ erscheint dann auf jeder Seite ein entsprechendes Icon, an dem sich der Lerner orientieren kann. Natürlich bleibt es auch — um in unserem Beispiel zu bleiben — Biologen dabei offen, auch auf Seiten zuzugreifen, die eher für Ingenieure gedacht sind — etwa vertiefte mathematische Herleitungen. Wir greifen mit der dreistufigen Wichtigkeits-Annotierung eine Idee auf, die sich in der Lernumgebung „Lilienthal — Physik für die Pilotenausbildung“ als Orientierung für Lerner bewährt hat, für die Physik einen instrumentellen Charakter im Rahmen eines anderen Hauptstudiums hat (Humboldt-Universität Berlin, vgl. Zajonc 2001).
- Nachdem ein Lerner bei der Anmeldung am pm<sup>2</sup>-Portal oder am Beginn der Selbstlerneinheit sein Hauptfach angegeben hat, wird ihm ein daran angepasster Pfad durch die Einheit angeboten. Das bedeutet, dass Biologen — vorausgesetzt sie wählen keinen individuellen Pfad anhand der Coursemap — eine andere Abfolge von Seiten (z.B. mit anderen Beispielen) angeboten wird, wenn sie den „Weiter-“ Button anklicken als den Elektrotechnikern. Diese Option ist als Orientierung besonders dann sinnvoll, wenn der Dozent keine eigenen Annotierungen vorgenommen hat oder die SLE unabhängig von Lehrveranstaltungen bearbeitet wird.

Eine weitere Besonderheit der pm<sup>2</sup>-Selbsterlernerheiten besteht in ausgewiesenen *Hauptfachbezügen*. Auch wenn sich das nicht in allen Fällen realisieren lässt, bemühen wir uns um Anwendungen der Inhalte in unterschiedlichen Hauptfachgruppen. Die SLE zur Fehlerrechnung sieht neben einem „Backbone“, der die grundlegenden Konzepte (Fehlerarten, Mittelwerte, Standardabweichung, Fehlerfortpflanzung) deduktiv in einem an der Mathematik orientierten Überblick anbietet, drei Stränge vor, in denen die Fehlerrechnung jeweils anhand eines Beispiels aus der Medizin, den Biowissenschaften und den Ingenieurwissenschaften induktiv entwickelt wird. Es soll möglich sein, sich die Fehlerrechnung aus der Abfolge der Beispiele zu erschließen. Der Backbone kann dann als eine Art „Repetitorium“ dienen.

Im Beitrag von Murmann und Ryder (im vorliegenden Band) wird die Selbstlerneinheit „Schwingungen und Wellen“ vorgestellt. Szenario 2 (s. Kasten) vermittelt einen Eindruck vom Umgang mit Selbstlerneinheiten.

#### **Szenario 2: Zugriff auf eine Selbstlerneinheit**

Die Medizinstudentin Katrin aus Greifswald hat durch ihren Physikdozenten in der Vorlesung erfahren, dass es im Internet Physik-Lerneinheiten speziell für Physik als Nebenfach gibt, die sie nun für

ihre Prüfungsvorbereitung zur Zwischenprüfung (Physikum) nutzen möchte. Sie kennt die Aufgaben aus der „schwarzen Reihe“ und hat sich im Internet den Gegenstandskatalog für das Physikum angesehen und ausgedruckt. [<http://www.thieme.de/viamedici/schwarzereihe/infos/gk1/gk1.pdf>]

Diejenigen Themen, wo sie Nachholbedarf sieht, hat sie sich markiert. Zum Thema „Schwingungen und Wellen“ ergab sich folgende Liste:

- Zusammenhang zwischen Kreisfrequenz, Frequenz und Schwingungsdauer;
- Amplitude, Momentanwert, Phase;
- Zusammenhang von Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz;
- Unterschied zwischen transversaler und longitudinaler Welle;
- Ultraschall: Möglichkeit der medizinischen Anwendung (z.B. Echolaufzeit, Dopplereffekt);
- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Spektrum elektromagnetischer Wellen.

Ihr ist völlig klar, dass sie nur dort wirklich nachlesen wird, wo sie schnell griffige Informationen bekommt. Physik ist schließlich nur ein kleinerer Teil der Prüfung. Mit dieser Liste in der Hand geht sie auf die von ihrem Dozenten empfohlene pm<sup>2</sup>-Startseite, und meldet sich dort als Studierende an. Katrin gibt ihren Studienort und Hauptfach an und erhält nach kurzer Zeit per E-Mail eine Benutzerkennung und ein Passwort. Damit loggt sie sich ein und gelangt nach zwei Klicks auf eine Seite mit dem pm<sup>2</sup>-Angebot an Selbstlerneinheiten. Katrin findet dort u.a. „Schwingungen und Wellen“. Sie öffnet die Einheit. Auf der SLE-Startseite hat sie in den Erläuterungen gelesen, dass man entweder die Einheit komplett durcharbeiten kann — wobei es für die Biowissenschaften (u.a. Biologie, Medizin) einen vorgeschlagenen Weg gibt, für den man sich entscheiden kann — oder man kann sich anhand einer Inhaltsübersicht (coursemap) selbst die interessierenden Themen heraussuchen. Der erste Weg eignet sich eher für die Erarbeitung eines neuen Themengebietes. Katrin will aber nur einen raschen Wiederholungsdurchgang für bestimmte Themen. Sie sucht daher in der Coursemap von „Schwingungen und Wellen“ gezielt nach den auf ihrer Liste markierten Themen. Die Inhaltsdarstellung in den Selbstlerneinheiten ist nach einem Hauptstrang im linken Fenster und Vertiefungen/Beispielen/Herleitungen im rechten Fenster unterteilt. Für die Medizinerprüfung reicht der Hauptstrang mit den wesentlichen physikalischen Aussagen und Merksätzen meist aus. Katrin investiert also nicht zuviel Zeit für die Vertiefungen, schließlich hat sie ja auch noch andere Prüfungsteile vorzubereiten. Nur dort, wo anschauliche Animationen oder spezielle Anwendungsbeispiele angeboten werden (z.B. bei der „Dopplersonografie in der Medizin“), weicht sie von dieser Strategie ab. Manchmal ist die Physik doch gar nicht so uninteressant. Wenn nur dieser ganze Formalkram nicht dabei wäre, denkt sie sich.

(Autorin: Lydia Mummann)

### Dozenten-Modul

Das pm<sup>2</sup>-Dozenten-Modul wendet sich mit der Bereitstellung eines breiten Informations- und Materialangebots primär an Lehrende, die für ihre Lehrveranstaltungen - Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare - multimediale Materialien zur Veranschaulichung physikalischer Sachverhalte und zur Unterstützung aktiven Lernens suchen. Die Dozenten können aus dem Materialangebot individuell auswählen und zusammenstellen. Natürlich steht das Angebot auch Studierenden offen, die eigenständig nach Multimedia-Materialien suchen.

Konzeptionell und inhaltlich wird das Dozentenmodul vom pm<sup>2</sup>-Verbundpartner Universität Hamburg entwickelt. Technische Basis ist die Datenbank „LiLi“, die an der Universität Oldenburg in der pm<sup>2</sup>-Arbeitsgruppe „Server & Portal“ entwickelt wurde (s. dazu den Beitrag von Mimkes und Hilf im vorliegenden Tagungsband). Die Datenbank erlaubt direkte Zugriffe auf Multimedia-Elemente (z.B. Applets, interaktive Bildschirmexperimente). Insofern entspricht LiLi dem FIPS-Medienserver. Eine automatisierte Download-Funktion auf den lokalen Rechner ist in Vorbereitung.

Obwohl der Name „LiLi“ aus „LinkListe“ hervorgegangen ist, geht ihr Ansatz jedoch deutlich über übliche URL-Sammlungen hinaus. Die Datenbank enthält zu einem Eintrag (Datensatz) neben beschreibenden Feldern auch Bewertungsfelder (z.B. Eignung für Nebenfächer) sowie methodisch-didaktische Hinweise zu den ausgewählten Elementen. Eine Auswahl von Bewertungskategorien ist im Folgenden aufgelistet:

- Eignung für Lehrveranstaltungsarten (Vorlesungen, Übungen, Praktikum etc.);
- Eignung für Selbststudium;
- Maß an Interaktivität;
- Menge an Formeln bzw. beschreibenden Texten.

