

PLUS LUCIS

1/98

VEREIN ZUR FÖRDERUNG DES PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHTS
ÖSTERREICHISCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT - FACHAUSSCHUSS LEHRER AN HÖHEREN SCHULEN

Physik- und Chemieunterricht aus Sicht des Schülers

Wirklichkeitsvorstellung und Physik-Unterricht

Internet im Physikunterricht

Schwereelosigkeit

Evidenz für
Neutrinomassen?

Steven Weinberg

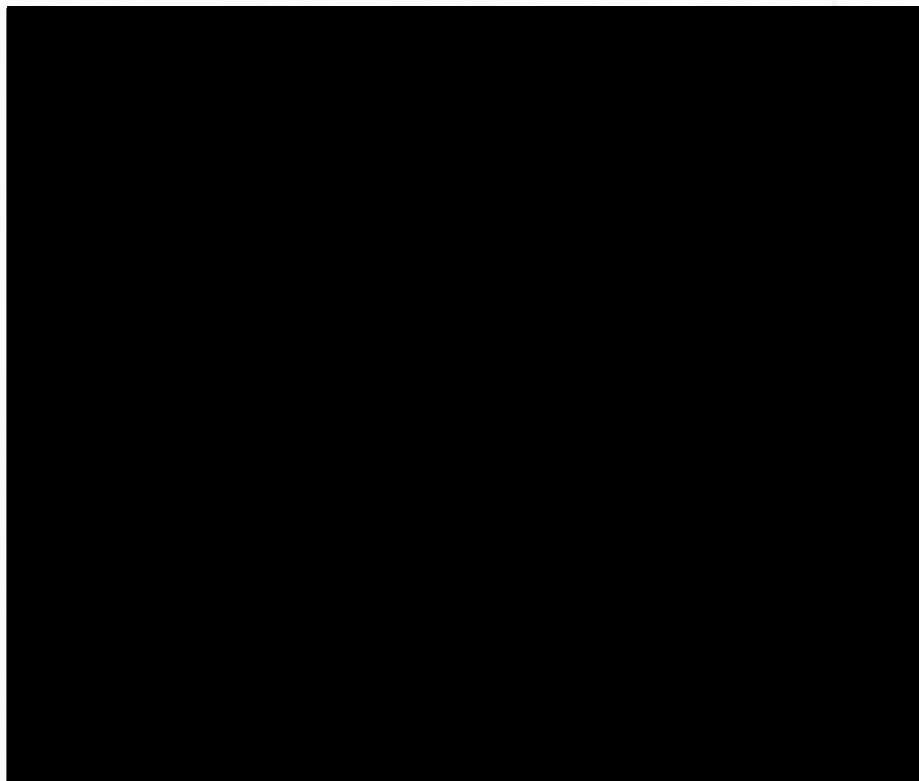
SOHO

Ganymed

Very Large Telescope

Freihandexperimente

Bücher



**Physik
Chemie**

Impressum

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschuß LHS der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft.

Erscheint drei- bis viermal jährlich.

Medieninhaber und Herausgeber: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, p. Adr. Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofgasse 4, 1090 Wien.

Redaktionsteam dieser Ausgabe: H. Kühnelt, W. Haslauer, W. Rentzsch und Helga Stadler.

Preis des Einzelhefts: S 40,-, für Mitglieder S 20,- (ist im Mitgliedsbeitrag enthalten). Die jährliche Abonnementgebühr für Nichtmitglieder beträgt S 150,-

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

Grundlegende Richtung: Fortbildung und fachliche Information für Physik- und Chemielehrer, organisatorische Mitteilungen, Vereinsinterna.

Beiträge werden erbeten an:

Dr. H. Kühnelt, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien, Telefon: 0222-31367-3415

HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg

Mag. H. Stadler, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien

Es wird gebeten, Beiträge nach Möglichkeit auf Diskette (MS-DOS, Windows oder Macintosh) einzureichen. Bevorzugtes Dateiformat: MS-Word.

Inhalt

Vorwort: TIMSS-3 – kein Grund zur Freude 1

Fachdidaktik

Wirklichkeitsvorstellung und Physik-Unterricht..... 3

Der Physik- und Chemieunterricht
aus der Sicht des Schülers..... 7

"Schwereelosigkeit herrscht dort, wo keine Schwerkraft mehr wirkt" 13

Das Internet im Physikunterricht 17

Thema Elektrosmog im Internet..... 21

Aus der Praxis

Physik-Links 23

Das CBL-System von Texas Instruments..... 31

Projekt e-Hermes..... 36

Aktuelles

International Young Physicists Tournament..... 24

Spuren eines geborstenen Kometen auf Ganymed,
VLT - Very Large Telescope 26

Evidenz für Neutrinomassen? 27

Steven Weinberg über Schwächen des Standardmodells 29

SOHO 30

Flattert die Milchstraße? 35

Ankündigungen

Seminar: Ursprung, Struktur und Zukunft unseres Universums 6

Netdays - NetScience 98 12

Freihandexperimente

Zimmereis 37

Farblos - rot und umgekehrt 37

Duftstoffe 38

Verflüssigen von Gasen..... 39

Bücher 41

Umschlagbild: Sonne, aufgenommen mit dem Extreme ultraviolet Imaging Telescope (EIT) des Sonnenbeobachtungssatelliten SOHO am 10. 12. 1997. Die Darstellung zeigt das Verhältnis von 12-fach ionisiertem Eisen zu 10-fach ionisiertem Eisen, das im Bereich von 0,9 bis 1,5 Millionen Grad als empfindliches Thermometer dient. (Bild: NASA)

TIMSS-3 – kein Grund zur Freude

TIMSS steht als Abkürzung für *Third International Mathematics and Science Study*, eine weltweit durchgeführte Untersuchung der Schülerleistungen im mathematischen und im naturwissenschaftlichen Bereich für drei Altersgruppen: 9-Jährige, 13-Jährige und Schüler am Ende der Oberstufe der Sekundarschulen. In PLUS LUCIS 2/97 konnte in einer Darstellung durch den Autor der österreichischen Studie, DDr. Haider, Erziehungswissenschaftler an der Universität Salzburg, der gute Stand unserer Volksschüler in Hinblick auf Mathematik- und Sachkundekenntnisse und ähnlich für die 13/14-Jährigen berichtet werden. In diesen Altersgruppen nahmen 26 Länder (Volksschulen), bzw. 41 Länder teil. Die Bedeutung solcher weltweiten vergleichenden Tests wurde folgendermaßen kommentiert: "Unterrichtsministerium und Sozialpartner verstehen Bildungsindikatoren wie diese Mathematikleistungen unserer Schüler in TIMSS und ihre weltweite Publikation als wichtige Information an die internationalen Arbeitgeber..."

Ende Februar 1998 wurden die Ergebnisse der Studie für Population 3 bekanntgegeben. An diesem letzten Teil von TIMSS haben nur 24 Länder teilgenommen. Die ostasiatischen Länder, die in der Teilstudie der 13-Jährigen so hervorragend abgeschnitten haben, fehlen, da sie ihren in den Abschlußprüfungen stehenden Schülern nicht noch einen weiteren Test zumuten wollten.

Die Leistungen unserer Schülerinnen und Schüler liegen in allen drei Testsparten (mathematisch-naturwissenschaftliches Allgemeinwissen, voruniversitäres Fachwissen aus Mathematik, bzw. Physik) bei wohlmeinender Interpretation der Daten im Mittelfeld, beim Fachwissen im letzten Drittel.

Im Test Allgemeinwissen/Realienfächer ging es um einfache, lebens- und berufspraktische Aufgaben, die in Hauptschule und AHS-Unterstufe vermittelt worden sein sollten. Teils waren die Fragen durch Auswahl aus vorgegebenen Antworten, teils mit kurzen oder längeren freien Erklärungen zu beantworten.

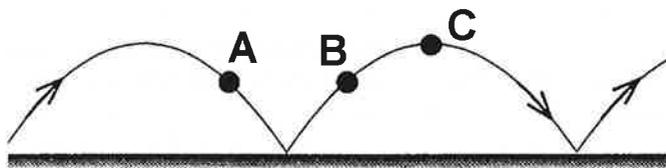
Getestet wurden zufällig ausgewählte ganze Klassen (in AHS und BHS eher Drittklassen, da die Fachtests gleichzeitig von Schülern derselben Klassen zu lösen waren) aus den Bereichen AHS, BHS, BMS und berufsbildende Pflichtschulen (Berufsschulen). 2507 Schülerinnen und Schüler aus 167 Schulen nahmen am Test Allgemeinwissen teil: AHS 286, BHS 403, BMS 712, BS 1106. Wenn damit auch der Verteilung nach Schularten entsprochen wird, ein Vergleich verschiedener AHS-Formen oder Bundesländer läßt sich auf dieser Basis wohl nicht unternehmen.

Eine detaillierte Analyse der Ergebnisse ist in den nächsten Monaten geplant. Eines kann aber jetzt schon gesagt werden: Bei Fragen, die mehr als den Hausverstand fordern, sinkt die Erfolgsrate auf 50% und darunter; so sind nur 35% AHS-Maturanten und 26% BHS-Maturanten in der Lage, mittels der Daten einer Tabelle einen behaupteten Zusammenhang zwischen der Zahl der Patentanmeldungen eines Landes und der Zahl der dort tätigen Forscher zu interpretieren.

Der Test zum Fachwissen Physik sollte jene Schüler testen, die im Sinne der US-High School einen Physikkurs besuchen, womit etwa 10% der 18-jährigen Schüler erfaßt werden sollten. In Österreich wurden wegen des verbindlichen Faches Physik die AHS-Maturaklassen als Testgruppe gewählt. Für den nationalen Vergleich lief derselbe Test auch in BHS-Abschlußklassen. Aus 53 AHS nahmen 387 Schülerinnen und Schüler teil, an 61 BHS 419. Der Mädchenanteil betrug 60%.

Wenn sich, wie auch in der Analyse des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung in Berlin hinsichtlich der deutschen Testergebnisse gesagt wird, ein Ländervergleich wegen der allzu großen Unterschiede der Bildungssysteme und der erfaßten Untersuchungspopulationen verbietet – der in Boston publizierte zusammenfassende Bericht tut dies doch mit einer für Österreich wenig erfreulichen Platzierung in den untersten Rängen – so ist eine Analyse der Stärken und Schwächen in Hinblick sowohl auf den österreichischen Lehrplan, als auch hinsichtlich der international als sinnvoll erachteten Leistungsanforderungen dringend erforderlich. So stellt sich etwa die Mechanik als eine Schwachstelle heraus. Ein weiteres offensichtliches Ergebnis ist das signifikant schlechtere Abschneiden der Mädchen.

Machen Sie selbst einen kleinen Test. Legen Sie die Abbildung (die sich geringfügig von einer TIMSS-Aufgabe unterscheidet) Ihren Schülern vor und lassen Sie bei Vernachlässigung des Luftwiderstands die in den Punkten A, B, C auf den Ball wirkenden Kräfte einzeichnen. Sie werden möglicherweise überrascht sein, wieviele Kräfte neben der Schwerkraft wirken sollen.



Zeichne die Kräfte ein, die auf den springenden Ball in den Punkten A, B und C wirken. (Der Luftwiderstand darf vernachlässigt werden.)

Wie geht es nun weiter? Einerseits sollen den Schulen 50% der Testaufgaben mit Analyseprogrammen zur Verfügung gestellt werden, so daß eine Testwiederholung mit einzelnen Klassen möglich ist. (An eine Meldung der Ergebnisse an eine Zentrale ist nicht gedacht!) Zweitens soll die in anderen Ländern längst gelaufene Analyse der Resultate begonnen werden. Daraus sollen Empfehlungen an das BMUKA folgen. So wurde bereits anerkannt, daß das Verbot, länger zurückliegenden Stoff zu prüfen, dem Kurzzeitlernen Vorschub leistet.

Angesichts der verstärkten Autonomie der Schulen und der zunehmend unverbindlicher formulierten Lehrpläne werden langfristig externe Leistungstests immer häufiger eingesetzt werden. Für das Jahr 2000 ist PISA angekündigt, ein Test der Lesefähigkeit zusammen mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Fragen am Ende der allgemeinen Schulpflicht.

Was können wir alle zur Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, zu verstärktem Erfolg beitragen? Wichtig erscheint mir, Beispiele von Unterricht mit überdurchschnittlichem Erfolg an die Öffentlichkeit zu bringen. Es gibt sie! Auch kleine Ideen sind wertvoll. Ihre Dokumentation wäre wichtig – als Beispiel für andere und zur Überprüfung des eigenen Standpunkts. Diese Zeitschrift bietet einen guten Rahmen dafür.

Worauf kommt es an? Naturwissenschaft als Fach darzustellen, das nicht ohnedies zu schwierig, nur für wenige Auserwählte geeignet ist, sondern in dem alle Schülerinnen und Schüler ein Verständnis der wichtigsten Begriffe und ihrer Bedeutung sowohl in der Praxis als auch als Teil der Kultur erwerben. Dazu wird allerdings eine gezielte Förderung der Begabten hinzukommen müssen durch Herausforderungen wie Physikolympiade, Jungphysiker-Turnier, Wahlpflicht- und Laborgruppen und Wettbewerbe wie Sea and Space. Zu nennen ist hier auch die Auszeichnung der besten Fachbereichsarbeiten – aus Chemie durch VCÖ und GÖCh, aus Physik durch die ÖPG.

Rückblick auf die 52. Fortbildungswoche

Evaluation – sie sollte eigentlich aus dem Teilnehmerkreis kommen und sowohl Kritik als auch Verbesserungsvorschläge enthalten. Bei allen kleinen Fehlern, die passiert sind (und denen wir nächstes Mal vorbeugen müssen) und die wir bedauern, erscheint es Außenstehenden kaum möglich, eine Veranstaltung dieser Größe mit so wenig Personal durchzuführen. Das auch 1998 wieder um 20 % gestiegene Interesse an der Fortbildungswoche (460 Anmeldungen zum Exkursions- und Seminarprogramm, weitere 120 zum Chemie-Mittwoch) führte notwendigerweise zu Engpässen bei der Platzvergabe und zu zahlreichen Enttäuschungen. Gibt es denn bei PI-Seminaren keine Platzbeschränkung und Anmeldefristen? Was sollen wir machen, wenn das Interesse weiter so groß ist oder gar weiter zunimmt? **Finden sich engagierte Kolleginnen und Kollegen als Anbieter von praxisorientierten Veranstaltungen?** Finden sich Wagemutige, die die Fortbildungswoche etwa auch einmal in Tirol ausrichten wollen? Ist eine zentrale Veranstaltung denn überhaupt noch zeitgemäß?

Teilen Sie uns Ihre Vorschläge und Angebote mit! Welche Themen sollen stärker berücksichtigt werden?

Wer übernimmt Öffentlichkeitsarbeit? Daß so viele Lehrerinnen und Lehrer Zeit und Geld in ihre Fortbildung investieren sollte doch in der Öffentlichkeit bemerkbar sein!

Ausblick NetDays 98

Auch heuer wird unter der Patronanz der EU von 17. bis 23. Oktober 1998 NetDays durchgeführt. Damit soll die Nutzung des Internet für den Unterricht gefördert und an guten Beispielen gezeigt werden. Wie im Vorjahr bieten wir NetScience mit diversen Schwerpunkten an (s. S. 12).

Schulen, die sich am NetScience-Programm beteiligen wollen, werden um Kontaktaufnahme gebeten.

Einen guten Beginn des Schuljahrs 1998/99 wünscht Ihnen

Ihr Helmut Kühnelt

Leserbrief

Mit einiger Verspätung habe ich Plus Lucis 2/97 gelesen.

Ich möchte trotzdem nicht versäumen, meine Meinung zur Besprechung des Programmes Corel ChemLab von Robert Hölzl und Hans Scholda zu äußern.

Die Darstellung des Programmes kann man wohl als sachlich und gelungen bezeichnen. Die letzten beiden Absätze aber fordern Widerspruch geradezu heraus:

Einige Glasgefäße; vielleicht ein Rührwerk ... werden vom Lehrer als Versuchsgefäß definiert. Elektrische Leitungen führen in eine Kiste ... und über den Umweg einer Splitbox auch zu einem Fernseher.

Einige Glasgefäße, ein Rührwerk und eine Bürette? Ich kann an dem Aufbau nichts entdecken, was einen Chemiker entehrt. Der Rest des Absatzes schildert das typische Schülerdilemma: Was macht die Kiste mit den Signalen? Die Autoren stellen damit jede Messung in der Chemie in Frage; denn für den Großteil unserer Schüler ist jedes Meßgerät - von der pH-Elektrode bis zum Spektralphotometer - eine Blackbox; und auch erfahrene Lehrer können vermutlich nicht spontan sagen, ob sie von einem klassischen Meßgerät belogen werden.

Ich möchte für den "Chemiecomputer" österreichischer Prägung folgendes anführen: Das Bild auf dem Monitor ist keineswegs ein *reales Experiment*, sondern nicht mehr und nicht weniger als ein Meßwert, der von der ganzen Klasse gut gesehen werden kann.

Die Forderung, daß möglichst alle Versuche vom Schüler selbst durchgeführt werden sollen, ist zwar pädagogisch in Ordnung; hat man aber - wie zum Beispiel an HTL's 32 - 34 Schüler vor sich sitzen, erscheint dieses Ansinnen etwas lächerlich. Corel ChemLab wäre natürlich eine gute Alternative, an meiner Schule (wie vermutlich an vielen anderen auch) dürfen Unwürdige die EDV-Räume aber nur in Ausnahmefällen benutzen.

PS: Nun ist es also noch einmal passiert: Das Experimentierpraktikum "Versuche zur Kunststoffchemie" von Ralf Becker im Rahmen der Fortbildungswoche hat sich (wie das Experimentierpraktikum Oszillographie; Fortbildungswoche 1996?) als Experimentalvortrag entpuppt. Die Darbietungen von Becker und Moser waren gut und die Experimente verwendbar, eine gewisse Enttäuschung im Auditorium war aber nicht zu überhören.

Mag. Walter Prohaska,
Schöffelstraße 22,
3001 Mauerbach

Wirklichkeitsvorstellung und Physik-Unterricht

Herbert Pietschmann

Unsere Wirklichkeitsvorstellung beeinflusst die Vermittlung von Physik mehr als die Ergebnisse der Forschung. Während beim Schaffen und Anwenden physikalischer Erkenntnis im allgemeinen ein (naiver) Realismus als Voraussetzung genügt, verführt er beim Unterricht zu einer Einweg-Kommunikation; "richtige" Anschauungen und "richtiges" Wissen wird von Lehrenden auf Lernende übertragen. Konstruktivistische Vorstellungen sind demgegenüber für echte Kommunikation (mit Fragen und Gegenfragen) eher geeignet, entsprechen aber nicht der Haltung von Physikern im Labor und dem Ringen um physikalische Erkenntnis. Der Autor schlägt daher eine Synthese aus beiden Grundeinstellungen vor, die sowohl erkenntnistheoretisch, als auch didaktisch vorteilhaft ausgearbeitet werden kann.

1. "Lehramts-Kandidaten" und "Diplom-Physiker"

Als ich 1968 nach Wien berufen wurde, habe ich - gemeinsam mit Roman Sexl - die Vorlesungen in theoretischer Physik neu strukturiert. Wir haben neben dem üblichen, viersemestrigen Zyklus für "Diplom-Physiker" einen Parallel-Zyklus für Lehramtskandidaten entwickelt, in dem der "Stoff" des üblichen Zyklus auf 2 Semester gekürzt war, um die restlichen 2 Semester freizuhaben für all jene Spezialgebiete, die in der Schule ebenfalls zu unterrichten sind. Als Folge hat sich bei Studentinnen und Studenten bald eine Sprechweise etabliert, wonach vom "großen Theorie-Kurs" - dem "schweren" - und vom "kleinen", der eben "leichter" war, geredet wurde.

Ich selbst halte die beiden Zyklen meist abwechselnd. Wenn ich den Lehramtszyklus beginne, dann betone ich immer, daß es sich dabei um den viel schwierigeren handelt! Zwar wird im anderen Zyklus mehr Mathematik gebracht, zwar werden dort kompliziertere Gleichungen behandelt (er ist also *technisch* anspruchsvoller), aber der wesentliche Unterschied liegt wohl darin, daß es für das Erreichen des Diploms genügt, Physik theoretisch oder experimentell *betreiben* zu können; was Physik wirklich *ist und bedeutet*, brauchen Diplomphysiker auch später - als Wissenschaftler und Forscher - nicht zu wissen und sie wissen es im allgemeinen auch nicht.

Wer aber Physik erfolgreich *vermitteln* will, muß sich diese Frage selbst stellen und um eine Antwort ringen, sonst kommt der Unterricht über das bloße Aneignen von Wissen (das ja bekanntlich schnell wieder vergessen wird) nicht hinaus. Und dieses Ziel ist viel schwerer zu erreichen als die Fähigkeit, physikalisch erfolgreich tätig zu sein.

Wir könnten nun fragen, was denn der Grund dafür sei, daß die Frage nach dem Wesen der physikalischen Methode von so vielen ansonsten erfolgreichen Physikerinnen und Physikern gar nicht gestellt wird; ich glaube, einen Grund dafür darin zu sehen, daß es auf diese Frage keine eindeutige Antwort gibt. Die Existenz des Faches "Wissenschaftstheorie" ist weitgehend auf diese Unsicherheit zurückzuführen, weil eben die verschiedensten Ansichten und Schulen miteinander in Kon-

kurrenz treten und durch den Diskurs ihre Begriffe schärfen können. Wir werden daher gleich zu Beginn feststellen müssen, daß es auch für Lehrerinnen und Lehrer des Faches Physik nicht möglich sein wird, "die" Methode der Physik oder "die" Erkenntnismethode der Naturwissenschaft zu erarbeiten und dem Unterricht zugrundezulegen; vielmehr wird es darum gehen, sich mit der Frage so weit zu beschäftigen, daß die Einsicht in die Probleme und die Voraussetzungen physikalischer Erkenntnis den Lehrenden ermöglichen, Physik auf einem Niveau zu vermitteln, das deutlich über bloße Faktensammlung hinausweist.

Wiederum sollten wir gleich fragen, warum solches Faktenwissen nicht wenigstens als erster Schritt ausreichend sein kann. Eine echte Antwort auf diese Frage folgt zwar erst aus unserer weiteren, detaillierten Auseinandersetzung mit dem Wesen der Physik, als erster Hinweis mag aber genügen, daß viele gründliche Untersuchungen [1] immer wieder zeigen, wie wirkungslos solches Faktenwissen bleibt, wenn es darum geht, ganz einfache Fragen über unsere Welt zu beantworten, wie etwa: Warum fallen die Astronauten in der Raumstation nicht herunter? oder: Wie kommen die Mondphasen zustande?

2. Mögliche Ziele des Physikunterrichts

Ehe wir uns der Frage nach dem Wesen der physikalischen Methode zuwenden, will ich noch meine Einstellung zu den Zielen des Physikunterrichts klar machen; viel von der Art und Weise der Vermittlung wird nämlich davon abhängen.

Drei mögliche Ziele des Physikunterrichts möchte ich herausgreifen und meine Wertung anfügen.

Zunächst gilt der Physikunterricht als Vorbereitung jener Schülerinnen und Schüler, die später einmal das Physikstudium wählen. Sie haben gewisse Grundkenntnisse an die Universität mitzubringen. Ich halte dies zwar für eine wichtige Aufgabe, aber unter den 3 herausgegriffenen Zielen als die am wenigsten bedeutende (gerade spätere Physik-Studentinnen und Studenten haben selten Probleme, mangelnde Kenntnisse schnell nachzuholen).

Für viel wichtiger halte ich das Ziel, jenen Schülerinnen und Schülern die später *nicht* mehr mit Physik in Berührung kommen, so viel von der physikalischen Denkweise mitzugeben, daß sie sich in unserer Welt in ausreichender Weise zurechtfinden können; wir sollten uns immer vor Augen halten, daß viele Entscheidungen über physikalische Fragen (wie etwa Energieprobleme, Umweltfragen, aber auch Entscheidungen im Forschungsbereich) von Menschen getroffen werden, deren einzige echte Berührung mit Physik in der Schule stattgefunden hat. Der Physikunterricht und die jeweiligen Physik-Lehrerinnen oder Lehrer werden für diese Menschen das Bild des Faches und der Fachvertreter bewußt oder unbewußt mitprägen. Mir persönlich erscheint aber ein drittes Ziel als wichtigstes - ja ich möchte sagen als das "vornehmste" im besten Sinne des Wortes; ein Ziel, das der Physikunterricht allerdings mit allen anderen Fächern gemein hat: Den heranwachsenden Menschen soll die Vielfalt der fachspezifischen Denkweisen in ih-

Vortrag bei der DPG-Tagung in Regensburg am 26. März 1998
Univ.Prof. Herbert Pietschmann, Institut für Theoretische Physik, Univ. Wien

rer jeweiligen Eigenart so vorgeführt werden, daß sie sich ihren zukünftigen Beruf (oder zumindest den Einstieg in das zugehörige Studium) in verantwortungsvoller Weise selbständig wählen können. Das ist nicht nur altruistisch gemeint. Auch die Physik selbst wird in Zukunft nur dann ihren entsprechenden Stellenwert im Konzept der Forschung einnehmen können, wenn sich die dafür begabten jungen Menschen auch dazu entschließen und nicht etwa durch unzureichenden Unterricht abgeschreckt werden.

3. Experiment oder Erfahrung - Modell oder Weltbild

Oft wird Naturwissenschaft als "Erfahrungswissenschaft" bezeichnet, was vielfach zur Verwirrung führt, selbst der Nobelpreisträger Monod schreibt verwundert [2]:

"Die Natur ist objektiv, und wahre Erkenntnis kann nur aus der systematischen Gegenüberstellung von Logik und Erfahrung stammen. Es ist heute schwerlich zu fassen, warum dieser so einfache und klare Gedanke erst hunderttausend Jahre nach dem Hervortreten des *homo sapiens* in aller Deutlichkeit im Reich der Ideen hat auftauchen können; man kann kaum verstehen, warum so hoch entwickelte Kulturen wie die chinesische diesen Gedanken nicht gekannt haben und ihn erst vom Westen lernen mußten; noch ist es begreiflich, warum es im Abendland von Thales und Pythagoras bis zu Galilei, Descartes und Bacon fast 2500 Jahre hat dauern müssen, bis dieser Gedanke ... endlich hervortrat."

Um nicht in dieselbe Denkfalle zu tappen ist es wichtig, sich klarzumachen, daß Physik (und Naturwissenschaft) *nicht* auf Erfahrung, sondern auf dem Experiment beruht! Dieser Schritt des Galileo Galilei im 17. Jahrhundert wird ja mit Recht als Geburt der "nuova scienza", der Physik der Neuzeit, geachtet. Dabei kommt es mir nicht auf spitzfindige Wortwahl an, sondern auf einen wichtigen Unterschied, ohne den die Physik nicht verstanden werden kann. Denn Erfahrung (im Sinne der Weltbeobachtung) war ja die Grundlage der älteren Physik nach Aristoteles [3]. Schülerinnen und Schüler bringen die Aristotelischen Konzepte aus ihrer Lebenswelt wie selbstverständlich mit, und wenn sie nicht im Unterricht problematisiert werden, wird kein Platz für die neuen Einsichten im Denken der jungen Menschen frei sein.

Ein Beispiel mag dies verdeutlichen: Nach Aristoteles fallen schwere Körper schnell, leichte langsam, und "feuerförmige" gar nicht, sondern sie steigen auf. Jeder Mensch kann dies etwa bei einem Spaziergang in freier Natur beobachten. Kastanien fallen schnell, Blätter fallen langsam und Rauch steigt auf. Demgegenüber lehren wir seit Galilei, daß alle Körper gleich schnell fallen. Es bedurfte der Mondfahrt, um dies "erfahrbar" zu machen, als ein Astronaut vor der Fernsehkamera am Mond eine Daunenfeder und ein Bleikügelchen fallen ließ. Abgesehen von so extremen Situationen entspricht der Satz des Galilei eben nicht der Erfahrung, ja er widerspricht ihr sogar. Er gilt eben nicht in unserer Lebenswelt, sondern in einem - vereinfachten - "Modell" der Welt, im Vakuum. Kriterium für seine Gültigkeit ist nicht Erfahrung, sondern das Experiment, in dem die idealisierte Situation zwar auch nicht hergestellt werden kann, in dem wir aber zu ihr extrapolieren können.

Wenn im Physikunterricht nicht genügend deutlich auf diesen Unterschied aufmerksam gemacht wird, bleiben die Widersprüche zur Erfahrung unaufgelöst bestehen und führen sehr schnell zum Auslöschung oder Verdrängen der einen Seite, ver-

ständiglicherweise der physikalischen Beschreibung und nicht der erfahrbaren Lebenswelt.

Damit aber eröffnet sich sofort ein weiteres Problem: der Modellbegriff. Wenn wir den heranwachsenden Menschen, die sich ja in ihrer Welt zurechtfinden wollen und sollen, verdeutlichen, daß physikalische Gesetze nicht die Lebenswelt beschreiben, sondern vereinfachte Modelle, dann erhebt sich die Frage nach der Beziehung zur Welt, in der wir leben. Denn von zwei, einander vollständig widersprechenden Aussagen, kann keine wahrhaft mit "Ja" beantwortet werden: Es ist weder wahr, daß Naturgesetze in unserer Lebenswelt (unmittelbar) anwendbar sind, noch ist es wahr, daß sie nicht anwendbar sind. Durch das eingeklammerte Wort "unmittelbar" scheint ein Ausweg aus diesem logischen Dilemma angedeutet, er darf aber nicht zu früh beschränkt werden, weil gerade in diesem Dilemma die Möglichkeit eines tieferen Verständnisses der Methode begründet ist.

Nehmen wir dazu wieder ein Beispiel: Wir alle lehren irgendwann das 1. Keplersche Gesetz: "Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht". Nun gibt es nirgendwo im tatsächlich vorhandenen Universum eine ellipsenförmige Planetenbahn, denn der Satz gilt nur für ein euklidisches Universum, in dem es außer einer Sonne und *einem* Planeten absolut nichts gibt; und selbst dann nur, wenn die Massenverteilung von Sonne und Planet streng kugelsymmetrisch ist. Er gilt also genau genommen nirgends! Trotzdem war er ein gewaltiger Schritt auf dem historischen Weg der Physik, indem er den Menschen half, sich in ihrem Universum besser zurechtzufinden; gerade das war aber auch - individuell gesehen - der Anspruch des Physik-Unterrichtes als Hilfe für heranwachsende Menschen.

Es genügt nun nicht, einfach wie oben zu behaupten, der Satz sei eben nicht *unmittelbar* anwendbar, weil dadurch noch keine Einsicht in die großartige Erfindung des 17. Jahrhunderts ermöglicht wird, sich einer Beschreibung unserer Welt *schrittweise* zu nähern. Wenn wir erst einmal eingesehen haben, was die Bahn eines Planeten im oben idealisierten Fall sein muß, dann können wir schrittweise dieses "Modelluniversum" mit weiteren Planeten bevölkern, ihren Einfluß berechnen, und schließlich sogar mit Einstein (1915) vom ebenen zu einem nicht-euklidischen Universum übergehen. Ein ganz wesentlicher Punkt dabei ist, daß wir diese Schritte nur so weit zu treiben haben, wie sie für das gerade anstehende Problem und seine geforderte Genauigkeit nötig sind. Für ein grobes, "qualitatives" Bild des Himmels genügt vielleicht der erste Schritt, für Raumsonden zu den äußeren Planeten brauchen wir mehrere, für ein genaues Überprüfen der Gravitation schließlich auch den Einstein'schen.

Das von der Physik konstruierte "Modell" der Welt hängt also davon ab, welche Handlungen (und deren Konsequenzen) wir daraus ableiten wollen. Das darf nicht als Beliebigkeit der Beschreibung gesehen werden, vielmehr ist es jener gewaltige Schritt des 17. Jahrhunderts, der auf der Einsicht beruht, daß Denken allein niemals zu einer verlässlichen Beschreibung der Welt führen kann; daß vielmehr erst eine rechte Wechselwirkung von Denken und Handeln (von Theorie und Experiment) den gewünschten Erfolg beschert.

Ich bin mir bewußt, daß es nicht leicht sein wird, diese Einsichten im Physikunterricht zu vermitteln; wir wollen ihn ja nicht etwa durch Philosophie *ersetzen*, wohl aber wird ein wenig *Ergänzung* durch wissenschaftstheoretische Gedanken

helfen. Denn zumindest den Anspruch sollten wir nicht aufgeben, über bloße inhaltliche Weitergabe von physikalischen Einsichten und Ergebnissen hinauszugehen.

Ich selbst verwende bei der Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern gerne eine Formel, die ganz bewußt den oben angesprochenen Widerspruch aufgreift, ich behaupte, "Physik kommt zu einer Beschreibung der Wirklichkeit, indem sie darauf verzichtet!" Wird nur eine Seite davon gesehen (oder zu sehr betont), dann werden die Schülerinnen und Schüler entweder meinen, Physik sei eine bloße Spielerei (Modelle!), oder sie sehen nicht die wahre Vielfalt der wirklichen Welt. In beiden Fällen wird wohl ein Abwenden von diesem Fach die Folge sein.

Wollen wir dies noch etwas tiefer angehen, müssen wir uns nun der noch schwierigeren Frage nach dem Wesen der Wirklichkeit und ihrer Beschreibung zuwenden.

4. Realität und Wirklichkeit

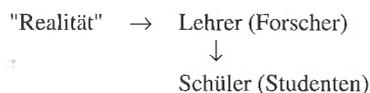
Der Wiener Physiker (und Nobelpreisträger des Jahres 1945) Wolfgang Pauli, sagte einmal zur Eröffnung eines philosophischen Kongresses in Zürich [4]:

"Unsere Vorstellungen verlaufen nicht willkürlich, sondern erscheinen in einer gewissen Ordnung. Es ist der Zusammenhang der Bewußtseinsinhalte, der uns erlaubt, Träumen und Wachen zu unterscheiden und unwillkürlich äußere Objekte, sowie auch das Bewußtsein der Mitmenschen als existierend zu erleben. Das, was wir antreffen, was sich unserer Willkür entzieht, womit wir rechnen müssen, ist das, was man als wirklich bezeichnet. Die europäischen Sprachen haben zwei verschieden abgeleitete Worte hierfür, das eine, lateinische: Realität von res = Sache, das andere, deutsche: Wirklichkeit, von Wirken. Im Englischen ist beides vertreten als reality and actuality. Der abstraktere, von Wirken abgeleitete Begriff ist derjenige, der dem in der Wissenschaft gebrauchten nähersteht."

