

Multimediale Lehre am Institut für Theoretische Physik

Winfried Kernbichler*

22. Oktober 2002

1 Kurzfassung

Für die Umsetzung des Zieles, unsere Lehrinhalte für das Physikstudium auch via Web- bzw. E-Learning-Server bereitzustellen, gibt es zwei Schwerpunkte:

1. Erstellung von Simulationen bzw. Beispielen, die in Lehrveranstaltungsunterlagen, bzw. Übungen und Praktika eingebunden werden. Dies reicht von der Klassischen Mechanik bis zur Quantenmechanik, von der Einführung ins Programmieren bis zu numerischen Methoden.

Wir haben uns dabei im Wesentlichen auf zwei Programmiersprachen geeinigt - Matlab und Mathematica. Diese beiden Sprachen kommen intensiv im gesamten Studium vor, was den Vorteil hat, dass die Beispiele in Zusammenarbeit mit fortgeschrittenen Studierenden erstellt werden können und dass Studierende selbst bzw. in Übungen und Praktika daran weiterarbeiten können. Dies wiegt unserer Meinung nach den Nachteil bei Weitem auf, dass man die Simulationen nicht direkt im Browser ablaufen lassen kann.

2. Bereitstellen von Werkzeugen, die für alle Kollegen die Erstellung von konsistenten Webinhalten, Skripten, Übungsunterlagen, aber auch von Projektionsunterlagen für Vorlesungen ermöglicht.

Dies geschieht mit wenigen Masterdokumenten in LATEX, die dann automatisiert in PDF, HTML, bzw. Druckvorlagen umgewandelt werden. Auch hier war die Entscheidung für LATEX auf Grund der Formelorientiertheit von Physik und Mathematik klar. Der wichtige Punkt hier ist die Tatsache, dass wir die derzeitige Koexistenz von Vorlesungen, WEB-Unterlagen, Übungen und Praktika mit vertretbarem Aufwand meistern wollen.

Dieser Punkt umfasst auch die Erstellung von Werkzeugen zur Übungsabgabe, Übungskorrektur und Kommunikation zwischen Studierenden und demjenigen, der

*Inst. für Theoretische Physik, Tel.: +43(316)873-8182; winfried.kernbichler@itp.tu-graz.ac.at

die Korrektur durchführt. Ausserdem befassen wir uns mit Erstellung von Werkzeugen zur Programmdokumentation, die sich gut für die Lehre eignen.

Insgesamt ist in den nun zwei Jahren sehr viel an Arbeit erledigt worden, unser zugeteiltes Geld wurde sinnvoll investiert, es liegt aber auf Grund des großen Lehrangebots am Institut für Theoretische Physik aber noch viel vor uns.

2 Statusbericht

Das Institut für Theoretische Physik hat sich auch im Jahr 2002 mit der Bearbeitung von Lehrinhalten für Web-basierende Lehre bzw. für computerunterstützte Lehre beschäftigt. Dabei wurde auf eine Reihe von Bedürfnissen eingegangen, die sich aus der Situation des Studiums “Technische Physik”, den Zielvorstellungen der Lehrenden am Institut und der technischen Infrastruktur ergeben haben.

2.1 Bedürfnisse

Der am Institut für Theoretische Physik der TU Graz gewählte Ansatz für die Erstellung und Präsentation von Lehrinhalten hat folgende Zielsetzung, die nach wie vor gültig ist:

- Einbindung möglichst vieler Lehrender und Studierender in die Erstellung der Inhalte und Beiträge
- Erstellung konsistenter und einheitlicher Inhalte
 - am eigenen Webserver
 - am E-Learning Server
 - in Präsentationsunterlagen
 - in Skripten und Druckvorlagen
 - in Beispielen für Übungen und Praktika
- Vernünftige Koexistenz von klassischen Lehrveranstaltungen (Vorlesungen, Übungen, Praktika, ...) mit einer Präsenz im Internet
- Verwendung möglichst weniger Masterdokumente
- Leichtigkeit der Erstellung (inklusive Formeln)
- Verwendung von Programmier- und Skriptsprachen, die im Bereich der Theoretischen Physik verbreitet sind
- Verwendung bestehender Infrastruktur

- Möglichkeiten zur Modifikation und zum weiteren Experimentieren und Programmieren für die Studierenden
- Leichte Abgabe von Übungsbeispielen in allen Übungen mit Computereinsatz

2.2 Lösungen

Dadurch haben wir uns im Wesentlichen zu folgender Vorgangsweise entschieden:

