

Offensive, Initiative - oder was sonst?

Fünf Jahre sind seit der Durchführung der dritten internationalen Vergleichsstudie der Schülerleistungen in Mathematik und Naturwissenschaften TIMSS vergangen, zwei Jahre seit der Publizierung der wenig erfreulichen Ergebnisse für die Population 3 am Ende Oberstufe. Welche Schlüsse haben sich daraus ergeben? Welche Maßnahmen werden getroffen, wird sich so mancher fragen. Schließlich hat die Studie einiges Geld gekostet, und die nächste internationale Vergleichsstudie PISA (Programme for International Student Assessment) hat in diesem Frühjahr die Schüler "beglückt" mit einem Schwerpunkt Lesen und Zusatzinformationen zu Mathematik und Naturwissenschaften - wird sie TIMSS bestätigen?

In diesem Heft können Sie sich ein Bild von den Aufgaben machen, die im Test Allgemeinwissen (BiU, Ch, Ph) 18-19jährigen Schülern von AHS, BHMS und Berufsschulen und im Fachwissenstest Physik AHS- und BHS-Schülern gestellt wurden. Im nächsten Heft soll das relativ schlechtere Abschneiden der Mädchen beleuchtet werden.

Alarmiert durch das - nicht nur im internationalen Vergleich - sehr schlechte Ergebnis bei den Fachwissenstests aus Mathematik und aus Physik ließ das BMUK im Projekt *Innovations in Mathematics and Science Teaching* (IMST) das Ergebnis analysieren und Vorschläge für weitere Schritte erarbeiten.

Diese liegen seit Dezember 99 vor und sollten bald umgesetzt werden. IMST mit seinen 6 Teilen finden Sie auf S. 3 beschrieben. Hier sollen nur zwei Punkte daraus angesprochen werden.

Innovationen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht anderer Länder

In einer Reihe von Ländern, unter ihnen die Niederlande und die Schweiz, besteht zwischen der Schule und der fachdidaktischen Forschung und Entwicklung ein engerer Kontakt, als dies in Österreich möglich ist. Fachdidaktik erhält etwa in der Schweiz durch ein postgraduales Studium zur Heranbildung künftiger Lehrerbildner einen erhöhten Stellenwert. In den Niederlanden gibt es Institute für Fachdidaktik an Universitäten mit ausreichend Personal (das teilweise auch in Schulen unterrichtet) - an der Universität von Amsterdam zählt die Naturwissenschaftsdidaktik etwa 30 Mitarbeiter, und in der Mathematikdidaktik ist das Freudenthal-Institut in Utrecht ein Begriff. Vorschläge zur Entwicklung von Unterricht erfolgen im ständigen Kontakt von Schulpraxis und reflektierender Forschung.

Selbständige Schülerarbeit wird in diesen Ländern als Weg angesehen, mehr Vertrauen in die eigene Leistung zu entwickeln. Und dieses wirkt auf die tatsächlich erreichbare Leistung zurück. Da dabei die Klasse nicht mehr im gleichen Takt lernt, ist die Leistungs differenzierung leichter, indem die Schnellen zum Basisstoff den Erweiterungsstoff studieren.

Vergleicht man dies mit Österreich, so sieht man, daß ähnliche Ideen an vereinzelt Schulen durch engagierte Lehrerinnen und Lehrer beispielsweise in Klassen mit Laborunterricht umgesetzt werden. Was die universitäre Fachdidaktik betrifft, so sollte die neue Lehrerbildung - das Lehramtsstudium nicht als Studienzweig eines Fachstudiums sondern als Ausbildung

mit zwei Unterrichtsfächern - ein langsames Umdenken und damit eine Stärkung der Fachdidaktik bringen. (Die allgemeine Kürzung der Hochschulbudgets wirkt allerdings in die Gegenrichtung.) An den Pädaks dominiert die allgemeine Pädagogik, auch hier braucht die Fachdidaktik Aufwertung.

Kernstoff - Erweiterungsstoff

Nachdem diese Begriffe im Lehrplan der Unterstufe eingeführt sind, wird auch für die Oberstufe die Kernstoffdiskussion aufflammen. Stärker als es beim LP99 der Fall war, sollte hier gefragt werden, was Maturanten wissen und anwenden können sollten, also welches gehobene Grundlagenwissen in der Oberstufe von allen und von Spezialisten erworben werden sollte. Darüber muß öffentlich diskutiert werden. Da Auflistungen von Lehrplaninhalten den Erfolg von Unterricht nicht heben, müssen gleichzeitig Zugangsweisen entwickelt, in der Praxis kritisch erprobt und weitergegeben werden, die eine aktive Unterrichts beteiligung der Mehrheit der Schüler erzielen. Das gilt auch für die Mittelstufe.

Folgt nun auf die Sprachoffensiven eine Offensive der Naturwissenschaften in den Schulen?

Offensiven bleiben stecken! Mit einer Prise Optimismus darf eine wenigstens über mehrere Jahre vom BMBWK gestützte Initiative IMST2 erwartet werden, die durch beharrliche Arbeit einen Beitrag zur Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts - mit Ihrer Mithilfe - leistet.

PLUS LUCIS ist ein Forum für Innovationen, schreiben Sie über Ihre Unterrichtsideen für Ihre Kolleginnen und Kollegen!

Ihr Helmut Kühnelt

Physik-Event 2000

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft feiert heuer ihr fünfzigjähriges Bestehen bei der Jahrestagung in Graz (26. - 29.9.2000) mit einem vielfältigen Programm. An der Physik-Schau auf Grazer Straßen und Plätzen beteiligen sich zahlreiche Schulen, das Vortragsprogramm enthält 5 Nobelpreisträger. Donnerstag, 28.9., hat den Schwerpunkt Physikunterricht. Das Programm finden Sie auf Seite 28. Kommen auch Sie zum Physik-Event 2000! (Keine Tagungsgebühr für Lehrkräfte!)

Fortbildungswoche 2000 - Materialien

Das im Vortrag "Schule und der Traum vom Fliegen" gezeigte Videoband wird vom Österreichischen Aeroclub (1040 Wien, Prinz-Eugen-Straße 12) auf Wunsch zugeschickt. Die CD-ROM *Aufnahmen mit der Thermokamera* der FH Brandenburg (Prof. Vollmer) ist nun zum Preis von öS 120 (inkl. Versand) beim Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts erhältlich.

Fortbildungswoche 2001

Für die 55. Fortbildungswoche (26.2. - 2.3.2001) werden bald Themenvorschläge und Angebote zu Workshops erbeten.

Reaktionen

Präkonzepte und Mißkonzepte

Dieter Nachtigall

1. Physikunterricht heute

Besonders in Entwicklungsländern, in denen ich häufig künftige und aktive Lehrer unterrichtete, beobachte ich, daß das Schulfach Physik als langweilig, bedeutungslos und für den Alltag unbrauchbar empfunden wird. ...

Die Bedeutung der Physik als Fundament von Wissenschaft und Technik erfordert, daß alle jungen Menschen physikalisches Grundwissen erwerben sollten, weniger um den Arbeitsmarkt mit Physikern zu versorgen, sondern um ihr Denken durch die Beschäftigung mit Physik zu entwickeln.

Wesentliche Entwicklungsschritte sind für den Physikunterricht nur möglich, wenn die Physiklehrer ein neues Rollenbild übernehmen. ... sollten Physiklehrer als Helfer in der weiteren intellektuellen und ethischen Entwicklung wirken. Dies schließt drei Grundeinsichten zum Lehren und Lernen ein:

- Stoff vortragen bedeutet nicht lehren
- Stoff im Gedächtnis speichern bedeutet nicht, ihn zu lernen
- Stoff aus dem Gedächtnis zu reproduzieren bedeutet nicht, ihn zu verstehen.

2. Präkonzepte

Wenn Physiklehrer die Entwicklung ihrer Schüler unterstützen wollen, müssen sie sich der Tatsache bewußt werden, daß die Köpfe der Schüler bereits in der allerersten Physikstunde keineswegs leere Gefäße sind, in die "Physik" eingefüllt werden kann. In ihnen gibt es naive Weltbilder, einfache Erfahrungen, Arbeitshypothesen für den Alltag, mit deren Hilfe die Schüler ihre Erfahrungen mit der Umwelt interpretieren. Diese Schülervorstellungen werden Präkonzepte genannt, da sie bereits existieren, bevor Schüler Physikunterricht besuchen. Sie sind tief in ihnen eingewurzelt. Durch ihren Ursprung in der persönlichen Entwicklung sind sie tatsächlich ihr eigenes "geistiges Eigentum". Sie widersprechen gelegentlich einander - oft unbeabsichtigt -, doch helfen sie, die Vorgänge der Lebenswelt zu verstehen, auch wenn sie bloß der Alltagserfahrung ... entspringen. Wenn man Verständnis der elementaren Physik erreichen möchte, dann müssen die Präkonzepte in physikalische Vorstellungen übergeführt werden. Um dabei Erfolg zu haben, müssen Physiklehrer

- ihre Schüler die unterschiedlichen Ansichten ihrer Klassenkameraden anhören lassen, damit sie sehen, daß andere Schüler Phänomene in unterschiedlicher Weise erklären, d.h. daß sie unterschiedliche Präkonzepte besitzen;
- dadurch den Schülern die individuellen Präkonzepte bewußt machen und sie einander gegenüber stellen;
- die Schüler Widersprüche zwischen ihnen herausfinden lassen;
- zeigen, daß die Präkonzepte besonders dann versagen, wenn Vorhersagen zu treffen sind;
- die Schüler die Notwendigkeit einer anderen Vorstellung mit größerer Erklärungskraft fühlen lassen;

- zunächst die Idee der physikalischen Vorstellung, später die Definition und schließlich die mathematische Formulierung einführen, die stets eingehend besprochen werden müssen;
- die Schüler den mentalen Konflikt erfahren lassen, der sich ergibt, indem die physikalischen Vorstellungen der Alltagserfahrung widersprechen;
- zeigen, daß die physikalischen Konzepte mehr erklären, einen weiteren Gültigkeitsbereich haben und - das ist die Hauptsache - quantitative Vorhersagen ermöglichen;
- eine Umgebung schaffen, in der Schüler ein tiefes Verständnis der Physik durch Anwenden von physikalischen Grundbegriffen auf Alltagserscheinungen erwerben können;
- in der Klasse Zustimmung für die Überlegenheit der physikalischen Begriffe gegenüber den Präkonzepten finden.

3. Mißkonzepte

Oft meinen Physiklehrer, daß das Bewußtmachen und Umformen der Präkonzepte zu viel Zeit benötigt; sie müßten doch die Stoffvorgaben der Lehrbücher und des Lehrplans erfüllen und könnten sich eine Diskussion der "verrückten", "falschen" und "dummen" Schülerideen nicht leisten. ...

Dies führt aber nicht zum Ziel, da dadurch die physikalischen Vorstellungen meist unverstanden bleiben und die Präkonzepte alle Physikkurse überdauern. Als Folge lernen die Schüler nicht wirklich Physik, sondern lernen ein Physik-Vokabular auswendig, während sie gleichzeitig auf dem Niveau der Präkonzepte verharren. Wenn sie physikalische Aufgaben zu lösen haben, drücken sie ihre auf Präkonzepten beruhenden Überlegungen mit diesem Vokabular aus - das Ergebnis sind Fehlvorstellungen, aus Präkonzepten werden Mißkonzepte.

Es kann natürlich nicht das Ziel von Physikunterricht sein, Fehlvorstellungen zu erzeugen. ...[Daher] müssen Physiklehrer viele Beispiele von Schülervorstellungen kennenlernen. Gelegentlich werden sie dabei entdecken, daß auch ihr physikalisches Denken von ähnlichen Denkweisen beeinflusst wird. Dies könnte ein hilfreicher Schock sein, wenn sich daran die Einsicht in die anfangs vorgestellten Grundeinsichten zum Lehren und Lernen anschließt. Schließlich sollten sie zur Entwicklung ihres Verständnisses von Physikunterricht überzeugende Antworten auf folgende Fragen finden:

- Was bedeutet es, Physik zu unterrichten?
- Was bedeutet es, Physik zu lernen?
- Was bedeutet es, Physik zu verstehen?

Wenn die Aufgabe, Präkonzepte zu physikalischen Konzepten umzuformen, ohne daß dabei Mißkonzepte entstehen, selbstverständlich wird, dann ist die Grundlage für ein neues Modell von Physikunterricht gelegt.

Prof. Dr. Dieter Nachtigall, ehemals Kernphysiker und Lehrstuhlinhaber für Physikdidaktik an der Universität Dortmund, sandte als Reaktion zum Beitrag "Ausbildung von Physiklehrern in Österreich - Resultate einer Umfrage" von Latal, Mathelitsch und Holzinger in PLUS LUCIS 1/2000 den obigen Beitrag. Es handelt sich um eine Übersetzung seiner Dankesworte (Original in: GIREP Newsletter No. 39, November 1998) anlässlich der Verleihung der Medaille der International Commission for Physics Education 1998. Prof. Nachtigall war neben und nach seiner Lehrtätigkeit in Deutschland in zahlreichen Entwicklungsländern als Gastprofessor und Botschafter für einen neuen Physikunterricht tätig. Er war verwundert über die geringe Bedeutung, die Physiklehrer der Kenntnis der Hauptschwierigkeiten des Physikunterrichts zumessen.

TIMSS 3 - nicht nur für Maturanten

Helmut Kühnelt

Die Organisation der dritten Studie über Schulleistungen in Mathematik und Naturwissenschaften TIMSS und die Ergebnisse für die 13-14-Jährigen, die sog. Population 2, wurden in PLUS LUCIS 1/2000 beschrieben.

Nach der Euphorie über die Ergebnisse der TIMSS2 im Februar 1997 folgte die Ernüchterung 1998, als die TIMSS-Ergebnisse für die 18-Jährigen bekannt wurden. In der sog. Population 3 wurden im Mai 1995 drei verschiedene Tests durchgeführt:

- Der Test Mathematisches und naturwissenschaftliches Allgemeinwissen betraf alle Schüler, die sich in Abschlußklassen der Oberstufe befanden. Dazu wurden neben Schülern aus AHS, BHS und BMS die Berufsschüler gezählt, die über 50% der Probanden stellten. Probandenzahl rd. 2500.
- Der Test Fachwissen Physik sollte die Kenntnisse jener Schüler erheben, die in der Oberstufe ihre Physikkenntnisse vertieft haben. Während dies in vielen anderen Ländern auf Grund von Wahlmöglichkeiten nur eine Minderheit von Schülern betrifft (z.B. in Norwegen nur 8%), so wurden in Österreich alle Zweige der AHS und der BHS als relevant angesehen, so dass eine Stichprobe von rd. 800 Maturanten repräsentativ für 33% des Jahrgangs an dem Test teilnahm.
- Der Test Fachwissen Mathematik.

Die asiatischen Länder nahmen im Gegensatz zu TIMSS2, wo sie die Spitzenränge füllten, an TIMSS3 nicht teil.

Im Test Allgemeinwissen fanden sich Österreichs Schüler im internationalen Vergleich auf Platz 10 von 21 und waren damit im Vergleich zu den 13-14-Jährigen etwas zurückgefallen, bei den Fachwissenstests fanden sie sich jedoch zusammen mit den Schülern aus USA an den letzten Rängen. Wegen des im Vergleich großen Ausschöpfungsgrades der Population mag der internationale Vergleich unfair erscheinen. Betrachtet man beispielsweise nur die jeweils leistungsstärksten 5% der Probanden, dann liegen die österreichischen Schüler auch im Fachwissenstest Physik in einem breiten Mittelfeld, dem ein deutlich abgesetztes Spitzenfeld aus Slowenien, Schweden und Norwegen gegenübersteht.

Gemessen nicht nur an TIMSS, sondern an den Zielen und Inhalten der Fachlehrpläne der Höheren Schulen ist das Abschneiden der Maturantinnen und Maturanten allerdings unbefriedigend.

Alarmiert durch das schlechte Ergebnis unterstützte das Unterrichtsministerium eine einjährige Zusatzuntersuchung IMST (Innovation in Mathematics and Science Teaching) zur Analyse der Ergebnisse und zur Erarbeitung von Maßnahmen zur Steigerung des Unterrichtsertrags in Mathematik und Naturwissenschaften. Koordiniert von Konrad Krainer (IFF Klagenfurt) wurden in den Teilprojekten Mathematik (Leiter M. Kronfellner), Naturwissenschaften (Leiter H. Kühnelt) und Geschlechterproblematik (H. Jungwirth und H. Stadler) von Didaktikern und kooperierenden Lehrerinnen und Lehrern sechs Punkte bearbeitet:

1. Vergleich der Testitems mit den Lehrplänen. Es wurde eine weitgehende Abdeckung der Testinhalte mit den Lehrplänen der AHS gefunden, im BMHS-Bereich ist auf Grund der oft geringen Stundendotierungen des Physikunterrichts und wegen des Rahmencharakters der Lehrpläne die Abdeckung reduziert.
2. Detailanalyse der TIMSS-Ergebnisse. Um Stärken und Schwächen der österreichischen Schülerinnen und Schüler herauszufinden, wurden alle Items analysiert und die Antworten ausgewertet. Großes Augenmerk wurde auch dem Antwortverhalten der Mädchen geschenkt, die signifikant schlechtere Ergebnisse brachten.
3. Erarbeitung von Vorschlägen für den Einsatz der freigegebenen TIMSS-Items zur Selbstevaluation von Unterricht durch Lehrer.
4. Dokumentation von beispielhaften Innovationen im Unterricht anderer Länder
5. Erhebung des Ist-Zustands des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Sowohl in zwei Seminaren mit den AG-Leitern als auch durch schriftliche Äußerung weiterer Experten wurde eine Bestandsaufnahme von Stärken und Schwächen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (mnU) durchgeführt. Als Hauptprobleme werden der geringe Stellenwert des mnU und das rasche Vergessen nach Prüfungen angesehen.
6. Erarbeitung von Vorschlägen zur Steigerung der Effizienz des mnU. Diese Vorschläge (Überlegungen betreffend zu erwartende Kenntnisse und Fähigkeiten von Maturanten, Pflege guter Praxis, mädchengerechter Unterricht, Verstärkung des Kontakts Fachdidaktik-Schule) werden voraussichtlich in einem Nachfolgeprojekt IMST2 ab Herbst 2000 vertieft und in die Praxis umgesetzt.