Das mag verwundern, ist doch die übliche Einstellung der Naturwissenschaftler die, daß es eben eine materielle Welt gäbe, deren Gesetzlichkeit mit immer besserer Übereinstimmung erkannt werden kann. Dieser sogenannte "Realismus" meint, wir könnten in unseren Modellen ein Abbild der "Realität" herstellen, das mit dem Fortschritt der Wissenschaft immer getreuer wird.

Zum Zwecke der Vermehrung physikalischen Wissens mag solch naive Einstellung genügen; da sie aber am Dilemma des vorigen Kapitels vorbeigeht, genügt sie nicht mehr für den Unterricht! Selbst philosophische "Realisten", wie zum Beispiel Karl Popper, sprechen nicht mehr von einem Bild (oder gar Abbild) der Realität, sondern von einer "Annäherung an die Wahrheit" durch Ausschluß (Falsifikation) falscher Bilder (Hypothesen) und nennen ihre Einstellung daher "kritischer Realismus" [5].

Nach dieser Auffassung gibt es also eine Realität, der wir uns in der physikalischen Beschreibung annähern. Wer Physik schafft (durch Forschung, Wechselspiel von Theorie und Experiment), kann seine Ergebnisse an Studenten, aber auch zur Anwendung an Industrie und Wirtschaft, weitergeben. Wer Physik kennt (z.B. Lehrer), kann diese Beschreibung an andere Menschen (Schüler) weitergeben. Wir können dies so darstellen [6]:



Spätestens seit den Einsichten der Quantenmechanik ist diese Einstellung zur Realität jedoch unhaltbar geworden. Als extremen Gegenpol dazu gibt es die Haltung des Konstruktivismus; demnach ist es gar nicht sinnvoll, von einer "Realität" zu sprechen, denn alles, was wir über unsere Welt aussagen, sei unsere Konstruktion. Im Sinne Wolfgang Pauli's nenne ich diese Konstruktion unsere "Wirklichkeit", um den Unterschied zur gegebenen (oder vorhandenen) "Realität" zu verdeutlichen.

Die Haltung des extremen Konstruktivismus ist logisch nicht zu widerlegen! Wer sich dazu bekennt, braucht keine Einwände zu fürchten. Aber sie scheint mir doch nicht dem zu entsprechen, was physikalische Forschung (und ihre Ergebnisse) eigentlich will und bedeutet. Wir können diese Auffassung so beschreiben, daß sich Forscher durch gegenseitige Kritik und Überprüfung darauf einigen, was die konsensfähigste Konstruktion ist, und diese dann als "Wirklichkeit" weitergeben. Darstellen können wir dies so:



Im Unterricht entspräche dies dem Vorschlag, physikalische Gesetze und Phänomene durch Diskussion zu erarbeiten. Zwar halte ich dies für besser, als das bloße Vermitteln von Faktenwissen, es steht aber immer unter der Gefahr, in bloß oberflächliche Reederei auszuarten. Gegenseitige Vorwürfe der beiden Haltungen sind daher auch "autoritäres Gehabe" einerseits, und "Quatsch-Bude" andererseits.

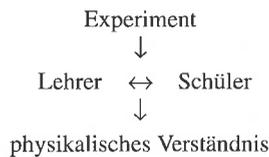
Ich vertrete daher eine Haltung, die eine Synthese dieser beiden Extreme anstrebt [7]. Auf die Existenz einer Realität kann ich nicht verzichten, obwohl diese Realität grundsätzlich unzugänglich bleibt, weil wir sie niemals direkt erreichen können. Alles, was wir über unsere Welt aussagen, ist Konstruktion einer Wirklichkeit, die aber - der Name sagt es schon - "wirkt" und Motiv unserer Handlungen wird! Handlungen sind aber mehr als bloße Konstruktion, sie greifen in das, was ist, ein und verändern es; sie haben also einen Bezug zur Welt, der über bloß gedankliches Erfassen einer "Realität" hinausgeht! Nun leiten wir aus unserer Wirklichkeit ab, was wir als Ergebnis unserer Handlungen erwarten dürfen. Tritt dies *nicht* ein, dann haben wir einen *Widerspruch* unserer Wirklichkeit zur Realität aufgespiert, ohne deshalb etwas Positives von der Realität zu erfahren.

Das "Weltbild" ist also nicht mehr einfach durch Denken zu erarbeiten, erst die Einheit von Denken und Handeln führt zu einer Wirklichkeit, auf die wir uns verlassen können, weil immer mehr Widersprüche zur Realität daraus eliminiert wurden. Zugleich weist diese Haltung auf die notwendige Einheit von Theorie und Experiment hin und heißt für die Didaktik, daß im Physikunterricht weder auf die gemeinsame Diskussion physikalischer Gesetze, noch auf (möglichst selbständiges) Experimentieren verzichtet werden kann.

Bildlich wollen wir diese Haltung auch darstellen:



Und im Unterricht hieße dies:



Die "gemeinsame Diskussion" sollte darauf abzielen, das immer schon vorhandene Vorverständnis der Schülerinnen und Schüler durch das Aufdecken von inneren Widersprüchen, aber auch durch die ausgeführten Experimente, beständig in Richtung physikalischer Einsichten zu verbessern. Bescheidenheit ist dabei notwendig, weil nur ein schrittweises Ausräumen von falscher Vorstellung Aussicht auf eine dauerhafte Einsicht hat. Ich darf nicht verhehlen, daß damit eine Erziehung zum Aushalten von Unsicherheit einhergeht, weil der unmittelbare Bezug zu einer gegebenen "Realität" verlorengeht. Das aber sollte - so meine ich - ohnehin Ziel jedes Unterrichtes sein, weil ich Aushalten von Unsicherheit als wichtigstes Element des Reifeprozesses von Menschen betrachte.

Zum Schluß sei noch Albert Einstein zitiert, der vom Prozeß des Entstehens neuer physikalischer Einsichten sagt [8]:

"Die Methode des Theoretikers bringt es mit sich, daß er als Fundament allgemeine Voraussetzungen, sogenannte Prinzipie, braucht, aus denen er Folgerungen deduzieren kann. Seine Tätigkeit zerfällt also in zwei Teile. Er hat erstens jene Prinzipie aufzusuchen, zweitens die aus den Prinzipien fließenden Folgerungen zu entwickeln. Für die Erfüllung der zweiten Aufgabe erhält er auf der Schule ein treffliches Rüstzeug. ... Die

erste der genannten Aufgaben, nämlich jene, die Prinzipien aufzustellen, die der Deduktion als Basis dienen sollen, ist von ganz anderer Art. Hier gibt es keine erlernbare, systematisch anwendbare Methode, die zum Ziele führt. Der Forscher muß vielmehr der Natur jene allgemeinen Prinzipie gleichsam ab-lauschen, indem er an größeren Komplexen von Erfahrungstatsachen gewisse allgemeine Züge erschaut, die sich scharf formulieren lassen."

Literatur

- [1] Siehe z.B. R. Brämer: *Über die Wirksamkeit des Physikunterrichts*, Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie 1 (1980) p. 10
K.Daumenlang: *Physikalische Konzepte junger Erwachsener*. Dissertation, Nürnberg 1969
- [2] J. Monod: *Zufall und Notwendigkeit*, München (1975)
- [3] Wegen Details s. etwa H. Pietschmann: *Phänomenologie der Naturwissenschaft*, Springer Verlag Berlin (1996) Kap. 3
- [4] W. Pauli: *Physik und Erkenntnistheorie*, Vieweg Verlag, Braunschweig (1984) p. 93
- [5] K. Popper: *Logik der Forschung*, 4. Auflage, Mohr-Verlag, Tübingen (1971)
- [6] Für eine genauere Diskussion siehe Ref. 3, Kap. 9.3.2
- [7] Ref. 3, Kap. 9.3.3 und 9.3.4
- [8] A. Einstein: *Mein Weltbild*, Querido Verlag, Amsterdam (1934) p. 110

Seminarankündigung

Ursprung, Struktur und Zukunft unseres Universums

Seminarnummer: PIB Nr. 928589

Seminartermin: Freitag 2. Oktober 1998, 10.00 h bis Sonntag, 4. Oktober 1998, 17.30 h

Seminarveranstalter: Pädagogisches Institut des Bundes, Grenzackerstraße 18, 1100 Wien.

Seminarort: Kuffner-Sternwarte, Johann Staud-Str. 10, 1160 Wien (Tel. 9148130, Fax 914813031)

Zielgruppe: Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer an AHS und BHS

Seminarziel: Aktuelle Erkenntnisse aus der Physik des Größten und des Kleinsten, speziell europäischer Forschungsinstitute wie CERN, kennenlernen, reflektieren und der Schule entsprechend aufbereiten.

Seminarinhalt: Die neuesten Experimente am CERN und DESY: LEP, LHC, CHORUS, Quark-Gluon-Plasma-Experiment, HERA, ZEUS. Neutrinomasse. Urknall.

Arbeitszeit: 9.00 bis 10.30, 11.00 bis 12.30, 14.00 bis 15.30 und 16.00 bis 17.30

Veranstaltungsleitung: OStR Prof. Dipl.-Ing. Dr. Christian Gottfried, HTL 1, 1015 Wien

Lehrbeauftragte: OStR Prof. Dipl.-Ing. Dr. Christian Gottfried, HTL 1, 1015 Wien

Dr. Hans-Jürgen Hilke, CERN (DELPHI, LHC)

Ao. Univ.-Prof. Dr. Heinz Oberhammer, Institut für Kernphysik der TU Wien

O. Univ.-Prof. Dr. Herbert Pietschmann, Institut für Theor. Physik der Universität Wien

Anmeldung: PIB Wien. Tel. (01)60118-4242, Frau Natascha Kedren

Meldeschuß: 28. September 1998

Beschränkte Teilnehmerzahl

Der Physik- und Chemieunterricht aus der Sicht des Schülers

Bericht einer Untersuchung an steirischen Hauptschulen

Ekkehard Lex und Ernst Gunacker

1. Begründung der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung ergab sich aus immer wiederkehrenden Diskussionen innerhalb der Arbeitsgemeinschaft der Hauptschullehrer für Physik und Chemie (im folgenden PC) in der Steiermark. Deren Ausgangspunkt war die Tatsache, daß der PC und dem PC-Unterricht (im folgenden PCU) heute allgemein nur ein sehr geringer Stellenwert beigemessen wird. Dies dokumentieren ausländische Studien über den naturwissenschaftlichen Unterricht [1]; eine Fessel-Studie aus dem Jahre 1990 [2] hinsichtlich der Einstellung der österreichischen Bevölkerung zu den Naturwissenschaften und eine Untersuchung der Einstellung der österreichischen Bevölkerung zum Schulsystem der 10- bis 14-jährigen [3] belegen dies zusätzlich. Wie gering der PCU selbst seitens der Lehrer anderer Fächer eingeschätzt wird, zeigt sich darin, daß es innerhalb der Schulautonomie im Fach PC zu den meisten Stundenkürzungen gekommen ist [4].

Auf diese alarmierenden Tatsachen reagierten KollegInnen innerhalb der ARGE bei den Fortbildungsveranstaltungen sehr unterschiedlich. Die einen sahen darin eine Bestätigung für die dringende Notwendigkeit, den derzeitigen PCU für die 10- bis 14-jährigen [3] insgesamt didaktisch neu zu hinterfragen, sich auf den Fortbildungsveranstaltungen vorrangig auch mit der neuen didaktischen Literatur und den darin aufgezeigten Wegen auseinanderzusetzen. Das hieße, bei der Unterrichtsplanung mehr von den tatsächlichen Interessen, Einstellungen, Erwartungshaltungen, Alltagsvorstellungen und Präkonzepten der Schüler auszugehen.

Andere KollegInnen hingegen sahen diese Notwendigkeit nicht gegeben, sie sahen die Probleme "von außen gemacht" (Bildungspolitik, Kampf um die Stunden, schlechte Ausstattung der Schulen, besonders der Stadtschulen, PC-Lehrer haben keine Lobby und vieles mehr). Sie führten ihr eigenes Bemühen um die Unterrichtsgestaltung ins Treffen, die ausschließlich vom Lehrer her geplant und gedacht werden sollte; der Lehrer entscheide aus dem Lehrplan heraus, was für die Schüler wichtig ist. Ihre Schüler seien mit ihnen zufrieden. Die Stundenkürzungen in PC seien letztlich eine "Verschwörung" und ein Kampf um Stunden im Rahmen der Autonomie. Daß diese Stundenkürzungen von Lehrern befürwortet wurden, die während ihrer Schulzeit anscheinend einen ineffektiven PCU erhalten hatten, war nur für wenige ein gedanklicher Ansatz.

So entschlossen wir uns, die tatsächlichen Einstellungen der Schüler zum gegenwärtigen PCU in der Steiermark zu erfassen, um eine Grundlage für didaktische Überlegungen zu einer effizienteren Gestaltung des PCU zu haben.

2. Beschreibung der Untersuchung (Umfang, statistische Verfahren, Methoden)

Die Untersuchung wurde Ende des Schuljahres 1994 mittels eines Fragebogens an 1122 Schülern der zweiten bis vierten Klasse der HS in der Steiermark durchgeführt, davon waren 534 Knaben und 588 Mädchen (360 Schüler aus dem städtischen und 762 aus dem ländlichen Bereich). Da die Untersuchung unter dem speziellen Gesichtspunkt des Faches PC erfolgt ist, wurde die fünfte Schulstufe (1. Klasse), auf der noch kein PCU stattfindet, nicht erfaßt. Die Einteilung der Schulen in solche in Ballungszentren (im folgenden "Stadt") und Landschulen (im folgenden "Land") erfolgte nach den Erfahrungen des Zentrums für Schulentwicklung Abt. 2 in Graz (Leitung HR Dr. Günther Grogger). Es muß auch erwähnt werden, daß diese Befragung am Ende des Schuljahres stattgefunden hat, sodaß die Aussagen relevant sind für die Beurteilung des Unterrichtes auf der jeweiligen Schulstufe.

Zur inferenzstatistischen Absicherung der Einflüsse von Geschlecht, geografischer Lage der Schule und von der Schulstufe auf das Antwortverhalten der befragten Schüler wurden die Rohscores der Antworten auf die einzelnen Fragen als abhängige Variablen in eine dreifaktorielle Varianzanalyse nach dem allgemeinen linearen Modell mit 2 (Geschlecht) mal 2 (Region: Stadt/Land) mal 3 (6., 7. und 8. Schulstufe) Stufen der unabhängigen Variablen einbezogen. Als Posttests zum Vergleich einzelner Mittelwerte wurden gegebenenfalls die kritischen Differenzen auf ein 5%-Niveau nach Scheffé berechnet.

Der Fragebogen war wie folgt konzipiert:

1. Fachbeliebtheit von PC innerhalb des Fächerkanons der HS (Variablen V06 bis V19)
2. Fachinteresse von PC innerhalb des Fächerkanons der HS (Variablen V20 bis V33)
3. Akzeptanz/persönliche Attraktivität (Variablen V34 bis V40)
4. Das Fach PC aus der Sicht des Schülers, außerhalb der Schule und für das spätere Leben (Variablen V41 bis V53)
5. Der Lehrer aus der Sicht der Schüler - Gestaltung des Unterrichtes, Experimente, Schulbuch (Variablen V54 bis 65).

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse stehen repräsentativ für das Bundesland Steiermark, könnten aber auch stellvertretend für die österreichische Schule der 10 - 14jährigen gedacht werden. Die Ergebnisse der Untersuchung werden hier nur kurz dargestellt; ein ausführlicher Bericht und erweiterte statistische Ergebnisse sind in "Theorie und Praxis" [5] (Texte zur Lehrerbildung, Heft 10, BMUKA, 1997) nachzulesen. Im Wesentlichen ergab sich folgendes Bild:

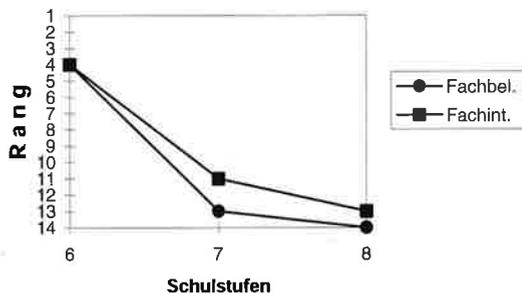
Dr. Ekkehard Lex und Mag. Ernst Gunacker sind Professoren an der Pädagogischen Akademie der Diözese Seckau, 8026 Graz, Georgigasse 85

- Hohe Bewertung des PCU am Ende(!) der 6. Schulstufe innerhalb der Unterrichtsgegenstände und starker Abfall in der Bewertung mit steigender Schulstufe (beides gilt für Knaben/Mädchen, sowie Stadt/Land).
- Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Bewertungen Stadt/Land, sowie Knaben/Mädchen. Generell wird der PCU auf dem Land und von den Knaben besser bewertet.
- An den Landschulen nimmt das Interesse an PC stetig ab, nicht so in den Stadtschulen. Hier ist der Abfall von der 6. auf die 7. Schulstufe ebenfalls gegeben, hingegen steigt die Bewertung des PCU von der 7. auf die 8. Schulstufe (Knick) und nähert sich den Ergebnissen der Landschulen. Immerhin ist das Interesse am Land durchgehend größer. Besonders hoch ist der Unterschied zwischen den Regionen auf der 7. Schulstufe.

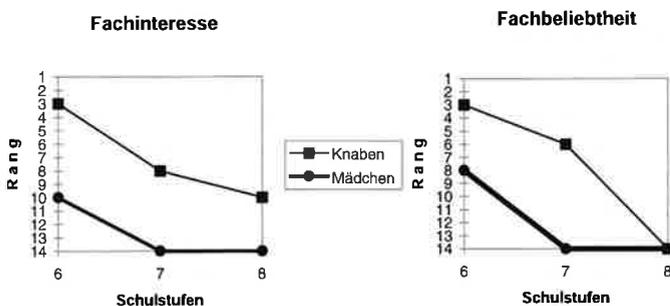
3.1. Beliebtheit und Interesse von PC im Fächerkanon

Schulstufen: Die Schüler der sechsten Schulstufe hatten, wie bereits erwähnt, zum Zeitpunkt der Untersuchung ein ganzes Jahr Physikunterricht. Das Fach steht auf dieser Schulstufe an vierter Stelle in der Rangordnung von 12 Unterrichtsgegenständen, sowohl was das Fachinteresse als auch die Fachbeliebtheit betrifft.

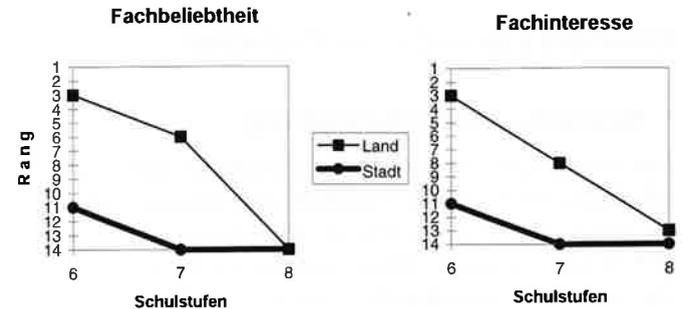
Auf der 7. und 8. Schulstufe sinkt der Rangplatz bei insgesamt 14 Gegenständen auf Rangplatz 13 bzw. 14 in der Fachbeliebtheit und auf Rangplatz 11 bzw. 13 im Fachinteresse. Dies entspricht den Darstellungen aus der gängigen Literatur. [6] Dieser Abfall ist auffällig und es wäre zu hinterfragen, welche unterrichtlichen Inhalte und Methoden den PCU auf der 6. Schulstufe so interessant erscheinen lassen.



Knaben/Mädchen: Bei den Knaben ist das Fach PC auf der 6. und 7. Schulstufe wesentlich beliebter als bei den Mädchen. Auf der 8. Schulstufe liegt PC sowohl bei den Knaben als auch bei den Mädchen an letzter Stelle. Die Knaben sind an PC auf allen Schulstufen interessierter.



Land/Stadt: Bezüglich der Fachbeliebtheit ist das Fach PC auf dem Land auf der 6. und 7. Schulstufe um acht Rangpunkte höher eingestuft. Auf der 8. Schulstufe steht PC in beiden Regionen auf dem letzten Platz. Beim Fachinteresse liegt dies ähnlich.



Die Rangordnung wurde aus der mittleren Einschätzung (AM) der einzelnen Gegenstände erstellt. Diese AM wurden zwischen den Gruppen (Schulstufen, Geschlecht, Region) auf Signifikanz geprüft.

3.2. Attraktivität des PCU (interessant, wichtig, spannend, leicht, einfach, wertvoll, verständlich)

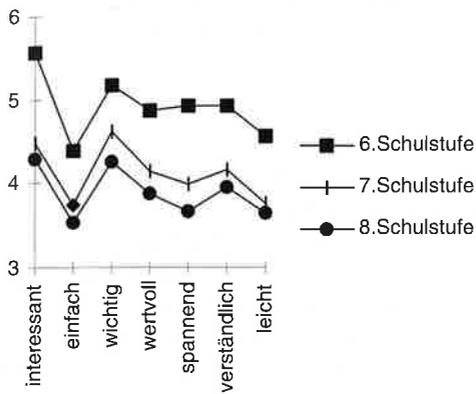
Den Schülern wurde die Frage "Der Physik- und Chemieunterricht ist für mich ..." in einer siebenstufigen Polaritätsskala vorgegeben (Variable V 34 bis V 40):

- interessant - uninteressant
- einfach - kompliziert
- wichtig - unwichtig
- wertvoll - nutzlos
- spannend - langweilig
- verständlich - unverständlich
- leicht - schwer

- Der PCU ist auf der 6. Schulstufe für die Schüler wesentlich attraktiver als auf den folgenden beiden Schulstufen [7], d.h. er ist für sie interessanter, einfacher, wichtiger, wertvoller, spannender, verständlicher und leichter. Es bestätigt auch die Aussagen im Kapitel "Rangordnung", in dem Physik und Chemie in der Fachbeliebtheit und im Fachinteresse im oberen Drittel rangieren.

invertierte Werte

	6. Schst	7. Schst.	8. Schst.	krit. Diff.
interess.	5,56	4,49	4,29	0,340
einfach	4,38	3,73	3,54	0,313
wichtig	5,17	4,61	4,26	0,332
wertvoll	4,85	4,14	3,88	0,322
spannend	4,92	3,98	3,66	0,372
verständl.	4,92	4,16	3,95	0,324
leicht	4,57	3,77	3,64	0,335



- Es zeigt sich hier deutlich ein signifikanter Abfall zwischen der 6. und 7. bzw. 8. Schulstufe. Die Differenzen zwischen der 7. und 8. Schulstufe sind nur bei "wichtig" und "wertvoll" ebenfalls signifikant.
- Die Knaben sehen auf allen Schulstufen den PCU auch attraktiver, d.h. interessanter als die Mädchen.
- PC wird an Landschulen als interessanter, wichtiger und spannender gesehen.

3.3. Wie sieht der Schüler den Lehrer und den PCU?

Die folgenden Aussagen beruhen hauptsächlich auf den Ergebnissen der Faktorenanalyse.

Aussagen der Faktorenanalyse:

- Auf dem Land bewerten die Schüler auch hier den PCU signifikant besser als in der Stadt. In den Landschulen sehen wir einen kontinuierlichen Abfall von der 6. auf die 8. Schulstufe, nicht so in den Stadtschulen. Hier ist der Abfall von der 6. auf die 7. Schulstufe ebenfalls gegeben, hingegen steigt die Bewertung von der 7. auf die 8. Schulstufe (Knick) und nähert sich den Ergebnissen der Landschulen.
- Die Freude und das persönliche Interesse am PCU nehmen von der 6. auf die 8. Schulstufe stark ab. Dies wird auch durch die Ergebnisse von Fachinteresse und Fachbeliebtheit bestätigt. Die starke Abnahme von der 6. auf die 7. Schulstufe spiegeln auch die Ergebnisse bezüglich Attraktivität wider.
- Das PC-Buch wird nach Aussage der Schüler auf der 6. Schulstufe am stärksten eingesetzt, auf der 7. Schulstufe am wenigsten und wieder stärker auf der 8. Schulstufe. Interessant ist, daß das PC-Buch in der Stadt mehr Verwendung findet. Außerhalb der Schule hingegen hat es für die Schüler keine Bedeutung.
- Allgemein sind Knaben an PC interessierter als Mädchen, der PCU ist bei den Knaben auch beliebter. Trotzdem finden auch sie den PCU mit zunehmender Schulstufe immer langweiliger.

Aussagen aus dem Vergleich einzelner Variablen: [8]

- Die Schüler vertreten besonders auf der 8. Schulstufe die Meinung, daß es in PC zu viele Stunden gibt.
- Nach Meinung der Schüler könnte der PCU öfters ausfallen, beziehungsweise könnten dafür andere Fächer unterrichtet werden.

- Die Schüler sehen es als sehr wichtig an, in der Zeit, in der wir leben, über PC einiges zu wissen (Umweltproblematik) [9], aber anstrengen wollen sie sich nicht (Diskrepanzindex).
- Einen Beruf zu ergreifen, der mit PC in Verbindung gebracht werden kann, wird von den Schülern nicht angestrebt, genauso wie sie meinen, daß das im PCU Erlernte wenig Sinn für ihr späteres Leben hat.
- Das Bemühen des Lehrers, PC verständlich zu unterrichten, wird allgemein sehr hoch bewertet. Die Begeisterung der Schüler nimmt trotzdem mit zunehmender Schulstufe stark ab.
- Lehrerexperimente werden nach Angaben der Schüler in ausreichender Zahl durchgeführt.
- Die Schüler wünschen sich aber, eigene Ideen und Beiträge stärker in den Unterricht einbringen zu können und noch mehr selbständig experimentieren zu dürfen.

4. Folgerungen

Zwei Ergebnisse sind in unserer Untersuchung besonders bemerkenswert: Zum einen haben wir den außerordentlich hohen Stellenwert der PC innerhalb des Fächerkanons der Hauptschule noch am Ende der 6. Schulstufe, zum anderen nehmen die Attraktivität der PC und des PCU und das Interesse daran auf der 7. und 8. Schulstufe wesentlich stärker ab als in anderen Gegenständen. Der starke Abfall in der 7. und 8. Schulstufe - also bei den 13- bis 15jährigen - ist sicherlich auch entwicklungspsychologisch begründet. Doch ist der Abfall nach unserer Untersuchung in PC doppelt so hoch als in den anderen Gegenständen, obwohl sich die Lehrer laut Aussagen der Schüler bemühen, den Lehrstoff verständlich darzustellen. Offensichtlich unterrichten die Lehrer an ihrer Zielgruppe vorbei.

Der außerordentlich hohe Stellenwert des PCU und der PC noch am Ende der 6. Schulstufe liegt sicherlich auch in der Art der Unterrichtsgestaltung und in den methodischen Ansätzen begründet. Vermutlich ist der PCU auf dieser Schulstufe anschaulicher, kindgemäßer und mehr der Denkentwicklung der Schüler entsprechend, ist weniger mathematisiert und ohne viele Formeln; vielleicht ermöglichen es die Lehrer eher, daß sich die Schüler auf dieser Schulstufe mit ihrem Vorverständnis und Vorwissen besser in den Unterricht einbringen können.

Offensichtlich gehen Lehrer dann von der falschen Annahme aus, daß sich die Schüler auf der 7. und 8. Schulstufe bereits auf der Stufe der "formalen Operationen" befinden. Piaget nimmt diesen Übergang von den "konkreten Operationen" zu den "formalen Operationen" zwischen dem 12. und 13. Lebensjahr, also im Übergang von der 6. auf die 7. Schulstufe, nur für das mathematische Verständnis an. Für die Physik gilt dies nicht, die Schüler befinden sich auf der 7./8. Schulstufe noch auf der Stufe der "konkreten Operationen" [10]. Dieser Ansatz kann auch für die Chemie als gültig angenommen werden.

Die Ergebnisse der Untersuchung bestätigen die Notwendigkeit einer grundlegenden Neuorientierung des PCU in Österreich. Dafür gibt es genügend Ansätze in der internationalen fachdidaktischen Literatur; die gängige deutsche und angelsächsische didaktischen Literatur, besonders die des IPN (In-

stitut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel), bietet wesentliche und fruchtbare Impulse.

In allen diesen neuen fachdidaktischen Konzepten ist der Schüler in seinem jeweiligen Entwicklungsstand - mit seinen kognitiven, affektiven und psychomotorischen Voraussetzungen - Ausgangspunkt und Mittelpunkt der didaktisch / methodischen Überlegungen. Interesse wecken, die Schüler abholen, wo sie menschlich und fachlich stehen [11], darf nicht nur ein Schlagwort sein. Den Methoden selbstbestimmten Lernens sind mehr Chancen zu geben. Denn Schüler nehmen Wissen nur auf, wenn sie es für sich als sinnvoll erkannt haben. Dies alles bedeutet, daß der phänomenologische Aspekt der Erkenntnisgewinnung mehr in den Vordergrund treten muß; dies entspräche auch mehr der Denkentwicklung der Schüler in PC nach Piaget. (Im Fach Biologie und Umweltkunde ist es bereits selbstverständlich, in Lebensräumen zu planen!)

Den damit verbundenen Paradigmenwechsel mitzuvollziehen ist sicherlich für so manche routinierten LehrerInnen nicht leicht. Auch sehr engagierte LehrerInnen können sich, wie wir informell in der Lehreraus- und -fortbildung immer wieder erfahren, schwer von der Systematik, von der Mathematisierung und Formelsprache lösen.

In den "Bildungs- und Lehraufgaben" sowie den "Lernzielen" des derzeitigen PC-Lehrplans für die 10 bis 14jährigen sind die Ergebnisse der neuen fachdidaktischen Literatur ohnehin bereits berücksichtigt und werden dies vermehrt im Lehrplan 1999 sein. Auch im PC ermöglicht es der Lehrplan, den Unterricht ausgehend von Themenfeldern zu gestalten. Inwieweit diese neuen Zugänge in den Unterricht Eingang finden, liegt also beim Lehrer und den jeweiligen schulischen Möglichkeiten. Gerade weil auf der 5. und 6. Schulstufe die Erwartungshaltung und das Interesse an PC am größten ist [12], wäre es vielleicht auch sinnvoll, im Rahmen der Schulautonomie eine Unterrichtseinheit aus der 8. in die 5. Schulstufe zu verlegen.

Die Konsequenz aus einer mehr phänomenologischen Behandlung der Inhalte auf der Unterstufe wäre ein völlig neues Konzept des Unterrichtes auf der Oberstufe, wo der Lehrer

nun nicht mehr auf eine Systematik in PC zurückgreifen, sondern "nur" auf phänomenologischem Wissen aufbauen kann.

Eine Hilfestellung im Zusammenhang mit dieser notwendigen Neuorientierung des PCU bildet die Initiative der Universität Klagenfurt, wo seit 1982 Universitätslehrgänge (postgraduate studies) für Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer (PFL) installiert sind. Deren Basis ist die britische und amerikanische "action research method". Im Sinne eines aktiven Lernprozesses ist es ein Ziel, die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Teilnehmer zu stärken und zu erweitern, das Reflexionsvermögen der eigenen Arbeit mit Hilfe der Gruppe zu erhöhen und die gemachten Erfahrungen in den eigenen Unterricht einfließen zu lassen. [13]). Seit 1994 werden zweijährige Lehrgänge für Lehrer der Naturwissenschaften BU, PH, CH und M an AHS, BHS und APS gemeinsam geführt.

Wir möchten betonen, daß dieser hier aufgezeigte Paradigmenwechsel in der PC-Didaktik zu keinem Qualitätsverlust, sondern im Gegenteil zur besseren Einsicht in naturwissenschaftliche Phänomene führt. Es steht außer Diskussion, daß gerade in der heutigen Zeit eine grundlegende naturwissenschaftliche Bildung einen unverzichtbaren Bestandteil der Allgemeinbildung eines mündigen Staatsbürgers darstellt. Dies befähigt ihn erst, Mitverantwortung für Gesellschaft und Umwelt zu tragen.

Anhang - Statistik

Alle Variablen des Fragebogens (Prozentwerte, Mittelwerte und Streuung)

In den einzelnen Feldern entspricht der Wert der prozentuellen Anzahl der jeweiligen Schülerantworten.

