

Teleteaching: Quo vadis?

Motivation und Umfang des Versuches

Anlässlich der Wahrnehmung einer Gastprofessur eines der Autoren (W. H.) bot sich im Wintersemester 2000/01 die Gelegenheit, Elemente des internet-basierten Lehrens und Lernens an der Karl-Franzens-Universität Graz versuchsweise einzusetzen. Ziel dieses Pilotprojektes war es, Erfahrungen mit dem ‘Neuen Medium Internet’ in der universitären Lehre zu sammeln. Hier wollen wir darüber aus der Sicht des Dozenten (W. H.), des Assistenten (A. K.) und eines Studenten (P. H.) berichten.

Zur Präzisierung des Begriffs ‘Teleteaching’, wie er hier verwendet wird: Natürlich gibt es ‘Fernunterricht’ und den Einsatz elektronischer Medien darin schon seit über dreißig Jahren. Man denke dabei an das Telekolleg im Fernsehen und die dafür entwickelte spezielle Begleitliteratur. Daneben gibt es inzwischen eine große Vielfalt anschaulicher und ausgefeilter interaktiver Lern- und Demonstrationssoftware (etwa Simulation von Bewegungsgleichungen der Punktmechanik) für die Schulen (Sekundarstufe). Den erwähnten Anwendungen elektronischer Medien ist allerdings gemeinsam, daß sie sich hauptsächlich unterhalb des Niveaus universitärer Lehre bewegen und in der Regel ‘offline’ arbeiten. Gegenwärtig entstehen jedoch nahezu überall Ansätze, darüber hinauszugehen, wie etwa die Initiative der Blair-Regierung vom Februar 2000, den Hörerkreis britischer Universitäten über das Internet zu erweitern, die Bemühungen der deutschen Fernuniversität Hagen (bietet das Fach Physik nicht an), ihre ‘Lehrbriefe’ den StudentInnen zum ‘Download’ bereitzustellen [1], oder der in Kaiserslautern angebotene ‘Früheinstieg ins Physikstudium (FiPS)’ [2]. Wir wollen hier unter ‘Teleteaching’ ausschließlich die interaktive Einbeziehung des Internets in die universitäre Lehre verstehen und uns dabei selbstverständlich auf das Fach Physik als Beispiel beschränken.

Die Wahrnehmung einer Gastprofessur bot eine ideale Gelegenheit für diesen Pilotversuch, weil alle an diesem Projekt beteiligten Personen die Motivation und die Offenheit besaßen, etwas Neues auszuprobieren (in dieser speziellen Form wohl erstmals in Europa). Zudem bestand die natürliche Notwendigkeit, das zweistündige Seminar ‘Festkörperphysik (Magneto-Optik)’ zeitgleich in Graz als Lehrseminar für StudentInnen und in Halle/Saale als Mitarbeiterseminar anzubieten. Bei beiden Aktivitäten ging es darum, mit dem ‘Neuen Medium Internet’ möglichst viele praktische Erfahrungen in der Lehre zu sammeln.

Eine weitere, damit einhergehende Randbedingung war: Der Versuch sollte (fast) nichts kosten. Einzige Neuanschaffungen waren denn auch je eine Kamera, Lautsprecher und Mikrofön für Graz und Halle zum Kostenpunkt von insgesamt 300 Euro. Kommerzielle Anlagen für Videokonferenzen kosten dagegen unter Umständen ein Hundertfaches in der Anschaffung und zusätzlich Telefongebühren für zwei ISDN-Leitungen während der Videokonferenzen, ohne damit schon internetfähig zu sein. Der dritte, für uns wichtige Punkt, den wir sehr ernst nahmen, bestand darin, daß die Internet-Komponenten sich harmonisch in konventionelle Lehre einpassen und diese ergänzen sollten. Keinesfalls sollten technische Spielereien den Blick auf die Physik verstellen. So wurden denn auch die Internet-Komponenten (von einer Einführungsveranstaltung in der Vorlesung abgesehen) ausschließlich in den Übungen und im Seminar eingesetzt. Die im fünften Studiensemester angebotene fünfstündige Vorlesung ‘Theoretische Physik II (Elektrodynamik)’ wurde nach Form (Tafel und Kreide) und Inhalt (Jackson: Classical Electrodynamics) vollständig traditionell präsentiert. Gleiches gilt für die Mehrzahl der Hausaufgaben in den Übungen.