Die Studie wurde im Dezember 1999 abgeschlossen. Sie hat einen Umfang von über 200 Seiten und kann unter <http://www.uni-klu.ac.at/iff/imst> gelesen werden.

Im folgenden sollen die Hauptergebnisse der fachdidaktischen Analyse der Items und der Schülerleistungen präsentiert werden.

Test Allgemeinwissen Naturwissenschaften

An diesem Test nahmen 2318 Schülerinnen und Schüler teil, davon 191 aus AHS und 309 aus BHS. Ihnen wurden - verteilt auf drei Testhefte - 44 mathematische und 31 naturwissenschaftliche Fragen gestellt. Damit wurde zwar eine breitere Stoffabdeckung erreicht, Vergleiche zwischen Schultypen sind aber auf dieser geringen statistischen Basis nicht zu vertreten. Die meisten Items sind vom Typ Multiple Choice (MC), einige erfordern freie Antworten.

Die naturwissenschaftlichen Fragen unterteilen sich in Biologie und Umwelt (mit Teilfragen 17), Chemie (7) und Physik (12). Inhaltlich entsprechen sie den am Ende der Mittelstufe zu erwartenden Kenntnissen, teilweise scheinen sie die Wahrneh-

mung der Umweltfragen zu überprüfen. (Leider hat die IEA nur 50% der Fragen zur Veröffentlichung freigegeben, so daß hier nur wenige Beispiele wiedergegeben werden können.)

Biologie: Die leichten Items (mit einem internationalen Erfolgsgrad über 50%) wurden mit meist etwas besserem Erfolg gelöst, bei den 6 schwierigeren Aufgaben taten sich die österreichischen Probanden bei der Kenntnis der Blutgruppen und des Wasserkreislaufes hervor. Allerdings stimmt es bedenklich, wenn nur etwa 40% der MaturantInnen über die Blutgruppen Bescheid wissen und nur 65% den Wasserkreislauf skizzieren können. Als äußerst schwierig stellte sich die Aufgabe heraus, aufgrund der Beschreibung einer Versuchsreihe zur Photosynthese (Text und Graphik) eine Vorhersage bei geänderten Bedingungen zu treffen (Erfolg 27%).

Chemie: Die wenigen Fragen bieten keine repräsentative Abdeckung der Chemie. Sie werden nur in 2 Fällen seltener richtig beantwortet als im internationalen Schnitt. 71% unserer Schüler kennen die Ursachen des sauren Regens, international sind es 58%, und 42% (international 34%) können mit dem Begriff Halbwertszeit umgehen. Allerdings stellt sich bei den Maturanten die Frage, ob gerade bei diesem wichtigen Begriff ein Erfolg von 62% tatsächlich befriedigt.

Allgemeinbildung Chemie

A2. FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) haben vor 30 Jahren die Privat- und die Industrielwelt völlig verändert. Sie wurden als Kühlmittel in Kühlschränken sowie als Treibgas in Sprühdosen, Druckpatronen und in Feuerlöschern verwendet. Heute gibt es starke internationale Bestrebungen, diese Stoffe nicht mehr zu verwenden, da sie ...

- A. chemisch schwer abbaubar sind.
- B. zum Treibhauseffekt beitragen.
- C. für Menschen giftig sind.
- D. die Ozonschicht zerstören.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 77%, BHS 74%, BMS 73%, BS 72%; international 77%; richtig: D)

Physik: Auch hier wurden nur 3 von 12 Aufgaben - allerdings deutlich - schlechter als im internationalen Schnitt beantwortet. So wurde gefragt, wie die Energie in einem System aus Pfeil und Bogen anfangs gespeichert ist, wie sie in Bewegungsenergie des Pfeils umgewandelt wird. Nur ein Drittel der Maturanten konnte diese Frage beantworten, in der Berufsschule sank die Quote auf 12%. Wesentlich besser als im internationalen Schnitt wurden folgende Fragen beantwortet: Warum wird Kernfusion noch nicht zur Energiegewinnung technisch angewandt? Wie verhält sich die Lichtenergie einer Lampe zur aufgewandten elektrischen Energie? (Was etwa jeder zweite Maturant richtig beantwortet.)

Allgemeinbildung Physik

A7. Manche Schuhe mit hohen Absätzen beschädigen angeblich Fußböden. Diese sehr hohen Absätze haben unten einen Durchmesser von etwa 0,5 cm. Normale Absätze haben unten einen Durchmesser von etwa 3 cm. Erklären Sie kurz, weshalb Schuhe mit sehr hohen Absätzen Fußböden beschädigen können.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 73%, BHS 76%, BMS 60%, BS 44%; international 51%)

Test Fachwissen Physik

Neben dem Test Fachwissen Mathematik war dies der einzige Test, in dem Lehrstoff der Oberstufe überprüft wurde. Rund 800 Maturanten nahmen daran teil. 65 Aufgaben (davon etwa 2/3 im Multiple Choice Format, der Rest erforderte freie Antworten) wurden in 4 Blöcken auf 3 Testhefte verteilt, wobei ein Block allen Heften gemeinsam war. Durchschnittlich 28 Aufgaben waren in 45 Minuten zu bearbeiten. In allen physikalischen Teilgebieten blieb der Erfolg signifikant unter dem internationalen Durchschnitt.

Aus Platzgründen kann hier aus den Teilgebieten nur je ein Beispiel gebracht werden. Die Detailergebnisse aller Items als Tabellen sind im Internet unter <http://pluslucis.univie.ac.at/timss3> zu lesen, wobei Inhalt, Schwierigkeitsgrad und Erfolgsquote (international und national) sowie das erforderliche Wissen angegeben sind.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, daß Aufgaben dann mit einigermaßen gutem Erfolg gelöst werden, wenn sie eher Allgemeinwissen und logisches Denken erfordern. Unsere Maturanten sind mehrheitlich nicht in der Lage, quantitative und stark fachbezogene Aufgaben zu lösen. Allerdings fällt gerade in der Mechanik auf, daß Rechenaufgaben etwa von den norwegischen Spezialisten mit hohem Erfolg gelöst werden, Verständnisaufgaben aber auch bei ihnen zum reinen Glückspiel werden. Ein Beispiel dafür ist die Aufgabe mit der Jahrmarktszentrifuge, die im Kasten auf der nächsten Seite analysiert wird.

Erfolg der Mädchen

In allen Ländern, besonders aber in Mitteleuropa schneiden die Mädchen bei TIMSS3 schlechter ab als die Burschen. (Beim Experimentiertest in TIMSS2 (s. PLUS LUCIS 1/2000, S. 12) bestand hingegen kein Leistungsunterschied.) Im Rahmen von IMST wurde dieses Problem untersucht, die Schlüsse daraus folgen in einem späteren Artikel.

Zusatzerhebungen

Einstellungen zum Unterricht, Informationen über den Unterricht und Berufsabsichten wurden im Anschluß an den Test erhoben. Damit liegen zu oft behaupteten Einstellungen statistisch relevante Daten vor.

Teilnehmer am Allgemeinwissenstest "mögen" Mathematik zu 47% (in Slowenien zu 60%), schätzen Biologie (das naturwissenschaftliche Lieblingsfach der Mädchen) mit 72%, Chemie und Physik mit unter 40%. Die größte Ablehnung seitens der Mädchen erfährt in allen Ländern die Physik.

In allen Ländern zeigt sich, daß die Testleistung stark mit der Bildung der Eltern korreliert.

Nur 56% der österreichischen Teilnehmer am Physikfachttest berichten, daß sie im Abschlußjahr Physikunterricht hatten, was durch die Einbeziehung sämtlicher Arten von BHS erklärlich ist. Von ihnen hatten 97% nie Hausaufgaben aus Physik - Zahlen, die bei keinem anderen Land genannt werden. 57% meinen, daß sie bestenfalls gelegentlich im Unterricht argumentieren und begründen müssen, während dies etwa in der Schweiz nur 18% meinen. Signifikant ist allerdings in allen Ländern eine Korrelation zwischen Leistung im Test und dem

Ausmaß an Argumentieren. Nur in Österreich, Deutschland und Griechenland berichten über 50%, daß sie keine Schülerexperimente im Unterricht durchführen. Daß nur 13% der Burschen und 3% der Mädchen ein technisches Studium beginnen wollen - in Schweden sind die entsprechenden Zahlen 51%, bzw. 22% - zeigt weniger eine Technikfeindlichkeit als die Unvergleichbarkeit der nationalen Stichproben: in Österreich Maturantinnen und Maturanten aus allgemein bildenden Schulen neben HTL und HAK, in Schweden künftige Ingenieure.

Abschließende Bemerkungen

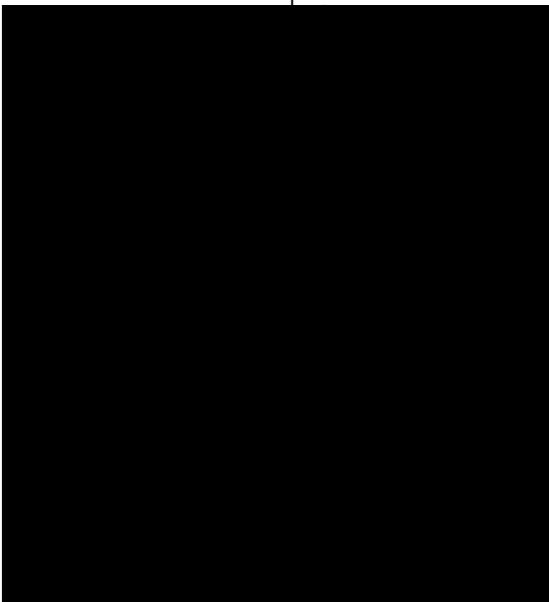
Beim Fachtest Physik zeigt sich, daß österreichische Maturantinnen und Maturanten leichte Physikaufgaben etwa gleich gut - meist unter Verwendung von Allgemeinwissen und logischem Denken - wie ihre Kollegen in den anderen Ländern lösen können, sie jedoch bei ein wenig anspruchsvolleren Aufgaben drastisch schwächer werden. Insbesondere quantitative Aufgaben überfordern sie. Der österreichische Lehrplan hat

viel weiter gesteckte Ziele, als in TIMSS-Items abgefragt werden können. Die rein fachlichen Lehrplanziele werden offensichtlich nicht erreicht. Daher sollte TIMSS zum Anlaß genommen werden, über Möglichkeiten zur Steigerung der Wirksamkeit von Physikunterricht nachzudenken und sie umzusetzen.

Wie kann durch Wiederholen und Vernetzen dem raschen Vergessen des Stoffes nach Prüfungen begegnet werden? Durch welche Unterrichtsmethoden und Inhalte kann Physik als persönlich relevant erlebt werden? Diese Fragen sollen in der nächsten Zeit verstärkt bearbeitet werden, dazu dient das vorgeschlagene Nachfolgeprojekt IMST2.

Mitgewirkt haben in IMST-Nawi Mag. G. Cholewa, HR Dr. Chr. Koenne, Mag. H. Stadler und Dr. Th. Stern, sowie in verschiedenen Stadien des IMST-Projekts zahlreiche Lehrerinnen und Lehrer. Ihre Beiträge sind in den Artikel eingeflossen.

G09. Die Abbildung zeigt eine Attraktion eines Vergnügungsparks. Wenn sich die Trommel um die senkrechte Achse dreht, wird der Boden langsam abgesenkt. Die Person bewegt sich dabei jedoch nicht nach unten. Sie wird gegen die Innenseite der Trommel gepreßt und bleibt bezüglich der Wand in Ruhe. Die Füße der Person haben keinen Bodenkontakt. Welche der folgenden Abbildungen gibt am besten die real auf die Person wirkenden Kräfte wieder?



Diese Aufgabe hat in Österreich und Deutschland extrem schlechte Ergebnisse gebracht. Mit einer internationalen Lösungshäufigkeit von 20% gehört sie zu den schwierigsten. Sie ist gleichzeitig ein Musterbeispiel für die Unzulässigkeit, nur die richtigen Antworten zu betrachten.

Was bedeuten die einzelnen Alternativen?

A. Die Trommelwand übt auf die Person die für eine Kreisbewegung notwendige Zentripetalkraft aus, die Gewichtskraft wird durch die Reibungskraft kompensiert. Die Reaktionskraft, mit der die Person gegen die Trommelwand

drückt, wirkt natürlich nicht auf die Person und ist daher nicht eingezeichnet.

- B. Die Fehlvorstellung, daß bei einer Kreisbewegung die Zentrifugalkraft wirke, ist hier noch mit dem Fehlen der Reibungskraft kombiniert.
- C. Hier ist die Situation im mitrotierenden System dargestellt, in dem zur Zentripetalkraft durch den Übergang in Polarkoordinaten die Zentrifugalkraft als Scheinkraft hinzukommt.
- D. Hier fehlt die Reibungskraft, die Zentripetalkraft ist richtig.

In der Tabelle sind die Verteilungen auf die Alternativen für einige Länder angegeben. Die Interpretation des österreichischen Resultats ist eindeutig: Die falsche Vorstellung B ist vorherrschend. Doch was bedeuten 29% richtige Antworten für Norwegen? Wurde zufällig zwischen A, B und D gewählt? Oder beherrschen 57% (A+D) den Begriff Zentripetalkraft, wobei die Hälfte die Reibung nicht verstanden hat?

Land	A (richtig)	B	C	D
Australien	27%	34%	23%	16%
Norwegen	29%	31%	12%	28%
USA	15%	61%	14%	9%
BRD	9%	71%	16%	4%
Österreich	6%	87%	5%	2%
International	20%	50%	20%	10%

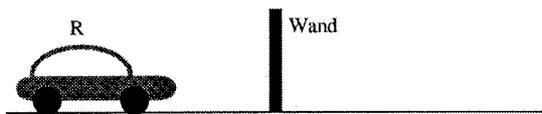
Aus der richtigen Antwort läßt sich nicht auf Verständnis schließen, wenn die Antwort - wie hier - nicht begründet werden muß. Bei der Testkonstruktion sind zwei weitere Mängel aufgetreten: Die richtige Lösung könnte bereits durch korrektes Betrachten der Reibung ausgesondert werden (was aber für das Resultat offensichtlich keine Rolle gespielt hat), und in der Formulierung der Angabe wird eine deutliche Präferenz für B verraten: Eine neutrale Formulierung wäre gewesen, "[die Person] fühlt sich gegen ... gepreßt."

Fachwissenstest Physik: Mechanik

G7. Ein Autohersteller macht eine Testserie an neuen Modellen. Zwei Fahrzeuge P und Q, mit gleicher Masse und Geschwindigkeit, fahren einander auf Kollisionskurs entgegen (siehe Figur 1). Ein drittes Auto R, mit derselben Masse und Geschwindigkeit wie die anderen Autos, fährt gegen eine unbewegliche Wand mit sehr großer Masse (siehe Figur 2). In beiden Fällen kommen die Autos nach dem Zusammenprall zum Stillstand.



Figur 1



Figur 2

Der Betrag der kinetischen Energie, der in Deformationsenergie und Wärme verwandelt wird, ist bei Auto P ...

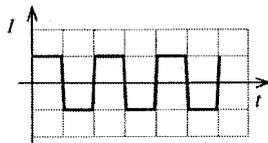
- A. größer als derjenige von Auto R.
- B. gleich groß wie derjenige von Auto R.
- C. kleiner als derjenige von Auto R.
- D. nicht möglich herauszufinden, da Informationen fehlen.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 18%, BHS 16%; international 30%; richtig: B)

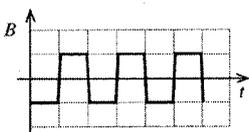
Fachwissenstest Physik: Elektrizität

G4. Eine Spule befindet sich in einem veränderlichen Magnetfeld B. Dieses verursacht in der Spule einen Induktionsstrom I der im folgenden Strom-Zeit-Diagramm (I-t-Diagramm) dargestellt ist:

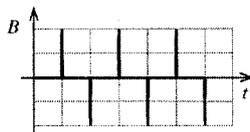


Welches der folgenden Diagramme zeigt am besten die zeitliche Veränderung des Magnetfelds?