AM = Mittelwert, SD = Streuung, TWX = Technisches und Textiles Werken;

	Fachbeliebtheit					Fachinteresse				
	Gib für jeden Gegenstand an, wie gerne Du ihn besuchst.					Gib für jeden Gegenstand an, wie sehr er Dich interessiert.				
	Sehr gerne	gerne	weniger gerne	Überhaupt Nicht		Sehr	etwas	kaum	überhaupt nicht	
1	2	3	4	AM (SD)	1	2	3	4	AM (SD)	
Rel	23,3	35,7	26,2	14,9	2,33 (0,99)	18,4	37,1	25,0	19,6	2,46 (1,00)
D	13,8	48,3	30,6	7,4	2,31 (0,80)	23,7	50,3	19,0	7,0	2,09 (0,84)
E	19,2	42,4	28,2	10,3	2,30 (0,89)	33,1	48,5	12,5	5,9	1,91 (0,83)
GS	25,9	34,8	26,2	12,7	2,26 (0,98)	36,6	37,6	18,0	8,1	1,98 (0,93)
GW	22,5	33,7	30,7	13,1	2,34 (0,97)	30,3	39,9	19,6	10,2	2,10 (0,95)
M	24,6	34,1	27,6	13,6	2,30 (0,99)	33,9	41,8	16,4	7,9	1,98 (0,91)
GZ	20,3	27,5	28,9	23,3	2,55 (1,06)	26,4	30,3	23,4	19,9	2,37 (1,08)
BU	30,9	36,8	24,7	7,5	2,09 (0,92)	39,5	40,4	14,7	5,4	1,86 (0,86)
PC	23,9	32,0	27,0	17,1	2,37 (1,03)	31,1	33,4	19,8	15,7	2,20 (1,05)
ME	30,7	33,5	21,3	14,6	2,20 (1,03)	25,8	34,8	22,7	16,7	2,30 (1,03)
BE	33,2	36,3	22,8	7,6	2,05 (0,93)	29,9	38,8	20,8	10,6	2,12 (0,96)
TWX	44,9	31,4	16,4	7,3	1,86 (0,94)	48,9	28,9	13,4	8,8	1,82 (0,97)
HW	58,6	24,6	12,0	4,8	1,63 (0,87)	59,3	25,5	9,5	5,6	1,61 (0,87)
LÜ	70,4	21,2	6,3	2,1	1,40 (0,70)	67,7	23,7	6,0	2,5	1,43 (0,72)

Der Physik- und Chemieunterricht ist für mich

	1	2	3	4	5	6	7	AM (SD)	
interessant (V34)	26,7	17,2	15,8	15,9	8,3	5,5	10,6	3,20 (1,97)	uninteressant
einfach (V35)	7,4	13,2	17,2	22,6	15,9	10,4	13,3	4,11 (1,77)	kompliziert
wichtig (V36)	21,8	17,0	18,9	17,7	9,3	6,0	9,3	3,31 (1,88)	unwichtig
wertvoll (V37)	14,4	14,5	17,7	22,2	13,1	7,5	10,6	3,70 (1,83)	nutzlos
spannend (V38)	20,3	14,7	11,9	15,8	10,4	9,7	17,3	3,80 (2,13)	langweilig
verständlich (V39)	13,6	17,8	19,5	17,3	12,4	9,7	9,6	3,65 (1,84)	unverständlich
leicht (V40)	12,0	13,3	14,3	23,3	12,5	9,6	15,0	4,00 (1,90)	schwer

Wie geht es Dir mit dem Physik- und Chemieunterricht?

	trifft genau zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft überhaupt nicht zu	AM (SD)
	1	2	3	4	
(V41) Ich gehe gerne in den PCU	23,1	34,1	28,2	14,6	2,34 (0,99)
(V42) Ich langweile mich im PCU	16,6	28,3	32,1	23,1	2,62 (1,01)
(V43) Ich würde anstelle des PCU lieber andere Stunden haben	30,4	23,5	21,7	24,3	2,40 (1,16)
(V44) Ich möchte später einen Beruf ergreifen, der mit PC zu tun hat	4,5	9,2	23,5	62,8	3,45 (0,84)
(V45) Meinetwegen kann der PCU öfters ausfallen	38,1	23,1	23,7	15,1	2,16 (1,09)
(V46) Ich meine, man sollte sich im PCU nicht anstrengen	17,8	27,6	34,0	20,6	2,57 (1,01)
(V47) In PC sind zu viele Stunden	23,7	20,0	29,4	26,9	2,60 (1,12)
(V48) Im PCU strengte ich mich besonders an	11,6	27,8	42,3	18,3	2,67 (0,90)
(V49) Es ist schade, wenn gerade der PCU ausfällt	11,2	15,9	29,1	43,8	3,06 (1,02)
(V50) Für mich ist PC ein wichtiges Unterrichtsfach	11,7	24,4	35,4	28,5	2,81 (0,98)
(V51) Wenn es nach mir gehen würde, sollten in PC mehr Stunden sein	8,6	11,1	32,5	47,8	3,20 (0,95)
(V52) Ich nehme mit vor, PC so schnell wie möglich zu vergessen, wenn ich aus der Schule bin	14,3	18,9	40,3	26,5	2,79 (0,99)
(V53) In der Zeit, in der wir leben, gibt es viele Umweltprobleme. Über Physik und Chemie etwas zu wissen ist daher wichtig	45,8	38,2	10,6	5,4	1,76 (0,85)
V54 Bemüht sich Dein Physik/Chemielehrer, den Lehrstoff verständlich vorzutragen?	Sehr	eher schon	eher nicht	überhaupt nicht	AM (SD)
	50,9	35,2	8,9	5,1	1,68 (0,84)

V55 Mein PC-Lehrer kann mich für den Lehrstoff begeistern	immer 11,7	oft 40,1	selten 36,7	nie 11,6	2,48 (0,85)
V56 Bei meinem PC-Lehrer lerne ich:	sehr viel 27,9	viel 44,7	wenig 22,6	nichts 4,8	2,04 (0,83)
V57 Bei meinem PC-Lehrer habe ich das Gefühl, daß ich nicht nur für die Schule lerne, sondern auch für das Leben	immer 21,8	oft 40,8	selten 28,4	nie 9,00	2,25 (0,90)
V58 Im PC-Unterricht kann ich experimentieren	immer 7,1	oft 30,6	selten 38,8	nie 23,5	2,79 (0,88)
V59 Schülerexperimente sollten ... durchgeführt werden	viel öfters 64,6	öfters 28,8	weniger oft 4,2	überhaupt nicht 2,3	1,44 (0,69)
V60 Im PC-Unterricht kann ich meine Ideen und Vorschläge einbringen	immer 11,6	oft 27,8	selten 39,5	nie 21,1	2,70 (0,93)
V61 Im PC-Unterricht zeigt uns der Lehrer Experimente	sehr viele 30,1	gelegentlich 43,5	selten 18,9	nie 7,5	2,04 (0,89)
V62 Der Physik- und Chemieunterricht ist für mein späteres Leben	sehr wichtig 11,7	wichtig 35,7	eher nicht wichtig 40,1	gänzlich unwichtig 12,6	2,54 (0,86)
V63 Das PC-Buch wird im Unterricht verwendet	immer 44,6	oft 34,3	selten 16,8	nie 4,3	1,81 (0,87)
V64 Ich lese im PC-Buch auch außerhalb der Schule	immer 1,6	oft 11,1	selten 35,9	nie 51,4	3,37 (0,74)
V65 PC ist für mich ein sehr schwieriges Fach	stimmt sehr 11,4	stimmt 28,3	eher nicht 40,5	stimmt überhaupt nicht 19,7	2,69 (0,92)

Literatur

- [1] Vgl. H.J. Becker u.a. (1992), *Fachdidaktik/Chemie*, Aulis Verlag, 2. Aufl., S. 99 ff;
 Bleichroth u.a. (1992), *Konkrete Fachdidaktik/Chemie*, Oldenbourg, 1. Aufl., S. 388 ff;
 Häußler P. & Hoffmann L. *Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert*. Unterrichtswissenschaften 23, Heft 2, 107-126, 1995
 Krapp A. (1996) *Psychologische Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens: Untersuchungsansätze und Befunde zur Motivation und zum Interesse*. In R. Duit & Ch. Von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* Kiel: IPN, 37-68.
 Brämer, Reiner: *Über die Wirksamkeit des Physikunter-*

- richts. Zum 10jährigen Untergang der Untersuchung von Konrad Daumenlang. In: NIU 1/80 S.10-17
- [2] Vgl. Dr. Fessel + GFK (1990), *Studie über die Einstellung der österreichischen Bevölkerung zu Naturwissenschaften*, Wien, 1990; Gunacker E., Lex E.: *Schüler Schule Unterricht* In: Schule, Zeitschrift des LSR Landesschulrates Steiermark 1995
- [3] Vgl. Svecnik Erich (1994): *Einstellungen von Österreichern zur Schule der 10 bis 14Jährigen*. Zentrum für Schulentwicklung, Abtlg. 2. Siehe auch: *Importance of school subjects*. In: Education at a glance, OECD Indicators, Paris 1996, S.47ff.
- [4] Vgl. Obendrauf Viktor (1995); *Physik Chemie Lehrer an HS: Zwischen Neigung und Pflicht*. In: Chemie und Schule 2/95, S. 1-3
Obendrauf Viktor: *Physik und Chemie wurde streichfähig gemacht*. In: Chemie und Schule 3 1994, S.1-4
APS-Pflichtschullehrer 9/96; *Hauptschule im Aufwind* (Bericht über eine Studie des BMUK), S.14
Witzmann Erich: *"Physik und Mathematik auf dem Rückzug"* In: Presse 13.11.1996, S.3
- [5] Vgl. Lex/Gunacker (1997), *Bericht über eine Studie zur Einstellung steirischer Hauptschullehrer zum Fach Physik/Chemie*. In "Theorie und Praxis", Heft 10, BMUKA, 1997
- [6] Vgl. Krapp A (1996) *Psychologische Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens: Untersuchungsansätze und Befunde zur Motivation und zum Interesse*. In R. Duit & Ch. Von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* Kiel: IPN, 37-68.
Becker e.a.(1992) *Beliebtheit bzw. Effektivität von Chemieunterricht / Der Chemielehrer - eine Bestandsaufnahme in Fachdidaktik Chemie*, Aulis Verlag Deubner & Co, 98 - 135
- [7] Vgl.auch Bader Hans Joachim / Wienekamp Heidi (1992) *Zur Beliebtheit des Chemieunterrichtes*. In: Konkrete Fachdidaktik Chemie, Oldenburg, 388-400.
- [8] Eine detaillierte Darstellung wird in "Chemie & Schule" VCÖ Zeitschrift des Verbandes der Chemielehrer Österreichs zu finden sein
- [9] Vgl. siehe auch Fußnote 6
- [10] Vgl. Bormann, M. (1977). *Kognitive Entwicklung nach Piaget und der Physikunterricht*, Vortrag auf der 68. Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Bochum, 1977.
Kubli, Fritz (1979). *Piagets Methode zur Untersuchung kognitiver Entwicklungsstufen im Physikunterricht*, NiU Heft 3
- [11] Vgl. Duit Reinders (1997). *Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Anspruch und Realität*. In: Plus Lucis-2/1997; Wien
- [12] Siehe auch: Häußler und Hofmann (1990). *Wie Physikunterricht für Mädchen interessant werden kann*. In: NiU Nr.38, S. 14 , 15
- [13] Kühnelt Helmut/Stadler Helga (1996), Tagungsbeitrag Laibach

Netdays - NetScience 98.

17.- 24. Oktober 1998

Im Rahmen des Aktionsplans "Learning in the Information Society" nehmen Förderverein, ÖPG-Fachauschuß LHS und die AG Physikdidaktik am Institut für Theoretische Physik der Universität Wien auch heuer an Netdays teil. Netdays 98 ist eine Aktivität im Rahmen des Europäischen Schulnetzes EUN und läuft von 17. bis 24. Oktober 1998. Ziel ist es, die Bedeutung der elektronischen Kommunikation für die Schule zu demonstrieren, meist wird dies zur Präsentation interessanter Schulprojekte genutzt. In NetScience 98 soll allerdings die Kommunikation zwischen Schule und Forschung im naturwissenschaftlichen Bereich und die didaktisch-sinnvolle Nutzung des Internets im Vordergrund stehen. Geplant sind:

1. *Lise M.* - eine Internet-Diskussion zwischen Wissenschaftlerinnen und Schülerinnen zur Frage "Frauen in der naturwissenschaftlichen Forschung".
2. *Meet a Scientist*. Methoden und Resultate der heutigen Forschung werden als Videokonferenz mit Schülergruppen oder Klassen vorgestellt und diskutiert.

3. *Virtual Exhibition*. Schülerarbeiten in den verschiedensten Formen sollen hier präsentiert werden. Einerseits sind Fotos und Videos von Physik/Chemie in Natur und Technik gewünscht, andererseits Projekte, die im abgelaufenen Schuljahr durchgeführt wurden. Auch Fachbereichsarbeiten zählen dazu.
4. *WebPhysics*. Ein Workshop zur sinnvollen Nutzung des Internets wird in Kooperation mit dem PI der Stadt Wien durchgeführt.
5. *E-Hermes*. Im Rahmen dieses Socrates-Programms aus dem Bereich Open and distant Learning soll eine Videokonferenz zwischen den Partnerschulen (BG Schwechat, FvS-Schule Frankfurt und Ellinogermaniki Agogi Athen) stattfinden, zu der andere Schulen eingeladen sind.

Interessenten zu einer der Teilaktivitäten mögen sich an H. Kühnelt wenden, am besten per e-mail an Helmut.Kuehnelt@univie.ac.at. Wir werden uns bemühen, bei Bedarf mit Rat und Tat zu helfen.

"Schwerelosigkeit herrscht dort, wo keine Schwerkraft mehr wirkt"

Helga Stadler

Eines der wichtigsten Konzepte der Physik ist das Konzept der Gravitation. Die Frage, wie und warum ein Gegenstand zu Boden fällt, war eine der zentralen Fragen der Physikgeschichte und ist dies - in einer viel umfassenderen Form - bis heute geblieben. Zugleich ist das Phänomen Gravitation, daß Gegenstände zu Boden fallen oder daß wir sie halten müssen, damit sie nicht fallen, so selbstverständlich in unserem Leben, daß ich z.B. als Lehrerin nie gefragt wurde, warum Gegenstände eigentlich zu Boden fallen. Gravitation wird für Schüler erst dort interessant, wo sie scheinbar nicht existiert, im Weltraum.

Über die Vorstellungen von Kindern zur Gravitation gibt es zahlreiche Forschungsarbeiten (Gunstone&White 1981; Watts 1982, Galili 1995). Sie zeigen, daß Schülerinnen und Schüler durchwegs der Meinung sind, daß außerhalb der Erdatmosphäre Schwerelosigkeit herrscht. Eine in Österreich durchgeführte Untersuchung (Stadler 1996) bestätigte dieses Bild und zeigte darüber hinaus, daß diese Vorstellung vermutlich nicht isoliert zu sehen, sondern in ein Rahmenkonzept eingebettet ist.

Ausgangspunkt der in Wien und Niederösterreich durchgeführten Untersuchung waren etwa 30 qualitative problemzentrierte Interviews mit 13-16jährigen Schülerinnen und Schülern aus unterschiedlichen Schultypen. Den Schülern und Schülerinnen wurden zwei "Lügendgeschichten" von M.Gardner (1980) vorgelegt. Die Geschichten erinnern an den Vorschlag, Schüler mit "Was wäre wenn -" Fragen zu eigenen Hypothesen anzuregen und dabei gleichzeitig ihre eigenen, alternativen Konzepte offenzulegen (White & Gunstone 1992).

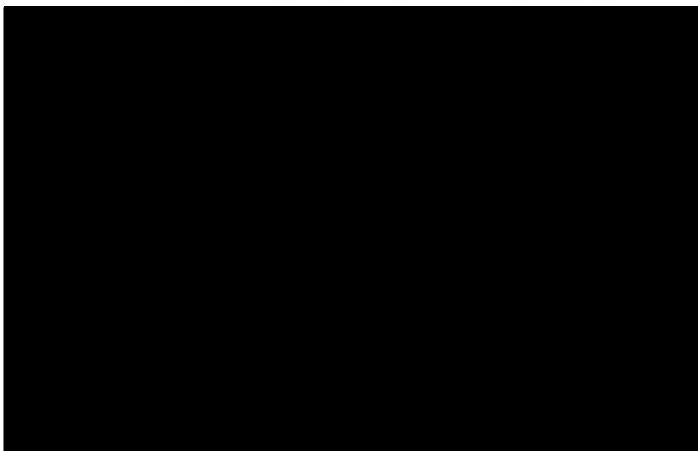


Abb. 1: Als der Astronaut vorsichtig über die holprige Mondoberfläche ging, schaute er auf und sah Tausende hell funkelnde Sterne am schwarzen Nachthimmel. Im Westen schwebten ein paar zerzauste Wolken am Himmel, und eine sanfte Brise blies Mondstaub gegen das Glasfenster seines Helmes. Ein lautes, knallendes Geräusch ließ ihn sich umschauchen, um zu sehen, was geschehen war. Sein Kamerad hatte nur einen großen Mondstein in zwei Teile zerlegt, indem er mit einem Hammer dagegen geschlagen hatte. Vor lauter Schreck sprang er einen Meter in die Höhe.

Ähnlich wie die von Lewis Caroll in "Alice in Wonderland" erzählte Geschichte: "Was geschieht, wenn ein Mensch in ein Kaninchenloch hineinfällt, das quer durch die Erde führt?", eignen sich auch diese beiden kurzen Geschichten von Gardner nicht nur zur Erforschung von Schülervorstellungen, sondern können auch unmittelbar im Unterricht eingesetzt werden.

Die erste davon ist eine Geschichte über den Mond. (Warum gerade über den Mond? Die Auslagen der Buchgeschäfte sind derzeit voll mit Büchern über den Mond, es gibt eine Art Renaissance des Glaubens an die Kraft des Mondes, die sich auch in den Aussagen der Schüler widerspiegelt.) Nachfolgend sind jene Ausschnitte der Geschichte von Gardner wiedergegeben, die sich auf die Frage der Gravitation im Zusammenhang mit dem Mond beziehen.

Die Mondoberfläche lag noch im Licht der untergehenden Sonne. ... Feinster Mondstaub wurde von einer sanften Brise gegen das Glasfenster seines Helms geblasen. Plötzlich hörte er einen lauten Knall. Im ersten Schreck sprang er einen Meter in die Höhe. Dann atmete er auf, als er sah, daß sein Kollege mit einem Hammer bloß einen der herumliegenden Mondsteine in zwei Stücke zerschlagen hatte.

Die Schüler und Schülerinnen wurden gefragt, was ihnen an diesem Bericht glaubwürdig vorkomme und was nicht. Wie sieht es auf dem Mond aus?*) *"Es ist hügelig und ganz kahl. Dunkel und kalt."* Praktisch alle befragten SchülerInnen entwerfen dieses Bild des düsteren, kalten Mondes. Daß wir den Mond hell am Himmel sehen, daß er von der Sonne beschienen wird, ist keinem der Schüler aufgefallen. Zu diesem Bild paßt auch, daß es, wie die Schüler immer wieder erwähnen, am Mond nur Staub und Steine, aber kein Leben gibt. Und auch keine Atmosphäre: *"Und zwar deshalb, weil man mit Sauerstoffmasken herumläuft."*

Beinahe alle Schüler sind der Überzeugung, daß der Mond keine eigene Anziehungskraft hat. In der Meinung der Interviewten ist es einem Astronauten nicht möglich, auf dem Mond einen Meter hoch zu springen: *"Wenn er einen Meter in die Höhe springt, dann kommt er sicher nicht mehr zurück. Weil keine Schwerkraft ist. Er fliegt dann davon, wenn er nicht angebunden ist."* (Vgl. auch Summers et al. 1988; Watts 1982). Den Grund für die am Mond herrschende Schwerelosigkeit glauben manche der Schüler in der fehlenden Atmosphäre zu erkennen: *"Der Mond hat eigentlich gar keine Gravitation. Er hat keine Sphäre."* Oder ein anderer Jugendlicher: *"Wenn es keine Luftschichten auf der Erde gäbe, würden die*

*)Aus Platzgründen können in den folgenden Abschnitten nur einzelne Aussagen von Schülern und Schülerinnen wiedergegeben werden. Inhaltlich handelt es sich dabei nicht um Einzeläußerungen, sondern um Zusammenfassungen als Beleg für Tendenzen in den Vorstellungen der Jugendlichen, wie sie sich in der Mehrzahl der durchgeführten Interviews finden lassen.

Sachen so wie am Mond schweben. Der Mond hat keine Luftschicht, daher schweben die Sachen." Warum die Astronauten dennoch nicht davonschweben? Die Schüler in dieser Untersuchung finden eine Lösung, die international zu sein scheint (Vgl. auch Watts 1982): "In die Höhe springen kann er schon, weil er mit den Mondschuhen wieder zurückkommt. Die Mondschuhe sind sehr schwer, aus einem bestimmten Metall. Wenn sie aus Plastik wären, dann würde er weiterfliegen."

Die genannten Vorstellungen decken sich mit den Eindrücken, die die Jugendlichen aus den flüchtigen Bildern der Medien gewonnen haben, z.T. auch mit mystischen Vorstellungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Die Konzepte der Kinder und Jugendlichen sind daher, international betrachtet, einander sehr ähnlich. Auftretende Widersprüche (etwa haben viele der Jugendlichen im Unterricht gelernt, daß die Anziehungskraft des Mondes etwa ein Sechstel jener der Erde beträgt) werden erst wahrgenommen, wenn die Interviewten direkt darauf hingewiesen werden. Um Genaueres über die Konzepte der befragten Jugendlichen zu erfahren, wurde den Schülern auch eine zweite Geschichte vorgelegt (nach Gardner 1980):

Ein fester Tisch hat eine Masse von 100 kg. Stell dir vor, Superman fliegt mit diesem Tisch in den Weltraum. Dann holt er die Erde und legt sie drauf. Glaubst du, daß der Tisch das aushalten würde? Warum? Oder warum nicht?



Abb. 2: Ein fester Tisch hat eine Masse von hundert Kilogramm. Stell dir vor, Superman fliegt mit diesem Tisch in den Weltraum. Dann holt er die Erde und legt sie drauf.

Ein Schüler: "Ich glaube schon, denn im Weltraum ist der Tisch schwerelos ... " Und etwas später im selben Interview: "Im Weltraum ist die Anziehungskraft der Erde nicht so groß und der Tisch unterliegt gleichzeitig der Schwerelosigkeit, oder?" Im Weltraum "herrscht Schwerelosigkeit", neben einer schwächer gewordenen Gravitationskraft "unterliegen" die Körper der Schwerelosigkeit. Fehlkonzepte wie diese finden sich auch noch bei Physikstudenten. Das folgende Interview wurde von einem Physik- Lehramtsstudenten im 7. Semester geführt. Auch dieser (einen Schüler interviewende) Student meint, daß im Weltall die Körper "der Schwerelosigkeit unterliegen", obwohl er weiß, daß zwischen den Körpern Gravitationskräfte wirken:

Schüler: "Der Tisch wird nicht zerquetscht, weil im Weltraum Schwerelosigkeit herrscht. Und weil darum Erde und Tisch schweben und das Gewicht gar nicht auf dem Tisch lastet."

Student: "Ja, das ist die richtige Antwort. Als Zusatzfrage, mit welcher Kraft ziehen sich die beiden an? Oder sind sie komplett schwerelos, so daß keine Kraft zwischen den beiden wirkt?"

Schüler: "Ich würde sagen, je schwerer einer von den beiden ist, desto stärker ziehen sie sich an. Das hängt mit der Masse zusammen."

Student: "Richtig."

In Übereinstimmung mit den bisherigen Forschungsergebnissen, geben auch die in dieser Studie befragten Schüler an, daß erst die Existenz der Atmosphäre die Anziehungskraft der Erde ermögliche. Dies entspricht einerseits den Bildern aus den Medien: Raumfahrer befinden sich (sichtbar) außerhalb der Erdatmosphäre und sind zugleich schwerelos. Darüber hinaus gibt es noch einen tieferliegenden Grund: Die Schüler betrachten die Luft als Übertragungsmedium für die Schwerkraft, wobei auch Übertragungsmodelle entwickelt werden, wie sie ähnlich in der Geschichte der Physik zu finden sind. Ein Schüler meint dazu: "Da sind Luftschichten mit Wellen dazwischen, da muß es durch und dann fällt es hinunter. Die Wellen bewirken, daß es runterfällt."

Die Schwerkraft ist an die Erde und ihre Atmosphäre gebunden, dies ist durchaus in manchen Fällen auch in Verbindung mit geozentrischen Vorstellungen zu sehen. Einige Schüler meinen, daß die Erde ihre Fähigkeit, Körper anzuziehen, verlieren würde, wenn man sie aus ihrer derzeitigen Lage entfernte. Auch die Schwierigkeit der Befragten mit den Begriffen "oben" und "unten" kann als Ergebnis einer geozentrischen Sichtweise interpretiert werden, wie die nachfolgende Aussage belegt: "Alle sagen, das schwebt ja. Aber ich kann mir das nicht vorstellen. Der Tisch muß dann ja auch irgendwie schweben. ... Ich weiß nicht, ob da unten ein Polster ist, ähnlich wie am Boden, wo das drauf stehen kann. ... Ich glaube, daß irgendetwas unter dem Tisch sein kann. Denn wenn nur Luft wäre, dann müßte der Tisch die ganze Zeit nur runterfallen, und die Erde auch." (Vgl. auch Baxter 1995).

Die Frage, warum Körper von der Erde angezogen werden, wird von allen Interviewten ähnlich beantwortet: "Vielleicht ist da drinnen ein Magnet, ein ganz großer." Oder eine andere Schülerin: "Da ist so ein Magnet, der alles anzieht. Auch Plastik. Der Mond kann das nicht."

Die hier beschriebenen Konzepte sind im wesentlichen unabhängig vom Alter und der schulischen Vorbildung der befragten Jugendlichen. Nur selten verweisen die Jugendlichen auf ihre in der Schule erworbenen Kenntnisse, wo Astronomie und Gravitation im allgemeinen Unterricht der 10-14jährigen kaum eine Rolle spielt. Einen wesentlichen größeren Stellenwert bei der Ausbildung der Konzepte nehmen einerseits die Massenmedien, andererseits der Freundeskreis der Jugendlichen, aber auch die Familie ein. Die Schüler haben aus den so gewonnenen Eindrücken ein im wesentlichen konsistentes Bild der gravitativen Umgebung der Erde entworfen und Widersprüche werden nur in scheinbar unwichtigen Details sichtbar. Diese Widersprüche stören die Schüler in den Interviews erst dann, wenn man sie direkt darauf hinweist (Vgl. u.a. Duit 1993).

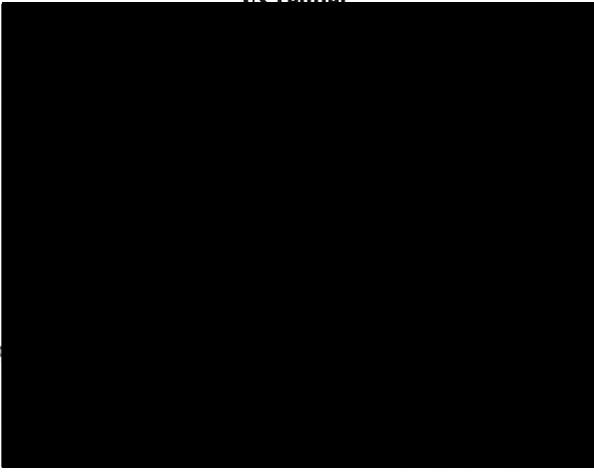


Abb. 3: Eine Studie aus dem englischsprachigen Raum zeigt, daß nur wenige Schüler und Schülerinnen eine korrekte Vorstellung von der Gravitation der Erde gewinnen. Der Großteil der Schülerinnen und Schüler erreicht nur Vorstellung 3 und hat auch nach dem 15. Lebensjahr noch Schwierigkeiten mit den Begriffen "oben" und "unten".



Abb. 4: Die Zeichnung stammt aus einem Jugendbuch zum Thema Raumfahrt. In der Literatur lassen sich viele ähnliche Abbildungen finden: Zentripetal- und Zentrifugalkraft sind im Gleichgewicht. Man gewinnt den Eindruck, daß es sich um real am Satelliten angreifende Kräfte handelt. Da sich der Satellit in einem solchen Fall gleichförmig geradlinig bewegen müßte, benötigt man eine zusätzliche Antriebskraft, wie sie hier durch den Orbitpfeil nur angedeutet wird.

Die bisherigen Ergebnisse zur Interpretation von Mißkonzepten zur Schwerelosigkeit wurden durch die vorliegende Untersuchung bestätigt. Galili (1995) versucht sie als Kausalkette, ausgehend von der Feststellung "Weightlessness is a satellite reality", zu interpretieren. Eine weitere Ursache, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, sieht Galili in Mißkonzepten zum Begriff Gewicht (Galili 1996). Insbesondere was den deutschsprachigen Raum betrifft, lassen sich noch weitere Ursachen ausmachen:

- Sprachliche Ungenauigkeiten, wie "schwerelosier Raum", in dem die Körper "der Schwerelosigkeit unterliegen", wo "Schwerelosigkeit herrscht", finden sich nicht nur in der Alltagssprache, sondern auch in der Fachliteratur. Der Begriff "Schwerelosigkeit" kann sprachlich bedeuten, daß es Räume oder einen Zustand gibt, in dem die Schwerkraft nicht wirkt oder Körper nicht "schwer" sind. Der Schluß, daß es Räume gibt, in denen keine Schwerkraft wirkt, wird der zweiten möglichen Bedeutung des Wortes - daß es einen Zustand gibt, in dem Körper nicht schwer sind - offensichtlich vorgezogen. Die Verwendung des Begriffs des "schwerelosen Raums" impliziert, daß es einen solchen Raum tatsächlich gibt, unter Außerachtlassung der sprachlichen Ungenauigkeit in der Verwendung der Begriffe Schwere und Gewicht.
- Die falsche oder zumindest mißverständliche (und, wie Befragungen von Studenten zeigen, auch mißverständene) grafische Darstellung der Schwerelosigkeit als Ergebnis der Kompensation von Zentripetal- und Zentrifugalkraft unter Vernachlässigung des Unterschieds zwischen der Betrachtung des Gesamtsystems und des mitrotierenden Systems. (Zu beachten ist in diesem Zusammenhang das schlechte Abschneiden von Österreich und Deutschland bei Fragen der TIMS-Studie zur Zentripetalkraft.) Aus der Summe der resultierenden Mißverständnisse ergeben sich hin und wieder kuriose Formulierungen, wie die folgende: *Schwerfreiheit ist dann gegeben, wenn die Resultierende aus der tangential zur Flugbahn gerichteten Geschwindigkeit und der senkrecht zur Flugbahn wirkenden Zentrifugalkraft die zum Erdmittelpunkt verlaufende Gravitationskraft nach Größe und Richtung aufhebt.* (Meyer-Nachschlagwerke 1978).

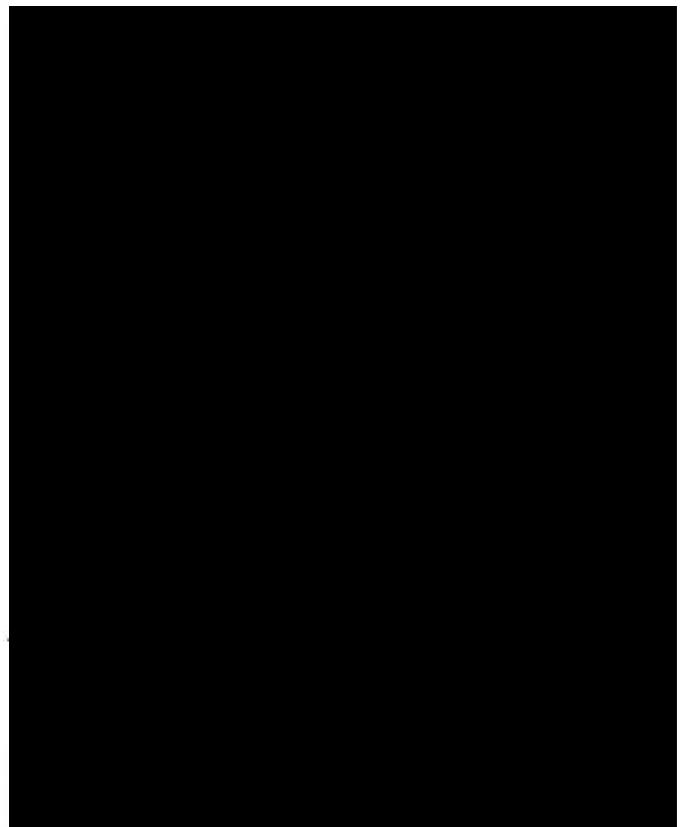


Abb. 5: In welche Schwierigkeiten dieses Konzept führt, zeigt dieses Bild und der dazugehörige Textabschnitt: Schwerfreiheit ist dann gegeben, wenn die Resultierende aus der tangential zur Flugbahn gerichteten Geschwindigkeit und der senkrecht zur Flugbahn wirkenden Zentrifugalkraft die zum Erdmittelpunkt verlaufende Gravitationskraft nach Größe und Richtung aufhebt. (Aus: Meyer-Nachschlagwerke, Bibliographisches Institut: Wie funktioniert das? Die Technik im Leben von heute.)

Den genannten Verständnisschwierigkeiten wird auch im Unterricht an den Schulen, aber auch an den Universitäten kaum Rechnung getragen. Eine Reihe von weiteren didaktischen Schwierigkeiten vertiefen das Gesamtproblem. So wird etwa auch auf universitärer Ebene den Verständnisschwierigkeiten der Studenten in bezug auf das dritte Newtonsche Axiom zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Auf Schulebene wird der grundlegenden Frage des Übertragungsmechanismus der Kräfte zu wenig oder kein Raum gegeben.

Nachfolgend wird eine Unterrichtseinheit skizziert, in der versucht wird, einen Konzeptwechsel einzuleiten (Glynn & Duit 1995). Der Unterricht ist für 14jährige Schülerinnen und Schüler konzipiert.

Nach einer Einstimmung - einem Comic oder einem Aufsatz zum Thema "Wir fahren zum Mond" - wird die erste der oben genannten Lügengeschichten erzählt. Die Diskussion konzentriert sich um die Frage: "Kann man am Mond einen Meter hoch springen?" Unterschiedliche Meinungen werden geäußert, Widersprüche und Argumente notiert. Eine zweite Geschichte ("Superman legt die Erde auf einen Tisch") wird den Schülern und Schülerinnen vorgelegt. Auf einem Plakat werden alle Argumente gesammelt. Experimente mit fallenden Körpern (z.B. mit wassergefüllten Dosen, in die Löcher gebohrt wurden) und Experimente mit der Personenwaage im Aufzug erweitern den Erfahrungshorizont der Schüler und Schülerinnen. Newtons Zeichnung zu den Wurfpfaden hilft den Schülern und Schülerinnen, eine Analogie zwischen der Bewegung von Satelliten und den Beobachtungen an fallenden Körpern zu sehen. Filme über Experimente in Flugzeugen, Material zum Fallturm etc. ermöglichen einen weiteren Transfer des Gelernten.