Zu den technischen Aspekten: Teleteaching (im Sinne obiger Definition) umfaßt prinzipiell zwei Bestandteile: Erstens die simultane Übertragung einer Vorlesung oder (wie in unserem Falle) eines Seminars von einem Ort zu mindestens einem weiteren Ort irgendwo auf der Welt

über das Internet sowie zweitens die Bearbeitung von Übungsaufgaben über das Internet, also 'Downloaden' der gestellten Aufgaben, Abgabe der Lösungen, sofortiges 'automated grading' als Leistungskontrolle, möglicher Neuvorversuch, schließlich nach einer festgesetzten Frist Freigabe der richtigen Lösung.

Verwendete Hilfsmittel

Video-Übertragung über das Internet

Für die Übertragung des Seminars wurde eine kommerziell erhältliche Webcam mit dem Notebook verbunden. Die Verbindung kann mit dem 'MSN Messenger Service' von jeder der beiden Seiten aufgebaut werden. Als Software für die Videokonferenz wurde 'Netmeeting' verwendet, das mit der Kamera mitgeliefert wird. Wir haben Vorversuche mit verschiedenen Kameras, Mikrofonen und Lautsprechern durchgeführt. Wichtig war es, daß die Kamera mindestens eine Auflösung von 640×480 Pixeln übertragen kann. Dies zahlt sich bei der Verbindungsqualität aus, ohne im Anschaffungspreis wesentlich zu Buche zu schlagen. Beim ersten Einsatz kann man dann relativ rasch und ohne besondere technische Vorkenntnisse die für den jeweiligen Raum und die darin herrschenden Lichtverhältnisse günstigste Kameraposition und Einstellung finden. Es zeigte sich auch, daß das Mikrofon (wird ebenfalls mit der Kamera mitgeliefert) am besten am Kopf des Sprechers getragen wird, um Hintergrundgeräusche aus dem Raum oder der Umgebung weitgehend zu unterdrücken. Separat gekaufte Mikrofone haben eine andere Charakteristik und scheinen uns für Videokonferenzen deutlich weniger geeignet. Der 'Audio-Wizard' muß unbedingt im Hörsaal oder Seminarraum einmal laufen gelassen werden, da jeder Raum akustisch anders ist. Bei den Lautsprechern empfehlen sich preiswerte Boxen mit eigener Spannungsversorgung oder Kopfhörer. Im Notebook eingebaute Lautsprecher koppeln zurück und reichen nicht aus. Wir konnten mit der skizzierten Technik eine durchaus befriedigende Übertragungsqualität von Bild (Overheadprojektion) und Ton zwischen Graz und

Halle erreichen. Auflösungsgrenzen zeigen sich gegenwärtig noch bei Gleichungen und Indizes. Gelegentliche Versuche einer Übertragung nach Buenos Aires zeigten keine signifikante Minderung der Qualität. Es ist davon auszugehen, daß sich die Technik rasch weiter verbessern wird, so daß Multipoint-Videokonferenzen bald realisierbar werden dürften.

Internet-Aufgaben

Aufgabe des Dozenten für die Übungsaufgaben bleibt die Auswahl und Absprache der gestellten Internet-Aufgaben mit dem Assistenten. Dabei kann auf den eigenen Fundus zurückgegriffen werden, oder es können Aufgaben aus dem Internet-Server [3] gestellt und auch mit Hilfe des Editors und der Web-basierten Benutzer-Oberfläche verändert werden. Das Spektrum der vorhandenen Übungsaufgaben entspricht dem amerikanischen Vorlesungsgerüst. Man mag geteilter Auffassung darüber sein, inwieweit sich dieses mit den Physik-Studienplänen in Österreich oder Deutschland deckt oder decken sollte. Die Betreiber des Servers boten uns mehrfach an, bei Bedarf eine deutschsprachige Abteilung einzurichten. Dafür gab es allerdings im Rahmen unseres Pilotprojektes in Theoretischer Elektrodynamik (noch) keine Notwendigkeit. Aus dem Bereich der Physik stehen derzeit insgesamt etwa 5200 Übungsaufgaben bereit. Diese Zahl klingt hoch, ist es aber in Wirklichkeit nicht. Wollte man alle Übungsaufgaben aus dem Server bestreiten, so wäre dies in Theoretischer Mechanik oder Theoretischer Elektrodynamik sowie bei einigen Experimentalvorlesungen noch ohne weiteres möglich. Bereits in Quantentheorie müßte man aber Probleme aus dem eigenen Fundus 'zufüttern'. Diese müssen dann so aufbereitet werden, daß sie automatisch bewertet werden können. Das heißt, sie müssen nach einem Zahlenwert fragen oder multiple-choice-fähig werden. Im ersten Fall gibt es ein Intervall, das getroffen werden muß, damit die Lösung als richtig akzeptiert wird, während im zweiten Fall einige Formeln (typischerweise sechs bis zehn) als mögliche Lösungen vorgeschlagen werden, von denen nur eine richtig