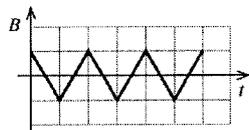
A.



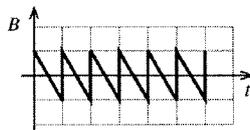
B.



C.



D.



(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 36%, BHS 41%; international 34%; richtig: C)

Fachwissenstest Physik: Wärmelehre

G2. Wenn ein kleines Volumen von Wasser zum Kochen gebracht wird, entsteht ein großes Volumen von Wasserdampf. Warum ist das so?

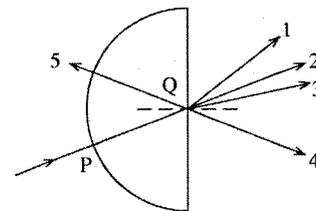
- A. Die Moleküle haben im Wasserdampf einen größeren Abstand als im Wasser.
- B. Wassermoleküle dehnen sich bei Erwärmung aus.
- C. Die Änderung von Wasser zu Dampf lässt die Anzahl der Moleküle zunehmen.
- D. Der Atmosphärendruck wirkt stärker auf Wassermoleküle als auf Dampfmoeküle.
- E. Wassermoleküle stoßen einander ab, wenn sie erwärmt werden.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 56%, BHS 44%; international 65%; richtig: A)

Fachwissenstest Physik: Optik und Wellen

G5. Zur Aufgabenstellung gehört das folgende Diagramm: Ein Lichtstrahl durchläuft von P nach Q einen halbkreisförmigen Glaskörper, der von Luft umgeben ist. In welche Richtung wird der Lichtstrahl bei Q gebrochen?



- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4
- E. 5

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 33%, BHS 23%; international 37%; richtig: A)

Fachwissenstest Physik: Moderne Physik

G18. Eine sehr dünne Goldfolie wird mit Alpha-Teilchen beschossen. Erklären Sie, warum die meisten Alpha-Teilchen die Folie durchdringen.

(Quelle: IEA)

(Erfolgsquote: AHS 24%, BHS 13%; international 14%)

Offene Lernformen im PC-Unterricht

Werner Reindl und Jürgen Binder

1. Einleitung

Hilf mir, daß ich es selber tue!

Dieser, von Maria Montessori überlieferte Satz eines Kindes trifft vielleicht am besten die Beschreibung der zentralen Idee des offenen Unterrichts, die jedoch keineswegs neu ist. Obwohl in den letzten Jahren das Fortbildungsangebot der Pädagogischen Institute und auch das Interesse der Lehrer am offenen Unterricht vehement gestiegen sind, ist offener Unterricht keine Erfindung der beiden letzten Jahrzehnte, vielmehr stammen wesentliche Ideen wie z.B. freie Arbeit, Wochenplan oder Projektunterricht aus der Reformpädagogik der 20er und 30er Jahre, von Hugo Gaudig, Berthold Otto, Peter Petersen, Adolf Reichwein, John Dewey, Celestin Freinet, Maria Montessori und anderen.

In England und den USA entstand in den 60er und 70er Jahren eine pädagogische Bewegung von Lehrerinnen und Lehrern, die sich mit dem Konzept "informal teaching" bzw. "open education" gegen rigorose Curriculumplanung und Lernzieleuphorie wandte. [NiU, Heft 17, 1993, S.4]

Die ersten Versuche zum offenen Unterricht begannen jedoch auch bei uns in der Grundschule. Das zunehmende Desinteresse der Schüler an Physik/Chemie läßt aber auch uns Hauptschullehrer nach jedem sich bietenden Ausweg greifen. Fortbildungsangebote zum offenen Unterricht stoßen daher allgemein auf großes Interesse. Offener Unterricht kann jedoch nicht vorgezeigt und dann nachgemacht werden, weil Rezepte über offenen Unterricht ein Widerspruch in sich sind. Auch das von uns erprobte Thema wird sich an anderen Orten nicht in der dargelegten Form nachvollziehen lassen.

Um die Möglichkeiten und Grenzen offener Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht diskutieren zu können, ist es nötig, sich zunächst mit der pädagogischen Theorie des offenen Unterrichts auseinanderzusetzen.

1.1. Was ist offener Unterricht?

Vor dem Schuleintritt und außerhalb der Schule lernt der Mensch großteils selbst gesteuert. D. h., daß das Kind die Art und Weise, bzw. auch die Inhalte des Lernens selbst bestimmen und auswählen kann. Diese Selbststeuerung sollte bei einer offenen Schule und bei offenem Unterricht seine Fortsetzung finden. Offen beschreibt aber hier nicht einen festgelegten, eindeutigen Zustand, sondern stellt einen Prozeß dar. Offener Unterricht stellt in diesem Sinne eine positive Alternative zur kollektiven, für alle Kinder der Klasse weitgehend gleichen Belehrung dar.

Die inhaltlich, methodisch und organisatorisch geforderte Öffnung des Unterrichts gelingt aber nur dann, wenn die Anpassung der Bildungseinrichtungen damit konform läuft.

Von der Gesellschaft eingerichtete Stätten, in denen Bildung vermittelt wird, werden als Schulen bezeichnet. Unterricht, der in solchen Institutionen (Einrichtungen) erteilt wird, richtet sich in seiner Art einerseits nach dem Stand der Wissenschaften und andererseits nach gesellschaftspolitischen Gesichtspunkten, die ihren Niederschlag in Lehrplänen finden. Veränderungen im Bereich der Weltbilder (Weltsichten), Erkenntnisse und Theorienbildung auf der sachlichen Ebene und Änderungen auf der persönlichen Ebene (Bedürfnisse der Individuen) brachten in historischer Sicht auch Änderungen in der Form praktizierten Unterrichts.

Wandlungen in der Struktur des Unterrichts bedingten aber auch einen Wandel in der architektonischen Gestaltung der Schulgebäude.

Die unterschiedlichen Aufgaben, Zielsetzungen und räumlichen Bedingungen seien hier kurz demonstriert.

- Klosterschule (Mittelalter - Neuzeit)
Aus den Klosterschulen des Mittelalters heraus entwickelte sich zunächst die
- Lernschule des 19. und 20. Jahrhunderts und schließlich die sogenannte
- Arbeitsschule (Kerschensteiner s. d.) des 20. Jhdts. mit seinen Auswirkungen bis hin zur Gegenwart.

Standen Glaube und Philosophie im Mittelalter im Vordergrund einprägenden Lernens, so wandelte sich Unterricht hin zum Aneignen von Wissen und Erkenntnissen. Die damals praktizierte Lehrerzentriertheit wandelte sich hin zu schülerzentriertem Unterricht, in dem Lernen als eine Ausbildung zum selbständigen Forschen und Handeln in einer demokratischen Gesellschaft angesehen wird.

Parallel dazu hat sich auch Schule als Ort verändert. So entstand aus dem Kloster (Mönchszelle, Arbeitsbibliothek) der Hörsaal und schließlich die kleine Klasse, die Gruppenräume und Schülerarbeitsplätze im Bereich naturwissenschaftlichen Unterrichts, sowie Schülerbibliotheken und dergleichen. [vgl. Ulshöfer 1976, S. 11]

Leider sind solche Bedingungen mancherorts noch nicht im ausreichenden Maße realisiert worden. Intentionen sind aber zeitlich relativ weit zurückverfolgbar: Bereits 1924 hat Henry MORRIS, Direktor der Erziehungsbehörde in Cambridge, ein Programm vorgelegt, das die Reintegration der Schule in das gesellschaftliche System bewirken sollte. Unter anderem wurden von ihm Räume mit speziellen Funktionen bzw. Zweckbindung gefordert, die ihren Intentionen nach o.a. Kriterien entsprechen (Bibliothek, Freizeiträume, unterteilte Räume, Aula etc....) Die Idee von H. Morris rückte in den 60-er Jahren wieder in den Mittelpunkt schulpädagogischer Reformdiskussion. Letztlich legte er die Basis für die sogenannte Community School. [Haidl 1991, S. 85 f]

Diese letzteren Vorstellungen der Realisierung von Unterricht (Unterrichtsformen) stellen wechselweise an Schule und Ge-

sellschaft wesentliche, sehr sensible Bedingungen im Bereich der:

- Schulorganisation (Flexibilität, Überschaubarkeit)
- Lernziele (klare Formulierung)
- Unterrichtsformen (breite Palette, Ausnützung)
- bauliche Gestaltung des Schulgebäudes (Einrichtung von bestimmten Klassen- und Gruppenräumen)
- Freiheiten (Didaktik, Methoden, Basiswissen)

Anlässlich einer Tagung von PC-Didaktikern wurde von einer Arbeitsgruppe, die sich mit didaktischen Konzepten auseinandersetzte, eine Grobstruktur erarbeitet, die aufzeigen sollte, inwieweit es Alternativen im Bereich der Physik und Chemie gibt, den Unterricht zu öffnen - "offenen Unterricht" / "offenes Lernen" zu entwickeln. Ausgangspunkt war die These, daß Lern- und Verhaltensprobleme in der Schule insbesondere auch als Folge "nicht-kindgemäßer" Organisationsprinzipien der Unternehmung, sowie der Institution Schule selbst, entstehen und/oder verstärkt werden. Nach vorher festgelegten Zielstellungen wird es notwendig sein, die Lernorganisation, die Methodik und Didaktik des Unterrichts in den eigenen Klassen - und den Klassenraum selbst-systematisch zu verändern.

Änderung der Lehrerrolle

Der Begriff "offenes Lernen" inkludiert für uns zunächst einmal alles, was im Unterricht mehr Freiheit in den Entscheidungen des Kindes ermöglicht. z. B. im Gegensatz dazu kaum strittig sein dürfte, daß der normale Durchschnittsunterricht in Physik/Chemie überwiegend aus Frontalunterricht besteht. Das heißt aber nicht, daß ab nun die notwendigen organisatorischen Maßnahmen durch den Lehrer nicht mehr gewahrt werden müssen. Hingegen ändert sich seine Rolle, sein Aufgabengebiet. Er wird zum Diagnostiker des Lernstandes der einzelnen Kinder und seine Kompetenz erstreckt sich nunmehr hauptsächlich darauf, gezielt weiterführende Lernanregungen zu geben, bzw. vorbereitend durch entsprechende Materialien (Bereitstellung von Versuchsmaterial, Chemikalien, Literatur, Tabellen, Medien etc.) einen erhöhten Lernstand bei den Kindern möglich zu machen.

Ein Problem im PC-Unterricht, das weitgehend auch zum Desinteresse an diesem Fach beiträgt, ist die Tatsache, daß sich der Unterricht weitgehend an der Vermittlung kognitiver Lernziele orientiert. "Offenes Lernen" hingegen bedeutet mehr als die Beschränkung auf das kognitive Moment. Es umfaßt schlicht alles, wo Kinder lernen, selbst zu entscheiden und ihre Lernvorgänge selbst zu organisieren, wobei emotional-affektive und soziale Prozesse ermöglicht werden, indem immer wieder angeregt und helfend begleitet wird, wenn das Kind ganz allein, mit einem selbstgewählten Partner oder in der Kleingruppe mit oder ohne Hilfe bzw. Zusammenarbeit die eigene Arbeit organisieren und durchführen möchte. "Offenes Lernen" schafft die Voraussetzungen für möglichst viel Selbstentscheidung durch das Kind im Laufe des Arbeitsvorganges.

Bei der Realisierung "offener Unterrichtsformen" im P/C - Unterricht werden zahlreiche Probleme auftreten, die es zu berücksichtigen bzw. zu lösen gilt:

- Da ist zunächst einmal der P/C - Lehrer mit der Tatsache konfrontiert, daß die zu unterrichtende Gruppe (Klasse)

nicht homogen ist. Eine Differenzierung, wie sie z.B. in den Hauptfächern stattfindet und möglich ist, wird in den Realien aufgehoben. An die Stelle der "äußeren Differenzierung" tritt eine "innere Differenzierung". Daraus resultiert die Tatsache, daß die Kinder mit jeweils ganz bestimmten, oft sehr verschiedenen Ausgangslagen (in Wissen, Können und Erfahrung) in die einzelne Lernsituation eintreten. Sie müssen, durch ihre sozio-ökonomische Situation und ihre bisherige Förderung bedingt, jeweils durch passendes und interessantes Lernangebot von "ihrer Lernausgangslage abgeholt werden". Die denkbar verschiedenen Lernvoraussetzungen, die persönliche Vorerfahrung der Schüler (Vorwissen, Vorverständnis, kognitive Struktur) spielen demnach eine wesentliche Rolle und sind vielmehr als bisher in den Unterricht zu integrieren. Im Gegensatz zum "frontalen Arbeiten", zum Lernen im Gleichschritt, bei der alle in derselben Zeit dasselbe lernen sollen, wird beim offenen Lernen entsprechend den Voraussetzungen und Interessen der einzelnen Kinder differenziert und individualisiert. Das Tun der Kinder ist nicht eingeschränkt auf einzelnes Reden und Zuhören und Erfüllen von genau vorgesehenen Arbeitsaufträgen, sondern ermöglicht eine handelnde Auseinandersetzung mit Lebensproblemen, mit Fragen und Ideen der Kinder aus ihrer Lebenswelt. Lernen wird zum "entdeckenden Lernen" und "Lernen durch Handeln". Es wird untersucht, experimentiert, erkundet, gebaut, konstruiert, gespielt und beobachtet - ohne daß die Lehrplanforderungen vernachlässigt werden. Diese Lehrplanziele werden vom Lehrer in die offenen Aufgabenstellungen systematisch eingebaut oder "scheinbar zufällig" beim handelnden Lernen kennengelernt, geübt und damit durch das handelnde Erlebnis auf Dauer erworben. Der Unterricht erfolgt möglichst selten - nur in vom Lehrer bewußt ausgewählten Situationen - in der Form, daß der Lehrer das einzelne Kind in der Gesamtklasse anspricht und alle anderen Zuhörer sind. Beim offenen Lernen reden viele Kinder gleichzeitig beim Arbeiten miteinander, und nur einige oder ein einzelner redet mit dem(r) Lehrer(in), ohne daß die anderen zuhören müssen. Damit werden die üblichen Regeln und Normen des schulischen Lernens, ohne die Frontalunterricht nicht denkbar ist, weitgehend außer Kraft gesetzt - und durch neue ersetzt. Die Kinder brauchen nicht die meiste Zeit alle auf ihrem Platz stillzusitzen, sondern bewegen sich frei in der Klasse, um sich Arbeitsmaterial aus Regalen zu holen, Fertiges abzulegen, einen Arbeitspartner zu suchen, jemand bei der Arbeit zuzusehen, sich für eine Entspannungspause zurückzuziehen, konzentriert irgendwo auf dem Boden zu arbeiten, zwischendurch zu träumen, oder den/die Lehrer/in etwas zu fragen oder ihr etwas zu erzählen, das Lieblingsbuch zu lesen, oder ein Spiel zu spielen, das nicht von vornherein auf schulisches Lernen abgestimmt ist - und dann wieder auf "seinem Platz" die nächste ausgewählte Aufgabe des "Arbeitsplanes" allein oder mit dem Partner zu lösen.

- Schüler arbeiten und handeln unterschiedlich schnell, etwa wenn sie einen Versuch aufbauen, ein Erlebnis aufschreiben, bestimmte Rechnungen lösen, etwas lesen oder ein Versuchsprotokoll verfassen sollen. Die Kinder müssen also durch die Art der Unterrichtsorganisation "zeitliche Freiräume" erhalten, es muß ihnen ein Eigenrhythmus in den Lernphasen ermöglicht werden. Jeder Mensch hat seine

eigene Lernweise, weshalb es einem Lehrer selten gelingen kann, in einem von ihm geplanten Unterricht durch geeignete Differenzierungsmaßnahmen alle Lerntypen richtig anzusprechen. Demnach müßte man jedem Kind zumuten, seinen eigenen Lernweg zu suchen. Der Schüler wird zum Subjekt im Lernprozeß. Er bestimmt mit über Ziele, Inhalte und Verfahren, wodurch sich sein Engagement beträchtlich erhöht.