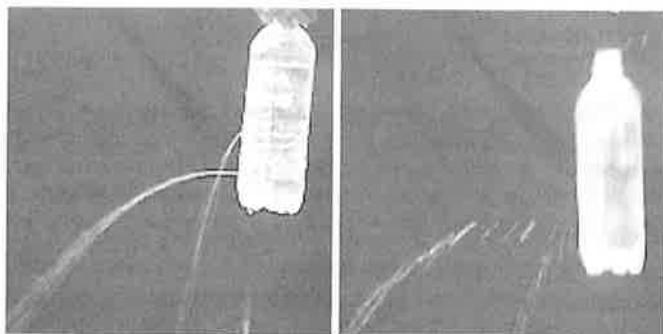
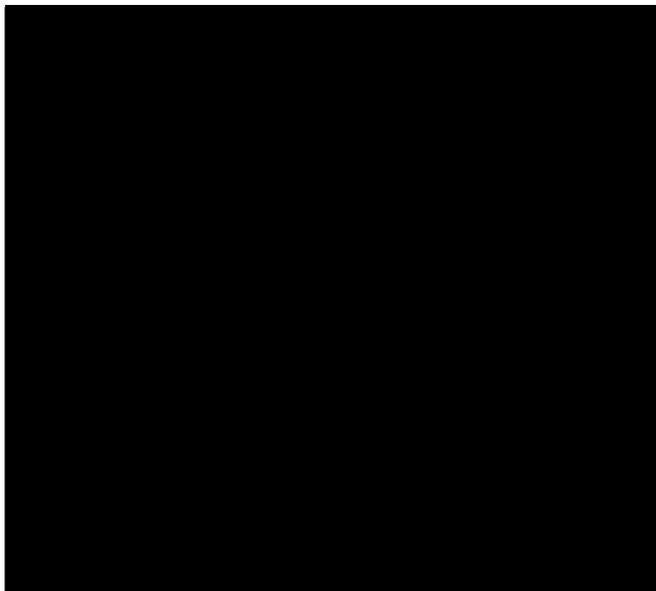


Abb. 6: In frei fallenden Systemen herrscht Schwerelosigkeit: in einem Satelliten genauso wie in einer frei fallenden mit Wasser gefüllten Flasche..

Literatur

- Baxter, J., *Children's Understanding of Astronomy and the Earth Sciences*. In: Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice. Ed. by Glynn, S., Duit, R., Mahwah, New Jersey 1995
- Carroll, L.: *Alice im Wunderland*. Frankfurt am Main 1963
- Duit, R.: *Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen*. In: NiU-Physik 4 (1993), Nr. 16, Seite 4
- Galili, I.: *Interpretation of Students' Understanding of the Concept of Weightlessness*. In: Research in Science Education, 1995, 25(1), 51-74
- Galili, I.: *Students' Operations with the Weight Concept*. Science Education: 80(4): 457-487(1996)
- Gardner, M.: *Mathematische Planetenraubereien*. Berlin 1980
- Glynn, S.M. & Duit, R.: *Learning Science Meaningfully: Constructing Conceptual Models*. In: Learning Science in the Schools. Research Reforming Practice. Eds. Glynn, S.M. & Duit, Mahwah, New Jersey 1995
- Gunstone, R.F., White, R.T.: *Understanding of Gravity*. In: Science Education 65(3): 291-299 (1981)
- Meyer-Nachschlagwerke aus dem Bibliographischen Institut: *Wie funktioniert das? Die Technik im Leben von heute*. 2.Aufl. Hrsg. von der Redaktion Naturwissenschaft und Technik des Bibliographischen Instituts Mannheim / Wien / Zürich, 2.Aufl. 1978
- Stadler, H.: *Pupil's Conception About Gravity*. In: New ways of teaching physics: proceedings / GIREP / ICPE International conference 1996, Ljubljana.
- Summers, M., Palacio, D., Kruger, C.: *Some primary school teacher's understanding of the concepts force and gravity*. Oxford 1988
- Watts, M.: *Gravity - Don't take it for granted!* Physics Education 17, 1982
- White, R., Gunstone, R., *Probing Understanding*. London 1992

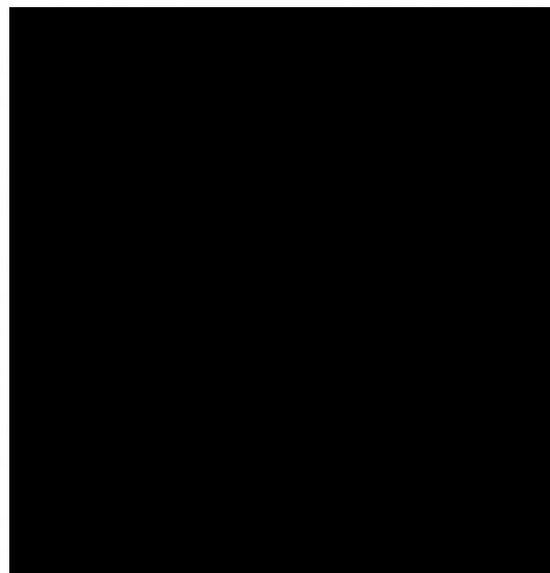


Abb. 7: Welche Kräfte wirken real auf die Person in der Zentrifuge? Diese Aufgabe aus der TIMS-Studie im Multiple-Choice-Format konnten nur 5% der getesteten Maturanten richtig lösen. (Im internationalen Durchschnitt waren es 20%.)

Das Internet im Physikunterricht

Eine kritische Analyse

Gerhard Rath

Leicht verfällt man diesem faszinierenden Medium, das bereits eine eigene Welt ist - aber nicht *die* Welt: Das Internet hat zur Zeit ca. 70 Millionen Nutzer weltweit, also Leute, die wenigstens von Zeit zu Zeit darauf zugreifen - etwa ein Prozent der Weltbevölkerung. Wenn der Umgang mit solchen Informationsnetzen eine "vierte Kulturtechnik" [1] wird, dann jedenfalls nur für einige Prozent der Erdenbewohner, die sich den technischen Aufwand auch leisten können.

Ähnlich sieht es in der Schule aus: Die derzeitige Rolle des Internets ist eine marginale, infolge medialem Getöse erscheint sie viel wichtiger, als sie ist.

"Viel Aufregung und Glitzerkram, aber wenig dahinter, und noch weniger Überlegung. Es stimmt mich traurig, dass so viele auf die hohlen Versprechungen einer aufgemotzten Idee hereinfliegen." [2]

Bisher lebt das Ganze hauptsächlich vom aufopfernden Einsatz einiger Freaks. Das Internet könnte in der näheren Zukunft durchaus eine Rolle in der Schule spielen, auch in anderen Gegenständen als Informatik. Vom Wie(?) und Wozu(?) handelt der folgende Artikel, insbesondere aus der Sicht des Physikunterrichts.

1. Alle Schüler ans Netz ...

Bei der Einführung an den Schulen treten Hemmnisse auf, die ich in jener Reihenfolge erörtern werde, nach der bei eben dieser Einführung vorgegangen wird.

1.1 Die Schulen werden angeschlossen

Stand Ende 1997: 1080 von 6212 Schulen Österreichs verfügen über einen Zugang zum Internet [3]. Der minimale Anschluß wird sein: Ein Computer mit Wahlleitung. Dies ist für die Lehrer einer nicht zu großen Schule oder für kleine Projektteams immerhin ein Anfang, für Arbeit mit ganzen Klassen ungeeignet. Eine anzustrebende Ausstattung wäre ein Raum mit einem Netzwerk von ca. 15 PCs (oder in jeder Klasse einer), alle mit einer schnellen Standleitung dauerhaft am Internet.

Selbst das kann wenig sein, vergleicht man es mit den hochfliegenden Aussagen so mancher Proponenten (zum Beispiel [4]). Praktisches Beispiel: An meiner Schule, dem BRG Kepler Graz, verfügen wir über einen eigenen Internet-Server und zwei voll angeschlossene Räume. Dies ermöglichte mir etliche Erfahrungen mit diesem Medium in der Unterrichtspraxis, auch mit großen Klassen. Aber: Diese Räume werden hauptsächlich von Informatik-Gruppen genutzt, nur ein Teil der

Stunden bleibt für andere Fächer. Bei einem frei verfügbaren Raum hätten 24 Klassen je Woche im Durchschnitt 2 Stunden Zugang - also vergleichbar der Größenordnung des Einsatzes von Videos. Nicht unerwähnt soll bleiben, dass so eine Anlage laufender Wartung und Pflege bedarf, was einige Wochenstunden Einsatz von Fachkräften bedeutet.

1.2 Die Lehrer werden ausgebildet ...

... oder auch nicht, denn dafür fließt wesentlich weniger Geld. Und wer soll sie auch ausbilden? - denn ausbilden heißt: technisch und methodisch.

Ersteres ist nicht allzu schwer zu bewerkstelligen, zumindest für Lehrer, die Computern allgemein ein gewisses Interesse entgegenbringen und über Grundkenntnisse im Umgang damit verfügen. Zum zweiten Punkt fehlt derzeit noch alles - es gibt einfach wenig Erfahrungen und Erfahrene.

Ach, die Lehrer werden sich schon selbst irgendwie fortbilden, so meint man wohl von Seiten der Ausrüster. Tatsächlich erfordert ein sinnvoller Einsatz dieses Mediums einen leichten Zugang, am besten täglich, das heißt für Lehrer letztlich einen Anschluß zu Hause.

1.3 Und dann fragen wir uns, was wir damit überhaupt machen ...

Einerseits: Es gibt auch ohne Internet schon unzählige Fragen, Inhalte und Probleme, die in der beschränkten Unterrichtszeit nicht behandelt werden können. Die vollen Lehrbücher, didaktische Veröffentlichungen, Unterrichtsvorschläge, ... und da soll noch etwas in die Unterrichtsstunden gestopft werden?

Andererseits: Der Umgang mit dem Computer und mit Informationssystemen und Netzwerken wird von der österreichischen Unterrichtsministerin nicht nur als vierte Kulturtechnik bezeichnet, sie fordert auch einen "Medienschein" [5]. Kaum jemand wird dem Ganzen langfristig entgegen können. Gerade die Naturwissenschaften sind ohne Computer und ohne Netzwerke in ihrer heutigen Form undenkbar.

"Am sinnvollsten scheint es daher, sich mit dem neuen Medium kritisch und wachsam auseinanderzusetzen: und zwar keineswegs, um sich einem nicht mehr zu stoppenden Trend zu unterwerfen, sondern vielmehr, um den Auswirkungen des neuen Mediums, positiven wie negativen, bewußt begegnen zu können." [6]

Der Einsatz des Internets kann sinnvoll sein, es hat wie jedes Medium seine Stärken und Schwächen. Wo und wie Sinnhaftigkeit gefunden werden kann, soll nun näher betrachtet werden.

Prof. Dr. Gerhard Rath, BRG Keplerstraße Graz, Lehrbeauftragter an der Abteilung Fachdidaktik der Physik des Instituts für Experimentalphysik der Univ. Graz

Vortrag anlässlich der 52. Fortbildungswoche 1998

2. Allgemeine Möglichkeiten des Internets

In der folgenden kurzen Begriffsklärung sollen vier Dienste dieses weltumspannenden Computernetzes herausgegriffen werden, die mir für den Unterricht zur Zeit am relevantesten erscheinen. Sie können nach den Möglichkeiten Kommunikation, Information und Präsentation bewertet werden.

2.1 e-mail

Bei der elektronischen Post handelt es sich hauptsächlich um ein Kommunikationsmedium. Sie bietet die Chance in kurzer Zeit und mit geringen Kosten Nachrichten zu senden und zu empfangen, in Form von *mailing lists* auch an bzw. von vielen Stellen zugleich. Gegen übersteigerten Glauben an die kommunikative Kraft dieses Mediums wird man einwenden müssen, warum wohl per e-mail kommuniziert werden sollte, was nicht vorher schon per Telefon oder FAX ausgetauscht werden hätte können. Schulpartnerschaften oder internationale Projekte waren und sind ganz gut auch ohne elektronische Post durchführbar.

2.2 newsgroups

In tausenden solcher Gruppen wird öffentlich zu ebensovielen Themen diskutiert, in vielen davon auch zu Fragen aus der Physik (z.B. *de.sci.physik*), zur Schule (*schule.allgemein*) oder zu Schule und Internet (*schule.internet.einsatz*). Vorstellen kann man sich (elektronische) Pinwände, auf denen jeder Interessierte Artikel veröffentlichen darf, die dann auch für alle zugänglich sind. Dieser Dienst ermöglicht also Kommunikation und Informationsgewinn.

Das ambitionierte Bemühen, auf der *homepage* des Fördervereins Fragen zu beantworten, hätte durch Verweise auf solche Gruppen zumindest ergänzt werden können: Dort wurden viele der aufgetretenen Fragen bereits erschöpfend diskutiert.

2.3 Tratschereien: Chat

Derzeit noch überwiegend im IRC (Internet Relay Chat) beheimatet, wo auf tausenden "Kanälen" direkt miteinander ("online") diskutiert wird, findet sich diese Möglichkeit immer häufiger im World Wide Web (WWW). Sinnvoll scheinen mir nur "Gespräche" (per Tastatur) zwischen wenigen Leuten, die verabredete "online-Konferenzen" zu bestimmten Themen halten. Fragen an Fachleute durch beliebige Teilnehmer (z.B. Schüler) ergeben ein heilloses Durcheinander und sollten lieber Frage für Frage abgehandelt werden, wofür sich etwa Telefon oder e-mail besser eignen.

2.4 Das World Wide Web

Dieses gewaltige Netzwerk frei verknüpfter Seiten aus Text- und Bildinformation kann neben der Informationsbeschaffung auch der (weltweiten) Präsentation dienen. Es wird oft mit dem Internet selbst verwechselt, weil es neben den oben erwähnten Diensten immer stärker auch Multimediales integriert (Videos, Animationen, Töne, Sprache, ...) oder das "Herunterladen" von Programmen oder Dateien auf den eigenen PC ermöglicht (*file transfer*). Dass gerade die Naturwissenschaften stark im "Web" vertreten sind, wundert kaum, wurde es doch Anfang der neunziger Jahre im CERN entwickelt. Auch viele Schulen haben bereits "homepages", auf denen sie sich und ihre Arbeit vorstellen.

2.5 Fazit

Niemand kann bestreiten, dass das Internet ungeahnte Möglichkeiten eröffnet, ganze Welten können sich auftun - weniger gerne sieht man, dass es auch filtert, aussondert, die Besitzenden und Kundigen ("*haves*") von den Nicht-Eingeweihten ("*have-nots*") [7] trennt. Wenn man etwa Fragen an Wissenschaftler per Internet stellen lassen möchte, bleiben von denen, die a) solche überhaupt haben und b) sich fragen trauen nur mehr jene über, die c) einen Internet-Zugang haben und d) diesen zu benützen wissen - wenn sie e) an die Information gelangt sind, dass so etwas angeboten wird.

Als zeitweise Quelle der Motivation bietet sich der Einsatz des Internets wegen dessen Neuartigkeit und Faszination an - auf Dauer kann ein Unterricht aber nicht sinnvoll von einem Medium ausgehen. Vergleichbar wäre dies der Idee, im Unterricht Folien oder ein Video einsetzen zu müssen, egal wozu. Letztlich muss im Zentrum eine inhaltliche oder methodische Frage stehen, zu deren Klärung man in der Folge geeignete Medien einsetzt.

3. Möglichkeiten im Unterricht Physik

Wo liegen nun wirklich die Stärken des Internets im Vergleich mit anderen Medien? Was läßt sich damit erreichen, was ansonsten nur schwer oder gar nicht möglich wäre? Was kann es gerade für den Physik-Unterricht bringen?

3.1 Kommunikation

Das Internet und auch das World Wide Web begann als *Kommunikationsmedium*. Auch in der Gegenwart erscheint mir dieser Aspekt am weitesten entwickelt und für schulische Zwecke am fruchtbarsten zu sein. Schulpartnerschaften, Erfahrungsaustausch zwischen Lehrern oder Schülern, internationale Projekte ... bei vorhandenem Internetzugang bieten sich neue Anregungen sowie einfachere, schnellere Abwicklung, effizient und billig (andererseits: Mit dem Geld der Internetausstattung ließen sich viele Briefe senden und Telefongespräche führen).

Meiner Schule gelang der Einstieg in ein weitgehend organisiertes COMENIUS-Projekt ("*Blicke Europas auf das Universum*"): In nur drei Wochen gedieh die erste Information (per e-mail) bis zum Projektantrag, wobei auch die Formulare elektronisch übermittelt wurden.

Auch im WWW finden sich viele Angebote, mit Klassen einzusteigen, um Aufgaben zu lösen, Messungen durchzuführen und die Ergebnisse auszutauschen. So geht es etwa im "High-Noon-Project" um die Messung des Erdumfangs nach Eratosthenes, wobei Schüler aus der ganzen Welt Schattenlängen-Messungen durchführen und die Daten via Internet präsentieren und vergleichen (<http://www.zum.de/schule/Faecher/PRO/HIGHNOON.HTM>).

3.2 Die Suche nach Information

"Suche" ist im Zusammenhang mit dem Internet ein leicht irreführender Begriff - oft gleichen die Aktivitäten eher einer Abwehr, einem verzweifelten Filtern, um in den Bergen von Heu die wenigen goldenen Nadeln zu finden. Man "surft" von einer Seite zur nächsten, sieht da etwas Schönes, dort etwas Interessantes und hat zuletzt nichts außer Kopfweh.

Eine Suche nach *irgendetwas* Brauchbarem für den Unterricht ist wie ein Gang durch einen riesigen Supermarkt - eigentlich braucht man nichts, aber man findet etwas, was man zuletzt nicht braucht. Die unzähligen Sammlungen von "Links" (direkt anklickbaren Verweisen auf WWW-Seiten) ermüden bald. Besser brauchbar sind unterrichtsrelevante Verweise, Schlagwortkataloge, in denen man nach Fachgebieten oder anderen Kriterien filtern kann (z.B. das SchulWeb Deutschland <http://www.schulweb.de>). Diese können natürlich auch für den Lehrer im Rahmen seiner Unterrichtsvorbereitung nützlich sein.

Dass eine Recherche sehr wohl erfolgreich und zielführend sein kann, zeigt das Unterrichtsbeispiel zum Thema "Elektromog" im folgenden Artikel. Bei genauen und aktuellen Fragestellungen kann uns das WWW seine gewaltige Stärke eröffnen, wobei der Erfolg über Inhaltliches hinausgeht - es geht auch um Suchstrategien oder um Beurteilung von Informationen.

Ein Beispiel: Raumfahrt

Geht es um die Physik der Raumfahrt, eignet sich konventioneller Unterricht mit Büchern, Tafel- und Folieneinsatz.

Ein gutes Video ist bei Einblicken in die Geschichte der Raumfahrt, Shuttle-Flügen oder die Raumstation MIR nicht zu übertreffen.

Bei Fragen nach neuesten Ergebnissen aktueller Missionen (am besten einer bestimmten), nach Grenzgebieten (z.B. UFOs) oder nach Beiträgen österreichischer Firmen und Institute zur Weltraumfahrt wird sich das Internet als überlegen erweisen.

3.3 Präsentation

Es ist heute nicht mehr schwer, sich oder Resultate seiner Arbeit im WWW zu präsentieren, ermöglichen doch die aktuellen Office-Pakete das Speichern beliebiger Dokumente im HTML-Format, also in der Sprache des Web's. Man hat also eine relativ einfache Möglichkeit, weltweit zu veröffentlichen. Dies führt zum gigantischen und wachsenden Datenbestand des Internets, was wiederum die gezielte Suche erschwert. Nicht vergessen werden darf, dass die Präsentation dann zwar vorhanden ist, aber keine Zielgruppe anspricht. Im Rahmen des Physikunterrichts wird sich diese Art der Darstellung hauptsächlich für Projektergebnisse eignen und ergänzend zu anderen Formen treten (Plakate, Referate, praktische Produkte, ...). Auch hier kann das Internet zwar einen Anstoß bieten, letztlich muss aber die Motivation von der inhaltlichen Fragestellung her kommen.

Erfreulicherweise finden sich auf Seiten von Schulen öfter bereits Beschreibungen von Unterrichtseinheiten oder Experimenten, die wiederum von Lehrern im Rahmen ihrer Vorbereitung verwendet werden können. Schöne Beispiele dafür bietet das Gymnasium Korschenbroich: <http://users.aol.com/gyko-phys/index.htm>.

4. Kritische Anregungen zu einer grundsätzlichen Mediendiskussion

Aus didaktischer Sicht zählt das Internet auf jeden Fall zum Entscheidungsfeld *Medien*, welches natürlich mit den weiteren (Inhalte, Ziele und Methoden) eng zusammenhängt. Ich

möchte hier nur einige Anregungen zur Mediendiskussion rund um das Internet beitragen und zu Meinungsäußerungen Stellung nehmen, die mir überzogen erscheinen.

4.1 Sprache, Schrift und Buch

Die Schule (und andere Bildungsinstitutionen) bauen nach wie vor wesentlich auf das *gesprochene Wort*, auf Kommunikation in einem realen sozialen Umfeld - die Sprache ist das wichtigste Medium des Unterrichts. Mit abnehmender Bedeutung? Insbesondere bei Vorträgen läßt sich eine Schematisierung beobachten - die Sprache wird linear, perfekt und nähert sich damit der "Sprache" der Computer an, was die Tendenz zum Ersatz von Menschen durch Maschinen in sich birgt.

Das zweite fundamentale Medium der Schule ist die (geschriebene) *Schrift*, etwa auf den Trägern Heft und Tafel. Mag diesen Einrichtungen auch etwas Altmodisches anhängen, fördern sie jedenfalls die Kreativität und repräsentieren zeitlich und räumlich das *"menschliche Maß"* [8]. Der Computer könnte in der Zukunft das Schulheft ersetzen, was jedoch eine wesentliche Änderung dessen bedeutete, was "Schreiben" heißt. Wie kritzelt man in den Computer des Nachbarn? Die elektronische Revolution ist von einer Umdeutung wesentlicher Begriffe begleitet, z.B. auch "Schreiben", "Lesen", "Rechnen", aber auch "Denken" oder "Lernen". "*Schreiben*" im klassischen Sinn meint einen ganzheitlichen Vorgang von Schmierern, Kritzeln, Mitschreiben bis hin zu schönem Schriftbild oder gar Kalligraphie. Computerisiertes "*Schreiben*" bedeutet reine Informationseingabe, derzeit über Tastatur, bald vielleicht über Mikrofon.

Beim Medium *Buch* ist die Situation allerdings jetzt schon so, dass die meisten Druckwerke auch elektronisch vorliegen und teilweise sogar im Internet zugänglich sind. Zu bedenken ist aber, daß es dort kein Urheberrecht gibt, weshalb Schriften, die verkauft werden wollen, im Internet nur als Ankündigungen oder in Teilen erscheinen. Weiters fehlen im Vergleich zu den Printmedien Redaktion und Lektorat - jeder darf ungeprüft Alles und Jedes veröffentlichen, ob richtig oder falsch, was Unmengen überflüssiger und minderwertiger Information ergibt, dazwischen einige Perlen.

Barry Sanders diskutiert den Wechsel vom Buch zum Computer als neues Leitmedium und befürchtet einen "*Verlust der Sprachkultur*" [9], das heißt einen Verlust unserer Kultur überhaupt. Ohne feste Verwurzelung in mündlicher Sprache bekommt man Probleme beim Erlernen der Schrift, es entsteht ein funktionelles Analphabetentum. Dies bedeutet einen Verlust des Selbst- und Weltbildes. Das Internet ist derzeit noch ein stark textbasiertes Medium, allerdings sind die Tendenzen zunehmender Bildhaftigkeit unübersehbar - es verschmilzt mit dem Medium Fernsehen und wird damit analphabetengerecht.

4.2 Die vierte Kulturtechnik

Es tut mir leid, aber ich konnte bisher nicht erkennen, weshalb der Umgang mit den neuen Medien und Netzwerken überhaupt nur in die Nähe von Lesen, Schreiben und Rechnen (im klassischen Sinn!) gesetzt werden kann. Die Bedienung eines Autos ist meines Erachtens schwieriger (und gefährlicher) und beeinflusst Denken und Wahrnehmung auch nicht gerade in geringem Ausmaß. Die Benutzung von Computer und Internet lernen Jugendliche immer häufiger sowieso zu Hause, die

Schule sollte das Geld dafür anders einsetzen, meint *Neil Postman*. Auf die Frage, ob der Computer eine Technik von ähnlicher Bedeutung wie Lesen und Schreiben ist meint er:

"Lesen und Schreiben sind nicht einfach Techniken! Computere freaks und andere High-Tech-Verliebte, die so etwas behaupten, sollten mir einmal folgende Frage beantworten: Warum wurden die Erfinder von Computer, Fernsehen, Radio, Film fast ausschließlich mit Papier und Bleistift ausgebildet? Warum sind diese Menschen so schlau, wenn Lesen und Schreiben nur Techniken sind? Sie haben die Welt verändert - auf der Basis von Bleistift, Papier und Buch. Nein, im Lesen und Schreiben steckt etwas, das weit über eine bloße Technik hinausgeht. Es verändert unseren Geist, gibt uns analytische Kraft." [10]

Computer waren noch Werkzeuge zur Schulung des Denkens, als sie hauptsächlich für das Programmieren eingesetzt wurden. Mit zunehmender Multimedialität und Bedienerfreundlichkeit rücken sie in die Nähe von z.B. Videorecordern, die übrigens oft schwieriger zu bedienen sind. Sollte dies alles eine Kulturtechnik werden so wohl nur in einer radikal geänderten "Kultur", in welcher das Zählen bis vier hauptsächlich zum Auffinden des gewünschten Programmplatzes erforderlich ist.

4.3 Medienkompetenz und neue Lernmethoden

Gar so neu ist das Alles wohl nicht, was man da tut. Und was neu ist, muß noch lange nicht besser sein.

"Zur Medienkompetenz gehören zunächst einmal die Auswahl, Nutzung, Bewertung und Gestaltung von Medien" [11, S. 16]. Der kritische Umgang mit neuen Medien braucht zuallererst die Fähigkeit zu kritischem Denken überhaupt. Eine wesentliche Eigenschaft von Computer und Internet ist, dass sie wunderbare und faszinierende *zusätzliche* Medien sind. Wer in einer Bibliothek findet, was er sucht, wird sich im WWW schnell zurechtfinden, wer kein Inhaltsverzeichnis eines Buches lesen kann, surft höchstens von Bild zu Bild.

Ähnlich wie sich die allermeisten der geforderten "neuen" Fertigkeiten bereits in den aktuellen Lehrplänen finden, klingen die "neuen" Methoden (*kooperatives, selbst-organisiertes Lernen, neue Lernorte, authentische Probleme ...* [11, S. 14]) höchstens jemandem neu, der sich noch nie mit der Projektmethode auseinandergesetzt hat, deren Ansprüche diese Methoden schon seit Jahrzehnten sind. Andererseits zeigt diese Parallelität jedoch, dass sich die neuen Medien gerade im Rahmen von Projekten hervorragend nutzen lassen.

Ein letztes Wort zur Vielseitigkeit der neuen Medien (*Multimedia*: Text, Bilder, Video-Sequenzen, Ton, Kommunikation, ...): Was ist so vielseitig daran, stundenlang auf einen flimmernden Schirm zu starren, tippend oder Maus-klickend?

Eine multimediale Einrichtung gibt es schon an den Schulen. Sie ist textfähig mit interaktiver Sprachausgabe und läuft in 3D-Grafik in Echtzeit: Den/die *LehrerIn*.

Hinweise

[1] E. Gehrler: APA-Journal 21.10.1997

[2] C. Stoll: *Die Wüste Internet*. Fischer Verlag 1996, S. 26

[3] *PC-Hersteller lassen Schulen im Stich*. In: Computerwelt 47/97, S.1

[4] R. Busch: *Lernen aus dem Netz*. In: c't 6/97, S. 280

[5] *Lehrer brauchen "Medienschein"*. In: Kleine Zeitung 29.1.1998, S. 14

[6] J. Hildebrand: *Internet-Ratgeber für Lehrer*. Aulis-Verlag 1997, S. 9

[7] D. Betse, Spektrum Dossier 1/98: *Die Welt im Internet*, S. 3

[8] Ich danke Dr. A. Hohenester für diese mündliche Anregung

[9] B. Sanders: *Der Verlust der Sprachkultur*. Fischer Verlag 1995

[10] N. Postman: *Das Internet taugt nicht für die Hausaufgaben*. Interview in DIE ZEIT vom 18.10.1996

[11] R. Schulz-Zander: *Veränderte Anforderungen an schulisches Lernen in der Informationsgesellschaft*. In: Schulen am Netz, Wien 1997

Tips zur Suchstrategie im WWW

Viele der im Internet verfügbaren Suchprogramme arbeiten mit den gleichen Anweisungen wie die größte "Suchmaschine" *altavista* (<http://www.altavista.com>).

Beispiel: Schwarze Löcher.

Die dargestellte Abfolge führt zu einer fortlaufenden Verringerung der Suchergebnisse. Zu beachten ist, dass die Suche durch Eingabe deutscher Wörter von vorneherein auf deutschsprachige Dokumente einschränkt ist.

1. Eingabe: schwarze löcher

Bedeutet: ODER-Verknüpfung! Suche in allen Teilen von WWW-Seiten nach "schwarze" oder "löcher", Groß-Kleinschreibung wird nicht beachtet (findet also auch SCHWARZE, Löcher, ...)

2. Eingabe: Schwarze Löcher

Ebenfalls ODER-Verknüpfung, aber unter Beachtung der Schreibweise, also nur Suche nach "Schwarze" oder "Löcher".

3. Eingabe: +schwarze +löcher

UND-Verknüpfung: Beide Wörter müssen im Dokument vorkommen (aber nicht hintereinander)

4. Eingabe: "Schwarze Löcher"

Sucht genau nach diesem Text.

5. Eingabe: title:"Schwarze Löcher"

Sucht nur in Titeln von Dokumenten nach genau diesem Text.

Thema Elektromog im Internet

Eine Unterrichtseinheit mit Informationssuche im World Wide Web

Stefan Gollner, Bernhard Pichler

An diesem Beispiel aus der Schulpraxis soll eine der Einsatzmöglichkeiten des Internets im Physikunterricht ein wenig detaillierter betrachtet werden. Im Rahmen eines Kleinprojektes wurde das Informationsmedium WWW von Schülern zur selbsttätigen Internetrecherche zu einem physikalischen Themengebiet eingesetzt. Der genaue Ablauf dieses Kleinprojektes und die daraus gewonnenen Eindrücke und Erkenntnisse sollen hier beschrieben und anschließend diskutiert werden.

Rahmenbedingungen

Das Kleinprojekt wurde am BRG Keplerstraße (Graz) mit einer 7. Klasse (17 SchülerInnen) durchgeführt, angeregt durch die Lehrveranstaltung "Computereinsatz im Physikunterricht" im Rahmen der fachdidaktischen Ausbildung. Für die Internetrecherche im WWW stand eine Doppelstunde in einem der Computerräume der Schule zur Verfügung. Dieser Raum war mit 10 ans Internet angeschlossenen Computern ausgestattet. Die Anbindung des schulinternen Netzwerkes an das Internet erwies sich durch Direktverbindung (mittels Standleitung) zu einem WWW-Server der technischen Universität Graz als sehr stabil und leistungsstark.

Die Schüler dieser 7. Klasse hatten bereits alle, zumindest durch den einjährigen Informatikunterricht (in der 5. Klasse), mehr oder weniger Erfahrung im Umgang mit dem Internet. Im Physikunterricht starteten sie gerade mit dem Kapitel "Elektrostatisches Feld" (dem ersten Kapitel, gemäß Fachlehrplan der 7. Klasse). Betreut wurde das Projekt durch den Physiklehrer der Klasse (Dr. Gerhard Rath) sowie durch zwei Studenten (die Autoren dieses Artikels), alle drei mit grundlegenden Kenntnissen im Arbeiten mit dem Internet.

Für die Beprechung und Präsentation der Rechercheergebnisse waren zwei weitere Physikstunden (im Physiksaal) eingeplant.

Projektübersicht

- Internetrecherche im WWW zum Thema "Elektromog"
- Besprechung der Rechercheergebnisse
- Präsentation der zu Schwerpunktthemen zusammengefaßten Resultate

Projektverlauf

Die ersten beiden Unterrichtseinheiten (Doppelstunde im Computerraum) - Internetrecherche im WWW zum Thema "Elektromog"

Stefan Gollner und Bernhard Pichler sind Lehramtsstudenten der Physik an der Univ. Graz. Bernhard Pichler verfaßt eine Diplomarbeit über das Internet im Physikunterricht.

Arbeitsauftrag:

Die genaue Themenstellung lautete: "Belastung des Menschen durch elektrische und magnetische Felder sowie durch elektromagnetische Strahlung - ist Elektromog gefährlich?" Dazu wurden die Schüler (in Zweierteams, je Computerarbeitsplatz) vor die Aufgabe gestellt, mittels "Suchmaschinen" nach themenbezogenem Material im WWW zu recherchieren. Durch eine geschickte Suchstrategie sollte ein möglichst auf die Thematik eingeschränktes Suchergebnis erhalten werden. Aus den jeweiligen Suchergebnissen sollte jedes Zweierteam zumindest zwei ihrer Ansicht nach für das Thema relevante WWW-Dokumente auswählen. Die bei dieser Auswahl angewandten Kriterien sollten sich die Schüler bewußt vor Augen halten und auch notieren. Die ausgewählten WWW-Dokumente sollten ausgedruckt oder zumindest lokal auf Festplatte oder Diskette abgespeichert werden.

Lernziele:

- Entwickeln und Verbessern von Suchstrategien für eine zielsichere Recherche im WWW
- Die Möglichkeiten des WWW als Instrument zur selbständigen Informationsbeschaffung kennen und einschätzen lernen
- Analyse und Selektion von Informationen bewußt vornehmen

Arbeitsablauf:

Nach Erhalt des genauen Arbeitsauftrages und eines Handouts mit praktischen Tips für eine effiziente Suchstrategie arbeiteten die Schüler selbständig an der Recherche. Das Betreuer-team beobachtete den Arbeitsverlauf und half den Zweier-teams bei auftretenden Problemen.

Eindrücke, Erkenntnisse:

- Trotz angeblich vorhandener Internetkenntnisse hatten doch ein paar Schüler Probleme bei der Bedienung des Browsers und der "Suchmaschinen". Viel größere Schwierigkeiten hatten aber viele Schüler dabei, selbständig eine zielsicherere Suchstrategie zu entwickeln. Das Handout mit den Tips für eine effiziente Suchstrategie war offenbar keine große Hilfestellung, wurde von vielen Schülern aber auch gar nicht gelesen - abgelenkt durch die Faszination der Verlockungen des Internets ?
- Konzentriertes und zielorientiertes Arbeiten erwies sich nämlich grundsätzlich - durch die Merkmale des WWWs - als sehr schwierig. So wurden Schüler immer wieder dabei ertappt, daß sie durch WWW-Seiten "surften", welche mit dem Recherchethema nichts zu tun hatten. Auch andere Internetaktivitäten wurden bei dieser Gelegenheit statt des eigentlichen Arbeitsauftrages durchgeführt, wie etwa das Verfassen und Senden von E-Mails.

- Die ständige Kontrolle der Schüleraktivitäten durch zumindest zwei Betreuer war unter diesen Gesichtspunkten unbedingt notwendig.
- Trotz der aufgezählten Störvariablen, die ein zielorientiertes, selbständiges Recherchieren behinderten, war das Rechercheergebnis letztlich insgesamt sehr umfangreich, auch vom physikalischen Gehalt her gesehen.
- Eine wesentliche Erklärung hierfür ist sicherlich die glückliche Wahl oder eigentlich die Vorgabe (weil im Recherche-thema enthalten) des Schlagwortes "Elektrosmog", welches, schon bei alleiniger Verwendung für die Suchanfrage, ein Suchergebnis mit vielen themenrelevanten WWW-Dokumenten lieferte. Damit begnügten sich offensichtlich einige Zweier-Teams und nutzten vielleicht auch deshalb die restliche Zeit für andere Internetaktivitäten, anstatt ihre Suchstrategie zu verbessern (z.B. um ganz gezielt Informationen zu Teilaspekten der Thematik zu erhalten).
- Eine weitere Erklärung für das ergebnisreiche Rechercheergebnis liegt wahrscheinlich in der Thematik "Elektrosmog" an sich begründet, welche auf das WWW (das Medium, in welchem praktisch jeder publizieren kann) wie zugeschnitten ist, weil aktuell und von recht hoher wissenschaftlicher und politischer Brisanz.
- Alles in allem war zwar die ganze Klasse, wie es schien, mit Freude und Interesse an der Arbeit, jedoch nicht immer konzentriert bei der Recherche.
- Das selbständige Arbeiten der Schüler ermöglichte es den Betreuern individuell auf die Schüler einzugehen, was ein angenehmes Arbeitsklima ergab. Die Anordnung der Computerarbeitsplätze hintereinander in drei Bankreihen machte es aber schwierig, allgemeine Probleme von der Tafel aus mit der gesamten Klasse zu besprechen. Die Bildschirme wirkten dabei wie eine, nicht nur räumliche, Barriere zwischen Lehrer und Schülern.

Dritte Unterrichtseinheit - Besprechung der Rechercheergebnisse

Arbeitsthemen:

Zu Beginn der Stunde erhielten die Schüler einen *Fragebogen*. Er sollte zur Rückmeldung ihrer unmittelbaren Eindrücke von der Recherche im WWW dienen. Zusätzlich sollten die Schüler am Fragebogen ihre jeweiligen Vorkenntnisse im Arbeiten mit dem Internet angeben. Anschließend wurden in Form eines Brainstormings die *Kriterien* zusammengefaßt, nach welchen die Schüler ihre jeweiligen WWW-Dokumente zum Thema selektiert hatten. Darauf wurden die ausgewählten und ausgedruckten Dokumente nach ihren *Inhalten* analysiert und ihre *Verlässlichkeit* (Quelle, Aktualität, ...) zur Diskussion gestellt. Schließlich wurden die Inhalte zu vier Schwerpunktthemen zusammengefaßt, zu welchen sich Schüler freiwillig zu Kurzreferaten in der nächsten Unterrichtseinheit meldeten.

Lernziele:

Analyse der ausgewählten WWW-Dokumente zum Thema "Elektrosmog" (nach Inhalt, Urheber, Aktualität, Zuverlässigkeit, Gestaltung, ...)

Ergebnisse, Eindrücke, Erkenntnisse:

Fragebogen:

Hier sollen die Ergebnisse kurz, bezüglich eindeutiger Trends, interpretiert werden:

Das Arbeiten mit dem Internet wurde von den Schülern generell als sehr spannend empfunden, jedoch schienen sich fehlende Vorkenntnisse negativ auf die Attraktivität des Internets auszuwirken. Die Verlässlichkeit der erhaltenen Informationen wurde generell als sehr hoch, der Zeitaufwand für die Recherche als gering, die Chancen, sich mittels Internet eine Meinung zum Thema "Elektrosmog" zu bilden, mittelmäßig bis sehr hoch eingeschätzt; die Schwierigkeit der Bedienung der "Suchmaschinen" wurde als recht gering eingestuft. Die Attraktivität des Themas "Elektrosmog" wurde recht unterschiedlich bewertet. Die angegebene Anzahl der von den Schülern geschätzten Einträge (im WWW) zum Thema differierte sehr stark (100 - 100000). Ein Großteil der Schüler gab an, maximal 10 Dokumente oberflächlich durchgesehen zu haben (80 min. Arbeitszeit). Nur vier Schüler gaben an, daß sie bei der Beschaffung weiterer Informationen zum Thema auch auf das Internet zurückgreifen würden! Die Vorkenntnisse der Schüler streuten sehr stark - von 3 Jahren Erfahrung und eigenem Internetanschluß zu Hause bis zu gar keinen Vorkenntnissen.

Auswahlkriterien:

Die Schüler bevorzugten, nach ihren eigenen Angaben:

- deutsch verfaßte Dokumente,
- aktuelle Dokumente (Datum),
- die ersten Dokumente, gemäß Auflistung im Suchergebnis der Suchmaschine,
- Dokumente mit professionellem Layout.

Dem Inhalt nach bevorzugten die Schüler Dokumente mit:

- guter Einleitung,
- übersichtlicher Gliederung,
- verständlicher Darstellung,
- Bildern und Diagrammen,
- sensationellen Schlagworten.

Analyse der WWW-Dokumente

Ergebnis:

- ca. die Hälfte der ausgewählten Artikel wurden als wissenschaftlich fundiert eingestuft
- die Inhalte der ausgewählten Artikel wurden zu folgenden Themenschwerpunkten zusammengefaßt:
 - Elektrosmog (Begriffsklärungen, Auswirkungen, Ursachen, Grenzwerte, Schutzmaßnahmen)
 - Belastungen des Menschen durch das Handy
 - Belastungen durch den Computer
 - Belastung durch Hochspannungsleitungen

Eindrücke von dieser Unterrichtseinheit:

Die Analyse der Auswahlkriterien führte zu regen Diskussionen unter den Schülern, wobei eine Auffassung doch bemerkenswert war. So meinte ein Großteil der Klasse, danach gefragt, ob vielleicht der physikalische Gehalt der WWW-Dokumente auch ein Kriterium bei der Auswahl war: "*Um Physik geht's da sowieso kaum! Eher um Umweltschutz!*" Diese Auffassung verwundert, insbesondere bei der Betrachtung der Schwerpunktthemen, welche von den Schülern schließlich bei der inhaltlichen Analyse ihrer Rechercheergebnisse herausgefiltert wurden.

Arbeitsauftrag bis zur nächsten Stunde:

Die Freiwilligen, welche sich zur Präsentation der Schwerpunktthemen meldeten, sollten sich bis zur nächsten Stunde soweit in die zugrundeliegenden Recherchenergebnisse einlesen, daß sie die jeweilige Thematik in Form eines Kurzreferates präsentieren können.

Vierte Unterrichtseinheit - Präsentation der zu Schwerpunktthemen zusammengefaßten Rechercheergebnisse

Geplant war für diesen Projektteil zwar nur eine Stunde, aber durch die regen Diskussionen, welche durch die Präsentation der Rechercheergebnisse unter den Schülern ausgelöst wurden, wurde noch eine weitere angehängt, um die Präsentationen abzuschließen.

Unterrichtsablauf:

Insgesamt referierten zu den Themenschwerpunkten (Elektrosmog, Handy, Computer, Hochspannungsleitungen) 12 Schüler. Zwischen den einzelnen Referaten bestand jeweils die Möglichkeit Fragen zu stellen.

Eindrücke, Erkenntnisse:

- In ihren Referaten "präsentierten" die Schüler innerhalb kürzester Zeit eine Unmenge an Informationen; es wurde mehr oder weniger nur eine Vielzahl von Sachverhalten vorgelesen.
- Inhaltlich ging es dabei vor allem um biologische, medizinische, physikalische und technische Themen im Zusammenhang mit dem Wesen, den Auswirkungen, der

Entstehung von und den Schutzmaßnahmen vor "Elektrosmog".

- Zitierte Studien über mögliche Gesundheitsgefährdungen des Menschen durch "Elektrosmog" (Leukämie, Krebs allg., Schlafstörungen ...) lösten immer wieder rege Diskussionen im Anschluß an das jeweilige Referat aus.

Fazit

- Die Schüler wurden durch selbständiges Recherchieren im WWW auf die Schwierigkeiten und Probleme einer realen, aktuellen, kontroversiellen Fragestellung aufmerksam - die Rechercheergebnisse konfrontierten sie mit unterschiedlichsten Beurteilungen der Thematik und unterschiedlichsten Leitinteressen (z.B. Auftragsforschung). Vor allem die Aussagekraft von wissenschaftlichen Studien (Übertragbarkeit von Experimenten an Tieren und Zellkulturen auf den Menschen) wurde heftig diskutiert.
- Somit ergab sich eine Situation, die der gesamten Klasse sowie dem Lehrer eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten für den Physikunterricht, aber auch für andere Schulfächer (Biologie, Chemie, ...) bietet.
- Bedienungsprobleme machten ein zielorientiertes Arbeiten gemäß Arbeitsauftrag für einen Teil der Schüler ziemlich schwierig, bedingt durch individuell stark unterschiedliche Vorkenntnisse im Arbeiten mit dem Internet. Deshalb wäre ein Internetkurs (z.B. im Rahmen des Informatikunterrichts) wünschenswert, um allen Schülern die gleichen Möglichkeiten beim Interneteeinsatz im Fachunterricht (Bsp. Recherche im WWW) zu eröffnen.

Physik-Links

Österreichische Physikalische Gesellschaft:

<http://www.ati.ac.at/OePG>

Deutsche Physikalische Gesellschaft:

<http://www.dpg-physik.de>

Die DPG hat mit anderen wissenschaftlichen Gesellschaften und Lehrervereinigungen anläßlich der Veröffentlichung der TIMS-Studie ein Bildungsmemorandum veröffentlicht:

<http://www.dpg-physik.de/veroef/bildung.html>

Physikdidaktik in Österreich:

<http://www.kfunigraz.ac.at/expwww/physibox>

<http://www.thp.univie.ac.at/~vfpc>

So ziemlich alle physikalischen Institute der Welt sollen unter

<http://www.physik.uni-oldenburg.de/EPS/PhysNet/>

zu finden sein.

Wer knifflige Aufgaben sucht, ist hier richtig:

<http://star.tau.ac.il/QUIZ/>

Die Nuklidkarte in interaktiver Form findet sich hier:

<http://www.nes.ruhr-uni-bochum.de/CoN>

Planen Sie Ihre Urlaubsreise und besuchen Sie technisch-naturwissenschaftliche Museen? Seien Sie nicht enttäuscht, daß

<http://www.physik.de/sciencemuseum.html>

leider auch manche Verweise in die Irre enthält. Das Museum der Arbeitswelt in Steyr finden Sie beispielsweise hier:

<http://www.museum-steyr.ris.at/>

Sascha Marc Schmeling hat an der Uni Mainz zu Ende seines Lehramtsstudiums als Abschlußarbeit eine Tour durch die Welt der kleinsten Teilchen erarbeitet. Zu finden unter:

http://dipmza.physik.uni-mainz.de/~www_hep/lehssystem/Tour/Tour.html

DIE Quelle für Physik in der Schule mit viel Material und weiterführenden Links ist allerdings Peter Krahmers Seite:

<http://wpex40.physik.uni-wuerzburg.de/~pkrahmer/>

Aber auch die von Andrea Mayer gestaltete Seite bietet viel:

<http://borg-6.borg-graz.ac.at/~bgbruck>

An der Hauptschule St. Aegydt am Nw waren zum Schulschluß moderne Alchemisten am Werk:

<http://borg-6.borg-graz.ac.at/~staegydt/alchem.htm>

Interaktive Physik im Netz ist das Ziel von Herwig Reidlinger am Aufbaugymnasium Hollabrunn:

<http://www.pinoe-hl.ac.at/ag-hl/>

Wie so oft wird keine Gewähr für die Richtigkeit der Daten gegeben, wohl aber, daß Sie am Internet viel Zeit verbringen können.

H. H. Tentschert und H. Kühnelt

International Young Physicists Tournament

3. Platz für Wiener Schule

Gerhard Schiestl

Ein Schülerteam des BG, BRG und BORG 22, Polgarstraße 24 unter der Leitung von Mag. Gerhard Schiestl und Mag. Karl Peterbauer erreichte im 11. Internationalen Turnier junger Physiker (IYPT) (31.5.98 bis 5.6.98) in Donaueschingen (D) unter 18 Teams einen dritten Platz. Österreich nahm an diesem Bewerb zum ersten Mal teil. Die Medaillen gingen an die Teams Tschechien, Deutschland I und Polen.

Der Wettkampf YPT (Young Physicists Tournament) wurde 1979 in Moskau gegründet. Seit 1988 wird dieses Turnier als IYPT (International YPT) auch auf internationaler Ebene abgehalten.

Bei der IYPT konkurrieren Sekundarstufen-Teams. Dabei wird die Fähigkeit geprüft, komplizierte physikalische Probleme zu lösen und die Lösungen in Form von wissenschaftlichen Diskussionen zu präsentieren. Dabei werden folgende zukunftsweisende Aspekte verfolgt:

- Teamarbeit
- Zielorientierung (spezielle Fragestellungen werden ein Jahr lang bearbeitet, Präsentation und wissenschaftliche Streitgespräche werden vorbereitet)
- interkultureller und internationaler Erfahrungsaustausch
- Interdisziplinarität (Physik, Chemie, Biologie) mit Schwerpunkt Physik
- internationale Standortbestimmung des Leistungsniveaus
- selbstbestimmtes Lernen (z.B.: Informationssuche, Problemlösungsstrategien, Auswahl von Quellen, Kontaktaufnahme mit außerschulischen Institutionen...)
- Coaching-Funktion der Lehrer
- Einsatz moderner Technologien: Computer-Simulationen, Präsentationen mit EDV-Unterstützung, Informationssuche und Kommunikation mittels INTERNET
- Entwicklung von Management-Fähigkeiten:
 - gegenseitige Motivation
 - strategische Überlegungen
 - Organisation von noch nicht aufbereiteten Informationen
 - Einhalten von straffen Zeitplänen
 - selbstbewußtes Vertreten des eigenen Standpunktes
- wissenschaftliche Streitgespräche sind auch für die Zuschauer spannend und interessant

Jedes Jahr werden 17 Probleme mit Themen aus der Physik als Wissenschaft oder physikalischen Anwendungen in der Technik, in anderen Naturwissenschaften, in der Ökonomie, im Gesundheitsbereich oder im Sport gestellt.

Im Laufe des Schuljahres erforschen die Teams die Probleme experimentell, stellen Hypothesen für Lösungen auf, erarbeiten mathematische Modelle, erfinden Computersimulationen und nehmen mit Universitätsinstituten bzw. entsprechenden Vertretern der Wirtschaft Kontakt auf. Die Ergebnisse werden für die Präsentation zusammengefaßt.

Der Wettkampf erfolgt nach festgelegten Regeln in englischer Sprache. In den einzelnen Wettkämpfen muß jedes Team drei Rollen präsentieren:

- Reporter: Das Ergebnis der Nachforschungen und Überlegungen zu einem der Problem wird präsentiert;
- Opponent: Kritisiert den Bericht des Reporterteams nach physikalischen Maßstäben, stellt Verbesserungsvorschläge vor, diskutiert mit dem Reporter über die Ergebnisse;
- Reviewer: Faßt Darstellungen von Reporter und Opponenten zusammen und bewertet diese nach physikalischen Maßstäben aus seiner Sicht.

Jede Rolle wird von einer internationalen Jury benotet.

Der ehemalige Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft hob im Rahmen der 10. IYPT die richtungsweisende Bedeutung dieses Internationalen Turniers junger Physiker hervor (Übersetzung aus dem Englischen):

Wie wird man ein erfolgreicher Physiker?

- Bewahre den Gesamtüberblick in der Physik, sei flexibel.
- Lerne Methoden der Vereinfachung und Lösung komplexer Probleme
- Passe Dich einer internationalen Umgebung (verschiedene Mentalitäten, verschiedene Sprachen) an.
- Lerne die Regeln der Volkswirtschaft und des Managements (Kosteneffizienz, Zeitplanung).
- Werde eine Führungspersönlichkeit (Kommunikation, Präsentation, menschliche Wechselwirkung, Vorantreiben des eigenen Anliegens, Akzeptanz Kompromissen gegenüber).

Schlußfolgerung:

Das Turnier ist ein hervorragendes Unternehmen, um diese Qualitäten zu erlernen.

Im Gegensatz zur Physik-Olympiade gibt es in Österreich für die IYPT noch kein fixes Budget für die Einrichtung von entsprechenden Vorbereitungskursen, von Wettbewerben auf nationaler Ebene, für die Beschaffung von Literatur oder von Geräten, für die Anreise der Teams zum Austragungsort des Wettbewerbs. In vielen der am Bewerb teilnehmenden Ländern werden die Physik-Olympiade und die IYPT gleichermaßen unterstützt.

Österreich wird Gastgeberland beim 12. Internationalen Turnier junger Physiker sein (Organisation: Prof. Mag. Gerhard

Schiestl). Deshalb ist die Teilnahme von zwei österreichischen Teams möglich.

Die Zusammenarbeit mehrerer Teams aus verschiedenen Schulen während der Vorbereitungsphase könnte die Leistung der zwei österreichischen Teams, die an der 12. IYPT teilnehmen, steigern. Physikbegeisterte Schülerinnen und Schüler sowie Lehrerinnen und Lehrer sind daher herzlich eingeladen, bei diesem Turnier im Schuljahr 1998/99 mitzumachen. Voraussetzung: Begeisterung für naturwissenschaftliche Fragen und Bereitschaft für intensive Forschungsarbeiten auch außerhalb des Unterrichts.

Interessenten können sich melden bzw. weitere Informationen erhalten bei:

Prof. Mag. Gerhard Schiestl
BG, BRG und BORG 22, Polgarstraße 24
1220 Wien
Tel: 202 61 41/12
Fax: 202 61 41/32



Abb.: Das erfolgreiche Team (v.l.n.r.): Wolfgang Tauber, Jennifer Rupp, Arthur Golczewski und Angelika Richter.

Problems of the 11th IYPT

Invent yourself: Construct an aeroplane from a sheet of paper (A4, 80 g/m²). Make it fly as far and/or as long as possible. Explain why it was impossible to reach a greater distance or a longer time.

Popping body: A body is submerged in water. After release it will pop out of the water. How does the height of the pop above the water surface depend on the initial conditions (depth and other parameters)?

Spinning disc: Investigate and explain the phenomenon of a spinning annular disc as it progresses down a straight, cylindrical rod. If the rod is moved upwards at a defined velocity, the disc spins at constant height. Investigate the mechanism.

Water streams: A can with three holes in the side-wall at the same height slightly above the bottom is filled with water. The water will escape in three separate streams. By gently touching the streams with a finger they may unite. Investigate the conditions for this to happen.

Water jet: If a vertical water jet falls down onto a horizontal plate, standing waves will develop on the surface of the jet. Investigate the dependence of this phenomenon on different parameters.

Mount Everest: Can you see Mount Everest from Darjeeling?

Air bubble: An air bubble rises in a water-filled, vertical tube with inner diameter 3 to 5 mm. How does the velocity of the rising bubble depend on its shape and size?

Trick: It is known that a glass filled with water and covered with a sheet of paper may be turned upside down without any loss of water. Find the minimum amount of water to perform the trick successfully.

Woven textiles: Look at a point-like light source through different woven textiles. Describe what you see. What is the explanation of the phenomenon?

Repeated freezing: While a vessel filled with an aqueous solution of a volatile fluid, e.g., ammonia, ethanol or acetone, is being cooled, repeated freezing and melting may be observed near the surface. Describe and explain the phenomenon.

Current system: In a Petri dish (shallow bowl), small metal balls, e.g., 2 mm in diameter, are immersed in a layer of castor oil. The inner rim of the dish contains an earthed metal ring. Above the centre of the dish there is a metal needle which does not touch the oil surface. Investigate what happens when the voltage between needle and earth is about 20 kV. (*Warning:* The high voltage should be obtained by means of a safe generator, e.g., an electrostatic generator!)

Powder conductivity: Measure and explain the conductivity of a mixture of metallic and dielectric powders with various proportions of the two components.

Rope: How is it possible that a very long and strong rope can be produced from short fibers? Prepare a rope from fibers and investigate its tensile strength.

Water rise: Immerse the end of a textile strip in water. How fast does the water rise in the strip and what height does it reach? In which way do these results depend on the properties of the textile?

Luminescent sugar: Investigate and explain the light produced when sugar crystals are pulverized. Are there other substances with the same property?

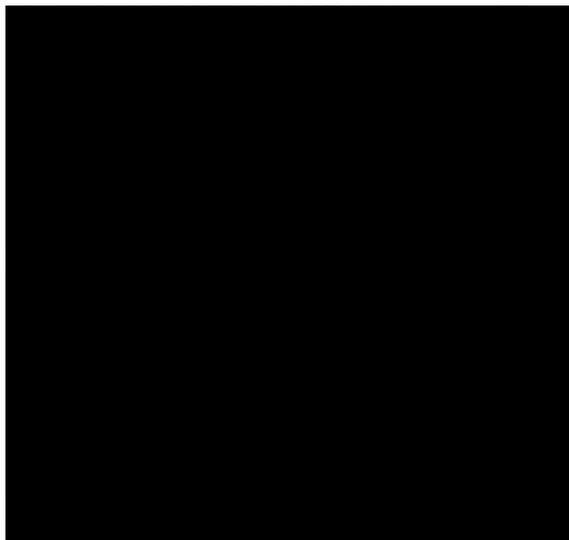
Strange motion: Mix ammonium nitrate and water, proportion 5 to 1. When the mixture is heated to about 100 °C it melts. When it cools, it crystallizes and you may observe a strange motion below the surface. Investigate and explain the phenomenon.

Safety rules: Do not heat the ammonium nitrate without water, preferably use a water bath! Use protection glasses during the experiment!

Icicles: Investigate and explain the formation of icicles.

Weitere Informationen über Internet:
<http://www.mathematik.uni-ulm.de/phbf/iypt>

Spuren eines geborstenen Kometen auf Ganymed



Im Rahmen der Galileo-Mission wurde im April 1997 von der Raumsonde Galileo aus 27000 km Entfernung eine Aufnahme einer Kette von Einschlagskratern auf dem Jupitermond Ganymed gemacht, die an den Einschlag des geborstenen Kometen Shoemaker-Levy im Juli 1994 auf Jupiter erinnern. Kurz nach seinem Zerbrechen unter dem Einfluß von Jupiters Schwerkraft muß der Komet auf Ganymed eingeschlagen haben, wobei er 13 Krater aufwarf. Die Krater liegen quer über einer Grenzlinie zwischen Gegenden mit hellem und dunklem Gestein. Das Auswurfmaterial ist im hellen Gebiet (links oben) deutlich zu sehen.

Der Ausschnitt dieses NASA-Bildes umfaßt einen Bereich von rund 200 × 200 km.

VLT - Very Large Telescope

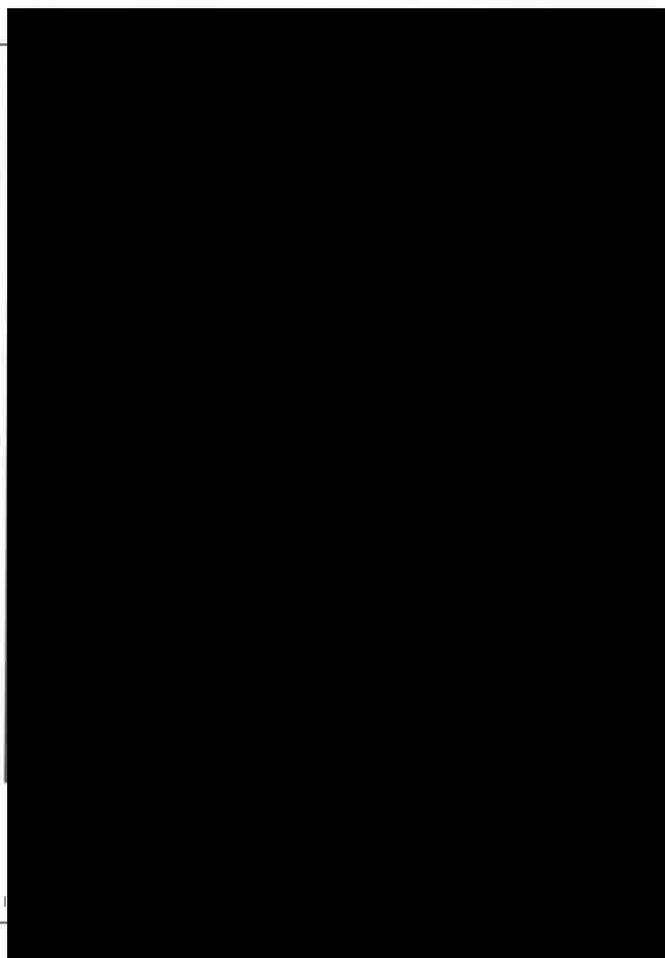
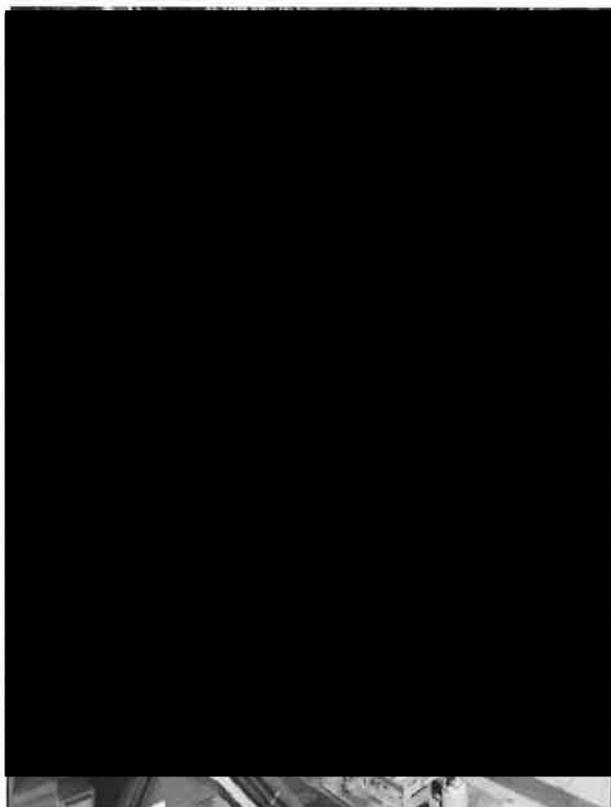
Das erste von vier identischen Teleskopen der Europäischen Südsternwarte (ESO, European Southern Observatory) am Berg Paranal in Chile ist nach zehnjähriger Vorarbeit am 25. Mai 1998 in den Testbetrieb genommen worden und zeigt, daß es allen bisherigen erdgebundenen Teleskopen überlegen ist. Im Bild rechts oben ist die Tragkonstruktion des Hauptspiegels (Spiegeldurchmesser: 8,2 m, Dicke 18 cm) zu sehen, in der Mitte oben der Sekundärspiegel.

Im Bild rechts unten ist eine der ersten Aufnahmen mit dem VLT wiedergegeben. Das Objekt NGC 4650A ist von uns 165 Millionen Lichtjahre entfernt und scheint das Ergebnis einer Kollision zweier Galaxien zu sein. Eine linsenförmige Galaxie aus alten roten Sternen wird fast orthogonal von einer ringförmigen strukturierten Galaxie mit jungen blauen Sternen und Nebeln durchdrungen.

Aus der Geschwindigkeitsverteilung der Sterne in den beiden Komponenten erhofft man Aufschluß über die räumliche Verteilung der Dunklen Materie.

Das Bild ist in Farbe unter

<http://www.eso.org/outreach/press-rel/phot-19-98.html> zu betrachten.



Evidenz für Neutrinomassen?

Helmut Kühnelt

Seit seiner "Erfindung" durch Wolfgang Pauli hat sich das Neutrino als eines der rätselhaftesten Teilchen erwiesen. Fürchtete Pauli noch, daß man dieses Teilchen nie nachweisen werden könne, so wurden mit dem Bau von Beschleunigern Experimente mit intensiven Neutrinostrahlen möglich. Zum Elektron-Neutrino kam das Myon-Neutrino und mit der Entdeckung des Tau-Leptons erwies sich die Existenz eines zugehörigen Tau-Neutrinos als notwendige Annahme. Die Zahl 3 als Anzahl verschiedener Neutrinoarten mit vernachlässigbarer Masse wurde in einem Experiment am CERN aus der Lebensdauer des Z^0 -Bosons der schwachen Wechselwirkung festgestellt.

Darüber hinaus gaben sie weitere Rätsel auf. Beobachtet werden nur Neutrinos, bei denen der Spin stets antiparallel zum Impuls ist (sie bilden "Linksschrauben", die Antineutrinos hingegen Rechtsschrauben) - gibt es keine "Rechtsschrauben"-Neutrinos oder nehmen diese nur nicht an den üblichen schwachen Wechselwirkungen teil? Haben sie eine kleine Masse oder bewegen sie sich masselos mit Lichtgeschwindigkeit? Alle Versuche, aus dem Energiespektrum der Elektronen im Beta-Zerfall eine Masse zu bestimmen, sind bisher fehlgeschlagen. Aus den kleinen Laufzeitunterschieden der Neutrinos, die mit großer Sicherheit von der Supernova SN87a aus der 180.000 Lichtjahre entfernten Großen Magellanschen Wolke stammten und in mehreren Detektoren registriert wurden, wurde unter der Annahme ihrer gleichzeitigen Entstehung versucht, einen Wert für ihre Masse abzuleiten. Der Wert von $3,4 \text{ eV}/c^2$ ($< 10^{-5}$ Elektronenmassen) wurde wegen der zweifelhaften Annahme nicht sehr ernstgenommen. Es bestand Konsens, daß Neutrinos wahrscheinlich masselos sind.

Ein weiteres Rätsel geben uns die Sonnen-Neutrinos auf, von den uns nach den Ergebnissen von mehreren unabhängigen Experimenten etwa nur ein Drittel erreichen, die bei der Kernfusion im Sonnenzentrum entstehen sollten. Die Rate der Kernverschmelzungen wird dabei so angesetzt, daß die Leuchtkraft der Sonne erklärt wird. Ein ähnliches Rätsel stellen die Myon-Neutrinos dar, die uns als Zerfallsprodukte von Pionen, die durch die kosmische Strahlung in der Erdatmosphäre erzeugt werden, von "oben" und "unten" bombardieren. Je länger ihr Weg in den Detektor ist, desto weniger werden registriert.

"Evidenz für massive Neutrinos" wurde am 5. Juni 1998 als Ergebnis mehrjähriger Datenaufnahme und Analyse der Super-Kamiokande-Gruppe gemeldet. Diese Gruppe besteht aus Wissenschaftlern aus Japan und USA und untersucht Neutrinos unterschiedlichster Herkunft am derzeit empfindlichsten Detektor. Dieser liegt in Japan etwa 1000 m unter der Oberfläche in einem Bergwerk und enthält reines Wasser in einem zylindrischen Behälter von 40 m Durchmesser bzw. Höhe. Über 13.000 Photovervielfacherröhren - groß wie Fernsehrohren - registrieren die Cerenkov-Strahlung schneller elektrisch geladener Reaktionsprodukte und erlauben die Wechselwirkungen von Myon- und Elektron-Neutrinos zu unterscheiden.

Das bisherige Ergebnis des Experiments besagt, daß nur etwa die Hälfte der nach dem akzeptierten Modell der schwachen Wechselwirkungen erwarteten energiereichen Myon-Neutrinos (Folgeprodukte der kosmischen Strahlung), die von oben kommen, registriert wird (als Vergleichsmaßstab dienen die Elektron-Neutrinos). Wenn sie die Erde durchlaufen und daher einen ca. 12.000 km längeren Weg zurücklegen als die von oben kommenden, werden sie zusätzlich geschwächt.

Dieses Ergebnis kann so interpretiert werden, daß sich Myon-Neutrinos nach ihrer Erzeugung periodisch in andere neutrale Teilchen (vielleicht Tau-Neutrinos) um- und wieder zurück verwandeln, also zwischen verschiedenen Arten "oszillieren". Solche Teilchenoszillationen sind dann möglich, wenn die reinen Sorten keine Energie-Eigenzustände sind. Ähnlich verhalten sich die vor 40 Jahren entdeckten K^0 -Mesonen, deren Energie-Eigenzustände zwischen Teilchen und Antiteilchen oszillieren. Eine Neutrino-Oszillation setzt - aus hier nicht zu erklärendem Grund - eine Massendifferenz der Neutrinos und damit eine von Null verschiedene Masse wenigstens einer Neutrinoart voraus. Angegeben wird, daß die Differenz der Quadrate der Massen kleiner als $6 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$ ist. Leider kann daraus kein Wert für eine Neutrinomasse gefolgert werden. (Zwei Neutrinoarten mit Massen von etwa $3 \text{ eV}/c^2$ würden auf Grund ihrer großen Anzahl die fehlende "dunkle Materie" erklären, mit der das Universum die kritische Dichte hätte und niemals kollabieren würde.)