ist. Unserer Erfahrung nach hat der Server inzwischen einen (für eine selbstgestrickte, nicht-kommerzielle Software) bemerkenswerten Reifegrad erreicht. Beispielsweise werden die Auswahlmöglichkeiten bei Multiple-Choice-Fragen für die verschiedenen Studenten automatisch permutiert. Auch der Schlüssel, nach dem sich die Punktzahl bei richtiger Lösung im zweiten, dritten, etc. Versuch reduziert, spiegelt die Erfahrungen wider, die in den vergangenen zehn Jahren mit diesem System an der University of Texas gesammelt wurden. Unserer Kenntnis nach waren wir die ersten, die dieses System in Europa genutzt haben. Auch diese Tatsache wirft hochinteressante Fragen auf (Globalisierung der naturwissenschaftlichen Lehre, Englisch als Sprache in der Lehre und andere Fragen), deren Diskussion den Rahmen unseres Berichtes bei weitem sprengen würden, ohne uns 'vor Ort' wirklich weiterzubringen. Wir werden am Schluß nochmals kurz darauf zurückkommen.

Betreuung, Ablauf und Kommentare

Assistentenperspektive

Aus der Sicht des Assistenten (A. K.) stellt das Medium Internet eine klare Bereicherung der Übungen dar. Es boten sich durch die Verwendung dieses Mediums mehrere neue Möglichkeiten, von denen zusätzlich zu den schon genannten noch folgendes herauszustreichen ist: Das Potential des Konzeptes scheint enorm. Wenn man wollte, so könnte man einerseits (unter Beschränkung auf den am Server vorhandenen Fundus an Aufgaben) eine Übung abhalten, ohne jemals in den Hörsaal zu gehen – auch Klausuren sind via Internet möglich –, andererseits ist auch eine traditionelle Abhaltung im Hörsaal, bei der der Server nur als Kontroll- und Beurteilungsorgan dient, denkbar. Der Aufwand an Vorbereitung ist wohl wie bisher von der Routine abhängig, d.h. wiederholt abgehaltene Übungen sollten mit weniger Aufwand zu bewerkstelligen sein.

Ein anderer Aspekt ist der abgefragte Wissensinhalt durch Multiple-Choice und numerische

Aufgabentypen. Ist beim Vorrechnen auf der Tafel ein Faktor 2 oder sonst ein geringfügiger Fehler leicht korrigiert, so wird die getippte oder angewählte Antwort vom Server als *falsch* eingestuft; im logischen Sinne gibt es also nur 0 oder 1 ohne jede Rückmeldung. Als Bewerter muß man sich dessen also bewußt sein. Auf der anderen Seite haben wir den Eindruck, daß wechselseitige und Selbstkontrolle der Studenten verstärkt trainiert werden. Es zeigt sich übrigens, daß durch das Punktesystem des Servers Multiple-Choice-Fragen 'strenger' beurteilt werden als numerische (für Details siehe [3]). Versucht man immer, die Aufgaben für die Übungen strikt am Inhalt der Vorlesung zu orientieren, so mag das fallweise schwierig sein, was die Ausschöpfung aller Untergebiete des Vorlesungsthemas sowie das Niveau der Aufgaben betrifft. Letzteres reicht – in Begriffen einer Übung zu einer Vorlesung in Theoretischer Physik – von 'sehr leicht' bis 'mittelschwer' (sie eignen sich also für Übungen aus theoretischer wie experimenteller Physik); auf der Suche nach größeren Herausforderungen für die Studenten wird man allerdings nicht leicht fündig. Das ist aber möglicherweise auf die rückmeldungsfreie Programmierung des Servers zurückzuführen: Die Studenten können zwar die Lösungen einsehen, jedoch erst nach dem Abgabetermin; Tips sind in den Aufgaben nicht enthalten, können aber auf dem Übungsblatt beim Erstellen gegeben werden. Interaktiv ist dazu natürlich eine Kommunikation via e-mail zwischen Student und Übungsleiter denkbar.

Außerdem ist noch zu bemerken, daß die Scheu mancher StudentInnen vor der Infrastruktur 'Computer und WWW' zu Beginn doch etwas größer war, als man annehmen möchte. Gerade deshalb halten wir diese Art von Bereicherung der Übungen für besonders wichtig. Als Übungsleiter sollte man übrigens auch keine Scheu vor dem Internet haben, es empfiehlt sich sogar (als Administrator des Kurses, der man ja ist), ein wenig damit und mit den Begriffen PS- oder PDF-files, account, password (es gibt deren zwei: eines für die ganze 'virtuelle Klasse' und ein persönliches für jeden Teilnehmer) und server vertraut zu sein.