- Die Interessenslage der Schüler ist sehr unterschiedlich. Dies sollte der offene Unterricht berücksichtigen. Wichtig ist dabei der lebenspraktische Bezug und die Bedeutung der Inhalte für die Schüler. Dies bedingt viel oder weniger Aufmerksamkeit, bzw. das Nachlassen oder Aufflammen des Interesses oder der Begeisterung bei bestimmten Inhalten. Vorlieben und Abneigungen müssen berücksichtigt werden, wenigstens bei der Möglichkeit, die "Reihenfolge" bei den geliebten oder weniger gemochten Arbeiten selbst zu bestimmen. "Lernen findet statt, wenn der Lerninhalt vom Lernenden als für seine eigenen Zwecke relevant wahrgenommen wird". [Rogers, 1976] Wesentlicher Bestandteil organisierter Lernprozesse des offenen Lernens sind also die individuellen Lernvoraussetzungen jedes Kindes, seine Vorlieben, seine Interessen, seine Ermüdbarkeit, seine Konzentrationsfähigkeit, sein Eigenrhythmus, sein Ruhe- und Spielbedürfnis, seine Arbeitsstrategien, seine Kommunikationsbedürfnisse, seine Ängste und Phantasien, sein Wissen und seine Fragen.
- Die Konzentrationsfähigkeit erstreckt sich bei den Schülern auf einen unterschiedlich langen Zeitraum. Manche ermüden schnell, andere nach größeren Zeitspannen. Dies erfordert also zu verschiedenen Zeiten Abwechslung. Das kann ein Themenwechsel sein, ein anderer Versuchstisch, aber auch die Zeit der Entspannung, der Ruhe. Die Arbeitspausen müssen also (im Rahmen vereinbarter Regeln) selbst gewählt werden dürfen - zum Spielen, zum Plaudern, zum Austausch von Lernerfahrungen, zur Bewegung,...
- Da beim offenen Unterricht die Beziehungs- und Bewegungsebene der Schüler eine wesentliche Rolle spielt, muß grundsätzlich alles den größeren kindgemäßen Bewegungs- und Kommunikationsbedürfnissen entsprechend organisiert sein. Da sich Kommunikation und Kooperation jedoch nur in einer Atmosphäre des Akzeptiertseins, der Angstfreiheit und des Wohlbefindens entfalten können, müssen die dazu erforderlichen Voraussetzungen zunächst einmal geschaffen werden. Um sie zu realisieren, bedarf es auch einer geänderten Lehrerrolle. Die Hauptaufgabe des Lehrers wird es also nach wie vor sein, die Gesamtverantwortung über das Unterrichtsgeschehen zu übernehmen, etwa in dem Sinn, daß er:
 - sich um eine geeignete Lernatmosphäre kümmert
 - Leitlinien für das Lernen vergibt
 - Lernvoraussetzungen schafft
 - zu Aktivitäten anregt
 - Lernereignisse diagnostiziert

Dies ist eine Herausforderung, eine Unterrichtsplanung zu entwickeln (in Form von Rahmenbedingungen), die verschiedene Arbeitsvorhaben gleichzeitig zuläßt. Dabei steht nicht so sehr wie bisher das WAS (Stoffangebot) im Vordergrund, sondern vielmehr das WIE, der Prozeß des Lernens. Arbeits- und Materialangebote müssen erstellt, gefunden und erfunden werden,

um den Unterricht mehr und mehr zu öffnen, etwa als allererster Schritt durch mehrere Angebote (Versuchsstationen) gleichzeitig, wobei die Kinder die Reihenfolge bei der Lösung der (schon bekannten) Aufgaben selbst zu wählen haben und bei der einen oder anderen Aufgabe zwischen einer leichteren oder schwierigeren Variante zu entscheiden haben. Es sind somit die Prozesse des Handelns selbst, z.B. des Beobachtens, des Experimentierens, des Explorierens und Spielens und die sprachlichen Vorgänge, die als besonders wertvoll anzusehen sind.

Offene Lernsituationen fordern nämlich die sprachliche Fähigkeit der Schüler, bedingt durch eine ständige sprachliche Erfassung und Durchdringung des eigenen Tuns und des kooperativen Handelns. Nachdem jedes Kind im offenen Unterricht die Möglichkeit hat, unterschiedliche Probleme und Inhalte in differenzierter Weise anzugehen, und demnach dieser Unterricht nicht immer in geraden Bahnen verlaufen kann, in dem alle Schüler in der gleichen Zeit das gleiche tun, muß hier Planung Platz schaffen für Einfälle, Phantasie und auch Irrtümer der Schüler. Daraus ergibt sich beim offenen Lernen eine Offenheit im WANN?, also in der Zeitdimension der Arbeit. In unserem Fall erstellten wir deshalb zunächst ein Angebot (für eine Übungssequenz) von verpflichtenden Arbeiten (Zuckererzeugung, Vorkommen, Arten, Krankheiten etc.) und freiwilligen weiterführenden Arbeiten, alles in einem Programm auf einem Zettel für jedes Kind oder an der Tafel festgehalten.

Die offene Unterrichtsplanung konzentrierte sich dabei auf das Gestalten geeigneter Lern- bzw. Handlungs- und Spielsituationen, die vor allem auf Problem- Aufgaben, Konflikt- und Spannungssituationen abgestimmt war. Für die Schüler ergaben sich folgende Arbeitsmuster:

- freie Wahl der Reihenfolge der Arbeiten (Versuche, Spiele, Literatur etc.)
- freie Wahl der Dauer der Beschäftigung mit einem Bereich,
- freie Wahl der Erholungspausen (Essen, Aufstehen, Bewegung, ...),
- freie Wahl der Zusatzangebote und wann sie gelöst werden.

Da die offene Unterrichtsplanung einen individualisierenden und differenzierenden Unterricht ermöglicht, muß dabei die Balance gewahrt werden zwischen "innerer Differenzierung" und dem offenen Unterricht, mit dem Primärziel der Unterstützung der freien Entfaltung der Persönlichkeit des Kindes auf der Grundlage autonomen Lernens und der spontanen Auseinandersetzung mit der Umwelt. Diese Balance ist beim offenen Lernen für das einzelne Kind und die spezielle Klasse immer wieder zu überprüfen und festzulegen. Durch differenzierte Arbeitsmaterialien, in freien Arbeitsphasen, mit selbstgewählten Spiel- und Arbeitsmitteln und durch gegenseitiges Helfen sollten die Schüler individuelle Stärken und Schwächen entfalten bzw. ausgleichen. Es wird dabei eine Unterrichtsplanung in Organisationsformen des offenen Lernens in den verschiedenen Arbeitsstationen des PC-Saales so umgesetzt, daß verschiedene Arbeitsvorhaben gleichzeitig möglich sind, verpflichtende Arbeiten und freie Arbeiten.

Daraus ergeben sich verschiedene Differenzierungsformen von selbst:

- *qualitative Differenzierung* (nach Leistung der Schüler)
- *methodische Differenzierung* (verschiedene Materialien, Versuchsgeräte, Aufgabengebiete...)

- *quantitative Differenzierung* (mehr oder weniger, langsam oder schnell...)
- *fakultative Differenzierung* (freie Auswahl, eigene Interessen....)

In einem zweiten Schritt der Entwicklung des offenen Lernens werden nun Arbeitsphasen organisiert, in denen eine Gruppe mit dem Lehrer/der Lehrerin, vielleicht eine zweite mit einem Elternteil, etwas neu erarbeitet. Dabei wird das WIE? geöffnet, besonders dann, wenn in dieser Station ein differenziertes Angebot im Schwierigkeitsgrad oder in der Art der Hilfestellung durch den Lehrer erfolgt.

Solche Stationen bieten viele Vorteile:

- durch die kleinere Personenzahl kommen alle zu Wort, können eigene Erfahrungen und Erlebnisse einbringen,
- alle können ihre Fragen stellen,
- jedes Kind kann eigene Lösungswege probieren (mit und ohne Hilfe),
- die Kinder können experimentieren (Versuchs- und Irrtumslernen),
- die Kinder können individuelle Hilfen durch den Lehrer beanspruchen,
- der Lehrer kann die Stärken und Schwächen der einzelnen Kinder besser beobachten und individualisierende Hilfen geben,
- der Lehrer kann soziale Probleme lösen helfen.

Das "handlungsorientierte Lernen" tritt dabei in den Vordergrund.

In einem dritten Entwicklungsschritt, wenn die Kinder zunehmend befähigt werden, eigene Lösungswege zu gehen, tritt dann das WAS? zunehmend in den Mittelpunkt des offenen Lernens.

1.2. Kriterien für offenes Lernen

- Das Material, an und mit dem gelernt wird, besteht sicher zum Teil aus Inhalten bekannter Schulbücher. Vieles wird aber, da der "Markt" für Lernmittel und Spiele auf das offene Lernen erst zu reagieren beginnt, von den Lehrern in mühsamer Arbeit selbst hergestellt und erprobt und mit Kontrollen für das selbständige Arbeiten versehen. Da die Freude am Lernen im Vordergrund steht, ist dem didaktischen Erfindungsreichtum für spielerische Elemente keine Grenze gesetzt. Die Orientierung an den Lehrplanforderungen ist dabei selbstverständlich. Die Arbeit wird zunehmend an Lernfeldern orientiert, die Materialien von Lebens- und Umweltproblemen werden wichtig. Das erfordert die Bereitstellung von Sachbüchern, Nachschlagewerken, Kinderbüchern und vielfältigen Informationsmaterialien, um eine Arbeit zu ermöglichen, bei der erkundet, experimentiert, angeschaut und "begriffen" werden kann, um dann selbst darzustellen und zu berichten.

Der PC-Saal hat deshalb sein Aussehen teilweise zu verändern. Zusehends wird er zu einem Raum mit Werkstatt- und Wohnraumcharakter, wo Materialien, Geräte und Arbeitsflächen neben gemütlichen Bereichen zu Verfügung stehen. Damit haben sich auch die Ansprüche an die Möbelausstattung einer Klasse (eines PC-Saales) zumindest zum Teil verändert.

- Ein Unterrichtsmodell für offenes Lernen, wie es im Bereich der Grundschule durchgeführt werden kann, stellt sich folgendermaßen dar:

Ein Unterrichtstag ist nur in besonderen Fällen (für Stunden mit LÜ, R etc.) in 50-Minuten-Einheiten gegliedert. Im allgemeinen strukturiert hier die Klassengemeinschaft und der/die Lehrer/in nach den jeweiligen Erfordernissen den Vormittag.

Zwei größere Arbeitsabschnitte pro Vormittag mit einer größeren Pause in der Mitte haben sich bewährt. Sonst sind es Orientierungspunkte, wie Gesprächsrunden, die freien Angebote und Pflichtaufgaben, die Arbeitsvorhaben und der Arbeitsrhythmus des einzelnen oder der Kleingruppe, die den Ablauf des Vormittags bestimmen.

Durch den Fächerkanon der Hauptschule ist eine solche Umsetzung nur bedingt möglich.

- Der Gesamtunterricht - mit seiner großen pädagogischen Tragweite und Bedeutung - in der Volksschule kann durch offenes Lernen in der Hauptschule seine Fortsetzung finden. Denn Gesamtunterricht ist prinzipiell überfachlich. Er geht vom Lebensvollzug der Menschen aus, und der ist immer komplex und gleichzeitig mit vielen Aspekten verwoben. Guter Gesamtunterricht hat seinen Anfang in der "Ich-Bestimmtheit" (R. Oerter) des Kindes, also bei jenen Dingen, die die Kinder erleben und begreifen können - und führt langsam zu mehr "Sach-Bestimmtheit". Ich-Bestimmtheit und Sach-Bestimmtheit haben aber sowohl differenzierte als auch übergreifende Aspekte. Er scheint so, daß es nur in offenen Arbeitsformen dem einzelnen Kind möglich wird, den jeweils speziellen Zugang und Weg seines Lernens zu finden: Ich-bestimmt oder Sachbestimmt, über das Detail und/oder durch einen ganzheitlichen Eindruck.
- Daß offene Arbeitsweisen auch den emotionalen und sozialen Bedürfnissen der Kinder besser gerecht werden und oft erst die Chance für die Aufarbeitung von Defiziten bieten, zeigt sich zunehmend. Nur wenn z. B. bei Konflikten (inneren und äußeren) divergierende, möglichst selbstbestimmte Lösungen ausprobiert, also autonome und innengeleitete Strategien ermöglicht und unterstützt werden, sind positive Veränderungen von Dauer möglich. Offener Unterricht ist der Unterricht mit weniger Angst- und Versagensgefühlen und mehr Wohlbehagen durch selbstgestaltete Erfolgserlebnisse.

Noch etwas scheint wichtig:

Offenes Lernen wird erst dann seinem Hauptziel, der individuellen Lernförderung, gerecht, wenn die Lehrer/innen Beobachtungen und Aufzeichnungen zur individuellen Lernentwicklung der Kinder machen, und jeweils dazu passende geeignete Lernanreize - eingebettet in seine "Programme"- aufnehmen.

2. Praxis

2.1. Vorüberlegungen

Es ist ein Irrtum, daß Freude am Schauen und Suchen durch Zwang und Pflichtgefühl gefördert würden. (Albert Einstein)

Der Lehrer komme meistens zur Tür herein, manchmal auch durch das Fenster und einmal im Jahr durch den Schornstein. (Martin Wagenschein)

Die pädagogische Palette, auf der Maßnahmen zur Realisierung von PC-Unterricht aufgebracht sind und dem Lehrer zur Verfügung stehen, sind vielseitig und bunt. Die Richtigkeit der gewählten Grundfarben, ihre Komposition und die Nuancierung der Farbtöne spiegelt sich im Schülerverhalten wider. Der Bogen spannt sich hier von gähnenden, schwätzenden oder sich anderwertig beschäftigenden "Zuhörern" und "Zuschauern" bis hin zu motivierten, fleißig und zielbewußt arbeitenden Menschen, die mit einem "heute war's super" den PC-Saal verlassen. Eine gewisse gähnende Leere, die nach manch einer Stunde beim über sich reflektierenden Lehrer entsteht, gibt Anlaß, nicht so sehr über den gewählten Inhalt, denn mehr über die Art der Präsentation und Aufarbeitung (Methode) nachzudenken. Die Lösung liegt in der Realisierung von Unterrichtsformen, die u. a. im Bereich der Reformpädagogik zu finden sind.

Die Bedeutung lehrerzentrierten Demonstrationsunterrichts ist vielfach herausgestellt worden und hat nach wie vor einen berechtigten und hohen Stellenwert im PC - Unterricht. (Mothes; Knoll; Duit, u. a.) Er soll hierorts nicht weiter diskutiert werden. Es geht hier mehr um die Einbeziehung freier Unterrichtsformen, die ein gleichberechtigtes Nebeneinander zu Traditionen darstellen.

Der Schritt dazu, offenes Lernen mit in den PC-Unterricht einzubeziehen, setzt allerdings Reflexion über die eigene Arbeit voraus und erfordert demzufolge eine persönliche Neueinstimmung.

Orientierungshilfen dazu bietet Friedrich Gervé (vgl. Gervé, S. 33 ff):

- Was ist für mich offener Unterricht und welche Motivation habe ich, ihn zu praktizieren?
- Welches sind meine positiven und negativen Erfahrungen im Schulalltag?
- Welche Situationen empfinden meine Schüler als angenehm und welche nicht?
- Wann ist mein Unterricht effizient und sich lohnend?
- Ist mein Unterricht kindgemäß, handlungsorientiert und fördert er somit die Schülertätigkeit?
- Sind Freiräume (Einzelinteressen, Bedürfnisse, Sozialkontakt ...) im Unterricht gegeben?
- Gibt es Möglichkeiten der Differenzierung und Individualisierung?
- Was ist das Ziel meiner Arbeit als Lehrer?
- Welche Hoffnungen, Ängste und Vorbehalte verbinde ich mit offenem Unterricht?

Der *Lehrplan für den Lehrer*, um in diesem Spannungsfeld auch richtig zu liegen, erscheint nun klar und gibt eindeutige Aufträge:

- Wähle ein Thema sorgfältig aus, das innerhalb des Faches und auch außerschulisch Bedeutung für den Schüler hat und
- zeige es entsprechend attraktiv auf und beziehe den Schüler unter Berücksichtigung der Handlungsorientiertheit in die Aufarbeitung optimal und größtmöglich ein.

Offener Unterricht als ein didaktisches Instrument bzw. als eine Form von Unterricht vermag mittels eigener Struktur und Konzeption viele höhere (allgemeine) Lernziele anzusprechen. Forderungen aus den Bildungs- und Lehraufgaben können demzufolge auf breiter Basis abgedeckt werden.

Was, wann, wie lange und vor allem auch mit wem gelernt wird, sind wesentliche Bausteine für die Entwicklung der Persönlichkeit und den Prozeß der Aneignung von Bildung.

Im Einzelnen bzw. konkret geht es u. a. um die Bereiche [vgl. Friedrich Gervé, 1992]:

Selbständigkeit	Differenzierung	Angstfreiheit
Soziales Lernen	Lernfreude	Individualisierung
Eigenverantwortung	Kommunikation	Motivation
Selbsteinschätzung	Selbstdisziplin	Kooperation
Effektivität	Selbstwertgefühl	Selbstvertrauen
Regelleben		

2.2. Offene Lernformen am Beispiel "ZUCKER"

Darstellung eines Modells

2.2.1. Zielperspektiven

Jede Unterrichtsform kennt ihre Reinform und wird als solche in der Literatur hinlänglich beschrieben. Die Aufgabenstellung u. a. war nun, diese eine Idealform durch Abänderung innerer und äußerer Bedingungen auf eine Art reduzierte, aber dennoch adäquate Form zu bringen. (Diese Form soll nun in der Folge als Offene Lernphase - OLP - bezeichnet werden.)