- Automatisierte Generierung von Einstiegs-Webseiten aus einfachen Dokumenten
- Verwendung von \LaTeX , `latex2html` und `pdf- \LaTeX` zur Erstellung der Texte
- Erstellung von Skripts zur Automatisierung unter Linux und UNIX mit Perl und Python
- Erstellung von Beispielen in Zusammenarbeit zwischen Vortragenden und Studierenden ohne externe Auftragnehmer
- Verwendung von Programmiersprachen, die im Studienplan “Technische Physik” angeboten werden
 - MATHEMATICA - wenn symbolische Berechnungen gewünscht oder notwendig sind
 - MATLAB - zur Erstellung von numerischen Simulationen inklusive graphischer Benutzeroberflächen
 - C++/Python - für numerische Simulationen mit QT oder TK/Inter als Benutzeroberfläche
 - C++/FORTRAN 95 als numerisches Backend, wenn MATLAB zu langsam ist
- Verwendbarkeit alle Programme unter Linux und MS Windows
- Einschränkungen
 - MATHEMATICA benötigt zumindest das Programm MATHREADER
 - MATLAB: Zum gegenwärtigen Zeitpunkt benötigt man in vielen Fällen eine Installation mit Lizenz, da der MATLAB Compiler nicht den benötigten Umfang an Befehlen bewältigt.

Für alle Studierenden steht aber jederzeit der Zugang zu unserer Computerinfrastruktur im Computerraum “Physik” zur Verfügung (via Secure Shell und frei verfügbarem X-Window Server auch vom Heimrechner). Damit können alle Studierenden jederzeit MATLAB benutzen.

Bei einigen Beispielen ist es uns bereits gelungen allein lauffähige Programme zu erstellen.

- Weitere Elemente für Webseiten und Dokumente
 - Exportierte Animationen aus MATLAB und MATHEMATICA
 - Beschränkter Einsatz von JAVA Programmen

2.3 Beispiele

Die gewählte Vorgangsweise wurde in einer Reihe von Beispielen umgesetzt, die alle unter <http://www.itp.tu-graz.ac.at/MML/> zur Verfügung stehen und in eine Vielzahl von Lehrveranstaltungen eingeflossen sind.

Im Bereich der Erstellung von Werkzeugen lagen die Schwerpunkte im Jahr 2002 in folgenden Bereichen:

- Automatische Generierung von unterschiedlichen Ausgabeformaten aus einem Dokument (PDF, HTML) mit automatischer Fileerstellung für einzelne Kapitel. Die Erstellung von PDF Dokumenten mit internen und externen Links, Verbindung mit Beispielen bzw. mit dem Hilfesystem von Matlab funktioniert zufriedenstellend und wird in mehrerer Lehrveranstaltungen verwendet. Damit werden Unterlagen für die Projektion bei Vorlesungen, für Ausdrucke, für das Lernen im Netz und für Übungsbeispiele erzeugt.

Die automatisierte Umsetzung in HTML Dokumente ist schwieriger, funktioniert zwar im Prinzip, liefert aber nicht immer die schönsten Ergebnisse. Dies liegt an der etwas langsameren Entwicklung von `latex2html`, die viele eigene Anpassungen notwendig macht. Hier ist auch eine wirklich zufriedenstellende Darstellung von komplexen mathematischen Ausdrücken noch nicht erreicht. Dies wird von uns weiterverfolgt, da klar ist, dass für den E-learning Server die Verwendung von HTML von Vorteil ist.

- Für die Pflichtlehrveranstaltung Applikationssoftware und Programmierung wurden Skripts erstellt, die die Abgabe von Übungsbeispielen, deren Korrektur durch die Vortragenden bzw. die Tutoren, die Rückmeldung an die Teilnehmer, und die Statusabfrage durch die Studierenden ermöglicht. Dies hat für beide Seiten die Situation wesentlich erleichtert. Umgesetzt wurde das Projekt mit Hilfe der Skriptsprache Python unter Linux.
- Da die Lehrenden am Institut für Theoretische Physik die gesamte EDV Ausbildung der Physikstudenten durchführen und dabei Matlab als Computersprache eine zentrale Rolle spielt, wurden und werden Skripts erstellt, die die Dokumentation von Matlab-Beispielen zu Lehrzwecken ermöglichen. Dabei können Formeln eingebunden werden, wobei in Folge aus dem Matlab-File ein \LaTeX -Dokument erzeugt wird, das in Skripten bzw. am Webserver verwendet werden kann (siehe oben).

Die Werkzeuge werden momentan unter anderem für die Erstellung von Inhalten für Analytische Mechanik, Quantenmechanik und Applikationssoftware und Programmierung verwendet und laufend verbessert. Schlussendlich sollen damit alle Unterlagen des Instituts für Theoretische Physik erstellt werden.

Im Rahmen dieses Projektes wurden auch Simulationen für Lehrveranstaltungen der Theoretischen Physik erstellt, insbesondere für die Kursvorlesungen und -übungen aus Analytischer Mechanik, Quantenmechanik, Fluidmechanik und Numerische Methoden in der Physik:

Analytische Mechanik: Es wurden vor allem Programme in Mathematica erstellt, die Bewegungsvorgänge als Animationen simulieren und dabei die wesentlichen Punkte des Stoffes besonders deutlich machen. Diese Programme werden in der Vorlesung bzw. Übung vorgeführt und besprochen. Sie sind auf einem Server abgelegt und stehen damit den Lehrern und Studenten der ganzen TU zur Verfügung. Diese Programme sind so eingerichtet, dass die Benutzer die wesentlichen Parameter der untersuchten Systeme verändern und damit den Einfluß der gewählten Werte auf den Ablauf des Bewegungsvorganges selbständig untersuchen können. In Zusammenhang damit wurde auch das Skriptum der Vorlesung (auf Kosten des Institutes) überarbeitet, Verweise auf die Simulationen eingefügt und die meisten Zeichnungen in Farbe ausgeführt. Auch dieses Manuskript liegt auf dem obenerwähnten Server. Außerdem wurde in MATLAB ein Programm erstellt, das es dem Benutzer gestattet, die Lösungen eines Standardproblems der nichtlinearen Mechanik und Chaostheorie, des Problems von Hénon und Heiles, zu vorgewählten Anfangsbedingungen zu berechnen und die gewonnenen Lösungen in verschiedener Weise (Bahn im Ortsraum, in Projektionen des Phasenraumes, Poincaréabbildung) zu visualisieren. Auch diese Programm mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche wird in den Übungen vorgeführt werden und auf dem Server abgelegt.

Theoretisches Praktikum, Angewandte Quantenmechanik: Für diese LV wurden verschiedene Programme erstellt, die die Wellenfunktionen einiger Standardprobleme berechnen und die wesentlichen Eigenschaften der Systeme und ihres zeitlichen Verhaltens visualisieren. Diese Programme werden in der LV durchgearbeitet. Sie wurden auf einem Server abgelegt und stehen damit den Lehrern und Studenten der ganzen TU zur Verfügung.

Fluidmechanik: In diesen Beispielen werden die Strömung um einen Kreiszyylinder und um ein Tragflächenprofil mittels konformer Abbildung gelöst und durchgearbeitet. Dabei wird gezeigt, wie aus dem Zylinder die verschiedenen Profile der Tragfläche hergeleitet werden und wie die verschiedenen Typen von Strömungen aussehen. In Simulationen wird dabei auch die Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen des Strömungsfeldes durch laufende Probesteilchen vorgeführt. Die Mathematicaprogramme stehen den Lehrern und Studenten der ganzen TU zur Verfügung.

Visualisierung des Prinzips der Computer-Tomographie: Dieses Programm bietet eine Einführung in die Prinzipien der Computer-Tomographie unter Verwen-

dung der Methode der diskreten Fourier-Transformation. Das grundsätzliche Problem ist die Rekonstruktion zwei- bzw. dreidimensionaler Masseverteilungen aus einer Reihe von eindimensionalen 'Profilen', die man z.B. durch Röntgendurchstrahlungen des untersuchten Objekts gewinnen kann. Die Realisierung erfolgte mit Matlab.

Beschreibung von Bloch-Elektronen in Kristallen: An Hand von Computersimulationen wird die Physik von Elektronen in gitterperiodischen Kristallpotentialen erläutert. Die dabei behandelten Themen umfassen Grundbegriffe der Theoretischen Festkörperphysik wie Bloch-Theorem, Bandstruktur, Zustandsdichte, Fermifläche usw. Darüber hinaus wird der/dem Studierenden die Möglichkeit geboten, an einfachen Testbeispielen die wichtigsten Aspekte moderner Bandstrukturmethoden kennenzulernen. Die Realisierung erfolgte mit Python und C.

Monte-Carlo-Simulation eines unendlich großen Ising-Systems: In diesem Java Applet wird eine neue Monte-Carlo-Technik (Physical Review Letters 86, 5164 (2001)) implementiert, die es z.B. für das Ising-Modell erlaubt, auch unendlich große Systeme auf einem Computer zu simulieren. Zugrunde liegt eine Darstellung des Modells über Cluster, also korrelierte Gebiete von Spins. Ausgehend vom Ursprung des Koordinatensystems wird stochastisch immer wieder ein einzelner solcher Cluster konstruiert. In diesem Cluster werden dann die Spins geflippt. Resultat ist ein Ensemble von Spin-Konfigurationen des unendlichen Gitters, die um den Koordinaten-Ursprung thermalisiert sind.

Das Applet stellt die Spin-Konfigurationen und die Cluster dynamisch dar. Es mißt die mittlere Cluster-Größe (gleich der magnetischen Suszeptibilität des unendlichen Systems) sowie die Spin-Spin-Korrelationsfunktion und stellt sie graphisch dar. Es erlaubt interaktive Eingriffe bezüglich der Temperatur des Systems und der graphischen Darstellung (Zoom und Zeitlupe).