Studentenperspektive

Aus studentischer Sicht (P. H.) stellten sich einige positive Aspekte des Systems heraus. Vor allem ist hierbei die sofortige Beurteilung der Aufgaben hervorzuheben, wodurch man bei einer vermeintlich richtigen Lösung, vom Server aber als falsch bewerteten Antwort sofort den Rechenansatz überprüfen konnte und nicht auf den nächsten Übungstermin warten mußte.

Ebenso als positiv zu bewerten ist der numerische Charakter der Aufgaben, der in unserem Fall eine gewisse Abwechslung zu den traditionellen Übungsaufgaben darstellte. Wie bei jeglicher Art von realitätsorientierten Rechenaufgaben bietet sich hier die Möglichkeit, ein besseres Gefühl für Größenordnungen zu bekommen, zumindest wenn man sich die Zeit nimmt und die Aufgaben auf diesen Aspekt hin noch einmal durcharbeitet, wie es in unseren Übungseinheiten der Fall war.

Ein deutliches Manko des Systems muß in dieser Situation noch angemerkt werden, daß nämlich durch das Gültigkeitsintervall des Ergebnisses an sich falsche Lösungen als richtig aufscheinen können. Dies tritt vor allem bei kleinen additiven Termen auf, die eine Änderung des Ergebnisses um weniger als 1% (Standard-Gültigkeitsintervall) verursachen. Eine Vernachlässigung derartiger Beiträge, beispielsweise der Suszeptibilität der Luft, führt allerdings zu einem systematischen Fehler, der ohne Nachbearbeitung beim Übungstermin unentdeckt bleiben würde, da selbst in der offiziellen Lösung nichts davon vermerkt ist.

Die größten Probleme für die Studenten im Zusammenhang mit diesem Projekt traten bei der Bedienung des Interfaces auf, einerseits verwunderlicherweise beim Betrachten der PS/PDF-Files, obwohl diese Formate ja inzwischen doch Internet-Standard sind, und andererseits beim Eingeben der Ergebnisse; allerdings resultierten diese nur aus der Nichtbeachtung der Anleitung, da beispielsweise, wie im amerikanischen Einflußbereich üblich, ein Komma als Punkt geschrieben wird.

Zusätzlich wäre noch zu bemerken, daß sich leichte Unterschiede in bezug auf das Sozial-

verhalten beim Lösen der Aufgaben ergaben. Da die Aufgabenstellungen größtenteils einfacher waren als die 'konventionellen' Übungsaufgaben, fertigte fast jeder selbst eine Lösung an, allerdings wurde mit der Eingabe doch meistens gewartet, bis die Richtigkeit des Rechengangs von jemandem bestätigt wurde, der sein Ergebnis schon gepostet hatte. Im Gegensatz dazu wurden bei den restlichen, nicht internet-basierten Aufgaben Diskussionen in Gruppen geführt und die Ergebnisse der einzelnen durch diverse Plots und Zwischenrechnungen mit Computeralgebraprogrammen untermauert.

Zukünftige Möglichkeiten

Insgesamt glauben wir, daß weiterhin konventionelle und internet-basierte Lehrformen nebeneinander bestehen werden (bei einer deutlichen Zunahme letzterer). Wir können uns allerdings zahlreiche Weiterentwicklungen vorstellen. Denkbar sind beispielsweise im Prinzip bei höheren Übertragungsraten rein virtuelle Klassen, bei denen das Internet durchgängig in beide Richtungen genutzt wird. Bereits jetzt konnten Fragen aus Halle den Vortragenden im Seminar in Graz gestellt werden. Darüber hinaus können in Vorlesungen Lehrmaterialien und Software 'live' aus dem Internet benutzt werden. Lehrende und Lernende erhalten damit schnelleren und zeitgleichen Zugang zu aktuellem Wissen. Diese Tatsache mag ihre Partnerschaft stärken. Dennoch wird Lernen bei allen Hilfsmitteln und allen elektronischen Vernetzungen immer beides bedeuten: Einbindung in ein Team (vielleicht künftig ein weltweites, unabhängig von geographischer Region im großen wie im kleinen) und individuelle Anstrengung mit einem vernünftigen Maß an Leistungskontrolle. Jedoch wird das Internet mit Sicherheit zu Veränderungen in der universitären Lehre führen. Dem unleugbaren Potential zur Personaleinsparung steht dabei ein wachsender Bedarf an MitarbeiterInnen gegenüber, die die Software dieser neuen Art von Lehre und die zugehörige Infrastruktur (weiter)entwickeln. Damit bietet sich eine gute Gelegenheit, das Lehrangebot der Univer-