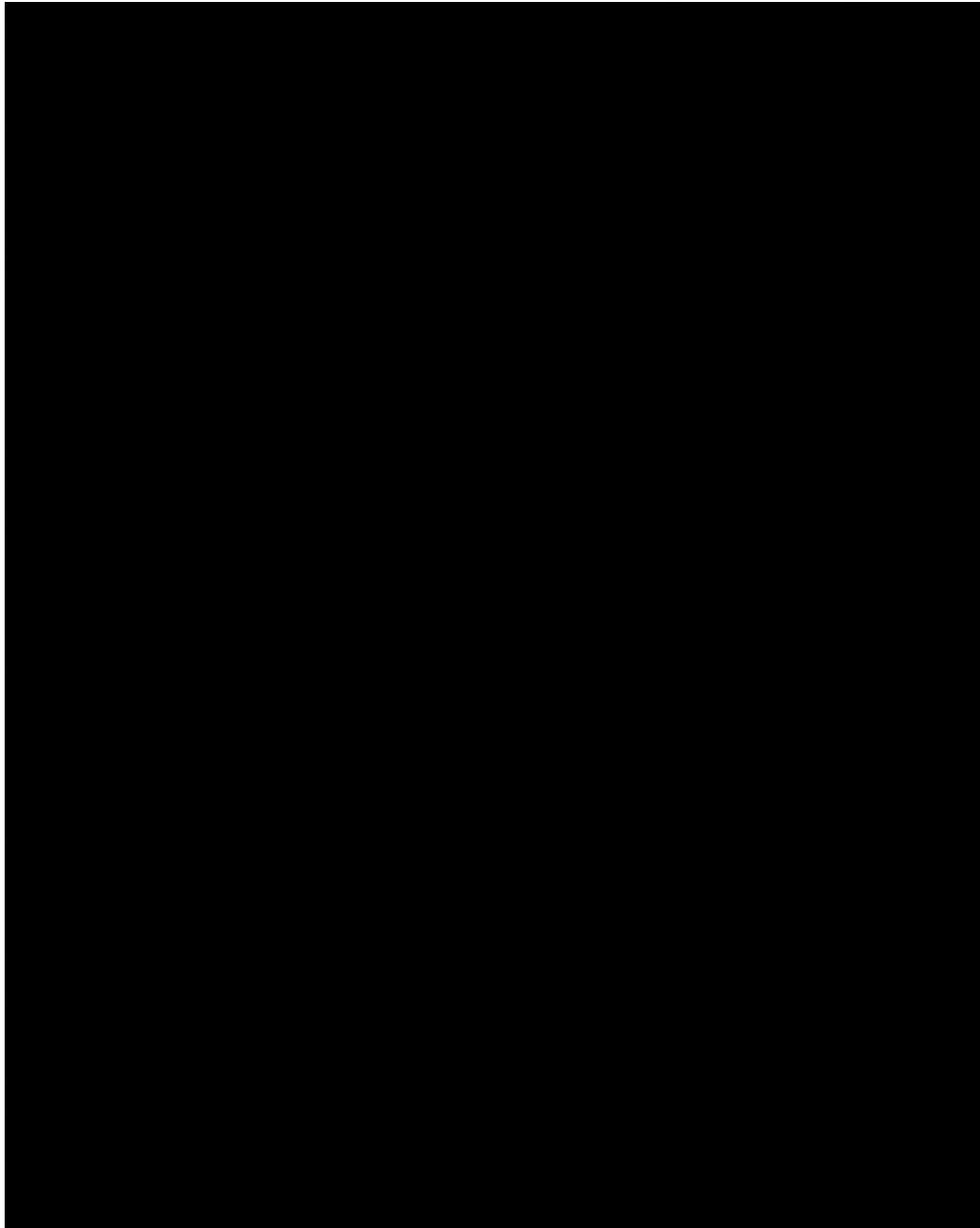
Eine Oszillation der von der Sonne kommenden Elektron-Neutrinos wird als Erklärung vorgeschlagen, warum nur 35% der erwarteten Sonnen-Neutrinos registriert werden. Die jahreszeitliche Änderung des Abstands Erde-Sonne reicht aber zu einer Überprüfung dieser Hypothese nicht aus. Man will daher nun Neutrinostrahlen von den Beschleunigern durch die Erde auf die verschiedenen Neutrinodetektoren (Japan, Italien, Kanada) richten und hofft durch die unterschiedlichen Abstände und die Möglichkeit, die Energie der Neutrino zu variieren, Klarheit zu erhalten.

Welche Lehren kann man ziehen? Während für die Masselosigkeit des Photons ein physikalisches Prinzip postuliert werden kann, das ein unverzichtbarer Bestandteil der Quantenelektrodynamik ist, konnten nie wirklich überzeugende Gründe für die Masselosigkeit der Neutrinos gefunden werden außer, daß alle Experimente, eine Masse zu messen, erfolglos waren. Daher neigte man zur Annahme der Masselosigkeit und nahm diese im sog. Standardmodell der Teilchenphysik an. In den letzten Jahren gab es immer wieder Vorschläge (gerade wegen des Problems mit den Sonnen-Neutrinos), dieses Modell durch Neutrinomassen zu modifizieren- und dies erweist sich nun mit großer Wahrscheinlichkeit als notwendig. Das letzte Wort über die Gültigkeit von Theorien, die ohnedies nur als Kette von Approximationen an die Natur verstanden werden dürfen, hat das Experiment. Wie die Newtonsche Theorie durch die Einsteinsche als Näherung "entlarvt" wurde, ist das "Standardmodell" der Teilchenphysik - keineswegs

überraschend - nicht die endgültige Theorie. (Das in diesem Heft ausschnittsweise aus der Zeitschrift *Die Zeit* übernommene Interview mit dem Nobelpreisträger Steven Weinberg geht auf diese Problematik ein.)

Weitere Informationen finden Sie am Internet unter <http://www.thp.univie.ac.at/netscience> und auf den Servern der Super-Kamiokande-Kollaboration, z.B. unter <http://www.phys.hawaii.edu:80/~jgl>.

Anmerkung: Eine Analogie kann vielleicht zum Verständnis der Oszillationen von Teilchenarten beitragen. Stößt man eines von zwei gleichen Pendeln, die elastisch gekoppelt sind, an, so tauscht es seine Schwingungsenergie mit dem zweiten aus. Zustände mit einheitlicher Schwingungsfrequenz sind nur die symmetrischen und die antisymmetrischen Schwingungen beider Pendel.



Je weiter der Laufweg der Neutrinos ist, desto länger können sie oszillieren. Indem man das Verhältnis der Neutrinoarten (Elektron-, bzw. Myon-Neutrino), die durch die Erde von unten nach "oben" kommen, mit dem Verhältnis der von oben kommenden Neutrinoarten vergleicht, wird man zur Annahme von "Neutrino-Oszillationen" geführt.

(1) Ein aus dem Kosmos auf die Erdatmosphäre treffendes Teilchen (meist ein Proton) erzeugt einen Schauer von Sekundärteilchen, unter ihnen Pionen, die unter Emission von Neutrinos zerfallen.

(2) Nach der Erzeugung scheint die Wellenfunktion der Myonneutrinos hinsichtlich der Teilchenart zu oszillieren, d.h. die Intensität des Myonneutrinostrahls nimmt ab, indem sich Myon-Neutrinos in andere Neutrinos umwandeln. Von diesem Prozeß nimmt man an, daß er periodisch ist, so daß nach einer vollen Oszillationslänge wieder ein 100%iger Myonneutrinostrahl vorliegt.

(3) Im wassergefüllten Detektor reagieren gelegentlich Neutrinos mit Protonen und Neutronen in H- und O-Kernen. Elektron-Neutrinos erzeugen dabei Elektronen, Myon-Neutrinos erzeugen Myonen, die im Detektor unterschieden werden können und bzgl. Energie und Richtung analysiert werden. Tauonen können wegen ihrer großen Masse nicht erzeugt werden.

Nobelpreisträger Steven Weinberg über Schwächen des Standardmodells und die Suche nach der endgültigen physikalischen Theorie

DIE ZEIT: Sie dürften derzeit sehr zufrieden sein: Das Neutrino hat eine Masse, wie jüngst in Japan nachgewiesen wurde.

STEVEN WEINBERG: Ja, ich bin glücklich. Wir Physiker leben seit bald dreißig Jahren mit dem Standardmodell - einer Theorie der Elementarteilchen, die nicht die letzte Antwort sein kann. Denn dieses Modell ist weder so vollständig noch so elegant, wie wir das von einer endgültigen Theorie erwarten. Deshalb wurde seit Jahren nach Effekten gesucht, die auf eine umfassendere physikalische Theorie hinweisen.

Z: Ist die Neutrinomasse solch ein Effekt?

W: Sogar ein sehr wichtiger. In früheren Messungen schien das Neutrino masselos zu sein, obwohl dieses Teilchen nach unserer Spekulation eine kleine Masse besitzen sollte.

Z: Hat Sie das Resultat der japanischen Forscher also nicht überrascht?

W: Es war sehr wahrscheinlich. Das Standardmodell verbietet es den Neutrinos ja nicht, Masse zu besitzen. Und etwas allgemein formuliert, geschieht in der Physik alles, was erlaubt ist.

Z: Ist die Frage der Neutrinomasse nun definitiv beantwortet?

W: Daß Neutrinos eine Masse besitzen, ist nur die allerwahrscheinlichste Erklärung, kein Beweis. Wir sind noch nicht am Ende, aber einen wichtigen Schritt weiter ...

Z: ... auch auf der Suche nach der endgültigen Theorie, an die Sie glauben?

W: Nur qualitativ. Das Experiment in Japan legt nahe, daß es eine Physik jenseits des Standardmodells gibt und einen Weg, diese Physik zu studieren. Aber die Ergebnisse führen uns nicht zur endgültigen Theorie, nicht einmal zur nächsten Theorie. Die Physiker arbeiten hart an der Ablösung des Standardmodells, und viele denken dabei an eine der Stringtheorien, in denen die Gravitation mit den anderen Kräften vereint wird. Das japanische Resultat allein hilft uns jedoch nicht, die richtige Stringtheorie aus allen möglichen herauszufiltern.

Z: In Ihrem Buch "Die ersten drei Minuten" beschreiben Sie die Anfänge des Universums. Wissen Sie heute auch mehr über die letzten drei Minuten?

W: Immer mehr deutet darauf hin, daß es nicht genug Materie gibt, um die Expansion zu stoppen. Dann würde das Universum immer kälter, die Sterne würden erlöschen - falls man mit Universum jenes meint, das wir sehen können. Es gibt aber auch Spekulationen, daß unser Big Bang nur ein kleiner Windstoß in einem größeren Megauniversum war. Käme unser Big Bang zu einem Ende, würden viele andere Big Bangs überall neue Universen entstehen lassen. Wir wissen ja auch nicht genau, was ganz am Anfang geschah. Ich kann Ihnen sagen, wie es etwa drei Minuten, eine Minute oder sogar eine Hundertstelsekunde danach ausgesehen hat, aber weiter zurück geht es nicht.

Z: Ist das Megauniversum nicht ein Beispiel für das, was Kritiker als "ironische Physik" jenseits unserer Vorstellungskraft bezeichnen?

W: Von Zeit zu Zeit entdecken die Wissenschaftler, daß ihre Theorien zwar nicht falsch sind, aber ein viel kleineres Gebiet abdecken, als anfangs gedacht. Es ist sicher beunruhigend, daß unser Universum Teil eines Megauniversums sein könnte und daß das, was wir sehen, der winzigste Teil davon ist. Wenigstens ist die Vorstellung verschiedener Universen sehr interessant, weil sie uns helfen könnte zu verstehen, warum die Naturkonstanten bei uns genau den Wert haben, den wir messen.

Z: Hat es denn Sinn, Theorien über kleinste Teilchen oder Strings zu entwerfen, die experimentell nie nachgewiesen werden können?

W: Vielleicht werden wir nie in der Lage sein, den Stringcharakter der Teilchen nachzuweisen, aber das meiste von dem, was wir heute wissen, haben wir aus indirekter Beobachtung gelernt. Vor allem in der Physik des sehr Großen und sehr Kleinen. Würde eine Theorie für alle numerischen Parameter wie Masse oder Ladungen den richtigen Wert liefern, wäre das ein starkes, indirektes Argument dafür, daß wir die richtige Theorie haben.

Z: Die Symmetrie spielt in den Theorien der modernen Physik eine zentrale Rolle. Wird damit nicht ein Prinzip beschworen, das seine Wurzeln im Kulturellen hat?

W: Meist sind damit Invarianzen gemeint. Ein klassisches Beispiel ist die spezielle Relativitätstheorie. Symmetrie bedeutet dort die Invarianz der Naturgesetze, die unabhängig davon gelten, wie schnell sich ein Beobachter bewegt. Im Alltag denkt man bei Symmetrie an die beiden Gesichtshälften oder an rechts und links. Würden die Physiker konsequent von Invarianz reden, wäre die Verwirrung kleiner.

Z: Müßte demnach die Sprache der Physiker reformiert werden?

W: Physiker nutzen die Sprache oft so, wie es für sie bequem ist, und produzieren dabei manchmal schreckliche Konfusionen. Aber dieses Problem läßt sich nicht lösen. Wir können nur versuchen, immer wieder zu erklären, was gemeint ist.

Z: Heißt das nicht auch, daß sich Physik und Philosophie wieder nähern?

W: Von der Lektion der Philosophie, daß vieles, was uns verwirrt, eigentlich Sprachprobleme sind, können wir Physiker durchaus profitieren. So wenden alle Physiker die Quantenmechanik gleich an, debattieren aber endlos darüber, wie sie zu interpretieren sei. Darüber hinaus sehe ich keine großen Berührungen zwischen Physik und Philosophie.

...

Z: Kann das Universum als Teilchenlaboratorium dienen?

W: Fragen über das ganz Kleine müssen wir auf der Erde studieren. Die Ergebnisse werden großen Einfluß auf die Kosmologie haben. Ich wette, daß nicht Astronomen, sondern Physiker herausfinden werden, was es mit der dunklen Materie auf sich hat.

Z: Worin liegt für Sie der Unterschied zwischen Physik und Mathematik?

W: Ein Mathematiker ist erst glücklich, wenn er etwas bewiesen hat. Physiker sind meist nicht um Gewißheit besorgt - wie

Das Interview führte André Behr. Es erschien vollständig unter dem Titel "Ironische Physik im Megakosmos" in *Die Zeit* vom 16. Juli 1998.

wir im täglichen Leben. Wir haben guten Grund anzunehmen, daß die Sonne jeden Morgen: geht, und ich habe guten Grund sicher zu sein, daß das Photon keine Masse hat. Es beunruhigt mich nicht, ob das nun sicher ist oder nicht. Wir arbeiten nicht mit Beweisen, wir arbeiten mit vernünftigen Wahrscheinlichkeiten.

Z: Falls eine endgültige Theorie existiert, wird sie irgendeine für uns Menschen nützliche Anwendung haben?

W: Man weiß nie im voraus, welche technischen Fortschritte aus der Theorie folgen können. Hätte man im Cavendish-Labor der Cambridge-Universität Ende des 19. Jahrhunderts an praktischen Dingen gearbeitet, dann wahrscheinlich an Dampfkesseln. Dagegen interessierte man sich für so unpraktische Dinge wie die Kathodenstrahlung und entdeckte dabei das Elektron, das heute die Basis der meisten technischen Geräte ist.

Z: Werden wir wenigstens eine Chance haben, die endgültige Theorie zu verstehen?

W: Als Newton die Bewegungsgesetze der Planeten fand, wurden sie seiner Zeit auch nicht unmittelbar verstanden. Heute sind sie Allgemeingut. Wichtig war damals aber, daß das Universum von mathematischen Gesetzen regiert wird und die Menschen fähig sind, diese zu verstehen. Wenn wir die letzten Regeln, die das Universum steuern, in endgültiger Form kennen, wird allein die Tatsache, daß wir das erreicht haben, kulturell wichtig sein. Je mehr man sich den fundamentalen Dingen nähert, um so weiter entfernt man sich vom täglichen Leben. Es wächst die Überzeugung, daß die endgültige

Theorie nicht einmal mehr auf Begriffe wie Raum und Zeit zurückgreifen wird.

Z: Eine kaum nachvollziehbare Vorstellung.

W: Auch für mich. ... Bisher haben wir Raum und Zeit immer als etwas gesehen, das auch auf fundamentaler Ebene existiert. Bei der Suche nach der endgültigen Theorie arbeiten wir nun aber mit Entitäten, die man sich zum Beispiel als Felder vorstellen kann. Nur wenn diese entweder sehr große oder sehr kleine Werte annehmen, lassen sie sich sinnvoll als in Raum und Zeit existierend denken. Vielleicht braucht es Jahrzehnte oder Jahrhunderte, um sich daran zu gewöhnen, daß bei Dingen, an die wir denken, Aspekte der Realität nur in bestimmten Kontexten erscheinen. Aber wir haben ja bereits andere gewohnte Konzepte aufgegeben, wie die, daß Elementarteilchen Größe und Form wie gewöhnliche Objekte haben. Dafür haben sie Energie, Impuls und Spin.

...

Z: Wie ist Ihr Verhältnis als erklärter Atheist zur Religion?

W: Anders als andere Physiker nehme ich die Religion ernst. Ich bin mir über ihren großen historischen und aktuellen Einfluß auf die Menschen bewußt. Wenn tatsächlich ein Gott über uns wacht, wäre das die wichtigste Sache der Welt. Nur glaube ich nicht dran.

Z: Wäre der Physiker, der als erster die endgültige Theorie formuliert, zumindest für kurze Zeit eine Art Gott?

W: Wenn es einem Physiker gelänge, die endgültige Theorie zu entdecken: Von dem historischen Gottesbegriff würde das nicht gedeckt - selbst wenn ich der Glückliche wäre (lacht).

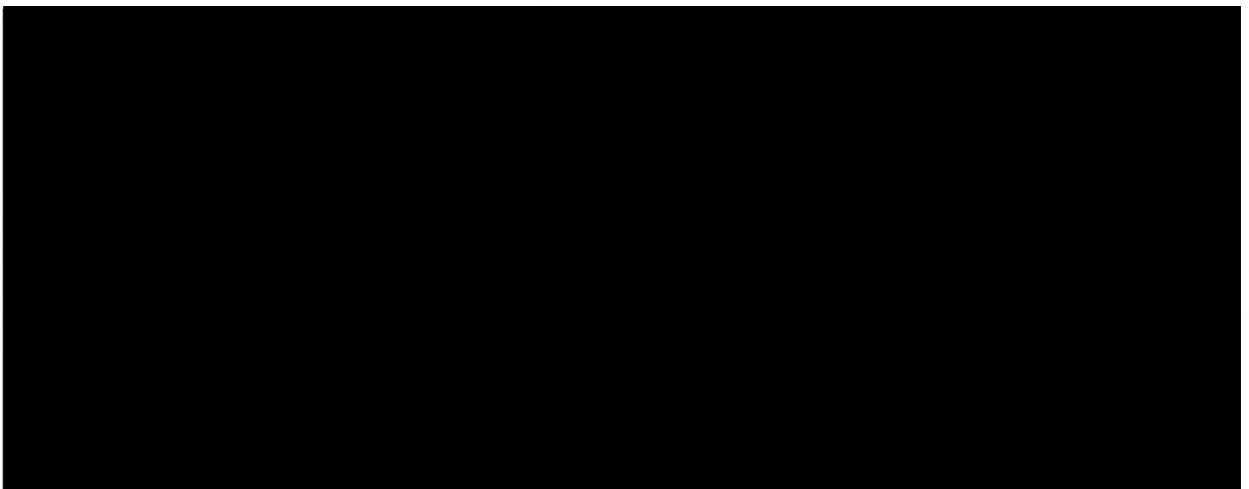
SOHO

Das Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) wurde am 2. Dezember 1995 in den Weltraum gebracht und befindet sich seither im ersten sogenannten Lagrangepunkt in 1,5 Mio km Entfernung stets zwischen Erde und Sonne. Das ursprüngliche Beobachtungsprogramm ging im April 1998 zu Ende. Bei einer Routineoperation ging durch Fehlbedienung am 25.6.98 die Kontrolle verloren, doch besteht Aussicht, diese bis September wieder zu erlangen.

Wichtige wissenschaftlichen Beobachtungen waren die Entdeckung von Plasmaströmen unter der Sonnenoberfläche; eines magnetischen "Teppichs" auf der Sonnenoberfläche, über den die Corona geheizt zu werden scheint; Sonnenbeben (s. Abb.); über 50 Kometen, die in die Sonne stürzten; detaillierte kontinuierliche Aufnahmen der Sonnenatmosphäre; Studien von Massenauswürfen aus der Corona, die über den Sonnenwind zu Magnetstürmen auf der Erde führen.

Anregung: Mit welcher Geschwindigkeit breiten sich die Wellen auf der Sonne aus?

Information im Internet: <http://sci.esa.int>



eines mittleren Sonnenausbruchs zu sehen. Die in einem Flare auf hohe Energien beschleunigten Elektronen werden durch das Magnetfeld auf die Sonnenoberfläche gelenkt, wo sie die Atmosphäre aufheizen und Dichtewellen hervorrufen.

Das CBL-System von Texas Instruments

Heinz-Dieter Hinkelmann

Das System

CBL steht für *Calculator Based Laboratory* und wurde von Texas Instruments entwickelt, um Daten aus physikalischen, chemischen und biologischen Experimenten zu messen und mit den Symbolrechnern TI-82, TI-83, TI-85 oder TI-92 auszuwerten. Das System ist daher geeignet, um im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt zu werden und dem Schüler die "reale Welt" näherzubringen.



Das CBL ist ein handliches, batteriebetriebenes Gerät, das über ein Kabel mit dem Rechner verbunden wird. Über eine große Anzahl von Sensoren können Bewegungen, Temperatur, Helligkeit, Kraft, pH-Wert und vieles andere gemessen werden.

Das Messen und Sammeln der Daten wird durch Programme im Rechner initialisiert. Die Daten liegen dann im Speicher als Listen vor und können analysiert und statistisch ausgewertet werden.

Das CBL kann allerdings auch als "stand-alone" - Einheit fungieren, da es einen eigenen Mikroprozessor und Speicher besitzt, um Daten zu sammeln und vorübergehend zu speichern. Mächtig wird das System allerdings erst zusammen mit den Rechnern.

Das CBL hat drei analoge Eingänge, einen digitalen Eingang, einen digitalen Ausgang und einen speziellen Eingang für den Vernier - Bewegungsmesser. Die analogen Eingänge dienen den drei beigegefügt Sensoren für Temperatur, Licht und Spannung und einer Vielzahl von Sensoren, die von Vernier für das CBL entwickelt wurden.

Vernier Software ist ein amerikanisches Familienunternehmen, das sich auf die Produktion von Sensoren für die verschiedensten Computer- und Rechnersysteme spezialisiert hat.

Es können insgesamt bis zu 10000 Meßpunkte je Sekunde erfaßt werden. Außerdem ist es möglich, mehrere Sensoren anzuschließen und ihre Meßdaten gleichzeitig auszuwerten.

Das CBL Basis-Set besteht aus dem CBL, dem "CBL System Guidebook", dem "CBL System Experiment Workbook" (Experimente und Programme), einem Tragkoffer und drei Sensoren:

• *Temperatur - Sensor:* Benützt einen Thermistor zur Temperaturmessung, der Meßbereich liegt zwischen -20°C und $+125^{\circ}\text{C}$

- *Licht - Sensor:* Benützt einen Phototransistor zur Messung der Lichtintensität, der Meßbereich liegt zwischen 10 mW/cm^2 und 1 mW/cm^2 .
- *Spannungs - Sensor:* Mißt Spannungen im Bereich von $\pm 10\text{ V}$

Die Sensoren

Die Wirkweise der Sensoren (TI oder Vernier) zusammen mit dem CBL ist recht ähnlich:

Es werden die Daten einer elektrischen Größe (Spannung, Stromstärke oder Widerstand) gemessen und dem CBL zugeführt. Eine sogenannte "AutoIDENT" - Funktion im CBL erkennt den angeschlossenen Sensor und die Software wandelt mittels einer Umwandlungsgleichung die elektrische Einheit in die dem Sensor entsprechende physikalische Einheit um und gibt diese am Display aus.

Neben den drei genannten TI-Sensoren gibt es, wie schon erwähnt, eine Vielzahl weiterer Sensoren.

Ultraschall-Bewegungsmesser

Durch Messung der Laufzeit von ausgesendeten und reflektierten Ultraschallwellen wird Abstand, Geschwindigkeit und Beschleunigung eines bewegten Körpers festgestellt. Die Reichweite liegt zwischen 0,4 und 6 m. Dieses Gerät ist besonders geeignet, in Schülergruppenarbeiten Bewegungsvorgänge zu erforschen.



Es lassen sich Bewegungen von Personen, von Wagen auf einer Fahrbahn, eines aufspringenden Balles, von geworfenen Objekten, Pendelbewegungen, harmonische Schwingungen von Körpern an Schraubenfedern, gedämpfte Schwingungen und vieles andere untersuchen.

Mikrofon

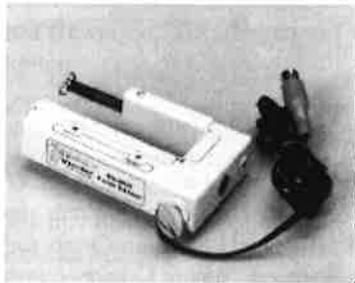
Die mit Mikrofon und dem CBL ausführbaren Messungen können dazu dienen, Schwingungen am Display des Rechners sichtbar zu machen, die von Stimmgabeln, Musikinstrumenten, Stimmen u. ä. erzeugt wurden.

Man kann daher zeigen, welche Wellenformen verschiedene Musikinstrumente erzeugen, wie Frequenz und Amplitude von Tonhöhe und Lautstärke abhängen, wie eine Schwebung zustande kommt oder wie groß die Schallgeschwindigkeit in einer Röhre ist.

Kraft

Die Messungen beruhen auf der Verformung einer Feder. Das recht robuste Gerät kann auf einer Stativstange befestigt oder als Federwaage von Hand aus benützt werden. Der Meßbereich liegt zwischen 0,05 und 10 N. Zwei Stellschrauben am Gerät erlauben die Veränderung der Empfindlichkeit und der

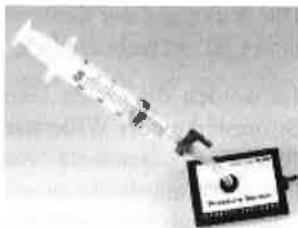
Nullpunktseinstellung. Untersucht werden Reibung, Zentripetalkräfte, Kräfte bei Zusammenstößen von Experimentierwagen u.ä.



Zusammen mit dem Bewegungsmesser lassen sich der Zusammenhang zwischen Kraft und Bewegung, der Impuls oder einfache harmonische Schwingungen untersuchen.

Druck

Der Drucksensor hat einen Meßbereich von 0 bis 6, 9 bar absoluten Gasdrucks. Für das Boyle - Mariottesche Gesetz ist eine Kunststoffröhre mit Kolben beigefügt. Neben dem Nachweis der Gasgesetze (Gay - Lyssac und Boyle - Mariotte)



läßt sich der absolute Nullpunkt bestimmen, die Reaktionszeit einer chemischen Reaktion darstellen, wenn man den Gasdruck betrachtet, den Zusammenhang zwischen Dampfdruck und absoluter Temperatur zeigen oder die Änderung des Partialdruckes eines eingeschlossenen Sauerstoff- oder Kohlendioxidgases am Rechnerdisplay sichtbar machen.

Strom- und Spannungsmeßsystem



Gemessen können Stromstärken und Spannungen in Gleich- und Wechselstromkreisen werden. Das System besteht aus Verstärkerbox, zwei Strommeßgeräten und zwei Spannungs-

meßgeräten und erlaubt daher eine Vielzahl von Experimenten, da jede Kombination der Geräte möglich ist. Der Meßbereich für die Stromstärken beträgt $\pm 0,6$ A, für die Spannungen ± 6 V.

Kolorimeter

Dieses Dreifarbenkolorimeter läßt sich im Chemieunterricht einsetzen. Dazu wird eine Proberröhre mit der farbigen Lösung in den Apparat gesteckt und mit dem monochromatischen Licht einer LED - Lichtquelle bestrahlt. An einer Fotodiode wird der Anteil des hindurchgehenden Lichts gemessen.



Es stehen drei Wellenlängen als Lichtquellen zur Verfügung: blau (470 nm), grün (565 nm) und rot (635 nm).

Viele Experimente, die auf der Anwendung des Beerschen Gesetzes beruhen, lassen sich nun durchführen.

pH - System



Das System besteht aus einer pH - Elektrode (Ag - AgCl) und einem Verstärker und dient der potentiometrischen pH - Bestimmung. Der Meßbereich liegt zwischen den pH - Werten 0 und 14.

Anwenden läßt sich das System etwa bei der Titration (Alkali-metrie, Acidimetrie).

Weitere Sensoren und ihre Meßbereiche

Geringe Beschleunigung (± 50 m/s²), hohe Beschleunigung (± 250 m/s²), Fotoschranke und Zubehör, magnetische Feldstärke ($\pm 3,2 \cdot 10^{-4}$ T und $\pm 6,4 \cdot 10^{-3}$ T), Sensor für biologischer Gasdruck (zwischen 0,76 und 1,56 bar), Barometer (zwischen 0,81 und 1,06 bar), Sensor für direkte Temperaturmessung (zwischen -15 °C und 110 °C), Standardsensor zur Temperaturmessung (zwischen -50 °C und 150 °C), Meßsystem für fernbetätigte Temperaturmessung, Thermoelement (zwischen -200 °C und 1400 °C), System zur Messung der relative Feuchtigkeit (zwischen 0% und 95%), Meßsystem für gelösten Sauerstoff (zwischen 0 und 15 mg/l), Sensor für Herzfrequenz, Herzfrequenz bei Bewegung, EKG, System zur Bestimmung der Leitfähigkeit, Sensor zur Messung der Radioaktivität.

Die Experimente

Ein Meßprogramm, das die Messungen im CBL initialisiert und 2. die Auswertungen der Meßergebnisse durchführt, wird vom Symbolrechner aus gestartet.

Diese Programme können entweder über die Tastatur des Rechners eingegeben werden, was oft recht mühsam ist, oder sie werden von der Festplatte eines Computers in den Speicher des Rechners übertragen. Dazu bedarf es des TI-GRAPH LINK - Kabels mit zugehöriger Software.

Die Programme aus der unten angeführten Literatur gibt es zum Teil auf Diskette als Beigabe, zum Teil liegen sie in Form von Programm-Listings vor. Sicher findet man sie aber für alle angeführten Symbolrechner von Texas Instruments im Internet, von wo sie lizenzfrei kopiert werden können.

Zur Veranschaulichung folgen nun einige Auswertungen von Experimenten. Dazu wurde das CBL zusammen mit dem TI-92 verwendet.

Experiment 1: Harmonische Schwingungen

Bekanntlich stellt eine Masse an einer Schraubenfeder, die in Schwingung versetzt wurde, einen harmonisch schwingenden Oszillator dar, bei dem der Abstand der schwingenden Masse in Abhängigkeit von der Zeit einer Kosinus- (Sinus-) Funktion folgt

$$y = r \cdot \cos(\omega t + \delta)$$

(y ... Elongation, r ... Amplitude, ω ... Kreisfrequenz, t ... Zeit, δ ... Phasenwinkel)

Auf den schwingenden Körper wirkt folgende Kraft:

$$F = -k \cdot y$$

(F ... Federkraft, k ... Federkonstante, y ... Elongation)

Somit ergibt sich

$$F = -k \cdot r \cdot \cos(\omega t + \delta)$$

Für die Geschwindigkeit gilt

$$v = -\omega \cdot r \cdot \sin(\omega t + \delta)$$

Bei diesem Experiment wird die harmonische Schwingung grafisch dargestellt.

Benötigte Hilfsmittel

- CBL-System mit TI-92 Grafikrechner von Texas Instruments, TI-Graph Link 92-Software und Kabel
- Vernier CBL Ultraschall-Bewegungsmesser
- Vernier Kraftmesser mit CBL-DIN-Adapter
- Schraubenfeder mit Massenstück
- Stativ mit Stangen und Klemme

Benötigte Meßprogramme für den TI-92 Grafikrechner

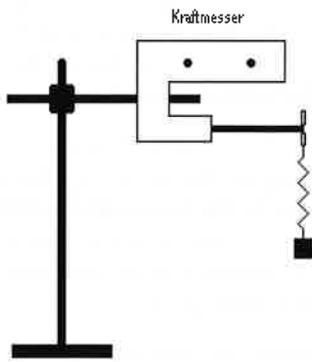
- CBL.92p
- FORCE.92p
- MOTION.92p
- PLOTS.92p

Diese Programme sind dem Experimentierbuch *Exploring Physics and Math with the CBL-System* von Chris Bruening und Wesley Krawiec, Texas Instruments, entnommen. Sie sind aber auch im Internet verfügbar.

Versuchsaufbau 1



Versuchsaufbau 2



Verwendung der Sensoren mit dem CBL-System

- Man kopiert die genannten Programme von einem Computer mittels TI-Graph Link 92-Software und Kabel in den Speicher des TI-92 Grafikrechners.
- Dann schließt man das CBL an einen der TI-92 an, indem man die I/O - Ein-/Ausgänge an beiden Einheiten mit dem beigefügten Kabel verbindet.
- Es wird der Ultraschall-Bewegungsmesser direkt mit dem Sonic-Port des CBL, bzw. der Kraftsensor unter Verwendung eines CBL-DIN-Adapters mit dem ersten analogen Eingang des CBL: CH1 verbunden.