- Die OLP sollte nur von einem Lehrer durchgeführt werden. (Ein Begleit- oder Zweitlehrer steht in der Regel im Schulalltag ja auch nicht zur Verfügung.) Die Durchführbarkeit sollte doch in der "normalen" Schulsituation erprobt werden. Dabei geht es nicht nur um die Betreuung der Gruppen (Paare, Einzelne) bei ihren Arbeiten, sondern auch um die Beziehung zu anderen Fächern (fächerübergreifender Unterricht mit anderen Kollegen z.B. GW- oder BU-Lehrer).
- Die Inhalte der OLP sollten sich in den wesentlichen Bereichen nur auf ein Thema mit dem Schwerpunkt "Chemie" beschränken. Damit sollte eine Abgrenzung zu projektorientiertem Unterricht bzw. zu einem Projekt geschaffen werden.
- Die OLP sollte die Organisation der Schule nicht belasten. D. h., daß der Stundenplan weder aufgelöst, noch geändert werden sollte, damit beispielsweise Stundenblöcke entstehen könnten. Jede Einheit war somit mit der Dauer von 45 Minuten begrenzt.

2.2.2. Didaktische Überlegungen

Neben der (vordergründigen) Freiheit der Wahl beliebiger Themen, sollten gewisse Bereiche bzw. Inhalte von jedem Schüler bearbeitet werden, damit dem Lehrplan auch von seiten des speziellen Fachwissens (Lehrstoff: konkrete Inhalte) genüge getan wurde. Demzufolge wurde der "chemische Aspekt" des Zuckers (Arten, Aufbau) und die Durchführung der Fehling-Probe als sogenannte "Pflichtthemen" festgelegt. Über den Rest der angebotenen Themen konnten die 20 Schüler/innen in Zeit und Menge sozusagen frei verfügen. Die vorgeschlagene Gesamtdauer der Arbeit wurde mit ca. 6 Einheiten anberaumt.

2.2.3. Vorarbeit

- Zusammenstellen eines Themen- und Arbeitskataloges
- Sammeln und Erstellen von Arbeitsunterlagen: Texte, Bilder und Grafiken aus verschiedenen Quellen (Lexikon, Wörter-, Fach-, Schulbuch etc.)
- Vorbereiten von Experimentieranleitungen und Experimentiermaterial für Schülerversuche
- Kontaktgespräche mit anderen (außer)schulischen Personen (z. B.: Schularzt)
- Erstellen von Arbeitsplänen und Protokollblättern
- Beschaffen von Zuckerproben und Bastelmaterial (Packpapier, Kleber, Tonpapier ...)
- Anfertigen von Lernspielen (Memory, Domino, Terzett ...)
- Gestalten von IKL-Materialien

2.2.4. Verlauf

- Einführung der Schüler in die Thematik und Besprechung des Ablaufs des Lernabschnittes "Zucker"
- Erste Vorstellung möglicher Themen
- Konkretisierung der Freiräume und Pflichten für die Schüler (Pflichtthemen, Wahlpflichtthemen, Protokolle, Experiment(e), Spiele ...)
- Demonstration der "Fehling-Probe" (Sachinformation, Sicherheitshinweise, Möglichkeiten, Handling)
- Freies Arbeiten:
 - Partnersuche bzw. Gruppenbildung in Verbindung mit Themenwahl
 - Umsetzen von Arbeitsanweisungen und -hinweisen, die den Arbeitsblättern entnommen werden
 - Festhalten von Ergebnissen - Schreiben von Zusammenfassungen (Konzept)
 - Einholen von Zusatzinformationen (Lehrer, andere Gruppe)
 - Gemeinsames Ansehen eines Filmes ("Zucker") als flankierende Maßnahme
 - Verfassen einer Reinschrift
- Vorstellung der Ergebnisse und Diskussion über die abgelaufene Arbeit bzw. "neue" Unterrichtsform
- Einbeziehen des Schularztes in einer Unterrichtseinheit: Zucker im menschlichen Körper - Messung von Blutzucker (auf freiwilliger Basis)
- Bereich "Wahrnehmung": Zuckerunterscheidung durch tasten und schmecken (Kim-Spiele)
- Gestaltung von Plakaten:
"Zuckerherstellung" (Von der Rübe bis zum Zucker)
"Zuckersorten" (Zucker in der Verpackung)

2.2.5. Reaktionen - Ergebnisse

- Die Erstmotivation seitens der Schüler war ausgesprochen hoch und somit auch für den Lehrer erfreulich, zumal sich eine erste Rechtfertigung seines Konzepts zeigte. Die Schüler äußerten sich spontan und waren neugierig, diese Art des Unterrichts genauer kennenzulernen. (*"Fein, etwas Neues ...! Ganz interessant ...! Kann man da auch ...?"*)
- Wenngleich die Schüler mit Freude an die Sache herangingen, so zeigten sich gleich zu Beginn auch gewisse Startschwierigkeiten:

Manche waren unentschlossen, welches Thema sie zuerst (oder überhaupt) bearbeiten sollten. Abhilfe schaffte ein auf-

klärendes, informierendes Gespräch über den Inhalt, die Schwierigkeit und die Art der Bearbeitung.

- Sich selbst einen Zeitplan zu erstellen bzw. sich Arbeit ohne Führung einzuteilen, war für einige Paare und Gruppen doch ein Problem, da die (gewohnte) "Drängerei" des Lehrers (Zeitvorgabe) nicht existierte.
- Es galt weiters, den Umgang mit dem vorhandenen Freiraum zu erlernen.
- Zumal - und das kommt noch dazu - die Nutzung der Pausen und der Relaxzeiten auf ein Minimum beschränkt werden mußte, da es die Zeit (s.o. - 45') einfach kaum erlaubte! Hier zeigt sich besonders, daß die wesentlich idealeren Bedingungen, wie sie in der Volksschule gegeben sind (Gesamtunterricht, Lehrersystem), einfach fehlen!
- Der generelle Arbeitseinsatz, sowie Selbsttätigkeit und Eigeninitiative hielt in seiner Intensität fast ungebrochen alle 7 Einheiten an. Gegen Ende der OLP stellte sich bei manchen Schülern dennoch eine merkbare Müdigkeit ein. Die Schüler mußten schon extra motiviert (aufgefordert) werden, daß sie z. B. ihr Plakat fertigstellten oder die Reinschrift verfaßten.
- Das Experiment - namentlich die Fehling-Probe - und seine konkrete Durchführung war eine Station, die die einzelnen Schüler (hier: Paare) nur ungern verließen.

Es hat sich aber gezeigt, daß das vorangestellte Demonstrieren und Besprechen (Technik, Sicherheit, Reaktion ...) erforderlich war und der eigentlichen Schülerarbeit wirklich dienlich war.

- Die Praxis des Experimentierens kann im Chemie Unterricht aufgrund verschiedenster Schwierigkeiten und Gefahren nicht oft genug trainiert werden.
So kam es, daß
 - "unrein" gearbeitet wurde
 - unnötigerweise zu viel von einer Probe genommen wurde
 - beim Schwenken eines Reagenzglases Lösung verschüttet wurde u.a.m.
- Ein Auge des Lehrers war eben immer beim Experimentiertisch!
- Gerade die o.a. Tatsachen brachten die Rechtfertigung dafür, daß nur ein Experiment durchgeführt wurde.
- Wenn der (berechtigten!) Forderung nach mehr Versuchen nachgekommen werden soll, so wäre es anzuraten, einen zweiten Lehrer (oder Studierenden einer PA) mit in den Unterricht einzubeziehen, um
 - Risiken zu minimieren und
 - Gruppen, Paare und Einzelne umfassender und effektiver betreuen zu können.
- Solche Versuche wären:
 - Kristallisation von Zucker
 - Löslichkeit von Zucker
 - Zersetzung von Zucker durch Erhitzen
 - Spaltung von Disacchariden
- Das Angebot, beim Lernen auch "spielen" zu können, wurde von Schülern gerne angenommen. Diente es doch dazu, lustbetont Inhalte bzw. Begriffe dieses Themas einzuüben bzw. zu festigen.
- Die Spiele als solche und ihre Regeln zu erklären erübrigte sich, zumal Quartett, Memory oder Würfelspiele mit Ereigniskarten aus früherer Kindheit oder anderen Schulstufen und Gegenständen hinlänglich bekannt waren.

2.2.6. Negative

- aufwendige Vorbereitungsarbeiten (zeit- und kostenintensiv)
- hoher Zeitaufwand für ein relativ kleines Stoffgebiet
- Gefahren und Risiken bei(m) Experiment(en)
- Schwierigkeit der Erstellung von LZ - Kontrollen
- entstehende Projektmüdigkeit gegen Ende der Arbeit

2.2.7. Rückmeldungen

Nach Beendigung aller Aktivitäten gab es noch Zeit für eine gemütliche Nachbesprechung im Sitzkreis. Den Schülern sollte die Möglichkeit gegeben werden, ihre positiven und negativen Eindrücke und Erlebnisse zu schildern.

Der Grundtenor war erfreulich!

"Ja, war super! - Das hat mir getaugt!"

"Das war gut, weil ...

- man nicht zuhören und zuschauen mußte!"
- man machen konnte, was einen interessiert!"
- die Stunden sehr rasch vergangen sind!"
- man sich seine Arbeit selbst einteilen konnte!"

Relativierungen:

"So etwas sollten wir öfter machen, aber nicht immer!"

"So etwas könnten wir 2 bis 3 mal im Jahr machen!"

"Die gefährlichen Versuche sollte der Lehrer vorzeigen -- dann können wir ja wieder selbst weiterarbeiten." (Antwort auf die Frage, wie der Lehrer das Problem der gefährlichen bzw. für Schüler verbotenen Versuche lösen sollte)

"Wenn es zu lange dauert, wird es fad."

"Ich will wieder etwas Anderes machen."

"Ich möchte jetzt wieder "normalen" Unterricht."

2.2.8. Resümee und Ausblick

Das "SUPER" des Schülers sollte man zum Anlaß nehmen, doch zwei- oder dreimal im Jahr beim Schornstein hereinzukommen.

Allerdings: Eine Liste von Themen zu erstellen, die OL oder davon abgeleitete Unterrichtsformen zuläßt oder gar verbietet,

Beilagen

Die folgenden, im Text erwähnten Arbeitsunterlagen können aus Platzgründen hier nicht abgedruckt werden. Sie werden unter

<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/002>

zur Verfügung gestellt:

- Arbeitsprotokoll
- Versuchsanleitung
- Spiele (Würfelspiel, Quartett (eig. Terzett), Memory)
- Schlüsselwörter - Vokabelliste für IKL
- Arbeitsaufträge (1 - 12)

erscheint mir nicht sinnvoll. Vielmehr hat jeder Lehrer für sich selbst bzw. für seine Klasse zu entscheiden, welches Thema sich in der konkreten Lehr-, Lernsituation für solchen alternativen Unterricht eignet. Extrempositionen ("Alles kann man ...!") zu beziehen, scheint mir hier - trotz aller Euphorie - als nicht angebracht. Mehr noch! - Es wäre verfehlt, da im Sinne der Bildungs- und Lehraufgaben eine breite Palette unterrichtlichen Handelns auf den Schüler einwirken soll, um Formung zu erreichen.

2.3. Literatur

Berge, O. E.: *Offene Lernformen im Physikunterricht der Sekundarstufe I* in NiU - Physik 4 (1993) Nr. 17

Gervé, F.: *Freiarbeit*. LICHTENAU-Scherzheim 1992

Haidl, M.: *Community School*. In: Ipfling, H.J. (Hrsg.): *Unterrichtsmethoden der Reformpädagogik*. Bad Heilbrunn 1991

Ulshöfer, R.: *Praxis des offenen Unterrichts*. Herder - Freiburg, Wien 1976

NiU 2/93, Heft 17

Krüger, R.: *Eine Form der Individualisierung*, in: Journal - HS Magazin, 3/89

Autorengruppe, BMUK: *Auf dem Weg zum offenen Unterricht*, Wien - Klagenfurt 1991

Zusätzliche Literatur:

Badegruber, B.: *Offenes Lernen in 28 Schritten*. Linz 1992

Kowalczyk, W. (Hg): *Von der Käfighaltung zum Freiflug*. Lichtenau/Baden 1992

Petri, G.: *Analysen und neue Entwicklungsansätze zum schülerorientierten Unterricht*. Hrsg. v. BMUK, Graz 1993

Potthoff, W.: *Freies Lernen - Verantwortliches Handeln*. Freiburg 1990

Vierlinger, R.: *Die offene Schule und ihre Feinde*. Wien 1993

Walter, G.: *Explorieren und Spielen im Rahmen einer handlungsorientierten Grundschuldidaktik*, in: Pädagogisches Forum I/1993

Erste Beobachtungsergebnisse mit dem Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte (ESO)

Peter Habison

Einleitung

Derzeit (März 2000) entsteht am Cerro Paranal in Chile im Rahmen der Europäischen Südsternwarte das modernste astronomische Observatorium der Welt. Drei Teleskope sind schon in Betrieb, das vierte ist noch in Bau. Die ersten beiden werden bereits für den Forschungsbetrieb verwendet, das dritte wird gerade für die wissenschaftlichen Aufgabenstellungen getestet. Über die Einzelbeobachtungen hinausgehend, ist erstmals die Methode der optischen Interferometrie für alle Teleskope im Bereich des nahen Infrarot vorgesehen. Diese Möglichkeit der Kombination der Teleskope wird voraussichtlich erst in den nächsten Jahren fertiggestellt werden. Im folgenden sind einige erste astronomische Ergebnisse, aufgenommen vor allem während der Kommissionierungs- und Testphasen der ersten beiden Teleskope, zusammengestellt. (Alle Angaben beruhen auf Veröffentlichungen der Europäischen Südsternwarte ESO in Garching.)

Die Namen der Teleskope und Instrumente

Die vier Teleskope wurden nach den Namen bedeutungsvoller Himmelsobjekte in der Mapuche Sprache benannt. Die Teleskope heißen UT1: ANTU (Sonne), UT2: KUEYEN (Mond), UT3: MELIPAL (Südliches Kreuz) und UT4: YEPUN (Siri-rius).

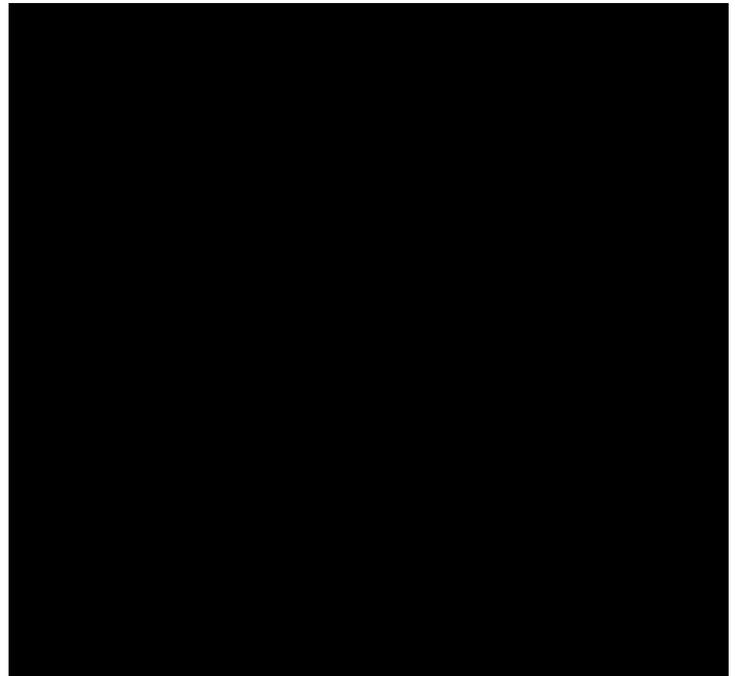
Am ersten Teleskop ANTU wurden zwei modernste astronomische Lichtanalyseinstrumente montiert. Das erste Instrument trägt den Namen ISAAC und steht für "Infrared Spectrograph and Array Camera". Es wurde vollständig von der ESO gebaut und im Nasmyth Focus A montiert. Das zweite Instrument, FORS1 - Focal Reducer/low dispersion Spectrograph, wurde gemeinsam von der Landessternwarte Heidelberg und den Universitätssternwarten Göttingen und München gebaut. Es ist im sog. Cassegrain Focus montiert.

Interstellarer Raum, Milchstrasse und Umgebung

Die Dunkelwolke Barnard 68

Die Dunkelwolke Barnard 68 erscheint im Band der Milchstraße als ungewöhnlicher Fleck. Es handelt sich hierbei um eine klassische "Globule", benannt nach dem amerikanischen Astronomen, Edward E. Barnard (1857-1923), welcher 1919 eine Liste derartiger Objekte publizierte. Barnard 68 erscheint als kompaktes, undurchsichtiges, eher scharf begrenztes Objekt gegenüber dem sehr sternreichen Himmelshintergrund. Selbst auf der VLT Aufnahme erscheint kein einziger Vordergrundstern - ein Hinweis, dass die Wolke der Sonne relativ nah liegt.

DI Peter Habison, Kuffner-Sternwarte, Johann Staud-Strasse 10, 1160 Wien.
Vortrag im Rahmen der Fortbildungswoche 2000.



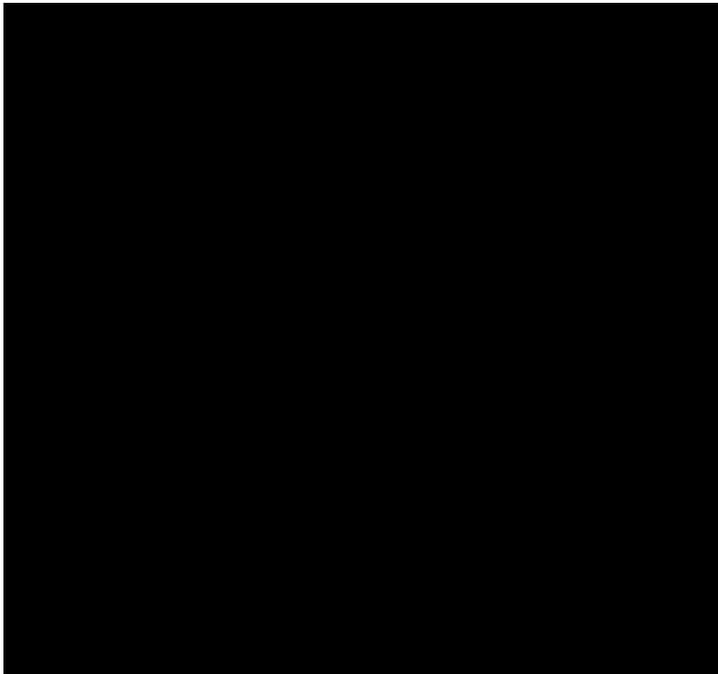
ESO PR Photo 20a/99: Dunkelwolke Barnard 68

Interstellare Wolken bestehen aus Gas und Staub und beinhalten oftmals zahlreiche Moleküle der organischen Chemie. Über lange Zeit in der Geschichte der Astronomie wurden sie als "Löcher im Himmel" betrachtet. Heute weiß man, dass Molekülwolken zu den kältesten Bereichen im Universum zählen (10 K oder -263 °C). Darüber hinaus sind sie Geburtsstätten von zahlreichen Sternen und Planeten.

Bis heute ist der Auslösemechanismus für die Kontraktion einer Molekülwolke zu stabilen Sternen wissenschaftlich nicht eindeutig geklärt. Aufnahmen wie diese leisten wesentliches bei der Forschung der Sternentstehung. Barnard 68 erscheint gerade in dieser ersten Phase des Kollaps zu stehen. Die Dunkelwolke besitzt einen Durchmesser von nur 7 Lichtmonaten (0.2 Parsek) und befindet sich in einer Entfernung von etwa 500 Lichtjahren in Richtung des Sternbildes Ophiuchus (Schlangenträger).

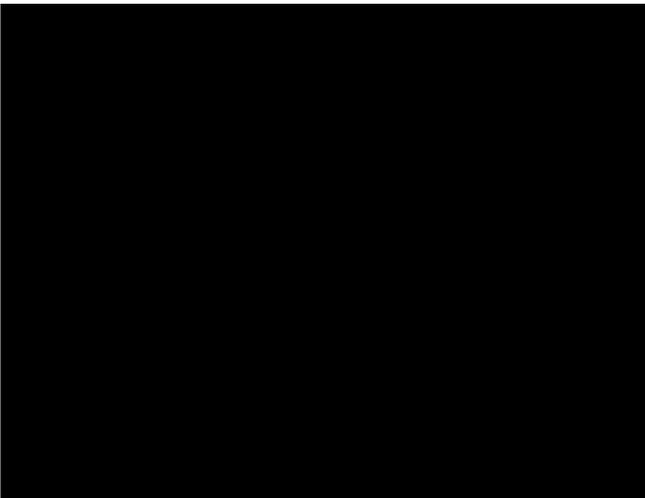
Die RCW38 Region

Das Bild zeigt eine Aufnahme der RCW38 Region, aufgenommen durch drei Infrarot Filter mit den Bezeichnungen Z (0.9 mm), H (1.65 mm) und Ks (2.16 mm). Die Region befindet sich in einer Entfernung von 5.000 Lichtjahren. Es handelt sich hier um eine besonders junge Sternentstehungs-Region, welche aufgrund der Schwächung des Lichtes durch Gas und Staub im sichtbaren Bereich des Spektrums nicht beobachtet werden kann. Im Bereich des nahen Infrarot ist die Wolke jedoch durchsichtig und kann von hochgelegenen Observatorien aus beobachtet werden, wie das vorliegende Bild zeigt. Die diffuse Strahlung ist die Summe aus an Gas und Staub der Region gestreuten Sternenlichts und der Linienemission atomaren und molekularen Wasserstoffs.



ESO PR Photo 46b/98: RCW38 Region

Der Planetarische Nebel "Messier M27"



ESO PR Photo 38a/98: Hantelnebel (Messier 27)

Der Hantelnebel, auch bekannt als Messier 27 oder NGC 6853, befindet sich im Sternbild Vulpecula und ist ein typischer "planetarischer Nebel". Die Entfernung ist nur ungenau bekannt, die besten Schätzungen ergeben 1200 Lichtjahre. Der Nebel wurde zuerst vom französischen Astronomen Charles Messier im Jahre 1764 entdeckt und in seinen berühmt gewordenen Katalog diverser Himmelsobjekte als Nummer 27 aufgenommen. Der Name "Planetarischer Nebel" ist historisch begründet und hat astrophysikalisch nichts mit Planeten zu tun. Der Nebel besteht aus stark verdünntem, ionisiertem Gas, welches der zentrale Stern in den letzten Phasen seiner Entwicklung abgestoßen hat. Dieser Zentralstern ist am Photo 38a/98 gut zu erkennen. Die Atome des Gases werden durch UV Strahlung des Sternes angeregt und strahlen ihre Energie in unterschiedlichen Wellenlängen wieder ab. Photo 38a/98 wurde aus drei Einzelaufnahmen mit unterschiedlichen Filtern aufgenommen - zwei Interferenzfilter und ein Filter großer Bandbreite. Zusammen ergeben die Bilder ein sog. "Echtfarbenbild".

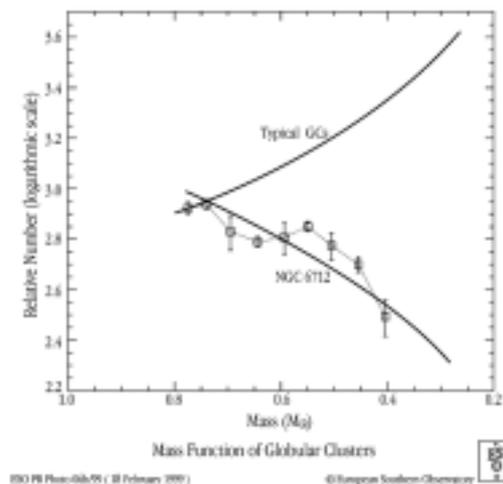
Die Entstehung des Halos der Milchstraße und NGC 6712

Sterne, welche wir im Halo der Milchstraße beobachten, stellen nur einen kleinen Teil der gesamten Masse dieses Halo dar. Untersuchungen an Bewegungen der Sterne unserer Milchstraße haben ergeben, dass der Halo jedoch viel mehr Masse besitzt als ursprünglich angenommen. Diese Beobachtungen sind auch aus Studien fremder Galaxien bekannt. Diese Beobachtungstatsache wird in der Astronomie als das "Problem der dunklen Materie" bezeichnet. Es ist zur Zeit nicht bekannt, woraus diese Materie besteht.

Die hellsten Objekte im Halo der Milchstraße sind Kugelsternhaufen. Es handelt sich hierbei um große Gruppen von Sternen, welche während der frühen Entwicklung der Milchstraße vor etwa 12-14 Milliarden Jahren entstanden. Dies war zu einem Zeitpunkt, als sich gerade die ersten Strukturen unserer Galaxis aus primordialem Wasserstoff bildeten. Kugelsternhaufen waren somit wahrscheinlich die ersten größeren Objekte unserer Protogalaxie.

Einige Astronomen nehmen an, dass unsere Milchstraße die damals sie umgebenden Zwerggalaxien ihrer Kugelsternhaufen beraubte. Stimmt diese Annahme, dann besitzt der Halo sehr alte Strukturen dieses ursprünglichen Entwicklungsprozesses. VLT Aufnahmen von Kugelsternhaufen sollen hier Licht ins Dunkel bringen.

Als erster interessanter Kandidat käme NGC 6712 in Frage. Dieser Kugelsternhaufen befindet sich in einer Entfernung von 23.000 Lichtjahren in Richtung zum galaktischen Zentrum. Er besitzt etwa 1 Million Sterne, welche alle leichter als die Sonne sind. In der Milchstraße kennt man bisher 150 Kugelsternhaufen. Alle bewegen sich auf elliptischen Bahnen, die sie regelmäßig durch die mit Sternen und Nebeln gefüllte Ebene der Galaxis führen. Die Bahn von NGC 6712 ist verhältnismäßig kurperiodisch und führt nahe an das Galaktische Zentrum heran. Es scheint, als ob NGC 6712 erst vor wenigen Millionen Jahren die galaktische Scheibe passiert hätte.



Astronomen bei ESO nützen nun das VLT, um diesen Kugelsternhaufen genauer zu untersuchen. Dabei wurden die Helligkeiten und Farben von möglichst vielen Sterne in NGC 6712 bestimmt. Photo 6b/99 zeigt das Ergebnis der Messungen und Berechnungen. Überraschender Weise fanden sich in diesem Kugelsternhaufen verhältnismäßig wenig schwache und leichte Sterne. Da Helligkeit und Masse in Sternhaufen proportional sind, bedeutet eine geringe Helligkeit auch eine ge-

ringe Masse. Dieses Ergebnis der eigenartigen Massenfunktion widersprach bisherigen Ergebnissen, welche bei anderen Kugelsternhaufen gefunden wurden und welche auch der gängigen Theorie der Sternentstehung entsprechen. Als Grund für diese Anomalie wird eine sog. "Verdunstungsprozess" der leichten Sterne angenommen. Durch die "häufige" Passage des Haufen durch die Milchstraßenebene, erleidet der Haufen zahlreiche "gravitative Schocks", durch welche leichte Sterne aus dem Gravitationsfeld des Haufens gerissen werden.

Der Doppelsternhaufen NGC 1850 in der Großen Magellanschen Wolke

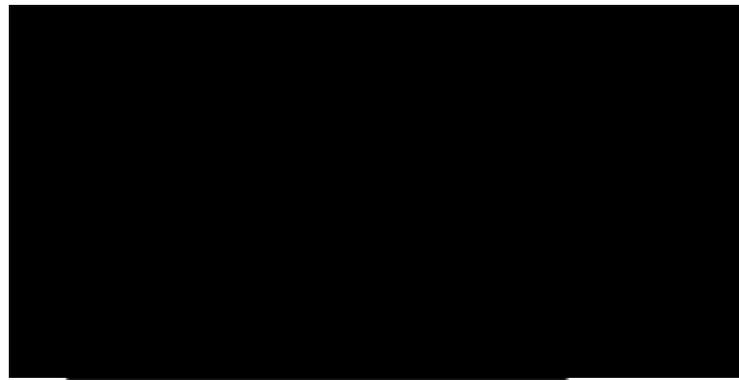


ESO PR Photo 15/99: Doppelsternhaufen NGC 1850

NGC 1850 ist ein Doppelsternhaufen in der Großen Magellanschen Wolke. Der Haufen repräsentiert eine Klasse von Objekten, welche einerseits jung, andererseits aber eine kugelförmige Assoziation bilden. Derartige Objekte sind direkt in unserer Milchstraße nicht zu finden. Die Besonderheit liegt in der Doppelnatur des Sternhaufens. Der größere Teil des Haufens besteht aus etwas 40 Millionen Jahren alten Sternen, das Alter der Sterne im kleineren Haufen beträgt nur etwa 4 Millionen Jahre und setzt sich vorwiegend aus extrem heißen Sternen zusammen. Eine Theorie geht davon aus, dass in den letzten 20 Millionen Jahren etwa 1000 Sterne im großen Haufen als Supernovae explodierten. Durch diese gigantischen Explosionen könnte das Gas um den großen Haufen die Entstehung des kleinen Haufen bewirkt haben. Eine andere Theorie unterstützt die These der Supernova induzierten Sternentstehung im jüngeren Sternhaufen. Protosterne, welche in den filamentartigen Strukturen zu finden sind, deuten darauf hin. Jener Nebelfleck, welcher direkt über dem Haupthaufen liegt und die Form einer "3" besitzt, ist der bekannte Supernovaüberrest N57D, welcher selbst mit NGC 1850 assoziiert sein könnte.

Das Spektrum von SN 1987A

Mit ISAAC konnten bereits in der Testphase beeindruckende Bilder und Spektren aufgenommen werden. Als Beispiel sei hier ein "IR-Spektralbild" des Ringnebels von SN 1987A in der großen Magellanschen Wolke abgebildet, welche 1987 in dieser Begleitgalaxie unserer Milchstraße explodierte. Der Ring besteht aus Material, welches der explodierte Stern im Laufe seiner Entwicklung abstieß. Die Schockfront der Explosion bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 30.000 km/s



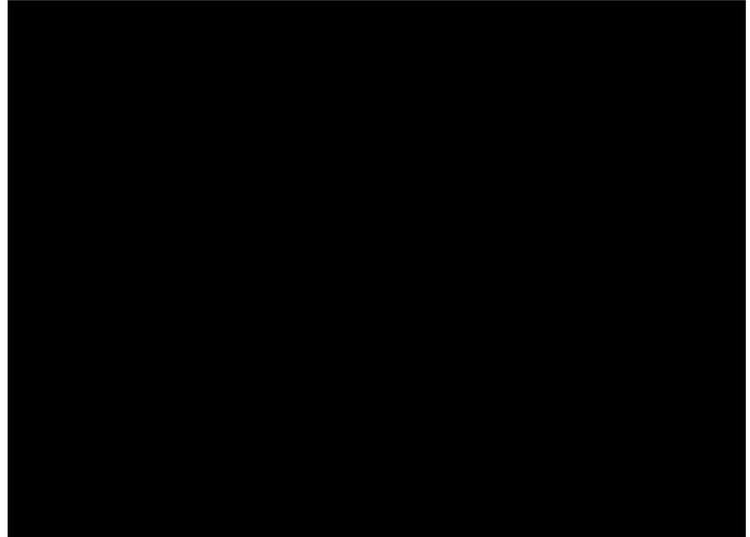
ESO PR Photo 11a/99: He-Spektrum von SN 1987A

und hat gerade den Ring erreicht. Der Ring liegt in einer Entfernung von einem Lichtjahr vom explodierten Stern und wird durch die Schockfront erneut ionisiert. Der helle Bereich im Ring liegt der Erde zugewandt und wird daher zuerst stärker sichtbar.

Von besonderem Interesse ist weiter eine in Dispersionsrichtung liegende "jetartige Struktur", welche die Anwesenheit einer breiten, blauverschobenen He I Komponente zeigt. Die Aufnahme wurden mit einem Gitter mittlerer Auflösung, zentriert auf die He I Linie bei 1.083 μm und 20 Minuten Belichtungszeit gewonnen. Die Spaltbreite betrug zwei Bogensekunden.

Galaxien und Galaxienhaufen

Die Zwerggalaxie Antlia



ESO PR Photo 10a/99: Zwerggalaxie Antlia

Nicht nur weit entfernte Galaxien sind für das VLT eine Herausforderung, auch nahe gelegene, schwache Objekte sind ein spezieller Aufgabenbereich für das Teleskop.

Bei der vorliegenden Aufnahme handelt es sich um eine ellip-tisch geformte Zwerggalaxie mit sehr geringer Flächenhelligkeit. Aus diesem Grunde wurde sie erst 1997 entdeckt. Sie erhielt ihren Namen aus der Tatsache, dass sie im Sternbild Antlia (Luftpumpe) zu finden ist. Sie ist ein Mitglied der lokalen Gruppe, wozu unter anderen auch unsere Milchstraße, die Magellanschen Wolken und die Andromeda Galaxie gehören.

Aus früheren Arbeiten ist bekannt, dass die Galaxie weder helle Sterne der Population I enthält, noch Hinweise auf eine Sternpopulation mittleren Alters zu finden ist. Es sieht so aus,

als würde diese Galaxie vorwiegend durch alte Sterne dominiert. Soweit ist dies noch kein Widerspruch. Nun findet sich aber im Zentrum von Antlia eine Wolke aus atomarem Wasserstoff mit einer Masse von 8×10^5 Sonnenmassen. Nach der klassischen Theorie der Sternentstehung fehlen in dieser Galaxie die oben erwähnten jungen Sterne. Ein Modell der Sternentstehung in Antlia ist daher von besonderem Interesse für die Astrophysiker.

Die Balkenspiralgalaxie NGC 1365



ESO PR Photo 8a/99: Balkenspiralgalaxie NGC 1365

NGC 1365 ist eine wunderschöne, typische Spiralgalaxie im Sternbild Fornax am südlichen Himmel. Es handelt sich um eine Riesengalaxie mit einem Durchmesser von etwa 200.000 Lichtjahren. Sie ist ein Hauptmitglied des Fornax Galaxienhaufens. Die Entfernung zu ihr beträgt 60 Millionen Lichtjahre und ihre Radialgeschwindigkeit wurde zu 1632 km/s bestimmt.