sitäten im zukünftigen globalen Wettbewerb um StudentInnen weiter zu aktualisieren und es einem größeren Hörerkreis zu öffnen. Ob dabei am Ende tatsächlich mehr Vielfalt und höhere Qualität stehen werden, bleibt allerdings angesichts der Erfahrungen im konventionellen Medienbereich (beispielsweise bei den Fernsehstationen) abzuwarten.

Dank einer verstärkten Einbindung des Internets in die Lehre – in einer Kombination von online- und offline-teleteaching mit konventionellen Lehrmethoden – könnte die Beschränkung der Universitäten auf die Erstausbildung junger VollzeitstudentInnen einem flexibleren Lehr- und Lernmodell Platz machen, das die lebenslange Weiterqualifizierung von Berufstätigen jeden Alters mit einschließt und so eine berufsbegleitende Partnerschaft von Hochschule, Wirtschaft und Gesellschaft ermöglicht. Dies täte allen Seiten gut und finge so manche demografische Oszillation beim Einsatz von Akademikern im Berufsleben ab. Da sich keine Gesellschaft auf Dauer die Ausgrenzung älterer Menschen aus dem Erwerbsleben (geschweige denn ihren Ausfall als Konsumenten) leisten kann, können auf diese Weise auch Kreativitäts- und Motivationslücken geschlossen werden, die im bisherigen System mit einer allein zu Beginn des Berufslebens durchlaufenen Ausbildung durch rasch veraltendes Wissen zwangsläufig entstehen.

Dabei bietet sich im globalen Maßstab mittelfristig auch ein Einsatz des mobilen Internets (WAP oder Handy-Terminals der dritten Mobilfunk-Generation) geradezu an, wenn man die Investitionskosten (Internet-PC 1000 Euro gegenüber Internet-Handy 100 Euro), die Durchdringungstiefen (200 Millionen Internet-PCs gegenüber bereits mehr als 500 Millionen Handys) und die Wachstumsraten der beiden Medien vergleicht. Spekulationen über eine vollständig virtuelle Universität, die im Gegensatz zu einer herkömmlichen Fernuniversität oder einer konventionellen Universität ('brick and mortar university') ganz ohne Gebäude auskäme, sind hierbei keine Grenzen gesetzt. Es bleibt allerdings die Frage, inwieweit dies erstrebenswert oder tatsächlich realisierbar ist.

- [1] <http://www.fernuni-hagen.de>
- [2] <http://fips-server.physik.uni-kl.de/fips/>
- [3] <http://hw.ph.utexas.edu/overview.html>

P. Huber, A. Krassnigg, W. Hübner

Institut für Theoretische Physik
Karl-Franzens-Universität Graz
philipp.huber@kfunigraz.ac.at
andreas.krassnigg@kfunigraz.ac.at
huebner@mpi-halle.de

9

Der Urknall im Kleinen

- eine faszinierende Reise in den
Mikrokosmos

Die Elementarteilchenphysik sucht Antworten auf die Fragen: **Woraus besteht die Welt?** Das soll heißen: Was sind die elementaren Bausteine der Materie – die 'Elementarteilchen'? Und: **Was hält die Welt zusammen?** Das soll heißen: Welche Kräfte – oder eigentlich 'Wechselwirkungen' – herrschen zwischen diesen fundamentalen Teilchen?

Die im Wechselspiel von theoretischen Untersuchungen und experimentellen Beobachtungen gewonnenen Erkenntnisse zeichnen in Form der Standardtheorie der Elementarteilchenphysik ein überraschend einfaches Bild der Verhältnisse im Mikrokosmos. Sämtliche Materie ist aus nur zwei Arten von fundamentalen Teilchen – 'punktförmigen' Teilchen ohne experimentell erkennbare räumliche Ausdehnung oder Subkomponenten – aufgebaut:

- den *Quarks*, also den Bausteinen etwa von Proton oder Neutron, und
- den *Leptonen*, zu denen – neben dem weniger bekannten Neutrino – das Elektron zählt.

Diese Bausteine reichen aus, um die uns umgebende Welt aufzubauen (siehe die Abbildung auf der letzten Seite). Alle in der Natur beobachteten Kräfte können auf nur vier fundamentale Wechselwirkungen zurückgeführt werden: