

Datenströme aus dem Weltall im Unterrichtseinsatz¹

Hermann Härtel²

Handreichungen

1. IPTS Projekt: L3N - Lehrerinnen und Lehrer lernend im Netz
Teilprojekt 2 (in Zusammenarbeit mit dem IPN)
2. haertel@ipn.uni-kiel.de

Inhalt

Didaktische Konzeption

Allgemeine Aspekte

Stoffauswahl, Stoffverteilung und Sachstruktur	5
Zum Einsatz von Simulationen	6
Zum Einsatz von Videosequenzen	6
Zur Eigentätigkeit von Schülern.	7

Themenauswahl

Steuerung eines Mikro-Satelliten	8
Messung des Abstandes Mond/Erde	8

Fachdidaktische Besonderheiten

Mondphasen - Mondfinsternis	9
Elektrischer Motor	10
Träge Masse - schwere Masse	10

Medien / Materialien

Nutzung interaktiver Simulationen

Aufgabenspezifische Simulationen in Form von Applets	13
Simulationen auf der Basis lokal lauffähiger Simulationsumgebungen (Beispiel: xyZET) 1	3

Internet-Technologie

Kombination von WEB-Seiten und interaktiven Simulationen	14
Bedienelemente für Tele-Experimente	14

Hilfen zur Visualisierung

Computergenerierte Videosequenzen	14
VRML	14

Telelabor / Tele-Experiment

Konzeption

Ausgangslage	15
Auswahlkriterien	15

Beispiele

Messung des Abstandes Erde / Mond	15
Messung der Relativgeschwindigkeit Erde / Mond - Optischer Dopplereffekt	16
Steuerung eines Mikro-Satelliten - Drehimpulserhaltung	16

Didaktische Konzeption

1 Allgemeine Aspekte

1.1. Stoffauswahl, Stoffverteilung und Sachstruktur

Bei einem traditionellen Lehrgang richtet sich die Stoffauswahl und Stoffverteilung nach einer didaktisch begründeten Sachstruktur. Jeder Lernschritt baut auf dem vorherigen auf und dient als Voraussetzung für den nächsten Abschnitt.

Es zeigt sich, daß ein solches Vorgehen zu Probleme führt hinsichtlich Motivation und Akzeptanz. Die meisten Schüler wollen (können) nur noch in Kontexten lernen, die für sie einsichtig und interessant sind. Ein Lernen auf Vorrat mit der Begründung, die Bedeutung der Lerninhalte später erkennen zu können, wird kaum noch akzeptiert.

Eine Lösung dieser Motivationsfrage in Form eines projektorientierten Unterrichts erscheint als problematisch. In einem solchen Unterricht sollen physikalische Inhalte erst dann bearbeitet bzw gelernt werden, wenn sich dies aus der Projektarbeit als notwendig ergibt. Sind diese Inhalte jedoch anspruchsvoll, wie zum Beispiel der Satz von der Erhaltung des Drehimpulses, so ergibt sich hieraus ein Problem. Soll dieses Gesetz nicht nur verkündet sondern abgeleitet werden, so führt dies zu einer Unterbrechung, wenn nicht zu einem Abbruch der Projektarbeit und zurück zu einem an der Sachstruktur ausgerichteten Unterricht.

In dem vorliegenden Ansatz wird zur Lösung der Motivationsfrage ein anderer Weg beschritten. Grundsätzlich wird die Bedeutung einer didaktisch begründeten Sachstruktur nicht in Frage gestellt und auch nicht die Bedeutung der traditionellen Inhalte.

Es wird jedoch versucht, mit Hilfe des Internet einen interaktiven Zugang zu realen Experimenten zu ermöglichen, deren Bedeutung für Schüler unmittelbar einsichtig ist. Im Lichte solcher Experimente kann erwartet werden, daß die Bedeutung schulischer Inhalte und die im Klassenraum vorführbaren Experimente besser hervorgehoben werden können.

Kriterien, die an solche Tele-Experimente anzulegen sind, werden im Abschnitt "Tele-Experimente" angegeben.

Derzeit sind die folgenden Experimente geplant:

- Steuerung eines Modell-Satelliten
- Messung des Abstandes Erde/Mond
- Messung der Sonnenaktivität (geplant)
- e/m-Bestimmung (in Kooperation mit der Fachhochschule Kiel)

In Verbindung mit diesen Experimenten ergeben sich eine bestimmte Anzahl physikalischer Themen, die im Abschnitt 2 "Themengebiete" aufgeführt werden. Dort sind auch Hinweise auf Vorkenntnisse angedeutet, deren Vermittlung innerhalb eines traditionellen Unterrichts zu vermitteln sind.

1.2. Zum Einsatz von Simulationen

Realexperiment und Simulation werden häufig als sich gegenseitig ausschließende Ansätze gesehen. Was am Experiment demonstriert werden kann, sollte nicht simuliert werden. Nur wenn sich ein Experiment verbietet (Sicherheitsaspekte, unzureichende Ressourcen) darf eine Simulation als Ersatz herangezogen werden.

Dieser Meinung wird widersprochen. Experimente sind aus erkenntnistheoretischer Sicht unverzichtbar, aus didaktischer Sicht jedoch häufig unzureichend. Simulationen können die Korrektheit eines physikalischen Gesetzes nicht beweisen, können jedoch didaktisch optimal gestaltet und eingesetzt werden. Sie erlauben zusätzlich eine Variation von Naturgesetzen, um die Einmaligkeit und Bedeutung letzterer um so deutlicher hervortreten zu lassen. In der Integration beider Ansätze, Experiment und interaktive Simulation - liegt ein vielversprechendes didaktisches Potential, dessen didaktischer Mehrwert anhand verschiedener Beispiele aufgezeigt wird.

Ein wichtiges Element dieses Potentials ist die Interaktivität, die selbständiges Lernen anregt und unterstützt. Die Fähigkeit zur Selbststeuerung kann jedoch nicht vorausgesetzt werden. Diese Fähigkeit wird nicht allein durch die Bereitstellung interaktiver Lernumgebungen freigesetzt, sondern muß gelehrt und gelernt werden. Diese ebenso schwierige wie notwendige Aufgabe läßt sich nicht über einige allgemeine Trainingsprogramme, sondern nur über eine Vielzahl kleiner, didaktisch gelenkter Übungen lösen. Wird zuviel Anleitung geboten, so verbleiben die Schüler in der eher passiven und auf Instruktion ausgerichteten Rolle, die einhergeht mit Motivationsverlust und Ineffektivität. Wird zuwenig Anleitung geboten bei der Aufforderung zur Exploration, so droht Überforderung oder Orientierungsverlust, worauf die Schüler mit Ablehnung oder Ausweichen in spielerische Aktivitäten reagieren. Es gilt, die Balance zu finden zwischen Führung und Gewährung von Freiraum, um beim Einsatz interaktiver Simulationen die Lernmotivation zu verstetigen und einen Lernerfolg zu ermöglichen.

Dies ist eine Aufgabe, die am besten von der Lehrkraft in Kenntnis der jeweils spezifischen Bedingung zu leisten ist.

1.3. Zum Einsatz von Videosequenzen

Der didaktische Wert von Videosequenzen wie von Filmen liegt in der Möglichkeit, dynamische Vorgänge angemessen darzustellen. Computeranimationen in Form digitaler Videosequenzen haben darüber hinaus die folgenden vorteilhaften Eigenschaften:

1. Kontiguität

Jede Beziehung zwischen Lernobjekten, die aufgezeigt werden soll, läßt sich durch fließende Übergänge verdeutlichen. Schon Aristoteles sprach in Bezug auf Lernen von der Bedeutung der Kontiguität (Nähe), die herzustellen ist zwischen zusammengehörigen Dingen, damit diese als solche erkannt und gelernt werden können. Computergraphik als beliebig flexibles und gleichzeitig beliebig kontrollierbares Medium ist ideal dafür geeignet, einen didaktisch gewünschten Zusammenhang, das heißt Kontiguität zwischen Lernobjekten jeglicher Art darzustellen.

2. Verteilung

Die Verteilung der Videodateien per Internet ist im Prinzip problemlos, allerdings liegt der Umfang der Dateien in aller Regel im Megabit-Bereich. Online-Übertragung und Darstel-

lung sind deshalb wegen der derzeitigen Begrenztheit der verfügbaren Bandbreite nur bedingt möglich. Vorzeitiges herunterladen oder Übermittlung per CD sind daher in der Regel notwendig.

3. Präsentation

Videsequenzen können entweder vor der gesamten Lerngruppe oder an einzelnen Schülerarbeitsplätzen vorgeführt werden. Für eine Präsentation vor einer Lerngruppe muß ein Datenprojektor vorhanden sein. Dabei ist im Gegensatz zur Projektion eines Films keine Verdunklung erforderlich. Anhalten und Rückspulen erfolgen durch Betätigung der Maustaste.

Neben einer Soundkarte sollten an den Schülerarbeitsplätzen keine Lautsprecher, sondern Kopfhörer vorhanden sein, um eine ungestörte Tonübertragung zu ermöglichen.

4. Herstellung und Gestaltung

Die Herstellung von Videosequenzen ist mit handelsüblicher Hard- und Software möglich. Der bestimmende Faktor liegt in der Bedienung der Software und in der Fähigkeit, didaktische Ideen umzusetzen. Von besonderer Bedeutung erscheint dabei die Möglichkeit, motivationale Elemente einzusetzen, wie Überraschung, Farbgebung, fließende Übergänge, u.ä.

1.4. Zur Eigentätigkeit von Schülern.

Das Arbeiten mit computerunterstützten Materialien bedeutet in der Regel ein Arbeiten ohne direkte Unterstützung durch eine Lehrkraft. Vielmehr werden erhöhte Anforderungen an Selbständigkeit und Unabhängigkeit der Schüler gestellt.

Dies bedeutet insbesondere, daß verstärkt Informationen und Erklärungen in schriftlicher Form und nicht - wie im normalen Unterricht - mündlich vermittelt aufgenommen werden müssen. Dies führt zu der grundsätzlichen Frage: In welcher Form soll Information in Form von Text angeboten werden?

Das Aufnehmen von Text am Bildschirm und das normale Lesen stellen unterschiedliche Anforderungen und können sich hinsichtlich Tiefe und Verweildauer deutlich unterscheiden. Das Aufnehmen von Text am Bildschirm ist darüber hinaus gewöhnungsabhängig. Somit erscheint es als problematisch, sich einseitig für den Bildschirm als Medium für die Darbietung von Text zu entscheiden.

Eine Lösung dieses Problems in Form einer Mischform - Kurzinformation für den Bildschirm und ausführlicheren Textpassagen in Papierform - zwingt die Nutzer zu einem ständigen Wechsel zwischen verschiedenen Medien. Auch dies kann sich störend auf den Lernprozess auswirken.

In den entwickelten Projektmaterialien wurde zur Lösung dieses Problems konsequent jede Information vollständig sowohl am Bildschirm als auch in Papierform angeboten. Dies bedeutet, daß auf medienbedingte Unterschiede in der Auflösung und Seitengestaltung geachtet werden muß.

Für die entwickelten WEB-Seiten wurden die folgenden Gestaltungselemente eingehalten:

- Kurze Abschnitte, die möglichst nicht viel mehr als einen Bildschirm einnehmen.
- Keine umfangreichen WEB-Seiten, in denen hin- und hergesprungen werden kann.
- Farbbilder, die der relativ geringen Bildschirmauflösung angepaßt sind.
- Orientierungshilfen in Form von Links.

Für Druckausgaben werden pdf-Dateien angeboten, die bei gleichem Inhalt die für Druckerzeugnisse üblichen Gestaltungselemente aufweisen, wie:

- Vollständige Seitengestaltung
- Orientierungshilfen in Form von Inhaltsangaben, Kopf und Fußzeilen, Fußnoten
- Kopierfähige Abbildungen (s/w), angepaßt an die erhöhte Auflösung moderner Drucker
- Keine Wiedergabe von bildschirmtypischen Orientierungshilfen, die im Druckerzeugnis keine Funktion haben.

2 Themenauswahl

Wie im Abschnitt "1 Allgemeine Aspekte" erläutert, richtet sich die Themenauswahl im vorliegenden Projekt nach den anzubietenden Tele-Experimenten. Die getroffene Auswahl wird im folgende näher erläutert.

2.1. Steuerung eines Mikro-Satelliten

Das Steuern bzw. Positionieren eines Modell-Satelliten basiert auf dem Satz von der Erhaltung des Drehimpulses. Durch die Änderung der Drehzahl einer Schwungscheibe, die von einem Elektromotor angetrieben wird, wird ein Drehmoment auf den Satelliten übertragen. Soll der Satellit relativ zur Erde stillstehen, so müssen die Motoren eine konstante Drehzahl aufrechterhalten und können nicht abgeschaltet werden. Es würde sonst mittels der Lagerreibung wiederum ein Drehmoment auf den Satelliten aufgebracht.

Die rotierende Schwungscheibe stellen Kreisel dar, die aufgrund äußerer Drehmomente Präzessionsbewegungen ausführen. Aus dem Studium dieser Präzessionsbewegung lassen sich Rückschlüsse auf die im Weltraum einwirkenden Drehmomente ziehen, von denen sich auch kleinste Effekte im Laufe der Zeit bemerkbar machen (z. B. der Gradient des Gravitationsfeldes).

Dieses Experiment kann mit den folgenden physikalischen Themen in einen unmittelbaren Zusammenhang gebracht werden:

Newtonsches Grundgesetz, Gravitation, Massenmittelpunkt, Impuls, Drehmoment, Drehimpuls, Keplersche Bahnen, Kreiselbewegung.

Magnetismus, Elektromagnetismus, Gleichstrommotor

Zu diesen Themen werden computerunterstützte Lernmaterialien angeboten.

2.2. Messung des Abstandes Mond/Erde

Die Messung des aktuellen Abstandes von Mond und Erde ist keine Aufgabe, die Schülern unmittelbar als bedeutsam erscheint. Sie ist deshalb einzubetten in einen Astronomieunterricht, bei dem Sek-I-Themen wie "Bewegung von Himmelskörpern, Mondphasen, Sonnen- und Mondfinsternis zu behandeln sind.

In den bereitgestellten Materialien kommen Videosequenzen und Simulationen zur Anwendung.

Die im Prinzip sehr einfache Messung stellt allerdings höchste meßtechnische Anforderungen, da nur etwa der 10^{-10} te Teil der Ausgangsleistung als Echosignal zur Verfügung steht.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Automatisierung dieser Messung sowie die Internetanbindung.

Für entsprechend interessierte Nutzer stehen ausführliche technische Beschreibungen der erstellten Meßanlage und der technischen Abläufe zur Verfügung.

3 Fachdidaktische Besonderheiten

3.1. Mondphasen - Mondfinsternis

Problemstellung

Die Unterscheidung zwischen dem Phänomen einer Mondfinsternis und dem der Mondphasen ist für den Fachmann bzw. die Fachfrau so offensichtlich, daß es nur verwundern kann, wenn hier etwas verwechselt wird. Die Erfahrung zeigt jedoch, daß bei den meisten Laien eindeutig die Erklärung für die Mondfinsternis überwiegt. Es ist der Erschatten, der für jegliche Verdunklung des Mondes herangezogen wird, auch für die Mondsichel nach dem Neumond.

Die Erfahrung, daß mit einer Lichtquelle im Rücken der eigene Schatten ein Objekt in Blickrichtung verdunkelt, wird häufig gemacht und ist einfach nachzuvollziehen. Die Erklärung für einen von der Seite beschienenen Mond, der zwar rund und schön, aber nur halb zu sehen ist, ist bedeutend anspruchsvoller. Man muß gleichzeitig zwei Betrachtungsperspektiven einnehmen, die aktuelle, die auf die Mondsichel gerichtet ist und eine von außerhalb auf das gesamte System Sonne, Erde, Mond. Dies stellt gewisse Anforderungen an das räumliche Vorstellungsvermögen, und es kann sein, daß viele Schüler diese Anforderung nicht ohne weiteres erfüllen können.

Lösungsansatz: Einsatz von Videosequenzen und Simulationen

Zur Behandlung der Mondphasen gibt es entsprechende Modelle, mit denen der Bewegungsablauf von Mond und Erde um die Sonne demonstriert werden kann. Diese zeigen allerdings nur die Perspektive von außen. Eine Verbindung der beiden oben genannten Perspektiven wird dabei nicht unterstützt. Wird der Mondumlauf innerhalb des Klassenzimmers durch einen um die Beobachter herumlaufenden "Mond" demonstriert, so unterstützt dies wiederum nur eine Perspektive.

Eine optimale Unterstützung beider Perspektiven wird möglich, wenn in einem computer-generierten Film ein kontinuierlicher Übergang zwischen diesen beiden Perspektiven vorgeführt wird. Dies erfolgt durch eine virtuelle Reise, die auf der Erde startet und dann um Erde und Mond herumführt. Dabei ändert sich das Bild des Mondes kontinuierlich durch alle Phasen hindurch.

Auch das Phänomen der Mondfinsternis enthält ein didaktisches Problem, wenn erklärt werden soll, warum eine Mondfinsternis nicht regelmäßig bei jedem Vollmond auftritt. Die Erklärung hierfür liefert die Tatsache, daß die Mondbahn nicht in der Ekliptik verläuft, sondern mit einem Neigungswinkel von 3 Grad. Eine computergenerierte Visualisierung dieser Vorgänge, in der wiederum Kontiguität zwischen den unterschiedlichen Perspektiven hergestellt wird, sollte zum tieferen Verständnis der ablaufenden Prozesse bzw. Phänomene beitragen.

3.2. Elektrischer Motor

Mikrosatelliten können nur in Ihrer Lage zum eigenen Schwerpunkt verändert werden. Die Durchführung von Manövern ist nicht möglich, da bei so kleinen Satelliten keine Steuerungsdüsen vorhanden sind. Eine Lageänderung erfolgt über rechtwinklig zueinander angeordnete Schwungscheiben, die durch Elektromotoren angetrieben werden. Die Energieversorgung erfolgt über Solarzellen und Batterien als Speicher.

Es erscheint sinnvoll, bei der Behandlung dieses Themas die Funktionsweise eines Elektromotors zu behandeln.

Zu diesem Zweck wurde ein Motormodell mit folgenden Eigenschaften entwickelt:

- Die drehbar gelagerte Spule wird durch einen Dauermagneten angetrieben, der von einer Person, vorzugsweise abwechselnd von mehreren Schülern, gehalten wird. Dadurch werden die wechselnden Anziehungs- und Abstoßungskräfte direkt spürbar.
- Der transparente Aufbau des Motormodells erlaubt eine Projektion mit Hilfe eines Tageslichtprojektors. Die kleinen Bewegungen des Dauermagneten werden somit für die gesamte Klasse sichtbar.
- Zu diesem Motor wurde ein computergenerierter Lehrfilm erstellt, der ein Verständnis der Funktionsweise durch Visualisierung des Magnetfeldes unterstützt.

Informationen zum Einsatz dieses Modells und seinem Bezug zum Thema "Satellitensteuerung" sind in den entsprechenden Unterrichtsmaterialien zu finden.

3.3. Träge Masse - schwere Masse

Problemstellung

Wie laufende Untersuchungen an zahlreichen Schülergruppen (insgesamt 450 Schüler aus 19 Klassen und 5 europäischen Ländern) gezeigt haben, ist nur eine Minderheit von etwa 15 bis 20% in der Lage, eine zufriedenstellende Antwort auf die Frage zu geben, warum alle Körper gleich schnell zu Boden fallen. Dies gilt, auch wenn die Schüler das Thema im Unterricht ausführlich behandelt haben. Sie haben in der Regel auch den Versuch mit dem Fallrohr beobachtet, in dem eine Feder und eine Bleikugel gleich schnell fallen, so bald die Luft verdünnt wird.

Es scheint so, als ob gerade dieser Versuch, der für Experten so einsichtig erscheint, bei dem meisten Schülern gerade das Gegenteil von dem bewirkt, was aufgezeigt werden soll. Der Versuch zeigt einen dramatischen Unterschied zwischen Normalbedingungen und dem sog. Vakuum und es ist dieser Unterschied, der in den meisten Schülerantworten zu finden ist. Hier auf der Erde fällt ein schwerer Körper schneller zu Boden als ein leichter, davon sind und bleiben die meisten Schüler überzeugt. Auf die Frage, warum dies im Vakuum anders ist, bleiben sie in der Regel eine zufriedenstellende Antwort schuldig.

Wie sich weiterhin in Interviews herausstellt, bleibt vielen Schülern der Begriff der trägen Masse fremd. Masse wird überwiegend im gleichen Sinne verwandt wie Materie. So bleibt es unverständlich, daß zwei Massen, eine schwere und eine träge, gleichzeitig existent sein sollen. Entsprechend den Erfahrungen im täglichen Leben dominiert die Tatsache, daß alle Körper ein Gewicht haben, also schwer sind. Die Trägheit tritt dagegen in den Hintergrund. Versuche auf der Luftkissenbahn, bei denen das Phänomen der Trägheit hervortreten soll, können nur mit relativ kleinen trägen Massen und relativ kleinen beschleunigenden Kräften durchgeführt werden. Dies mag begründen, warum der didaktische Nutzen solcher Experimente so gering ist.

Verschärfend tritt bei diesem didaktischen Problem hinzu, daß jede erarbeitete Differenzierung zwischen Trägheit und Schwere anschließend wieder aufgehoben wird mit dem Hinweis, daß das Verhältnis von schwerer zu träger Masse konstant ist und der Proportionalitätsfaktor gleich 1 gesetzt wird.

Angesichts der experimentellen und konzeptionellen Schwierigkeit, die Phänomene Trägheit und Schwere zu trennen und eingedenk der Tatsache, daß diese Trennung auch im Hinblick auf Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie wieder aufzuheben ist, erscheint es verständlich, daß viele Physiklehrer auf dieses Problem nicht allzuviel Mühe verwenden, sondern darauf setzen, daß mangelnde Differenzierung zumindest in der mathematischen Behandlung mechanischer Aufgaben zu keinen Problemen führt.

Aus didaktischer Sicht ist diese Situation unbefriedigend. Trägheit ist ein Basisbegriff der Mechanik und im Vergleich zur Schwere von mindestens gleich großer, wenn nicht größerer Bedeutung. Schließlich lassen sich alle mechanischen Versuche in der Schwerelosigkeit vorstellen und im Prinzip auch durchführen. Umgekehrt sind Versuche ohne Trägheit undenkbar. So erscheint es problematisch und einem Verständnis der Mechanik abträglich, wenn den Schülern kein klares Trägheitskonzept vermittelt wird.

Im folgenden wird aufgezeigt, wie Computersimulationen neue Möglichkeiten eröffnen, um dieses didaktische Problem zu überwinden bzw. zu verringern.

Lösungsansatz: Ersatz der Gravitation durch elektrische Anziehung

Die in der Realität gegebene Kopplung von schwerer und träger Masse läßt sich in der Simulation aufheben, in dem alle Gravitationskräfte durch Coulombkräfte ersetzt werden.

Dadurch kann die Wirkung der beschleunigenden Kraft durch Variation der Ladung getrennt werden von der Wirkung der trägen Masse. Die wesentlichen Unterschiede dieser beiden Größen werden unabhängig von einander sichtbar, in dem die Ladung und die träge Masse der beteiligten Körper unabhängig voneinander variiert werden. Das Prinzip dieser Simulation läßt sich auf reine Fallbewegungen und auf die Bewegung eines Satelliten um einen Zentralkörper anwenden.

In jedem dieser Fälle kann festgestellt werden, daß durch das Verhältnis von Ladung zu Masse bestimmt wird, wie groß die jeweilige Beschleunigung ist. Bei dem Wechsel zu einer mit der Realität übereinstimmenden Simulation, in der Gravitationsfeld und schwere Masse die beschleunigende Kraft bewirken, wird von vielen Schülern vermutet, daß nun die träge Masse durch die schwere Masse ersetzt wird und damit verschwindet. Diese Fehlvorstellung muß überwunden werden, bevor akzeptiert werden kann, daß träge und schwere Masse zwei prinzipiell unterschiedliche Eigenschaften der Materie sind, die aber stets proportional zu einander sind. Alle Körper unterliegen der gleichen Beschleunigung nicht deshalb weil die Masse keinen Einfluß hat, sondern weil es zwei Einflüsse gibt, einen verstärkenden (schwere Masse) und einen behindernden (träge Masse). Wegen der Proportionalität der beiden Größen heben sich die beiden Einflüsse gegenseitig auf.

Medien / Materialien

4 Nutzung interaktiver Simulationen

Es werden drei unterschiedliche Arten von Simulationen angeboten, um einem möglichst breiten Spektrum an Ansprüchen und Bedürfnissen zu entsprechen.

4.1. Aufgabenspezifische Simulationen in Form von Applets

Als Applets sind diese Anwendungen netzfähig. Sie werden mit einem freien Autorensystem (EJS¹ -Easy Java Simulations) erstellt. Im Zusammenhang mit diesem System sind die Anwendungen veränderbar oder können weiterentwickelt werden.

Zum konstruktiven Arbeiten mit EJS sind nur wenige Grundkenntnisse hinsichtlich des Programmierens und des Aufbaus von Programmen erforderlich. Die Vermittlung dieser Kenntnisse wird Thema von Fortbildungsveranstaltungen sein.

4.2. Simulationen auf der Basis lokal lauffähiger Simulationsumgebungen (Beispiel: xyZET)

Diese Simulationen setzen voraus, daß auf der lokalen Maschine bzw. im lokalen Schulnetz das Grundprogramm xyZET installiert ist. Eigene Simulationen können ausschließlich mit Hilfe der interaktiven Bedienoberfläche erstellt werden.

Im sog. Lernmodus kann diese Bedienoberfläche den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden, so daß die Gefahr der Ablenkungen bzw. der Überforderungen vermieden wird.

Das Programm xyZET wurde unter Unix/X-Windows entwickelt. Es benötigt als Zusatzprogramm einen sog. X-Server, um unter Windows9x/NT lauffähig zu sein.

Eine Demo-Version des X-servers Xwin32 kann unter:

ftp://ftp.ipn.uni-kiel.de/pub/windows95/Xyzet_W95_Demo/

heruntergeladen werden. Bei der Installation ist anstelle einer Lizenznummer das Wort "demo" einzutragen. Die Demo-Version ist voll funktionstüchtig, nur erinnert von Zeit zu Zeit ein aufspringendes Fenster an die Tatsache, daß es sich um eine Demo-Version handelt.

Eine Demo-Version des Programms xyZET kann unter:

<http://www.ipn.uni-kiel.de/persons/michael/xyzet/mainpage.html>

heruntergeladen werden.

Die zum Lernmaterial passenden Simulationsdateien befinden sich in der Datei EXP

1. Nähere Informationen zu dem System EJS finden sich unter :<http://www.fem.com/Ejs/>

5 Internet-Technologie

5.1. Kombination von WEB-Seiten und interaktiven Simulationen

Applets, die auf der Grundlage von EJS erstellt werden, sind Teil einer WEB-Seite. Dadurch kann der gesamte Bildschirm als WEB-Seite dargestellt und entsprechend optimal genutzt werden.

Beim Einsatz des Programms xyZET muß der Bildschirm zwischen zwei Anwendungen aufgeteilt werden.

Der Austausch von Steuerungssignalen zwischen diesen erfolgt mit Hilfe von Applets auf der Basis des TCP/IP-Protokolls.

5.2. Bedienelemente für Tele-Experimente

Für jedes im Netz verfügbare Experiment werden spezielle Java-Applets angeboten, die auf der Basis des TCP/IP-Protokolls den Austausch von Steuerungsbefehlen und Meßdaten sowie die Darstellung letzterer übernehmen.

Für den verwendeten Browser muß Java und Javascript aktiviert sein.

6 Hilfen zur Visualisierung

6.1. Computergenerierte Videosequenzen

Die entwickelten Videosequenzen stellen eine Kombination von realen Vorgängen und computergenerierten Animationen dar. Sie zeigen in der Regel didaktisch begründete Übergänge zwischen realen Experimenten und zugehörigen Simulationen oder führen hin zu interessanten Fragestellungen. Zum Abspielen ist der Microsoft-Media-Player sowie eine Soundkarte erforderlich.

6.2. VRML

Soweit didaktisch sinnvoll, werden Videosequenzen zusätzlich als VRML-Dateien angeboten. Sie können dann während des Ablaufs im VRML-Fenster mit den dort angebotenen Steuerungstasten gedreht und aus unterschiedlicher Perspektive betrachtet werden.

Telelabor / Tele-Experiment

1 Konzeption

1.1. Ausgangslage

Probleme des derzeitigen Physikunterrichts¹ lassen sich u.a. darauf zurückführen, daß die Mehrzahl der Schüler nur noch in Kontexten lernen wollen und können, die für sie einsichtig und interessant sind. Es genügt nicht mehr, als Begründung für die zu vermittelnden Unterrichtsinhalte auf ihre fachliche Bedeutung hinzuweisen.

Die traditionellen Inhalte sollen nicht fallengelassen werden und ihre Bedeutung für weiterführendes Lernen soll nicht aufgegeben werden. Aber die physikalischen Inhalte müssen in einer für die Schüler überzeugenden Weise als bedeutsam erscheinen. Themen mit dem erforderlichen Anspruch an Modernität und allgemeiner Bedeutung können aber in aller Regel nicht mit Geräten aus der Schulsammlung experimentell bewältigt werden. Der Aufbau aufwendiger Versuchsanlagen in einem Telelabor wird jedoch gerechtfertigt durch den Einsatz von Internet-Technologie, wodurch eine bundesweite und im Prinzip weltweite Nutzung möglich wird.

1.2. Auswahlkriterien

Ein wichtiges Auswahlkriterium für Tele-Experimente ist ihre gesellschaftliche Bedeutung sowie die Möglichkeit, diese Bedeutung Schülern vermitteln zu können. Dies sollte am besten gelingen, wenn ein aktueller Bezug zur Welt der Schüler hergestellt werden kann.

Ein weiteres Auswahlkriterium ergibt sich aus der Forderung, einen anspruchsvollen Versuch selbst durchführen zu können. Es muß gewährleistet sein, daß online Parameter verändert und Meßergebnisse aufgenommen werden können. Soweit wie möglich sollte der Ablauf des Experimentes mit Hilfe von WEB-Kameras verfolgt werden können. Schließlich darf die Versuchsdauer und damit die Belegungszeit der Apparatur durch einen einzelnen Nutzer nicht zu lang sein, um frustrierende Wartezeiten zu vermeiden.

2 Beispiele

2.1. Messung des Abstandes Erde / Mond

Würde der Mond in einer exakten Kreisbahn die Erde umrunden, so würde eine Anstandsmessung stets den gleichen Wert ergeben. Da diese Bahn jedoch elliptisch ist, variiert die Entfernung und es ergibt sich eine Schwankung um einen Durchschnittswert herum.

Eine solche Messung erfüllt zwei der drei oben genannten Kriterien. Die Messung läßt sich in relativ kurzer Zeit vollautomatisch durchführen; es werden aktuelle Meßdaten geliefert, deren Genauigkeit überprüft werden kann. Der Bezug zur Lebenswelt der Schüler ist je-

1. Geringe Effizienz des Unterrichts im internationalen Vergleich (TIMSS), Verringerung der Zahl der Leistungskurse in Physik in der Oberstufe, Rückgang der Studentenzahlen an technischen Fakultäten.

doch nicht unmittelbar gegeben. Hier muß Bezug genommen werden auf ein mehr allgemeines Interesse an astronomischen Fragen und speziell an den Besonderheiten der Monderscheinungen wie Mondphasen und Mondfinsternis. Für die unterrichtliche Bearbeitung dieser Themen werden computerunterstützte Lernmaterialien angeboten.

Die Durchführung des Tele-Experimentes “Abstandsmessung” kann auch hilfreich sein, wenn der Begriff Geschwindigkeit zu behandeln ist, insbesondere im Zusammenhang mit der Frage nach der Geschwindigkeit des Lichtes.

2.2. Messung der Relativgeschwindigkeit Erde / Mond - Optischer Dopplereffekt

Parallel zur Messung des Abstandes wird die Frequenzverschiebung des Echsignals gegenüber dem Ausgangssignal bestimmt. Auf der Grundlage des optischen Dopplereffektes kann hieraus auf die Relativgeschwindigkeit von Erde und Mond geschlossen werden. Da die Bahn des Mondes nicht kreisförmig sondern elliptisch ist, ist diese Relativgeschwindigkeit nicht gleich Null sondern oszilliert.

Eine vollständige bzw. gründliche Behandlung des optischen Dopplereffektes ist nur im Rahmen der speziellen Relativitätstheorie möglich und bleibt damit Schülern von Leistungskursen vorbehalten. Es erscheint aber als vertretbar, das Phänomen der Frequenzverschiebung in einer vereinfachenden Analogie zum akustischen Dopplereffekt zu behandeln. Damit kann an direkte Erfahrungen der meisten Schüler (vorbeifahrendes Feuerwehrauto, Geschwindigkeitskontrolle) angeknüpft und ihr Interesse für die Bewegung von Himmelskörpern, insbesondere des Mondes geweckt werden.

2.3. Steuerung eines Mikro-Satelliten - Drehimpulserhaltung

Die Steuerung eines Satelliten ist verknüpft mit dem Empfang von Bildern aus dem Weltall, die je nach Auflösungsgrad großflächige Wetterphänomene oder lokale Besonderheiten wiedergeben. Dadurch erhält das Thema einen vielfältigen Bezug zur Welt der Schüler. Darüber hinaus bietet es vielerlei Anknüpfungspunkte für physikalische Themen. Ausführungen hierzu finden sich im Abschnitt “Didaktische Konzeption”.

Das konkrete Experiment wird zur didaktischen Durchdringung in drei Schritte aufgeteilt:

- Funktion eines Elektromotors
- Erhaltung des Drehimpulses
- Positionierung eines Modell-Satelliten

Für die unterrichtliche Behandlung aller drei Teilexperimente werden computerunterstützte Lernmaterialien angeboten.

Es ist mittelfristig geplant, zu bestimmten Zeiten die Steuerung eines realen Mikro-Satelliten vorzuführen, der laufend Bilder von der Erde übermittelt. Diese Bilder und die Änderungen, die durch neue Positionierung gewonnen werden, können im Internet verfolgt werden.