Außerdem sollen zu möglichst vielen Materialien konkrete Vorschläge entwickelt und in den Datenbank eingespeist werden, wie man sie in Lehrveranstaltungen einbetten und vor allem mit Aufgabenstellungen verbinden kann. Besonders der letzte Punkt bedeutet einen erheblichen Aufwand gegenüber einer reinen Linkliste. Den Mehrwert für den tatsächlichen Einsatz des Materials schätzen wir jedoch hoch ein. Umgekehrt formuliert: Wenn man zu einem Applet keine sinnvollen Aufgaben stellt, die aktives, konstruierendes Umgehen anstoßen, ist sein Beitrag zur Qualitätsverbesserung des Lernens zweifelhaft.

Über die Zugriffe auf die Datenbank hinaus bietet das Dozentenmodul:

- Eine didaktische Einführung in den Sinn und Zweck von Multimedia in der Physik-Lehre mit konkreten Szenarien des Einsatzes;
- Eine Einführung in die verschiedenen Typen von Multimedia-Angeboten (Applets, Animationen, Entwicklungswerkzeuge etc.);

- Eine Einführung in Werkzeuge zur Gestaltung eigener Multimedia-Materialien oder die Bearbeitung vorhandenen Materials;
- Darstellungen der jeweils besonderen Möglichkeiten, die Multimedia in bestimmten Themenbereichen der physikalischen Lehre bietet (z.B. Untersuchung alltagsnaher Vorgänge in der Mechanik (Analyse von Bewegungsvideos); Unterstützung von Gedankenexperimenten in der Quantenphysik);
- Ausführungen zum Potenzial von Multimedia in Nebenfach-Veranstaltungen („Physik für ...“).

Während die Datenbankstruktur von LiLi bereits den Anforderungen des Dozentenmoduls angepasst wurde, befindet sich die Gesamtstruktur des Dozentenmoduls noch in der Entwicklung. Es sind u.a. unterschiedliche „Zugriffsfenster“ auf LiLi vorgesehen, z.B. für:

- den schnellen Zugriff auf verfügbare Medien anhand von Themengebieten und Einzelthemen (Ausgabe von Übersichtslisten) oder
- die Kommentierung von Medien-Einträgen durch Dozenten vor dem Hintergrund eigener Erfahrungen oder die Ergänzung von Aufgabenstellungen zu einem bestimmten Datenbankeintrag.

Der Beitrag von Rackwitz und Romanovskis im vorliegenden Tagungsband stellt den bisherigen Entwicklungsstand vor. Das Dozentenmodul, bzw. LiLi sollen in einer späteren Entwicklungsphase auch für Lehrkräfte an Schulen frei gegeben werden. Eine Einschätzung der Medieneinträge auf Verwendbarkeit im Unterricht der Sekundarstufen I und II ist bereits als Datenfeld vorgesehen.

### Modul "Aufgaben-Management"

Das Aufgaben-Management-Modul von pm<sup>2</sup> beruht auf einer Datenbank zur Erfassung, Distribution und Kontrolle von Aufgaben für die Physik-Nebenfachlehre, sowie der Rückmeldung von Lösungen und Lösungshinweisen an die Lerner. Pragmatisch ermöglicht das System, auch in großen Veranstaltungen obligatorische Übungen anzubieten, in denen dies bisher aus Kapazitätsgründen beim wissenschaftlichen Personal oder bei den Hilfskräften nicht möglich war. Das Modul erzeugt bei quantitativen Aufgaben individuelle Parametersätze. Eine wichtige Rolle spielen individuelle Rückmeldungen und Hilfestellungen für die Studierenden bei der Lösung der Aufgaben.

In der ersten Entwicklungsstufe des Moduls wurde ein Pool mit quantitativen Aufgabenstellungen implementiert. Das System umfasst:

- Aufgabentext, teilweise unterstützt durch Animationen;
- Lösungsübermittlung über Formular;
- Formularauswertung durch den Dozenten (Fehler-schwerpunkte können erkannt werden);

- Möglichkeit der Selbstkontrolle nach Einsendeschluss;
- detaillierte Lösung einer Beispielaufgabe;
- parallele Präsenzveranstaltungen, die entsprechend der Fehlerschwerpunkte gestaltet werden.

Die Evaluation in der Lehrveranstaltung „Physik für Landeskultur, Umweltschutz und Chemie“ in Rostock ergab von den Studierenden eine sehr positive Resonanz auf die Erprobungen. Als weitere Entwicklungsstufen sind vorgesehen, bzw. bereits in Arbeit:

- Ausbau der Web-basierten Aufgabendatenbank (Aufgaben, Lösungen, Kontrolle);
- Erstellung von Web-Formularen zur Eingabe von Aufgaben durch Dozenten;
- Weiterentwicklung der Datenbankstruktur für Aufgabentypen, die über traditionelle quantitative Lehrbuchaufgaben hinausgehen und die didaktischen Möglichkeiten von Multimedia stärker nutzen (Einbeziehung von Animationen und Applets);
- Zugriff auf die Aufgaben aus Selbstlerneinheiten heraus.

Der Beitrag von Wurm, Schick und Schick in diesem Tagungsband stellt den Entwicklungsstand des Aufgaben-Management-Systems von pm<sup>2</sup> vor.

## 8. Ausblick

Unter Punkt 5 bin ich auf die Randbedingungen der Implementation von Multimedia in der Hochschullehre eingegangen, die auch für das Vorhaben *physik multimedial* wirksam sind. Nachhaltigkeit lässt sich demnach erreichen, wenn es gelingt, das Geflecht der Einflussfaktoren Dozenten, Studierende, Leitungsgremien, Curricula, Prüfungen und Organisationsstrukturen zu beeinflussen. Kurzfristig vorzeigbare Effekte auf der Lehrveranstaltungsebene lassen sich erzielen, wenn man eng mit einzelnen, aufgeschlossenen Dozenten zusammenarbeitet — möglichst mit denen, die ohnehin Projektpartner sind. Dabei besteht die Gefahr personenabhängiger Lösungen, die wenig Chancen für eine Verbreiterung haben. Setzt man hingegen zu stark auf den systemischen Ansatz und nimmt gleich alle Faktoren auf einmal in den Blick, dann fehlt es leicht an *best practice* Beispielen, die als Anreize und Vorbilder für andere fungieren können.

Die für physik multimedial gewählte Implementationsstrategie setzt für den Einstieg bewusst keine strukturellen Einschnitte in die bestehenden Studien- oder Veranstaltungskonzepte voraus. Das gilt auch für Prüfungsformen. Die sonst zu erwartenden Widerstände auf Seiten der Lehrenden würden praktische Umsetzungen gefährden. Wir setzen auf den evolutionären Weg hin zu einem Wandel der Lernkultur. Forderungen nach einer Auflösung von Physik-Nebenfach-Vorlesungen mit über 100 Studierenden zugunsten von eng betreuten Hybrid-Lehrveranstaltungen hätten kurz- und mittelfristig wenig Aussicht auf Erfolg.

Ich will jedoch nicht verhehlen, dass ich als Fachdidaktiker lieber raschere und weiter gehende Veränderungen der Lernumgebungen vornehmen würde. Als Projektleiter befinde ich mich daher öfter in der paradoxen Situation, dass ich Forderungen aus der Mediendidaktik, die ich in einer fachdidaktischen Präzisierung sofort unterstützen würde, aus strategischen Gründen bremsen. Ob dieser Weg der richtige ist oder ob die so erreichbaren Veränderungen in ihrer Reichweite zu gering sind, wird sich anhand der Ergebnisevaluation zeigen.

## Literatur

- Ciesla, E. & Jodl, H.J. (1991): 9. Treffen des Arbeitskreises "Computer im Physikunterricht" 1991. In: Physik und Didaktik 19 (1991), 4, 325-333.
- Dillon, A. & Gabbard, R. (1998): Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control, and style. In: Review of Educational Research 68 (1998), No. 3, 322-349.
- Encarnaçao, J. L. et al (1999): Szenario: Die Universität im Jahre 2005. In: Herzog, R. (Hrsg.): Zukunft gewinnen — Bildung erneuern. München: Goldmann.
- Girwitz, R. (1999): Die Strahlung des Hertzschen Dipols — Visualisierung in Grafik und Film. In: Praxis der Naturwissenschaften — Physik (2000) Nr. 6, 32-36.
- Goldberg, F. & Bendall, S.: Computer-video-based Tutorials in Geometrical Optics. In: Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Hrsg.): Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Kiel: IPN 1995, 356-379.
- Hesse, F.W. (1997a): Leitbilder für den Medieneinsatz in der Hochschule. In: Hochschulrektorenkonferenz (1997): Neue Medien in Lehre und Studium. Bonn: HRK. 19-26.
- Hesse, F.W. (1997b): Konzeption und Realisierung virtueller Wissensvermittlung. In: Hamm, I & Müller-Böling, D. (Hrsg.) (1997): Hochschulentwicklung durch neue Medien. Gütersloh: Bertelsmann, 141-158.
- Hucke, L. (1999): Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos.
- Kaderali, F. (1997): Best Practice — First Steps: Wege zum mediengestützten Lernen in der Hochschule. In: Hochschulrektorenkonferenz (1997): Neue Medien in Lehre und Studium. Bonn: HRK. 54-59.
- Keil-Slawik, R. et al. (1997): Multimedia in der universitären Lehre. Eine Bestandsaufnahme an deutschen Hochschulen. In: Hamm, I & Müller-Böling, D. (Hrsg.) (1997): Hochschulentwicklung durch neue Medien. Gütersloh: Bertelsmann, 73-139.

- Kirstein, J. (2001): Interaktive Bildschirmexperimente im Physikunterricht. In: *Unterricht Physik* 12(2001) Nr.62, S40-41.
- Linn, M.C., Songer, N.B., Lewis, E.L. & Stern, J. (1993): Using technology to Teach Thermodynamics: Achieving Integrated Understanding. In: Ferguson, D.L. (ed.): *Advanced Educational Technologies for Mathematics and Science*. Berlin: Springer, 5-60.
- Mandl, H. & Reinmann-Rothmeier, G. (1997): Auf dem Wege zu einer neuen Kultur des Lehrens und Lernens. In: Dörr, G. & Jüngst, K.L. (Hrsg.): *Lehren und Lernen mit Medien*: Weinheim: Juventa.
- Mikelskis, H. (1999): Physik lernen mit interaktiver Hypermedia. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5 (1999), 1, 63-74.
- Lunetta, V.N. (1998): The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In: Fraser, B. & Tobin, K. (eds): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer, 248-262.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1999): Implementation konstruktivistischer Lernumgebungen — Revolutionärer Wandel oder evolutionäre Veränderung? In: Renk, H.-R. (Hrsg.): *Lernen und Leben aus der Welt im Kopf*. Neuwied: Luchterhand, 61-78.
- Reusch, W., Gößwein, O. & Heuer, D. (2000): Grafisch unterstütztes Modellieren und Messen - VisEdit und PAKMA. In: *Praxis der Naturwissenschaften — Physik* (1999) Nr. 2, 38-43.
- Sacher, W. (1998): Multimedia und Computersimulation im Unterricht. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 51 (1998), 8, 452-458.
- Sander, F., Schecker, H. & Niedderer, H. (2002): Wirkungen des Einsatzes grafikorientierter Modellbildung im physikalischen Praktikum. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 8 (2002).
- Schecker, H. (1998): *Physik modellieren*. Stuttgart: Klett.
- Schecker H. & Gerdes, J. (1999): Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5 (1999), 1, 75-89.
- Schnotz, W. et al. (1998): Individuelles und kooperatives Lernen mit interaktiven animierten Bildern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* (1998) Nr. 2/3, 135-145.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (1998): Eine Pilotstudie zur Akzeptanz von Lehrveranstaltungen via Tele-teaching. Vortrag auf der 56. Tagung des Arbeitskreises für Empirische Pädagogische Forschung vom 23.-26. September 1998 in Mannheim.
- Schreiber, B. (1998): *Selbstreguliertes Lernen*. Münster: Waxmann.
- Schulmeister, R. (2001): *Virtuelle Universität — virtuelles Lernen*. München: Oldenbourg.
- Schweickert, F. & Jodl, H. (2001): Fernbetreuung von Physikstudenten per Internet. Deutsche Physikalische Gesellschaft, Fachverband Didaktik der Physik, Vorträge auf der Frühjahrstagung 2001 in Bremen, Tagungs-CD.
- Wengenmayr, R. (2001): Wunsch und Wirklichkeit — Multimedia-Lehrmittel im Physikstudium. In: *Physikalische Blätter* 57 (2001) Nr. 5, 25-29.
- Zajonc, R. (2001): *Physikmodule für eine hypermediale Lernumgebung — Konzeption und Realisierung eines Fernlernkurses und Untersuchung des Nutzerverhaltens anhand der Pilotenausbildung*. Dissertation, Berlin: Humboldt-Universität.
- Zastrow, M. U. (2001): *Interaktive Experimentieranleitungen*. Berlin: Logos.