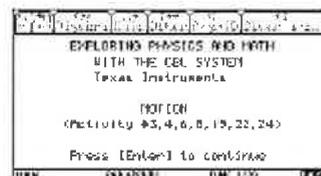
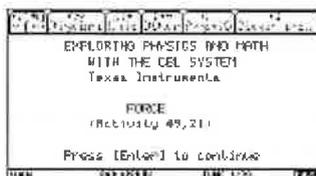
Durchführung der Experimente

- Man startet das Programm CBL() am TI-92, erhält den Initialschirm und nach dessen Bestätigung das CBL-Haupt-

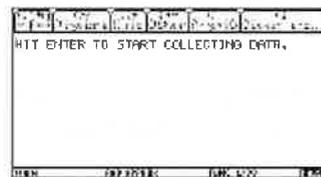
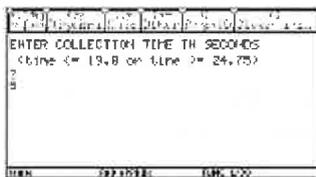
menü. Aus diesem Menü werden die notwendigen Meßprogramme aufgerufen:



- Mit "1: MOTION" wird das Programm MOTION(), mit "4: FORCE" wird das Programm FORCE() aktiviert und führt in entsprechende Untermenüs.
- Man erhält nun denn Initialschirm des Programms FORCE() bzw. MOTION().

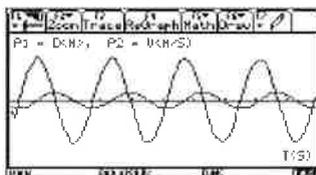
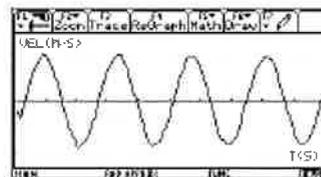
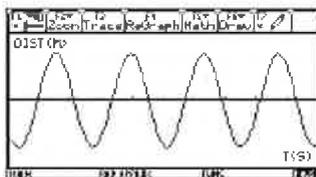


- Ist CBL und Sensor ordnungsgemäß angeschlossen, wird das am Display bestätigt. Andernfalls erhält man eine Fehlermeldung.
- Es erfolgt nun die Kalibrierung der Sensoren, die Eingabe der Meßdauer (in s) und die Aufforderung zum Starten der Messungen:



- Nachdem das CBL die Meßdaten aufgenommen und dem TI-92 zugeführt hat, kann die grafische Auswertung erfolgen. Dazu erscheint das PLOT-Menü aus dem Programm PLOTS(). Man wählt die notwendigen Darstellungen aus.

Auswertungen für den Versuchsaufbau 1



Plot	Seton	Cell	Header	Cell	Util	Stat
L1	L2	L3	L4	L5		
1	0.0000	-0.0000	0.0000			
2	0.1000	-0.0000	-0.1728			
3	0.2000	-0.0000	-0.3456			
4	0.3000	-0.0000	-0.5184			
5	0.4000	-0.0000	-0.6912			
6	0.5000	-0.0000	-0.8640			
7	0.6000	-0.0000	-1.0368			
8	0.7000	-0.0000	-1.2096			
9	0.8000	-0.0000	-1.3824			
10	0.9000	-0.0000	-1.5552			

Die Graphen in der oberen Reihe stellen den Abstand des schwingenden Körpers vom Ultraschall-Bewegungsmesser in Abhängigkeit von der Zeit, bzw. die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit dar. Links unten sind beide Graphen zum Vergleich in einem Koordinatensystem abgebildet.

Die Meßwerte sind im Speicher als Listvariable vorhanden und können im Data/Matrix Editor behandelt werden: L2 enthält die Zeiten und L4 die Abstände und L5 die Geschwindigkeiten.

Auswertungen für den Versuchsaufbau 2

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Der Graph stellt die Abhängigkeit der Federkraft (in N) von der Zeit (in s) dar. Die Meßwerte sind im Speicher als Listvariable vorhanden und können im Data/Matrix Editor behandelt werden: L2 enthält die Zeiten und L4 die Kräfte.

Experiment 2: Boyle-Mariottesches Gesetz

Nach dem Boyle-Mariotteschen Gesetz verhält sich das Volumen V eines Gases verkehrt proportional zum Druck p , wenn die Temperatur konstant bleibt:

$$p \cdot V = \text{const}$$

In diesem Experiment wird der Zusammenhang zwischen Druck und Volumen bei konstanter Temperatur für eine bestimmte Masse Luft untersucht.

Benötigte Hilfsmittel

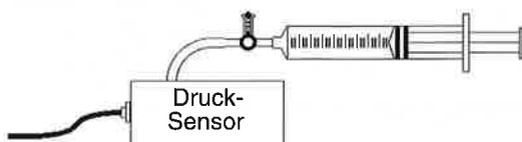
- CBL-System mit TI-92 Grafikrechner von Texas Instruments, TI-Graph Link 92-Software und Kabel
- Vernier Drucksensor
- Injektionsspritze mit Luftschlauch

Benötigte Meßprogramme für den TI-92 Grafikrechner

- PRESSURE.92P

Das Programm PRESSURE.92P ist dem Experimentierbuch *Exploring Physics and Math with the CBL-System* von Chris Brueningens und Wesley Krawiec, Texas Instruments, entnommen. Das Programm ist aber auch im Internet verfügbar.

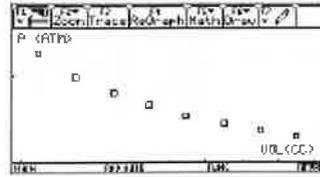
Durchführung des Experiments



- Man startet das Programm PRESSURE() und wählt aus dem Menü "PRESSURE OPTIONS" den Punkt "2:PRESSURE-VOL".
- Nach der Nullpunktkalibrierung (bei einer Einstellung von 25 cm^3 auf der Spritze) gibt man "8" für die Anzahl der Meßpunkte an.
- Druckmessungen sollen nun bei $25, 23, \dots, 11 \text{ cm}^3$ erfolgen.

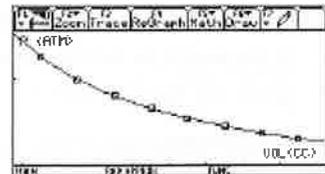
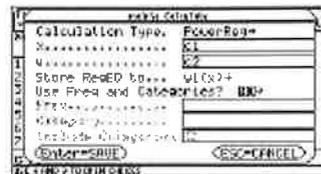
Auswertung des Experiments

Nach den Messungen erfolgt sofort die Darstellung des Plots.



L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



Die Listvariable L2 enthält die Volumina in cm^3 , die Listvariable L4 die Drücke in atm. Die Meßergebnisse lassen sich leicht weiterverarbeiten. Man bringt sie z.B. in den Data/Matrix Editor und nähert sie durch eine Potenz-Regressionslinie an.

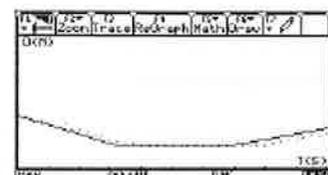
Erfahrungen im Unterricht

Meine Erfahrungen ziehe ich aus dem Physikunterricht in einer Handelsakademie, wo nach neuem Lehrplan 1994 Physik mit je zwei Wochenstunden im dritten und vierten Jahrgang stattfindet. Der Lehrstoff beinhaltet die Kapitel, die auch im AHS-Bereich üblich sind.

Wegen des an sich schon recht gedrängten Lehrstoffes (auch wenn der Lehrplan ein Rahmenlehrplan ist) lassen sich Experimente nur im bescheidenen Maße durchführen. Hier hilft das CBL enorm, da bereits mit geringen Mitteln Meßdaten erhalten werden können, die sich leicht mit dem Taschenrechner auswerten lassen.

Da das Display des Rechners mit Hilfe eines Overhead-Displays (TI View Screen) und eines Overhead-Projektors an die Wand projiziert werden kann, ist es den Schülern möglich, die Auswertungen zu verfolgen.

Die Schüler finden auch Spaß daran, Experimente selbst durchzuführen, wie etwa mit dem Programm MATCH und dem CBL Motion Detector, wo mit einem vom Programm vorgegebenen Graphen (Weg-Zeit- oder Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm) durch die Bewegung eines Schülers Übereinstimmung erzielt werden soll. Die Messung erfolgt dabei im "Real Time" - Modus. Ein typisches Diagramm könnte wie folgt aussehen:



Daraus ergeben sich für mich folgende grundlegenden Verbesserungen im Unterricht:

- Die Datenerfassung mit den Sensoren des CBL ist schneller und effektiver als mit den herkömmlichen Mitteln, da mehr Meßpunkte in kurzer Zeit zur Verfügung stehen.
- Schüler haben eine wesentlich stärkere Beziehung zu den Meßdaten, weil sie diese als reales Konzept begreifen, insbesondere, wenn sie an der Datenerfassung beteiligt sind.
- Experimente können schnell - auch mit geänderten Eingangsvoraussetzungen - wiederholt werden. Somit lassen sich Vermutungen der Schüler rasch widerlegen oder bestätigen.
- Durch die grafische Aufbereitung der Daten erkennen die Schüler die Zusammenhänge zwischen den physikalischen Größen leichter.
- Werden die Daten durch eine repräsentative Funktion modelliert, erkennen die Schüler auch leichter die Bedeutung der Koeffizienten in einem Funktionsterm.

Literatur zum Experimentieren

Die folgenden Bücher sind alle ähnlich aufgebaut:

Einer kurzen Beschreibung des theoretischen Hintergrunds folgen eine Aufzählung der für das Experiment benötigten Materialien, genaue Anweisungen zum Ablauf des Versuchs, Arbeitsblätter und ausgedehnte Lehrerinformationen mit Hinweisen zu Problemlösungen. Am Ende gibt es die Programm-Listings der verwendeten Meßprogramme. Zum Teil liegen auch Programmdisketten bei.

Allen Bellman, Linda Antinone, Chris Brueningsen, Wesley Krawiec, Jack Randall, *CBL SYSTEM Experiment Workbook* (Englisch), Texas Instruments, 111 Seiten

Es sind 21 Experimente aus der Physik (insbesondere der Mechanik) und Chemie (insbesondere Säure - Basen - Bestimmung) beschrieben. Ein Teil der Physikexperimente dient auch dazu, um den mathematischen Hintergrund genauer zu beleuchten.

Das Buch ist Teil der Grundausstattung des CBL-Systems.

Chris Brueningsen, Bill Bower, Linda Antinone, Elisa Brueningsen, *Real-World Math with the CBL-System* (Englisch), Texas Instruments, 164 Seiten

Die hier beschriebenen Experimente - zum Großteil aus der Mechanik, zum Teil auch aus der Wärmelehre, der Elektrizitätslehre und der Optik - sind geeignet, dem Schüler die Welt der Physik und der Mathematik in spielerischer Form näherzubringen.

Chris Brueningsen, Wesley Krawiec, *Exploring Physics and Math with the CBL-System* (Englisch), Texas Instruments, 184 Seiten

Es werden sehr genaue Anleitungen für 48 Experimente aus allen Gebieten der Physik angegeben.

Dan D. Holmquist, Jack Randall, Donald L. Volz, *Chemistry with CBL* (Englisch), Vernier Software, 280 Seiten

Das Buch beinhaltet 35 Experimente aus nahezu allen Bereichen des Chemieunterrichts.

David Masterman, Scott Holman, *Biology with CBL* (Englisch), Vernier Software, 300 Seiten

Das Buch beschreibt 30 Versuche aus dem Biologie- und Ökologieunterricht.

Donald L. Volz, Sandy Sapatka, *Physical Science with CBL* (Englisch), Vernier Software, 280 Seiten

Das Buch beschreibt 40 Versuche für den Physikunterricht.

Anfragen zum CBL: Email: heinz-dieter.hinkelmann@telecom.at

Produktnachweis: bk teachware, Softwarepark, A-4232 Hagenberg, Tel. 07236-6065, Fax. 07236-6065-71, Email: bk.teachware@swp.co.at

Flattert die Milchstraße?

Mit dem Hipparcos-Satelliten wurden die Positionen von Sternen genauestens vermessen: der Hipparcoskatalog enthält die Positionen von 118000 Sternen, der Tycho-katalog von 1 Million.

Die Milchstraße ist - wie die Astronomen seit langem wissen - keine ebene flache Scheibe mit zentraler Verdickung, sondern ist an ihrem Rand gebogen: Die Randsterne liegen in Richtung des Sternbilds Schwan nördlich der durch die Sonnenbahn bestimmten Ebene, in der Gegenrichtung südlich.

Aus der Analyse von Position und Bewegung von über 2000 leuchtkräftigen blauen Sternen ergibt sich nun folgendes Bild: Die Krümmung der Milchstraßenebene beginnt schon innerhalb der Sonnenbahn, die Sonne steigt relativ zur Scheibe der Milchstraße mit 6 km/s. Wäre die Krümmung der Milchstraße zeitlich konstant, sollten Randsterne in Richtung Sternbild Stier eine Aufwärtsbewegung von 8 km/s durchführen. Aus den Hipparcosdaten folgt jedoch eine Abwärtsbewegung von 7 km/s. Die Milchstraße scheint wie die Krempe eines Schlapphuts zu flattern.

Etwa die Hälfte aller scheibenförmigen Galaxien sind offensichtlich gekrümmt. Heißt dies, daß eine einmal induzierte Krümmung ewig anhält oder sind die Krümmungen veränderlich?

Das Flattern unserer Galaxie deutet darauf hin, daß die Krümmung der Galaxien ein dynamischer Vorgang ist. Was könnte die Ursache sein?

Eine Annahme ist die Gravitationswechselwirkung zwischen der unsichtbaren Dunkelmaterie im Halo unserer Galaxie mit den Sternen in der Scheibe (was eher für langsam veränderliche Abläufe spricht). Eine andere Hypothese macht die gravitative Wechselwirkung mit benachbarten Galaxien verantwortlich, den Magellanschen Wolken und der kürzlich entdeckten Zwerggalaxie im Sternbild Schütze.

Die Entdecker des Phänomens gestehen, daß die Ursache der Verbiegung der Scheibe der Milchstraße noch nicht eindeutig geklärt ist.

Information über Hipparcos ist im Internet zu finden unter <http://sci.esa.int/missions>.

Projekt e-Hermes

Peter Eisenbarth

Im Projekt e-Hermes arbeiten das BG/BRG Schwechat, die deutschsprachige Schule Ellinogermaniki Agogi in Athen, die Frh. v. Stein-Schule (Frankfurt) gemeinsam mit den Universitäten Athen, Frankfurt und Wien zusammen. Es handelt sich um ein von der EU gefördertes Projekt aus dem Bereich ODL (open and distance learning).

Das Ziel dabei ist die Erstellung eines Leitfadens für Physik-Lehrer, wie man den Unterricht attraktiver, motivierender gestalten kann, um physikalisches Wissen besser "verkaufen" zu können. Die Idee bei diesem Unterfangen ist, dass Schüler in möglichst eigenständiger und eigenverantwortlicher Arbeit umweltrelevante Daten messen, analysieren und vergleichen sollen und dadurch zu Schlussfolgerungen kommen - wobei natürlich die Rolle des Lehrers nicht wegzudenken ist!

Die von den Schülern erhobenen Messdaten werden über im Informatiksaal jederzeit zur Verfügung stehende PCs eingegeben, über INTERNET an einen zentralen Rechner gesendet und können online mit den Messdaten der Partnerschulen kritisch verglichen und interpretiert werden.

Diese Messdaten werden grafisch aufbereitet und können auf verschiedenste Weise von den Schülern dargestellt werden. Das dazu nötige Programm ("e-tool", ein Perlprogramm mit CGI-sripts) ist plattformunabhängig und gestattet die Darstellung auch bei verschiedensten Hard- und Softwareumgebungen. (Siehe dazu die Homepage <http://www.ellinogermaniki.gr/e-Hermes>.)

Hintergedanke dabei ist, dass die Schüler aus den Vergleichen ihre Schlüsse ziehen - natürlich mit geistiger Begleitung durch die Lehrer - und dabei, mehr und unter anderen Aspekten Zusammenhänge, Methoden etc. lernen, die sie im "normalen Regelunterricht" vielleicht nicht in der Form lernen würden.

Wichtig ist dabei natürlich der gerade im Physikunterricht leider oft vernachlässigte Praxisbezug, dessen Nichtbeachtung ja bekanntermassen dazu führt, dass Physik nicht gerade zu den beliebtesten Gegenständen des Schullebens gehört!

Welche Daten wurden und werden erhoben?

Schüler zweier 3. Klassen sowie zweier 7. Klassen AHS sind aktiv bei der Datenaufnahme und Dateneingabe. Gemessen werden Lufttemperatur, Menge des Niederschlags und dessen pH-Wert, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Energieverbrauch (Strom, Öl, Fernwärme). Weiters werden Elektrosmoguntersuchungen (elektr. und magnet. Felduntersuchungen), Lärmmessungen in und ausserhalb der Schule, Messungen der UV-Strahlung vorgenommen.

Das Projekt ist derzeit (März 98) in einer Phase, in der die Diskussion der Schüler untereinander mittels e-mail (auch ein völkerverständigender Aspekt!) verstärkt stattfinden soll (in Deutsch oder Englisch). Der bisherige Gedankenaustausch er-

folgte über die vierteljährlichen von den Schülern mitgestalteten Ausgaben der Zeitung ESEM (Electronic Student Environmental Magazine), die im INTERNET unter der angegebenen Adresse abrufbar ist.

Zusätzliche Partnerschulen werden im 2. Projektjahr in das Projekt eingebunden, sodass die Motivation und das Interesse noch mehr gesteigert werden können.

Im Rahmen des Projektes wurden Exkursionen zur Flugwetterwarte des Flughafens Schwechat sowie zur Tierärztlichen Hochschule Wien durchgeführt, wo mit ähnlichen Geräten wie an der Schule UV-Messungen durchgeführt werden.

Weiters wurde mit Unterstützung seitens der Univ. Wien (Prof. Kühnelt) eine Untersuchung über den Musikkonsum von Jugendlichen und die damit verbundene Schallbelastung von Schülern in die Wege geleitet (Schallemissionen der Kopfhörer von CD- und Walkman), die den Jugendlichen einmal mehr den Praxisbezug physikalischer Inhalte und deren Wichtigkeit verdeutlichen half.

Insgesamt gesehen hat die bisherige Arbeit den Schülern sehr viel Spass gemacht und sie haben einiges sowohl fachlich als auch arbeitstechnisch, organisatorisch etc. dazugelernt. Ich denke, vor allem die selbständige, auf Eigenverantwortlichkeit basierende Arbeit, bei der man sogar noch etwas "Neues" kennenlernen konnte (Aufbau von Messanordnungen, Handhabung von Messgeräten, Protokollieren von Messdaten) - noch dazu im Umgang mit dem neuen Medium INTERNET hat die Schüler fasziniert und in ihrem Arbeitseifer angespornt!

Eine weitere detailliertere Evaluierung der bisherigen Aktivitäten wird demnächst folgen und dokumentiert werden.

Schüler der 3a und 3c
beim Wetterhäuschen



Der pH-Wert von Regenwasser wurde von der 7c gemessen.

Freihandversuche

Werner Rentzsch

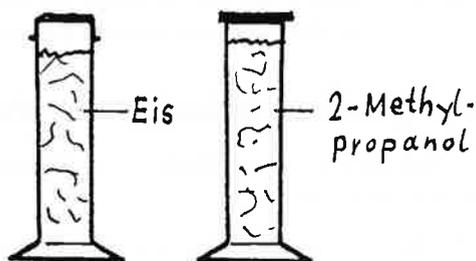
Zimmereis

Material: Kleiner Standzylinder, durchsichtiger Joghurtbecher, 2-Methylpropanol

Durchführung: In einen kleinen Standzylinder füllt man 2-Methylpropanol. Die Flüssigkeit erstarrt bei Zimmertemperatur. Nun hält man das Gefäß mit beiden Händen, bis der Stoff wieder geschmolzen ist. 2-Methylpropanol hat einen Schmelzpunkt von 25,6 °C und kann daher durch die Handwärme geschmolzen werden; bei Zimmertemperatur (20 °C) erstarrt der Stoff wieder.

Hinweise:

- Mögliche Vorgangsweise zur Präsentation des Versuches:
Man stellt den Standzylinder mit dem erstarrten Propanol und einen durchsichtigen Joghurtbecher mit Eis vor die Zuseher (das erstarrte Propanol sieht wie Eis aus).
Nun ersucht man einen Zuseher, den Zylinder mit dem Propanol solange zu halten, bis das "Eis" geschmolzen ist (ev. vorher einweihen - soll nicht sagen, dass das Gefäß gar nicht kalt ist).
Den Becher mit dem echten Eis stellt man auf den Tisch.
Wenn beide Stoffe geschmolzen sind, stellt man sie nebeneinander auf und wartet, bis eine der beiden Flüssigkeiten von selber wieder erstarrt - ev. auf das Fensterbrett stellen (dort ist es kühler und der Stoff erstarrt schneller - aber nicht zur Heizung stellen!).
- Möchte man den Versuch öfter zeigen, verschließt man den Zylinder mit dem Alkohol luftdicht, z.B. mit Kunststoffscheibe zukleben.
- Ist das Methylpropanol im Vorratsgefäß fest, muß erst im Wasserbad vorsichtig erwärmt werden.



Farblos - rot und umgekehrt

Material: 2 Kristallisierschalen oder 2 pneumatische Wannen, 2 große Bechergläser (1 l), Tropf-pipetten, Glastab, Salzsäure, Natronlauge, Phenolphthaleinlösung

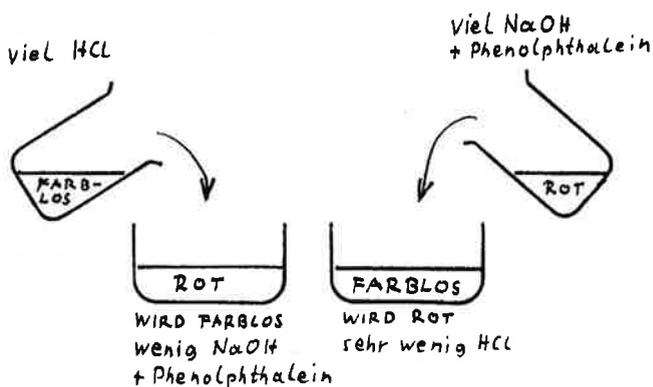
Vorbereitung: Die vier Gefäße werden mit je einem Liter Wasser gefüllt. In die vier Gefäße gibt man Salzsäure, Natronlauge und Phenolphthaleinlösung - Mengen (siehe Abbildung).

Durchführung: Man gießt gleichzeitig die Flüssigkeiten aus den Bechergläsern in die beiden Kristallisierschalen.

Gießt man die farblose Lösung in die rote Lösung, wird diese farblos - Neutralisation (Überschuß an Salzsäure).

Gießt man die rote Lösung in die farblose Lösung, wird diese rot - Neutralisation (Überschuß an Natronlauge).

Hinweis: Man kann auch zum Schluß die gesamte Flüssigkeit in einem Gefäß vereinigen - je nach den Mengen an Salzsäure bzw. Natronlauge wird die Flüssigkeit rot oder farblos.



Duftstoffe

Gerhard M. Brandhofer

Der Geruchssinn des Menschen ist ein bekanntermaßen verkümmert und zurückgebildeter Sinn in unserer visualisierten Welt. Etwa 10 Millionen Nervenzellen auf 8 cm² nehmen Gerüche wahr und leiten Nervenimpulse an das limbische System weiter. Dieser Teil der Hirnrinde steuert unsere Gefühlswelt, Gerüche haben also direkten Einfluss auf unsere Stimmungslage. Das Bewusstmachen eines Sinnes, der pro Sekunde etwa 1000 bit an das Gehirn sendet, kann im Chemieunterricht erfolgen. Dabei soll die Komplexität des Themas Duftstoffe nicht abschrecken, eine geeignete Straffung und Vereinfachung ist unbedingt notwendig. Im folgenden einige Möglichkeiten sich auf experimentelle Weise mit Duftstoffen auseinanderzusetzen:

1. Duft - Quiz

Geruchswahrnehmungen, Duftrichtungen, Klassifizierung

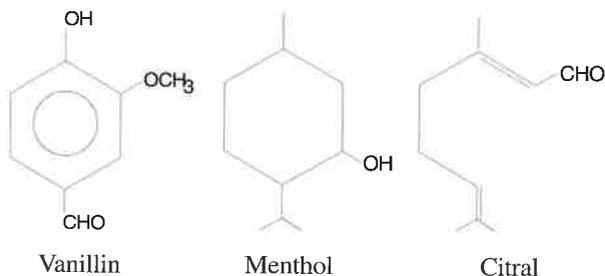
Vorbereitung:

In nummerierten Fläschchen sammeln Lehrer und Schüler "Düfte", z.B.: Gewürze (Zimt, Gewürznelken, Thymian, ...), Parfüms, Ätherische Öle (Rose, Veilchen, Bergamotte,...), selbstgemachte Extrakte und Destillate (Orange, Lavendel, Fichtennadeln,...), Puddingpulver, Reinigungsmittel, Hautcremes, diverse Ester, Aceton, Äther, Buttersäure verd., ... Auf einer Liste werden die Stoffe und Nummern vermerkt. Aus Filterpapier schneidet man Duftstreifen, auf die man die einzelnen Proben auftropft.

Duft-Quiz:

Die Schüler versuchen die Duftstoffe zu erkennen, sie notieren sich auf einem Arbeitsblatt ihre Geruchswahrnehmungen ("holzig", "mild", "blumig" etc.) und ihren Tip. Anschließend vergleicht man die Ergebnisse und geht bei reinen Riechstoffen eventuell auch auf die chemische Struktur ein.

Beispiele:



Arbeitsblatt:

Duft - Quiz

Nr.	Das riecht ...	Das ist ...	Tatsächlich ist es ...
1			
2			
3			

....

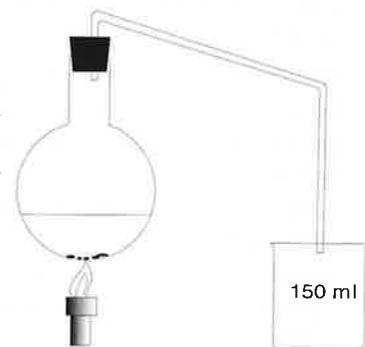
2. Wir erzeugen Duftstoffe

a) Kaltextraktion

Lavendelblüten oder Orangenschalen werden mit etwas Ethanol in einer Reibschale zerrieben, bis ein Brei entsteht. Anschließend filtriert man das Gemisch ab.

b) Destillation

Fichtennadeln, Rosmarin, Zitronenschalen sowie Kümmel und andere Gewürze kann man ihrer Düfte berauben, indem man durch Destillation das ätherische Öl abtrennt.



Die Orangenschalen werden mit einem Messer zerkleinert. Kümmel, Fichtennadeln, usw. zerreibt man mit etwas Sand in einer Reibschale. In den Kolben eines Destilliergerätes gibt man einige Siedesteinchen, füllt einen der Naturstoffe und destilliertes Wasser ein. Hat man die Destillieranordnung zusammengestellt, erhitzt man das Gemisch bis zum Sieden des Wassers. Das Destillat fängt man in einem Becherglas auf.

3. Wir komponieren unser eigenes Parfüm

Mische in einem Becherglas (100 ml) 50 ml Ethanol (96 %) und 10 ml destilliertes Wasser.

Das soll die Basis für unser Parfüm sein. Dieser Basis fügen wir aus unserem Repertoire von Duftstoffen je einige Tropfen zu. Die verwendeten Stoffe und die Tropfenanzahl werden protokolliert.

Ein praktisches Beispiel: Kölnisch Wasser

Gib zu unserer Basis 1 Tropfen Lavendelöl, 10 Tropfen Bergamotteöl, 1 Tropfen Rosmarinöl, 2 Tropfen Neroliöl, 10 Tropfen Zitronenöl und 2 Tropfen Pomeranzenschalenöl.

4. Wir stellen eine Hautcreme her

Herstellung einer Öl in Wasser Creme. Als Emulgator verwendet man am besten Tween 80 (Polyethoxysorbitanooleat, in der Apotheke erhältlich) - eine ölige Flüssigkeit, die aufgrund ihrer hervorragenden toxikologischen und physiologischen Eigenschaften auch in der Pharmazie und Kosmetik für O/W-Emulsionen verwendet wird. Aber auch Cetylalkohol oder Lanolin ist geeignet.

a) Herstellung der Fettphase

Mische 4 g Distelöl und 3 Tropfen Emulgator in einem Becherglas (100 ml).

b) Herstellung der Wasserphase

Mische 10 g Vaseline mit 2 g destilliertem Wasser in einem weiteren Becherglas (100 ml).

c) Erhitzen der Phasen

Erwärme beide Mischungen vorsichtig.

d) Emulgieren

Mit einem Löffel rührt man die Wasserbasis und fügt langsam die Fettphase zu.

Es entsteht eine Emulsion, die man etwas abkühlen lässt.

e) Parfümieren

Gib einige Tropfen Kamillenextrakt (oder andere geeignete Duftstoffe) dazu!

f) Etikettieren

Fülle deine Hautcreme in ein Döschen! Zuletzt wird die Creme beschriftet, das Erzeugungsdatum nicht vergessen, da wir auf Konservierungsmittel verzichtet haben.

Erfahrungen: Die Schüler waren von diesen Arbeiten begeistert. Bereits beim Duftquiz waren sie sehr ehrgeizig und vor allem bei den verschiedenen Parfüms wurde eifrig diskutiert. Durch den Kauf von verschiedenen ätherischen Ölen und der Gewinnung von eigenen Duftstoffen durch Extraktion und Destillation hatten wir eine reiche Palette von Ingredienzien für unsere Parfüms zur Auswahl. Dementsprechend vielfältig wurden die Ergebnisse, offensichtliche Misserfolge wurden weggesteckt und -geschüttet, die Nase geputzt, um umso gewissenhafter die Öle für einen neuen Versuch zusammenzustellen. Seine eigene Hautcreme durfte sich schließlich jeder Schüler mit nach Hause nehmen.

Literatur

(mitgeteilt von Werner Rentzsch)

Großmutter's Geheimnisse, Heft 11, *Sparen im Haushalt - Körperpflege - Natürliche Schönheit*, S 95,--

Bestelladresse: Großmutter's Geheimnisse, Postfach 38, D-8229 Fridolfing

Wolfgang Stix: *Das Reich der Düfte*, Bezug: Bioladen

Beate Rieder, Fred Wollner: *Duftführer*, Bezug: Bioladen

Informationsmappe für Schulen: "Kosmetik transparent"

Bezug: Informationsdienst Kosmetik transparent, Hetzgasse 11, 1035 Wien, Tel. 01/715 91 90 - 20

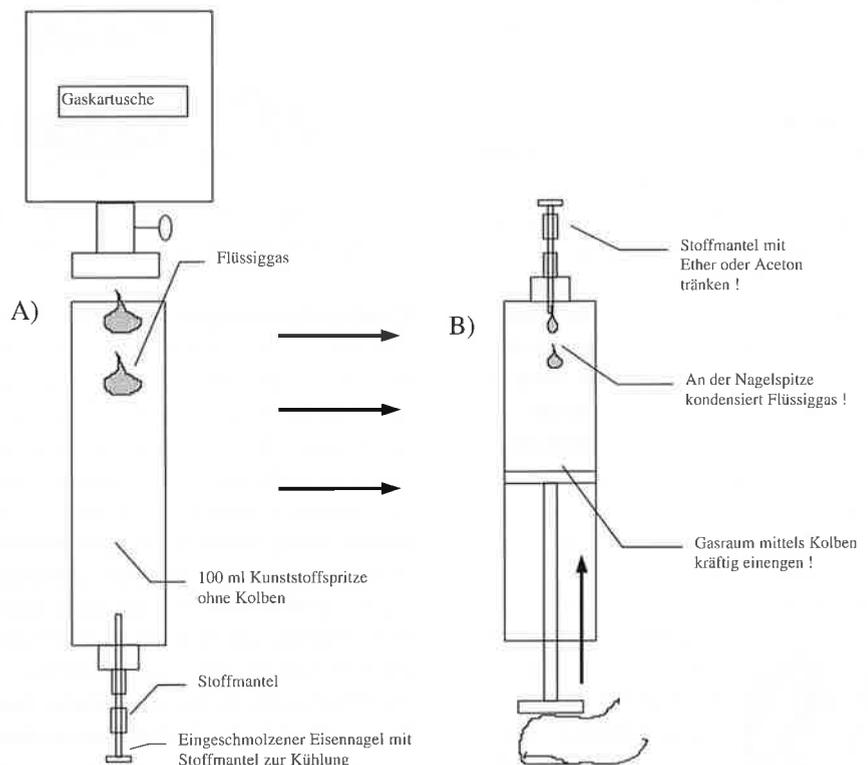
Verflüssigen von Gasen als Sp(r)itzen-Freihandversuch

Ewald Hosemann

ad A) Eine transparente Kunststoffspritze (100 ml), in deren Öffnung ein Eisennagel eingeschmolzen ist, wird mit ein paar Tropfen Flüssiggas aus einer ziemlich vollen Propan/Butan-Gaskartusche (auch andere Gase möglich) von hinten gefüllt. Das verdampfende Flüssiggas soll die Spritze durch Luftverdrängung zur Gänze füllen.

ad B) Danach wird der Kolben wieder aufgesetzt, der Stoffmantel des Nagels zur Kühlung mit einer leicht verdampfenden Flüssigkeit getränkt und das Gas durch kräftiges Drücken des Kolbens komprimiert.

Ergebnis: An der Nagelspitze bilden sich sofort kondensierte Flüssigkeitströpfchen, wenn der Druck groß genug und die Temperatur des Nagels möglichst niedrig ist.

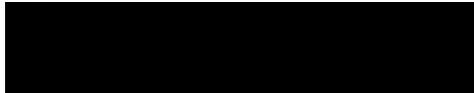


Eine wahre Geschichte

FÜNF DINGE ZUM WUNDERN

Picard und die Borg

Captain Picard sieht aus dem Fenster seiner Kommandozentrale. Er sieht das riesige, würfelförmige Raumschiff der feindlichen Borg von links nach rechts an sich vorbeifliegen. Er wundert sich, denn das Raumschiff sieht bei dieser hohen Geschwindigkeit gar nicht mehr wie ein Würfel aus. Was ihn aber noch mehr wundert, ist die Tatsache, dass er durch die Verzerrung die linke Seite des Würfels schon sehen kann, lange bevor sich das Raumschiff auf seiner Höhe befindet. Kann er auf einmal um die Ecke sehen?



Wie groß ist das Raumschiff? Wie schnell bewegt es sich? Wie kann es sein, dass man die linke Seite des Würfels schon sehen kann, lange bevor sich das Raumschiff auf seiner Höhe befindet? Kann er auf einmal um die Ecke sehen?

Einsteins Zwillingbruder

Einstein hatte zwar keinen Bruder, und schon gar keinen Zwilling, aber nehmen wir einmal an, er hatte einen Zwillingbruder namens Anton. Beide wurden 1879 geboren, und als sie 20 Jahre alt waren, stieg Anton in ein Raumschiff und machte

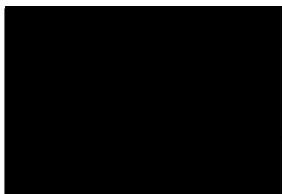


Abb. 1.2: Albert (76) trifft seinen Bruder Anton (26) im Jahr 1955.

eine Weltallreise. Er war für seine Begriffe 6 Jahre unterwegs und flog dabei mit über 99% der Lichtgeschwindigkeit. Als er wieder zurückkehrte, war es aber schon 1955, und sein Bruder Albert war ein alter Mann. Ist diese Geschichte wirklich möglich?

Gefrorene Zeit

Auf seiner sechsjährigen Reise durch das All flog Anton auch bei einem der faszinierendsten Objekte des Weltalls vorbei, einem Schwarzen Loch. (Leider konnte er sich später nicht mehr an die genaue Stelle erinnern, wo er es gesehen hatte.) Vor lauter Aufregung verlor er just in diesem Augenblick die Taschenuhr, die ihm Albert zu seinem 20. Geburtstag geschenkt hatte. Eigentlich dachte er, dass die Uhr sofort vom Schwarzen Loch verschluckt würde.

Doch interessanterweise bewegte sie sich immer langsamer und langsamer auf das Schwarze Loch zu, bis sie sich am Rand angekommen überhaupt nicht mehr bewegte.

Auch die Zeiger waren stehengeblieben, obwohl er die Uhr gerade aufgezogen hatte: Die Zeit war am Rande des Schwarzen Lochs eingefroren.

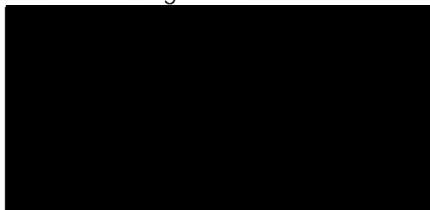
Kann diese Geschichte wahr sein? Übrigens gab es zwischen Albert und Anton später darüber noch hitzige Diskussionen, denn Albert glaubte nicht an Schwarze Löcher.

Crushers Crash

Captain Picard fliegt mit der Enterprise zu einem Kongress der Föderation im Delta-7-Quadranten. Als er mit hoher Geschwindigkeit an der Raumbasis Deep Space 9 vorbeifliegt, sieht er, wie dort ein Raumschiff gerade andockt. Obwohl er sich fast in Superzeitlupe nähert, fliegt der noch unerfahrene Offizier Crusher versehentlich gegen die Raumstation und schlägt dort mit dem Raumschiff ein riesiges Loch. Picard wundert sich. Ein solches Loch bei diesem Tempo wäre nur möglich, wenn die Masse des Raumschiffs viele hundert Mal größer wäre, als sie eigentlich tatsächlich ist. Wie kann das Raumschiff so ein Loch verursachen? Hat die Raumschiffmasse wirklich so sehr zugenommen?

Reise durch das Wurmloch

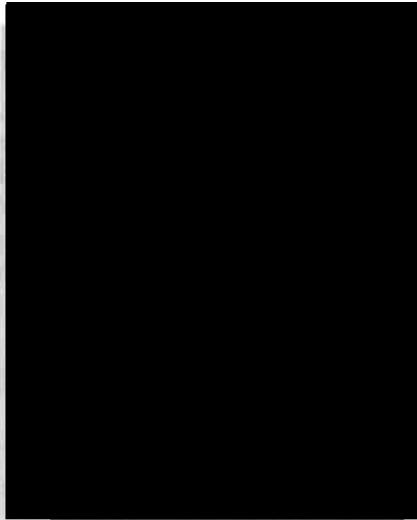
In der Nähe eines Schwarzen Lochs ist der Raum sehr stark gekrümmt. Ab einer bestimmten Nähe ist er sogar unendlich stark gekrümmt, und es öffnet sich ein Tor zu einer anderen Welt, ein sogenanntes Wurmloch – wie jenes in der Nähe von Deep Space 9. Es stellt einen Abkürzer zwischen zwei Teilen des Universums dar. Ist das nur Science-fiction, oder könnte es so etwas tatsächlich geben?



Ein Wurmloch, das möglicherweise zwei Bereiche des Universums verbindet.

Gedankenexperimente

Die eben geschilderten fünf Dinge zum Wundern existieren bzw. können existieren. (Bei den Wurmlöchern ist bis heute nicht sicher, ob und in welcher Form sie auftreten.) Alle fünf Effekte werden durch die Relativitätstheorie von Albert Einstein vorausgesagt und wurden auch teilweise durch Experimente bestätigt – wenn auch nicht immer in der Form wie oben geschildert. Anstelle von Anton und Albert verwendet man etwa Elementarteilchen. Die Effekte, die du bis jetzt gelesen hast, sind nicht etwa der Fantasie eines Autors entsprungen, sondern, wenn man so will, der Albert Einsteins. Die scheinbare Verzerrung schnell bewegter Objekte, das Zwillingsparadoxon, die gefrorene Zeit, die



Martin Apolin, **Relativitätspuzzle**, 80 Seiten, broschiert, 290 mm x 210 mm, 1-farbig, ISBN 3-209-02565-7, AT\$ 128,-/DM 17.80/SFr 17, <http://www.hpt.co.at/hpt/physik/relativ.htm>

Der Autor

Martin Apolin, geboren 1965, ist AHS-Lehrer für Physik und Leibesübungen in Wien. Autor von Schulbüchern zur Sportkunde und Leiter von Jonglierworkshops.

Über das Buch

Einstein gilt als „das“ wissenschaftliche Genie unseres Jahrhunderts – und die „Relativitätstheorie“ ist von der Aura des Unverständlichen und Paradoxen umgeben. Wie ist es möglich, dass Zwillinge verschieden schnell altern? Kann man mit Überlichtgeschwindigkeit oder sogar in der Zeit reisen? Gibt es „Schwarze Löcher“ und wird das Universum in einem „Big Crunch“ enden? In diesem amüsanten Buch reist Raumschiff Enterprise und Co. durch das Universum, um an Hand zahlreicher Beispiele zu demonstrieren, wie gesichert die Theorie von den verkürzten Maßbändern, der veränderlichen Zeit und des gekrümmten Raumes ist.

Massenzunahme und Wurmlöcher: sie sind durch die Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie zu erklären. Dieses Buch handelt daher von einer wahren Geschichte.

Der Erfinder – oder besser gesagt: Entdecker – dieser Geschichte ist Albert Einstein. Er gilt – zu recht – als das Genie schlechthin. Seine Relativitätstheorie wurde als „kopernikanische Tat“ bezeichnet. Damit man diesen Ausspruch versteht, muss man natürlich auch wissen, wer Kopernikus war und welche „Tat“ er vollbracht hat. Deshalb müssen wir zunächst einen Schritt zurücktreten und einen Zeitsprung in das 17. Jahrhundert machen.

Wolfgang Pauli und die ETH Zürich

**Wolfgang Pauli und sein Wirken an der ETH Zürich.
Aus den Dienstakten der Eidgenössischen
Technischen Hochschule.**

**Charles P. Enz, Beat Glaus, Gerhard Oberkofler
(Hrsg)**

v/d/f Hochschulverlag A.G. an der ETH Zürich, 1997. 478
Seiten. ÖS 860.- ISBN 3-7281-2317-X

Das kürzlich im Verlag der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich erschienene Buch *Wolfgang Pauli und sein Wirken an der ETH* stellt ein faszinierendes, zeitgeschichtliches Dokument von großem Interesse dar. Gibt es doch gerade jetzt in der Schweiz viele kritische Diskussionen über die Rolle des Landes während des 2. Weltkrieges.

Wolfgang Pauli, der 1900 in Wien geborene Physiker, der mit 24 Jahren das als "Pauliverbot" bekannte Ausschließungsprinzip entdeckt hatte, eine Entdeckung, die ihm 20 Jahre später den Nobelpreis bringen sollte, wurde 1928 als Professor für den neu geschaffenen Lehrstuhl für theoretische Physik an die ETH Zürich berufen. In dem von Charles P. Enz, Beat Glaus und Gerhard Oberkofler herausgegebenen Buch wird an Hand von zahlreichen Briefen und Dokumenten gezeigt, welche Schwierigkeiten dieser große österreichische Gelehrte, der aus einer jüdischen Familie stammte, nach 1938 auch in der Schweiz hatte.

Als Pauli die Berufung nach Zürich erhielt, war er trotz seiner Jugend bereits sehr bekannt und seine Arbeiten auf dem Gebiet der Quantenmechanik fanden große Aufmerksamkeit. Wie an der ETH üblich, erhielt Pauli einen Vertrag auf 10 Jahre, der nach diesem Zeitpunkt erneuert werden mußte. Es zeigte sich bald, daß Pauli die Erwartungen, die man in den jungen Ordinarius gesetzt hatte, voll erfüllen konnte. Zwar waren seine Vorlesungen für Anfänger kaum verständlich, aber seine Veröffentlichungen und die seiner Schüler machten die ETH zu einem Zentrum der theoretischen Physik. Viele Physiker, die später sehr berühmt wurden, wie Lew Landau aus der USSR oder Robert Oppenheimer aus Amerika, kamen nach Zürich zur Ausbildung. An den "Physikalischen Vortragswochen", die alle 2 bis 3 Jahre stattfanden, nahmen viele bekannte Wissenschaftler auf dem Gebiet der theoretischen Physik aus der ganzen Welt teil. Pauli selbst wurde öfters zu Vorträgen an führende Universitäten in England oder Amerika eingeladen und auch das trug zum guten Ruf der ETH Zürich bei. Da Paulis Tätigkeit an der ETH so erfolgreich war, wurde im Frühjahr 1938 sein Vertrag ohne Schwierigkeiten auf weitere 10 Jahre verlängert.

Nach dem Einmarsch der deutschen Truppen in Österreich im März 1938 wurden die österreichischen Pässe ungültig. Pauli, der nach den Nazigesetzen als Halbjude galt, wollte es vermeiden, die deutsche Staatsbürgerschaft anzunehmen, und da er bereits 10 Jahre in der Schweiz lebte, suchte er um die Einbürgerung in die Schweiz an. Dieses Ansuchen wurde abgelehnt, da zur Gewährung der Staatsbürgerschaft ein Aufenthalt von

mindestens 12 Jahren gefordert wurde und angeblich keine Ausnahmen gewährt werden könnten, besonders da Pauli nicht einmal die lokale Mundart sprach. Zwar gelang es Pauli mit Hilfe der ETH für seinen Vater, den berühmten Kolloidchemiker Professor Wolfgang Pauli sen., eine Einreisebewilligung in die Schweiz zu erreichen, als nach dem Pogrom im November 1938 das Leben für Juden in Wien immer gefährlicher wurde, aber in der Frage seiner eigenen Staatsbürgerschaft konnte ihm auch eine Intervention der ETH nicht helfen.

Im Jänner 1940, als Pauli darauf hinweisen konnte, daß er bereits 12 Jahre in der Schweiz lebe, suchte er mit Unterstützung der ETH noch einmal um die Einbürgerung an. Inzwischen hatte er eine Einladung für eine Gastprofessur am Institute für Advanced Studies in Princeton, an dem Einstein lehrte, für 2 Semester erhalten. Pauli wollte diese Einladung annehmen, doch erwartete er Schwierigkeiten bei der Reise mit einem deutschen Paß und urgierte die Behandlung seines Ansuchens. Doch sein Ansuchen wurde wieder abgelehnt und der zuständige Polizeichef begründete die Ablehnung mit den Worten: "... daß wir einen schwerwiegenden Fehler begehen, wenn wir die Einbürgerung von Ausländern ermöglichen, die sich unserer Wesensart und unserem Volkstum noch nicht völlig angepaßt haben.... Wenn Professor Pauli der politischen Entwicklung im Reich ablehnend gegenüber steht, und sich der deutschen Staatsangehörigkeit, die er sich durch den Anschluß Österreichs erworben hat, zu entledigen wünscht, so macht ihn das noch nicht zum Schweizer". Bei einer weiteren Intervention wurde der ETH von der Polizei mitgeteilt, daß sie Pauli als einen nicht assimilierbaren Ostjuden betrachteten, und sie ihm daher die Staatsbürgerschaft nicht geben könnten.

Die Situation in der Schweiz wurde für ihn immer unsicherer und so entschloß sich Pauli schließlich, auch ohne Schweizer Paß die Gastprofessur in Princeton anzunehmen, nachdem er von der ETH auf 2 Semester beurlaubt worden war. Mit einigen Schwierigkeiten gelang es ihm im Sommer 1940 nach Amerika zu reisen. Da es durch die verschärfte Kriegslage Pauli im Jahre 1941 nicht möglich war, nach Zürich zurückzukehren, wurde sein Urlaub auf ein weiteres Jahr verlängert. Aber 1942 wurde ihm mitgeteilt, daß eine weitere Verlängerung unter keinen Umständen möglich sei und er zurückkehren müsse, wenn er den Posten behalten wolle. Inzwischen war Amerika in den Krieg eingetreten und Pauli mußte der ETH mitteilen, daß es für ihn als Staatenlosen keine Möglichkeit gebe, die U.S.A zu verlassen, daß er aber auf seine vertraglichen Rechte, das Lehramt bis zum Jahre 1948 auszuüben, bestehe. Wann immer das Schweizer Konsulat ihm entsprechende Reisedokumente ausstellen würde, würde er gerne zurückkehren. Die Leitung der ETH wollte sich mit dieser Antwort nicht zufrieden geben und suchte nach einem Weg, um sich von Pauli zu trennen. Aus den Protokollen des Schulrates (die Leitungsbehörde der ETH), in der auch Züricher Politiker eine Rolle spielten, ist ersichtlich daß sich manche Politiker bemühten, gegen Pauli Stimmung zu machen. So meinte einer der Funktionäre, daß sich ein anständiger Mensch nicht so an den Vertrag festklammern würde, wie es Prof. Pauli tue. Andere meinten, daß wenn Pauli erst nach dem Krieg zurückkehre, seine moralische Autorität als Hochschullehrer geschwächt sein werde. Schließlich war es 1942 noch nicht für jedermann sichtbar, wie der Krieg ausgehen würde. In einer Stellungnahme heißt es "... Weil mit einer Rückkehr während

der Dauer des Weltkrieges und je nach dessen Ausgang mit einer Rückkehr selbst nach dem Friedensschluß nicht zu rechnen ist..." sollte ein rechtlich vertretbarer Weg gefunden werden.

Schließlich beschloß der Schulrat, Pauli mitzuteilen, daß sein Vertrag nach 1948 nicht verlängert werde und er bis zu diesem Zeitpunkt beurlaubt sei. Doch Pauli war auch mit dieser Beurlaubung nicht einverstanden und erklärte, daß er beabsichtige, seine Lehrtätigkeit an der ETH wieder aufzunehmen, sobald er physisch dazu in der Lage sei.

Bereits im Mai 1945, wenige Tage nach der Kapitulation Deutschlands, suchte Pauli, der inzwischen die amerikanische Staatsbürgerschaft erhalten hatte, um ein Schweizer Visum an, um seine Tätigkeit an der ETH wieder aufnehmen zu können. Der Schulrat wollte aber am Beschluß festhalten, daß Pauli nicht mehr die Lehrtätigkeit aufnehmen, sondern bis zum Vertragsende beurlaubt bleiben solle

Als nach dem Abwurf der Atombombe im Sommer 1945 klar wurde, welche Bedeutung die Atomenergie und damit die theoretische Physik gewonnen hatte, wurde die Frage Pauli im Schulrat neuerlich diskutiert. Professor Paul Scherrer, der Ordinarius für Experimentalphysik, hatte nach einem Besuch in Amerika berichtet, daß die Schweiz in Amerika als nationalsozialistisch verseucht gelte. Bei der Diskussion meinte der Präsident des Schulrates, daß Pauli und andere Juden, die das Land verlassen hatten, schuld seien, daß es zu so einer Auffassung gekommen sei. Es war die einhellige Meinung, daß es am besten wäre, wenn man Pauli überzeugen könnte, in Amerika zu bleiben. Überdies wurde berichtet, daß Pauli eingeladen worden wäre, als Nachfolger Einsteins in Princeton zu bleiben. So hoffte der Schulrat, daß Pauli nicht mehr nach Zürich kommen werde.

Im Herbst 1945 wurde bekannt, daß der Nobelpreis für Physik Professor Pauli zuerkannt worden war und Pauli in der Folge von Princeton, von der Columbia University und von einer englischen Universität Berufungen erhalten habe. Trotzdem traf er im Frühjahr 1946 in Zürich ein und erklärte seine Absicht, im Sommersemester mit seinen Vorlesungen zu beginnen. Allerdings stellte er zwei Bedingungen: Er wolle so schnell wie möglich Schweizer Bürger werden und eine Vertragsverlängerung auf weitere 10 Jahre erhalten. Im Schulrat war man über diese Absicht Paulis überrascht, da die amerikanischen Universitäten wesentlich mehr zahlten, als es die ETH konnte. Einer der Schulräte meinte, daß Pauli nur aus Angst vor dem Antisemitismus Amerika verlassen wolle. Schließlich wurden die Bedingungen Paulis aber doch akzeptiert und der Schulrat beschloß das Einbürgerungsansuchen Paulis zu befürworten. Trotz mehrerer Urgeizen dauerte es jedoch bis 1949, bis der Gelehrte die Schweizer Staatsbürgerschaft erhielt.

Bis zu seinem Tod im Dezember 1958 konnte Pauli seine Lehr- und Forschungstätigkeit an der ETH fortsetzen und dazu beitragen, daß die ETH wieder ein wichtiges Zentrum für die Theoretische Physik wurde. Sein Ansehen war inzwischen so groß geworden, daß er immer wieder von führenden Universitäten in der ganzen Welt zu Gastvorlesungen eingeladen wurde und er öfters um Urlaub ansuchen mußte. Aus Angst, diesen

weltberühmten Gelehrten zu verlieren, wurde nun allen Urlaubsansuchen stattgegeben.

Es ist der ETH hoch anzurechnen, daß es den Autoren des Buches ermöglicht wurde, Einblick in alle Dokumente zu nehmen, um diese beschämende Episode in der Geschichte dieser Hochschule, einer den führenden Universitäten Europas, darzustellen. Man muß auch Gerhard Oberkofler, dem Archivar der Universität Innsbruck, dafür danken, daß er in dem Buch zeigt, welche Schwierigkeiten selbst so berühmte österreichische Wissenschaftler jüdischer Herkunft in der Nazizeit hatten.

Dr. Rosner

Die Zukunft des Universums Zufall, Chaos, Gott?

Arnold BENZ

216 S., 18 Abb., Düsseldorf: Patmos-Verlag, 1997. ISBN 3-491-72376-0.

Der Rezensent eines Buches wie jenes von Arnold Benz ist wirklich nicht zu beneiden. Wie soll man solch ein gehaltvolles, gedankenreiches Buch auf einer halben Seite angemessen würdigen? Auf den ersten Blick scheint es die 101. Abhandlung zum Thema "Gott und die modernen Naturwissenschaften" zu sein. Aber schon im Vorwort trennt Benz - Professor für Astrophysik an der ETH Zürich - unter Berufung auf den Theologen Karl Barth scharf zwischen Naturwissenschaft und Glaube, die - so Barth - nichts, aber auch gar nichts miteinander zu tun hätten. Da "Glaube und Naturwissenschaft sich auf zwei verschiedenen Ebenen bewegen, die sich nicht schneiden" verwahrt sich Benz dagegen, Gott nur überall dort als Lückenbüßer zuzulassen, wo wir in der Quantenmechanik und der Astrophysik mit unseren Berechnungen scheitern.

Der Autor entwirft zunächst ein sehr anschauliches Bild der kosmischen Evolution, die er auffordert, wirklich als solche zu begreifen, also als eine Entwicklung, die ständig tatsächlich qualitativ Neues hervorbringt. "Im Bereich der Sterne verläuft die Zeit nicht zyklisch; der Verlauf ist jedes Mal ein bißchen anders und wiederholt sich nicht exakt. Jede Generation unterscheidet sich von der alten in der chemischen Zusammensetzung." Kurz gesagt: Mit jeder Supernova verändert sich das Universum. In diesem Zusammenhang liefert der Autor ein bemerkenswertes Zitat aus Steven Weinbergs bekanntem Klassiker "Die ersten drei Minuten": "Je begreiflicher uns das Universum wird, um so sinnloser erscheint es auch." Erstaunlich eigentlich dann, ein wie sinnloses Universum uns so gottesfürchtige Männer wie Kepler und Newton hinterlassen haben, in dem die ewig gleichen Planeten auf ewig gleichen Bahnen bis ans Ende aller Zeiten um die Sonne kreisen. Im Weltbild der modernen Astrophysik hat dieses Uhrwerks-Paradigma gründlich ausgedient und sie strotzt so vor Unbegreiflichkeiten, daß das Gefühl der Sinnlosigkeit im Keim erstickt wird. In der modernen Astronomie wird Ben Akibas berühmter Satz aus dem zweiten Jahrhundert "Unter der Sonne nichts Neues", über dessen Albernheit sich so unterschiedliche Geister wie Egon Friedell und Konrad Lorenz mokierten, gründlich Lügen gestraft, ja in sein Gegenteil verkehrt: "In den Sonnen ständig Neues"!

Sehr interessant auch die Kapitel über den Anfang des Universums ("Das Vakuum ist nicht nichts") und über die "Feinabstimmung des Universums" im anthropischen Prinzip. Dieses formuliert der Autor so: "Damit wir uns überhaupt wundern können, daß das Universum so ist, wie es ist, muß es genau so sein, denn sonst wären wir nicht hier und könnten uns nicht wundern."

Nach tiefen Betrachtungen über die Notwendigkeit des Todes im Rahmen der Evolution ("Je mehr gestorben wird, desto schneller die Evolution") und die Unwiederholbarkeit der Evolution ("Die Resultate der Biochemie machen klar, daß sich infolge des Sauerstoffs in der heutigen Atmosphäre der Erde kein Leben mehr bilden würde.") folgt ein für den Physiker sehr ergiebiges Kapitel über die Zukunft des Universums. Der Autor zeigt zunächst, wie die quantenmechanische Unschärfe und die nichtlineare Dynamik chaotischer Systeme den Determinismus der klassischen Physik sprengen und damit eine Offenheit der Zukunft garantieren. Er ist mit Recht erstaunt über die Stabilität der Erdbahn in den letzten 4,5 Milliarden Jahren und wie wenig wir von ihrem chaotischen Verhalten spüren. Es folgt eine Skizze des zukünftigen Lebenslaufs der Sonne und unserer gesamten Galaxie bis hin zum mutmaßlichen "Endzustand" unseres Universums.

Im letzten Kapitel über die Hoffnung schreibt Benz an gegen die Depression, die sich im Zusammenhang damit aus einer weltanschaulichen Auslegung des zweiten Hauptsatzes ergeben könnte und die etwa einem Ludwig Boltzmann so zu schaffen machte. Hier muß man eingestehen, daß nur ein wirklich religiöser Mensch seinen Ausführungen uneingeschränkt folgen kann und es vielleicht bei dem Wort von C.F. von Weizsäcker bewenden lassen: "Die Physik erklärt die Geheimnisse der Natur nicht, sie führt sie auf tieferliegende Geheimnisse zurück."

Mag. Manfred Wasmayr

Physik und Umwelt

Egbert Boeker, Rienk van Grondelle

Vieweg Lehrbuch Umweltwissenschaften. XII+443 S., zahlr. Abb. Braunschweig: Vieweg, 1997. DM 64,-. ISBN 3-528-06780-2

"Unsere Beziehung zur Umwelt ist heute mehr denn je zuvor in einer kritischen, ja entscheidenden Phase. ... Die sich ... stellenden Fragen sind extrem interdisziplinär, und in der Tat alle Aspekte der Naturwissenschaften kommen hier zusammen. ... Entsprechend wird vom Umweltwissenschaftler erwartet, daß er sich in allen Disziplinen gleichermaßen gut auskennt. Eine außerordentliche Herausforderung und anspruchsvolle Aufgabe! Gerade die Physik ist in dieser Fragestellung als Grundlagenwissenschaft mit direktem Praxisbezug sehr wesentlich..." schreibt Nobelpreisträger Richard Ernst im Geleitwort.

Das vorliegende Buch – eine englische Ausgabe ist vor einigen Jahren erschienen – ist aus Vorlesungen an der Freien Universität Amsterdam entstanden und kommt insofern aus der Praxis, als die Gewinnung und Interpretation von Umweltdaten an der Uni Amsterdam ständig zunehmende Bedeutung erlangten. Es greift verschiedene Problemkreise auf, wodurch

die Spannweite von Umweltphysik deutlich wird. Wenn auch physikalische Kenntnisse etwa im Ausmaß einer Einführungsvorlesung vorausgesetzt werden, werden die Grundlagen zur jeweils benötigten Physik zu Beginn jedes Kapitels wiederholt und vertieft.

Nach einem einführenden Kapitel werden behandelt: Grundlagen der Spektroskopie, dabei ganz besonders das Spektrum der Sonne, Biomoleküle und UV-Strahlung; Grundlagen von Wetter und Klima, Treibhauseffekt und Klimaveränderungen (auch aus historischer Sicht) sind Thema von "Globales Klima". "Energie für die Menschen" wiederholt einerseits die Thermodynamik, andererseits illustriert es diese mit Anwendungen aus dem Bereich fossiler Brennstoffnutzung, erneuerbarer Energien und Kernenergie, wobei die weiteren physikalischen Grundlagen eingebracht werden. Schadstofftransport durch Diffusion und Strömung, Abluftfahnen und Schwebeteilchen sowie Lärm sind weitere Kapitel. Umweltspektroskopie nimmt breiteren Raum ein. Schließlich ist ein kurzes Kapitel gesellschaftlichen Aspekten (Risikoabschätzung, energie- und Umweltpolitik) gewidmet.

An den aufgegriffenen Themen zeigen die Autoren die Vielfältigkeit von Umweltphysik und die Notwendigkeit eines fundierten Basiswissens. Die Freude an dem Buch wird lediglich etwas getrübt durch vermeidbare Druckfehler, von denen nicht jeder so auffällig ist wie die Angabe der Lichtgeschwindigkeit in der Tabelle physikalischer Konstanten oder die parallele Verwendung von J und j als Rotationsquantenzahl auf S. 344.

H.K.

Internet: ratgeber für lehrer

Jens Hildebrand

4. erw. Auflage, 276 S., 26 Abb., brosch., Köln: Aulis Verlag Deubner 1998, DM 28,-. ISBN 3-7614-2017-X

Für wen ist das nun schon in 4. Auflage vorliegende Büchlein gedacht? Sicher nicht für jene Lehrer, die bereits Internet intensiv nutzen, wohl aber für jene, die ihre ersten Versuche gerade oder in Kürze unternehmen. Dabei ist weiters die Konzentration auf die Situation in der BRD zu bedenken. Nach diesen Einschränkungen: Wo liegt der Nutzen? Im Gegensatz zu vielen euphorischen Zeitungsartikeln setzt sich Hildebrand ernsthaft mit dem Internetinsatz im Unterricht auseinander und bringt in Kap. 3 in zahlreichen Thesen und Gegenthesen seine positiv-kritische Einstellung auf den Punkt. Er diskutiert Internet-bezogene Lernziele und skizziert möglichen Ablauf und zu beachtende Gesichtspunkte für ein Internetprojekt. Nahezu die Hälfte des Büchleins wird durch eine teilweise kommentierte, jedenfalls sortierte Liste von WWW-Adressen gefüllt, die für Schule und Unterricht von Interesse sind. Nun wird man sicher bei etwas Zeitaufwand und Einsatz diverser Suchmaschinen zu jedem Sachgebiet weitere Adressen finden, als Ausgangspunkt und zur Illustration der Vielfalt möglicher Informationen ist dies sicher ein guter Anfang. Darüber hinaus ist für den Einsteiger die Beschreibung der möglichen Dienste ganz nützlich.

H.K.

Überblicke Mathematik 1998

Beutelspacher, Albrecht, u.a. (Hrsg.)

vi+149 S., zahlr. Abb.

Braunschweig/Wiesbaden: Verlag Vieweg 1998. DM 58,-.

ISBN 3-328-06944-9

Als Lesebuch mit dem Ziel, interessante Mathematik vorzustellen, die – wie der Rezensent hinzufügen möchte – auch für nicht professionelle Mathematiker zugänglich ist. In neun Artikeln wird ein weiter Bogen von der Beziehung zwischen Mathematik und Kunst bis zur Modellierung von Verkehrsstaus gespannt. Ulrich Kulisch zeigt mit einfachen, der numerischen Praxis entnommenen Beispielen die Tücken der Gleitkommaarithmetik auf und begründet die Notwendigkeit einer statt dessen auf Festkommaoperationen beruhenden und damit Rundungsfehler vermeidenden Arithmetik; bei Iterationsverfahren (z.B. dem Lösen einer Differentialgleichung) ist Intervallarithmetik angesagt, auch darüber und über die in Karlsruhe entwickelten Spracherweiterungen für PASCAL und C wird berichtet. PASCAL-XSC verwendet Eugen Gauß in "Fractals and Fun", einem Artikel, der zum Weitermachen einlädt.

Überblicke Mathematik bietet viele Anregungen, die in den Unterricht einfließen können, und ist durch den lockeren Stil der Autoren ein Beispiel, wie Mathematik auch außerhalb der Hochschule mitgeteilt werden kann.

H.K.

Rätsel im Physikunterricht. Kommentierte Kopiervorlagen für die alternative Physikstunde

Hannelore Rössel, Lutz Clausnitzer

2., verbesserte Auflage. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG, 1997. 116 S., 21 Abb. DM 42,-. ISBN 3-7614-1794-2

Rätsel lockern den Unterricht auf, eignen sich zur Zusammenfassung eines Themas und helfen nicht zuletzt die Stunden vor Ferienbeginn sinnvoll zu nutzen. Sie sprechen die Lust des Menschen am Problemlösen an. 37 Rätsel von Schulstufe 6 bis zur Matura in verschiedenen Formen und Schwierigkeitsgraden bietet die vorliegende aus der Unterrichtspraxis der Autoren stammende Sammlung. Neben der kopierfähigen Aufgabeseite für Schüler gibt es natürlich die Lösungen und - noch wichtiger - Ergänzungsvorschläge und fachliche, bzw. methodische Hinweise, auch Ergänzungsfragen, die für die schnellen Rätsellöser als Herausforderung gestellt werden können. Leider hat ein flüchtiger Blick zwei häufig zu beobachtende Fehler gezeigt: Auf S. 10 wird die Dichte als die Masse von 1 cm^3 eines Stoffes bezeichnet (während die Geschwindigkeit korrekt als Quotient von zurückgelegtem Weg und benötigter Zeit genannt wird), auf Seite 47 der "Raum, in dem auf bestimmte Körper Kräfte wirken" als Magnetfeld (Feldbegriff!).

Wenn man von gelegentlichen Fehlern absieht – vielleicht eine Anregung, das Heft selbst als Suchrätsel zu betrachten –, ist *Rätsel im Physikunterricht* zu empfehlen. Als spielerische Wiederholung läßt sich so auch älterer Stoff wieder ins Gedächtnis rufen und mit jüngeren vernetzen.

H. K.

Physik

Tassija I. Trofimowa

Aus dem Russ. übersetzt von Th. Routschek u.a. Braunschweig/Wiesbaden: Verlag Vieweg 1997. XII+428 S., zahlr. Abb. DM 98,-. ISBN 3-528-06679-2

Das Lehrbuch deckt in kompakter Weise einen kompletten Grundkurs für technische Physiker ab und schafft es, den Bogen von der Kinematik bis zum t-Quark zu spannen. Die Studierenden können am Ende eines jeden der 33 Kapitel ihr Verständnis mittels Kontrollfragen und Rechenaufgaben (umfangreichere oder schwierige Aufgaben werden im Lösungsteil durchgerechnet, sonst wird nur die Lösung angegeben) überprüfen.

Im Vergleich zum etwa gleich teuren und den gleichen Stoff umfassenden Lehrbuch Physik von Tipler bewirkt die gedrängte Darstellung eine deutliche Gewichtsreduktion, natürlich sind auch keine den Tiplerschen Essays ähnlichen Darstellungen interessanter, aber komplexer Themen zu erwarten. Insgesamt eine durchaus empfehlenswerte Anschaffung für Studenten, aber auch für Schulbibliotheken als Nachschlagewerk.

H. K.

Elementarteilchenphysik – Theorie und Experiment

Wolfgang Lucha, Meinhard Regler

168 S., zahlr. farbige Abb. Kufstein: Verlag Sappl 1997. öS 528,-. ISBN 3-85263-011-0

Das Buch ergänzt die Wandtafelserie derselben Autoren (zus. mit H. Pietschmann und B. Southworth). Es möchte die Frage nach den elementaren Bausteinen der Materie und den Kräften zwischen ihnen ohne mathematischen Aufwand dem naturwissenschaftlich interessierten Laien verständlich machen.

Dazu haben sich ein theoretischer und ein experimenteller Physiker zusammengefunden. Relativistische Kinematik und das Quarkmodell werden kompakt und verständlich dargestellt. Das "Standardmodell" wird mit seinen Voraussetzungen und offenen Fragen relativ ausführlich dargestellt. Teilchenbeschleuniger, Speicherringe und Detektoren bilden den experimentellen Teil, der sich durch zahlreiche, für den Unterricht gut geeignete Abbildungen und insbesondere Schemazeichnungen von Detektoren auszeichnet. Als Einführung in das Standardmodell der Quarks und Leptonen und in die experimentellen Aspekte ist das Buch sehr gut geeignet. Offensichtlich ist jedoch eine Diskussion der offenen Probleme und besonders des Rätsels der solaren Neutrinos und der atmosphärischen Myonneutrinos dem Platzmangel geopfert worden.

H.K.