Ein großer Balken verläuft quer durch die Galaxie und beinhaltet den Kern der Galaxie im Zentrum. Der Balken besteht vorwiegend aus älteren Sternen, welche ihm die rote Färbung verleihen. Gravitative Störungen des Balkens erzeugen durch Wechselwirkungen mit Gas und Staub die großen Spiralarme, welche am Ende des Balkens ansetzen. In diesen Armen befinden sich vorwiegend junge und blaue Sterne, welche aus den Gas- und Staubwolken entstanden sind und den Spiralarmen eine bläuliche Färbung verleihen. Der Balken und die Arme rotieren von uns gesehen im Uhrzeigersinn. Eine volle Umdrehung dauert 350 Millionen Jahre.

Die Farben von NGC 1232

Das Bild von NGC 1232 basiert auf einer Computer bearbeiteten Aufnahme, wobei es sich hier um ein "UV-B Farbindexbild" handelt. Diese Technik der Subtraktion von Farben und Darstellung im Bild erlaubt das Sichtbarmachen eines "Differenzbildes" in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen. Da unterschiedliche Objekte unterschiedliche Helligkeiten in unterschiedlichen Farben besitzen, ist diese Methode sehr hilfreich Objekte eines speziellen Typs zu lokalisieren. Man erhält dergestalt einen guten Überblick über die Gesamtstruktur der Galaxis.

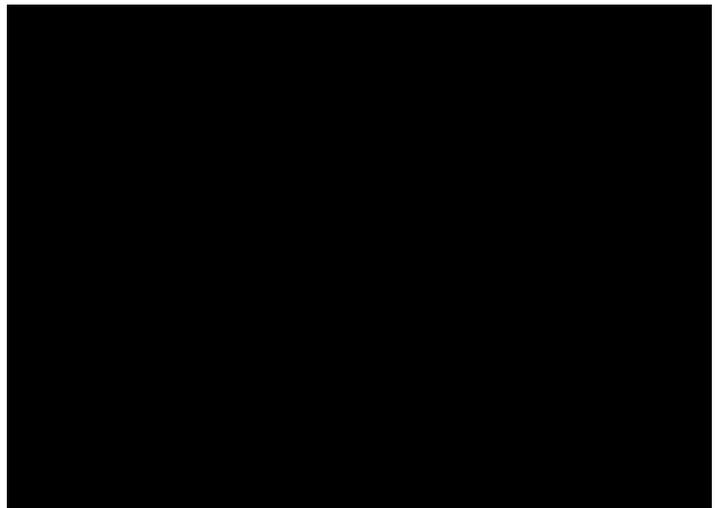
Gebiete der Sternentstehung emittieren stark im UV Bereich und erscheinen in diesem Bild sehr hell. Sie zeigen die Gebiete



ESO PR Photo 13a/99: UV-B Farbindexbild von NGC

der Schockfronten in den Spiralarmen an. Das Bild basiert auf zwei Aufnahmen im U und B Filterband, belichtet jeweils 10 bzw. 6 Minuten.

Der Galaxienhaufen MS1008.1-1224



ESO PR Photo 09b/99: Galaxienhaufen MS1008.1-

Die Erforschung der sogenannten "Deep Fields" etabliert sich zusehends als gängige Methode der beobachtenden Kosmologie. Als bereits bekannte Beispiele seien genannt: Das HDF-North und das HDF-South, das NTT Deep Field, das AXAF Deep Field und letztlich das FORS Deep Field. All diese Himmelsfelder sind verhältnismäßig "leer" in dem Sinne, als dass sich keine helleren Objekte in ihnen befinden. Eine Hauptaufgabe des wissenschaftlichen Verifikationsprogramms für FORS1 war die Beobachtung derartiger Regionen am Himmel. Die wissenschaftlichen Fragenstellungen, welche damit untersucht werden sollen, sind mannigfaltig. Einige sind:

- Photometrische Beobachtung von möglichst vielen Rotverschiebungen der Galaxien
- Genaue Studien der Gravitationslinseneffekte
- Studien über Galaxie-Populationen in den Haufen
- Objekte hoher Rotverschiebung in den Haufen

Für die vorläufigen Beobachtungen wurde u.a. der Galaxienhaufen MS1008.1-1224 ausgewählt. In Photo 09b/99 ist der

zentrale Teil dieses Galaxienhaufen abgebildet. Die Rotverschiebung beträgt 0.306 und die zahlreichen Bögen deuten auf eine intensive gravitative Wechselwirkung hin. Durch eine genaue Analyse der Struktur der Bögen kann die Masse bzw. Massenverteilung des Galaxienhaufen bestimmt werden. Für einige sehr entfernte Galaxien wirkt der Haufen als Gravitationslinse und ermöglicht durch eine natürliche Verstärkung ihres Lichtes erst ihre Beobachtung. Das Gesichtsfeld der Abbildung beträgt 200 x 200 Quadratbogensekunden.

Das ferne Universum



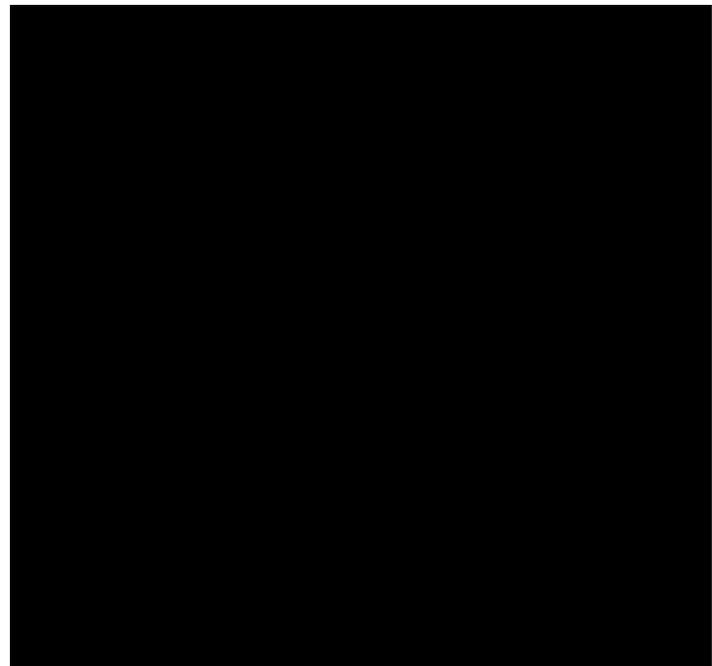
FORS 1 ist ein Instrument, welches in unterschiedlichen Modi eingesetzt werden kann. Es können sowohl Spektren als auch Bilder sehr entfernter Objekte aufgenommen werden. Mit dem Spektrum dieses Quasars wurde ein Bild des extrem jungen und entfernten Universums aufgenommen.

Das Spektrum entstand Ende 1998 im Spektroskopie Modus. Die Effizienz von FORS 1 zeigt sich daran, dass selbst bei einem derart entfernten und schwachen Objekt, eine Belichtungszeit von nur einer Stunde erforderlich war. Im Diagramm sind die Rotverschiebung des Objektes und weitere Rotverschiebungen identifizierter Absorptionslinien angegeben. Diese Linien entstehen in Gaswolken, welche in der Sichtlinie zwischen uns und dem Quasar liegen. Der vorliegende Quasar, "Quasar 1", besitzt eine Rotverschiebung von nicht weniger als 5. Er wurde von X. Fan et al. im Rahmen der sog. *Sloan Digital Sky Survey Collaboration* entdeckt. Sein Licht wurde abgestrahlt, als das Alter des Universums gerade ein paar Prozent seines heutigen Wertes besaß.

Detailstudien mit FORS Spektren hoher Qualität an mehreren Quasaren sollen die chemische Zusammensetzung des Gases dieser Objekte klären.

Gravitationslinsbögen bei $z=3,23$ im Galaxienhaufen 1ES 0657-55

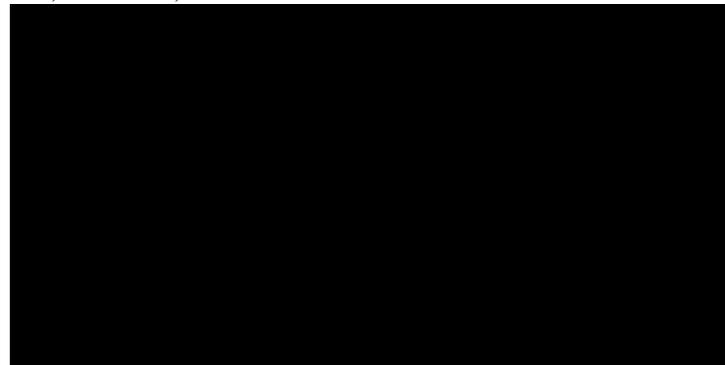
Der Galaxienhaufen 1ES 0657-55 befindet sich im Sternbild Carina, südlich des Bandes der Milchstraße. Seine Rotverschiebung wurde zu $z=0,29$ gemessen. Das Gebiet ist eine starke Röntgenquelle und besitzt eine asymmetrische Galaxienverteilung. Dies deutet auf eine große Gesamtmasse und junges Alter hin. Aufnahmen mit dem 3,5m "New Technology Telescope" auf La Silla zeigten bereits eine bogenförmige Struktur, welche als Hintergrundgalaxie in großer Entfernung gedeutet wird und deren Licht durch das Gravitationsfeld des im Gesichtsfeld liegenden Galaxienhaufens stark abgelenkt und verzerrt wird.



ESO PR Photo 16b/99: Galaxienhaufens 1ES 0657-55

Das Photo 16b/99 zeigt eine Falschfarbendarstellung des Galaxienhaufens 1ES 0657-55, zusammengestellt aus Daten im g-Band Filter (grün) mit FORS 1 des VLT. Die dünnen Bögen und Bogenteile sind dank der ausgezeichneten Qualität der Bilder rechts oben gut zu erkennen.

Das Photo 16c/99 zeigt das Spektrum des hellsten und größten Bogens im Haufen. Die Aufnahme wurde mit dem Instrument FORS 1 im Dezember 1998 gewonnen. Die gesamte Belichtungszeit betrug 1,5 Stunden. Das Spektrum zeigt Absorptionslinien von Wasserstoff (Lyman-alpha und Lyman-beta), Silizium, Sauerstoff, Kohlenstoff und Eisen.



Aus diesen Wellenlängenverschiebungen gegenüber den Laborwellenlängen ergibt sich eine Rotverschiebung von $z=3,23$. Galaxien mit massiver Sternentstehung bei kleineren Rotverschiebungen zeigen ähnliche Spektren. Es wird daher vermutet, dass es sich bei diesem Gravitationslinsbogen um das verzerrte Bild einer sehr weit entfernten Galaxie handelt, welche gerade im Stadium ihrer Entstehung begriffen ist. Dies könnte zu einer Zeit geschehen sein, als das Universum erst gerade 2 Milliarden Jahre alt war.

Die extrem ferne Galaxie EIS 107 bei $z=3,92$

Die ständige Verbesserung astronomischer Technologien erlaubt immer bessere Studien des fernen Universums. In diesem spannenden Bereich der beobachtenden Kosmologie konnte in letzter Zeit eine große Population von Galaxien im frühen Universum entdeckt werden. Diese Galaxien zeigen eine intensive Sternentstehung und sind so weit entfernt ($z>3$),

Tau-Neutrino nachgewiesen

H. Kühnelt

1975 wurde in Stanford am Linearbeschleuniger das Lepton der 3. Generation, das Tau-Lepton, kurz Tauon, entdeckt. Wie bei Elektron und Myon (Nachweis 1962) nahm man beim Tauon an, daß ein eigenes Tau-Neutrino existieren müsse. Auf indirekte Weise, nämlich über die Lebensdauer des Z^0 -Bosons, wurde 1989 am CERN und am SLAC die Existenz von 3 Arten von praktisch masselosen Neutrinos nachgewiesen.

Der direkte Nachweis des Tau-Neutrinos gelang nun am Fermilab bei Chicago als eine Meisterleistung des Experiments. Zunächst wurde ein hohenergetischer Strahl von Protonen auf einen Wolframblock geschossen. Unter den entstandenen Teilchen befanden sich Tauonen, die bei ihrem Zerfall Neutrinos erzeugten. Aus dem Strahl der Sekundärteilchen wurden alle geladenen und stark wechselwirkenden Teilchen entfernt (Magnetfeld, Absorption in Materie), so daß schließlich ein Neutrinostrahl (ν_e , ν_μ , ν_τ gemischt) auf den Detektor treffen konnte. Dieser bestand aus einem Block Eisen als Target zur Umwandlung von Neutrinos in Leptonen, gefolgt von einem Sandwich aus Schichten von Photoemulsion (zur Aufzeichnung der Spuren ionisierender Teilchen), Eisen und Kunststoff. Die in den Emulsionsschichten gespeicherten Spuren sämtlicher Ereignisse wurden nach Abschluß der Datennahme mittels automatisch arbeitender Videokameras vermessen, dreidimensional rekonstruiert und einzelnen Ereignissen zugeordnet. Zusätzlich waren in elektronischen Zählern hinter dem Sandwich geladene Teilchen registriert worden. Gesucht wurde nach etwa millimetergroßen Spuren, die einen Knick hatten und so den Zerfall eines kurzlebigen Teilchens in ein anderes geladenes signalisierten. Aus 6 Millionen Reaktionen im Detektor blieben nach der drei Jahre dauernden Analyse 4 als sicher angesehene Spuren, die die Erzeugung eines Tauons durch Neutrinos entsprechend der theoretisch erwarteten Häufigkeit belegen.

Damit ist die Existenz aller Bausteine des "Standardmodells" der Teilchenphysik gesichert. Aber gerade die Neutrinos stellen sich als interessante und rätselhafte Objekte heraus. Seit zwei Jahren scheint gesichert zu sein, daß sie nicht masselos sind und sich in einander verwandeln können.

weist darauf hin, dass die Strahlung des Gamma Bursts, zumindest in Teilen, durch Synchrotron Strahlung erzeugt wurde - also durch relativistische Elektronen, welche sich auf spiralförmigen Bahnen in Magnetfeldern bewegen. Dieser Prozess erlaubt die Erzeugung von linearer Polarisierung, solange das Magnetfeld nicht völlig chaotisch ist.

Weiter konnte mit FORS1 ein Spektrum von GRB 990510 gewonnen werden. Photo 22f/99 zeigt dieses Spektrum mit identifizierten rotverschobenen Absorptions- und atmosphärischen Linien. Diese rotverschobenen Absorptionslinien stammen nicht vom Objekt selbst, sondern vom Gas der Galaxie, in welcher sich der GRB befindet oder von intergalaktischen Wolken entlang der Sichtlinie. Aus den Rotverschiebungen lässt sich die Distanz zu diesen Wolken bestimmen und damit eine untere Grenze der Entfernung zum GRB angeben.

Bis heute sind die Objekte und Prozesse, die diese gigantischen Explosionen im Weltall verursachen, unverstanden. Keine der Theorien der GRB (Superschwere Sterne, welche zu Schwarzen Löchern kollabieren, Neutronensterne und Schwarze Löcher, die verschmelzen, etc) kann die Erzeugung von Energiemengen von 10.000 Millionen Millionen Sonnenleuchtkräften erklären.

Wasserstofftechnik für Kraftfahrzeuge

Helmut Buchner

1. Überblick

Nach dem heutigen Stand der Technik können Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren völlig schadstofffrei betrieben werden, wenn als Kraftstoff statt Benzin Wasserstoff eingesetzt wird.

Wasserstoff kann an jeder Steckdose aus Wasser (Elektrolyse) und an jedem Erdgasanschluß mit Hilfe von Erdgasspaltanlagen [1] hergestellt und damit in die existierende Energielandschaft von der Haustankstelle bis zur Großtankstelle (flächendeckend) integriert werden. Damit ließe sich das Problem der zunächst fehlenden Infrastruktur für gasförmigen Wasserstoff lösen. Die Speicherung des Wasserstoffs in Fahrzeugen erfolgt aus Gründen der Sicherheit, der kompakten Bauweise und der Anpassung an die verfügbare Wasserstoffversorgung mittels chemischer Bindung in Metallhydriden.

Aus den umfassenden internationalen Forschungsergebnissen, die auf dem Gebiet der Wasserstofftechnik während der letzten 30 Jahre erarbeitet wurden, sind für den mobilen Einsatz neben dem schadstofffreien Fahrzeugantrieb mit Verbrennungsmotoren (Wasserstoff-Magermotorkonzept) noch folgende Anwendungen von besonderem Interesse :

- Bordstromerzeugung mittels Brennstoffzellen kleiner Leistung (1 - 5 kW_{el.}) in Ergänzung zur konventionellen Lichtmaschine
- Standheizung mittels katalytischer Wasserstoffverbrennung
- Hybrid-Klimaanlage und eine
- Wasserstoffzufuhr in den Dieselabgaskatalysator (< 10 g H₂/h) zur Absenkung der NO_x-Emissionen um 60 - 90 %.

Die genannten Anlagen zur Komforterrhöhung in Fahrzeugen können - auch im Stand bei abgestelltem Motor - mit Wasserstoff ohne Emission von Schadstoffen betrieben und vor allem auch in Fahrzeugen mit Diesel- und Benzinmotoren eingesetzt werden. Im Stadtbetrieb sind damit Einsparungen an konventionellen Kraftstoffen von 2 - 3 l / h (30 - 50%) und entsprechende Emissionsminderungen möglich (Abb. 1, 2).

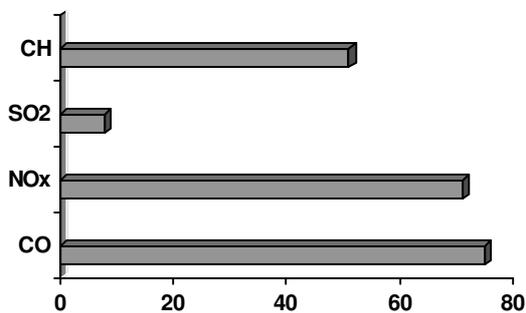


Abb. 1 : Anteil (%) KFZ an der Luftverschmutzung

Vor allem aber kann dadurch der Fahrzeugmarkt von der Wasserstofftechnik erreicht werden, ohne den Antrieb des Fahrzeugs ändern zu müssen. Hieraus ergeben sich neue Produkte und Marktchancen für die Zulieferindustrie.

Univ.-Doz. Dr. Helmut Buchner, Institut für Experimentalphysik, TU-Wien
Vortrag bei der 54. Fortbildungswoche

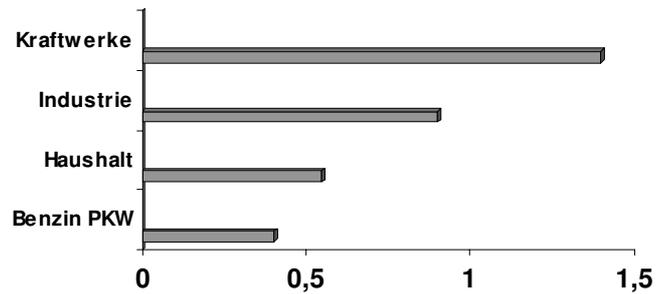


Abb. 2 : Globaler CO₂-Anteil (%) aus D (Energienutzung)

2. Wasserstofferzeugung

Wasserstoff liegt bei der Erzeugung als geruchloses, farbloses, ungiftiges, nicht kanzerogenes aber leicht brennbares Gas vor, das leichter als Luft ist, unter Einsatz von Energie aus Wasser gewonnen und wieder zu Wasser verbrannt werden kann. Die Art der eingesetzten Energie bestimmt damit die Gesamtemission der Wasserstofferzeugung, wobei Strom aus Wasserkraft oder Kernenergie dies schadstofffrei und wirtschaftlich ermöglicht.

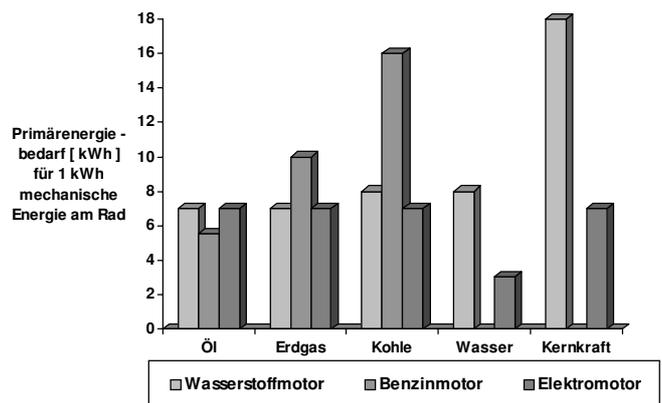


Abb. 3: Energiebedarf alternativer Antriebe

Bei der Elektrolyse wird Wasser nach der Gleichung $H_2O + \text{Strom} \rightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2$ gespalten. Abhängig von Bauart, Größe und Anlagenzustand beträgt der Energiebedarf für 3 m³ Wasserstoff (Energieinhalt: 9 kWh entsprechend 1 l Benzin) mittels konventioneller Elektrolyse zwischen 12 und 14 kWh Strom. Wird der gleichzeitig anfallende Sauerstoff zur Trink- und/ oder Abwasseraufbereitung verwendet, kann dadurch der spezifische Energiebedarf zur Wasserstofferzeugung auf ca. 10 kWh Strom gesenkt werden. Außerdem verringert der Marktpreis des Sauerstoffs auch die Herstellungskosten des Wasserstoffs, die dann - unverteuert - unter den Tankstellenpreisen für versteuertes Benzin liegen. Darüber hinaus kann die Elektrolyseabwärme, da sie bei ca. 80°C anfällt, vor allem im Falle einer Garagentankstelle zur Brauchwassererwärmung im Haus genutzt werden, womit der Stromwirkungsgrad in diesem Wasserstoff/Wärme-Verbundsystem praktisch 100% erreicht.

Grundsätzlich sollte der zur Wasserelektrolyse verwendete Strom aus nicht fossilen Energiequellen (Wasserkraft, Wind-

kraft, Kernenergie) stammen, da alle fossilen Energieträger mit weitaus höherem Wirkungsgrad direkt in Wasserstoff umgewandelt werden können (Abb. 3).

3. Anwendung im Fahrzeug

Wasserstoff ist seit langem als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren bekannt. Für den Antrieb eines Fahrzeugs können modifizierte Ottomotoren eingesetzt und sowohl mit Wasserstoff (monovalent) als auch wechselweise mit Benzin (bivalent) betrieben werden. Bei der Verbrennung von Wasserstoff im Motor zeigt sich kein CO-, CO₂- bzw. CH- Gehalt und natürlich auch keine Bleiemission im Abgas. Aufgrund des weiten Zündbereichs von Wasserstoff-Luft-Gemischen sind im Magerbetrieb des Motors - aufgrund der hohen Luftüberschußzahl und der daraus resultierenden niederen Brennraumtemperatur - auch die NO_x-Werte praktisch Null. Die gleichzeitig auftretende Verringerung der Motorleistung kann - falls erforderlich - durch mechanische Aufladung kompensiert werden (Abb. 4).

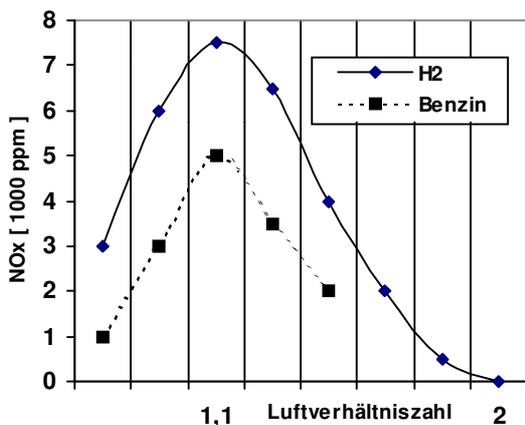


Abb. 4: Wasserstoffmotoren sind im Magerbetrieb mit Luftzahlen > 2 praktisch NO_x frei

Der gewichtsbezogene Heizwert des Wasserstoffs ist mit 33 kWh/kg etwa dreimal so hoch wie der von Benzin (10 kWh/kg). Hingegen ist die Energiedichte pro Liter Kraftstoff beim gasförmigen Wasserstoff mit <3 Wh/l etwa 3000 mal (!) kleiner als der von Benzin (9 kWh/l) und damit unpraktikabel gering. So würde der Energieinhalt eines 65 l-Benzintanks (50 kg) durch einen 20000 l-Wasserstoffballon (15 kg) ersetzt werden müssen. Die mobile Wasserstoffanwendung ist damit zunächst ein Volumenproblem. Jede Speichermethode mit einem auf eine anwendbare Größenordnung reduzierten Volumen zieht aber automatisch sowohl zusätzliches Gewicht als auch Mehrkosten nach sich. Ein schadstofffreier Antrieb ist damit gegenüber Benzin immer untrennbar mit reduzierten Reichweiten und zunehmenden Kosten verbunden. Ökonomisch und ökologisch betrachtet werden Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb daher ausschließlich für Ballungsgebiete sinnvolle Lösungen ergeben. Da jeder Benzinmotor entweder mit Wasserstoff oder mit Benzin angetrieben werden kann, bietet sich an, das Fahrzeug im Stadtgebiet mit Wasserstoff und außerhalb mit Benzin zu betreiben. Diese Variante erlaubt es, Speichergewicht und -kosten zu minimieren und gleichzeitig die von den Fahrzeugen verursachten Schadstoffemissionen im Stadtgebiet auf Null zu senken. Die Fahrten außerhalb der umweltsensiblen Regionen können dann durch einfaches Umschalten

des Motors wie bisher mit Benzin (bivalenter Motorbetrieb) und den gewohnten Reichweiten erfolgen.

Für die Speicherung des Wasserstoffs in Fahrzeugen kommen von den verschiedenen Methoden nur Metallhydride infrage:

Konventionelle *Druckgasbehälter* mit 200 - 300 bar Fülldruck sind zwar kostengünstig aber zu voluminös, zu schwer und aus Sicherheitsgründen äußerst fragwürdig; sie sind deshalb in manchen europäischen Ländern (z. B. Italien) für Fahrzeuganwendungen erst gar nicht zugelassen. Außerdem erfordert ihr Einsatz stationäre Verdichteranlagen, die mit zusätzlichen Kosten und Sicherheitsfragen verbunden sind.

Flüssiger Wasserstoff, der bei 20 K - einschließlich Kryogentank - nur noch 2 - 3 mal schwerer als ein Benzintank gleichen Energieinhalts ist, muß unter hohem elektrischen Energieaufwand aus gasförmigem Wasserstoff hergestellt werden. Für einen nennenswerten Einsatz von verflüssigtem Wasserstoff im Fahrzeugbereich außerhalb von Demovorhaben, müßte die Kernkraftwerkskapazität in Deutschland mehr als verdoppelt werden. Dies ist, wenn überhaupt, nur langfristig zu erwarten und vorraussichtlich an die Verfügbarkeit von Fusionsreaktoren gekoppelt. Darüberhinaus müßte europaweit eine eigene Infrastruktur für die tiefkalte Flüssigkeit erstellt werden. Eine äußerst kostenintensive und technisch extrem anspruchsvolle Aufgabe, die ins nächste Jahrhundert weist, aber sicher dann kommen wird, wenn die fossilen Energieträger zu Ende gehen.

Metallhydride, die den Wasserstoff chemisch gebunden, bei niedrigem Druck und damit sehr sicher speichern, sind vor allem bei Einsatz von Depot- bzw. Garagenelektrolyseuren (H₂-Druck: 30 bar) sowie bei stationären Erdgasspaltanlagen [1] zur dezentralen Wasserstoffversorgung für den mobilen Einsatz am besten geeignet. Metallhydride können gebildet werden, wenn gasförmiger Wasserstoff mit Metall- oder Legierungspulvern in Kontakt kommt und dort nach der Gleichung



eine exotherme Reaktion eingeht. Anschließend liegt der Wasserstoff als Metallhydridpulver in fester Form vor, vergleichbar mit den Wasserstoffbindungen an Sauerstoff OH₂ (Wasser) oder an Kohlenstoff CH₄ (Erdgas) oder anderen Kohlenwasserstoffen wie Benzin, Diesel u. a. Für den technischen Einsatz sind allerdings nur jene Metallhydride von Interesse, die den Wasserstoff instabil binden und damit schon bei Zufuhr relativ geringer Energiebeträge (Wärme) auf niedrigem Temperaturniveau (T < -20 °C) nach der Gleichung



wieder in die Bestandteile Metall und Wasserstoff zerfallen. Wird der freigesetzte Wasserstoff im Motor verbrannt, so muß ein Teil (ca. 30 %) der dabei entstehenden Abwärme dem Speichertank zugeführt werden, um eine kontinuierliche Wasserstoffabgabe zu gewährleisten. Somit wird während der Fahrt dieser Teil der Abwärme automatisch gespeichert und während der Betankung auf nutzbarem Temperaturniveau (Heißwasser bei 80 °C) wieder abgegeben.

Stand der Technik sind Hydridspeicher auf Basis von Titan-Chrom-Mangan-Legierungen mit Energiespeicherdichten von 350 - 450 Wh_{th}/kg. Diese Speicher geben den Wasserstoff schon bei -20°C verzögerungsfrei ab. Die Speicherkosten liegen bei 300 - 350 öS / kg Hydridtank das entspricht 700 - 1000 öS / kWh_{th} (Abb. 5).

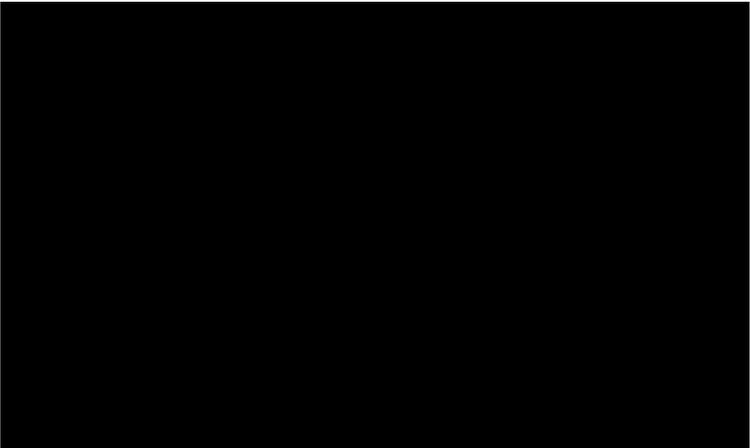


Abb. 5: Weltweit erstes Fahrzeug mit Wasserstoff/Benzin Betrieb und Hydridspeicher (Mercedes Benz PKW; 1975)

PKWs mit Wasserstoffantrieb sind heute noch nicht am Markt. Es können aber in einschlägigen KFZ-Werkstätten Serienfahrzeuge mit Erdgas/Benzin-Betrieb verschiedener Hersteller auf den Betrieb mit Wasserstoff/Benzin umgerüstet werden. Geht man davon aus, daß jedes Fahrzeug im rein innerstädtischen Verkehr täglich nicht mehr als 50 km zurücklegt, so sind dafür je nach Größe des Fahrzeugs und des spezifischen Kraftstoffverbrauchs ca. 2,5 - 5 l Benzin entsprechend 0,65 - 1,3 kg H₂ nötig. Das Gewicht des erforderlichen Hydridtanks liegt zwischen 50 - 100 kg, mit Kosten von 20000 - 35000 öS. Die gesamten Umrüstkosten gegenüber dem Benzinmodell liegen unter 80000 öS. Im Falle größerer Kundennachfrage (500 - 1000 PKW p. a.) könnten Benzin-Modelle direkt auf den Wasserstoff/Benzin-Betrieb eingestellt werden, mit Mehrkosten, die einschließlich Speicher 30000 - 50000 öS betragen. Da die Lebensdauer der Speicher praktisch unbegrenzt ist, werden die Kosten für das schadstofffreie Fahren mit <10 öS je 100 km sehr niedrig. Durch Reduzierung der NOVA von 16% auf 8% (aufgrund des niedrigen Benzinverbrauchs und der niedrigen Schadstoffemissionen) könnte ein Großteil dieser Kosten aufgefangen und den Kunden ein besonders wirtschaftlicher, schadstofffreier Fahrzeugbetrieb ermöglicht werden.

Die mobile Wasserstofftechnik besitzt vor allem bei DaimlerChrysler und BMW eine längere Tradition. Bei DaimlerChrysler werden seit 1972 Arbeiten zum wasserstoff-betriebenen Fahrzeug mit Ottomotor und Hydridspeicher durchgeführt [2-6]. Nach einer umfangreichen Entwicklung von Metallhydridspeichern erfolgte zwischen 1984 und 1988 an einer öffentlichen Wasserstoff/Benzin Tankstelle in Berlin ein erfolgreicher Test (mehr als 750000 Fahr-km) einer kleinen Flotte (10 Stück) von Wasserstoff-Fahrzeugen (PKW, Transporter) in Kundenhand. Gegenwärtig konzentrieren sich die DaimlerChrysler Forschungsaktivitäten - in Zusammenarbeit mit anderen Firmen - auf die Darstellung von mobilen Brennstoffzellen zur Stromerzeugung für den elektromotorischen Antriebsstrang im PKW, Transporter und Bus [7]. Hier werden in etwa 10 Jahren serienreife und bezahlbare Produkte erwartet. Die Wasserstoff/Brennstoffzellentechnik mit Elektromotor ist aber nur ein anderer Weg einen schadstofffreien Fahrzeugantrieb darzustellen, ein Ziel, das von Verbrennungsmotoren mit Wasserstoff im Magerbetrieb schon längst erreicht wurde. Die Umrüstkosten des Verbrennungsmotors von Benzin- auf Wasserstoffbetrieb betragen < 200 öS/kW - Werte, die für den Elektroantrieb mit Brennstoffzellen auch nicht annähernd erreichbar sind. Damit gibt es zum Verbrennungsmotor, selbst

im Falle des schadstofffreien Antriebs, auch in Zukunft keine technisch und wirtschaftlich bessere Alternative.

BMW entwickelt Wasserstoffautos, die flüssigen Wasserstoff tanken und in Verbrennungsmotoren umsetzen können, mit einer aufgrund des heute nicht verfügbaren flüssigen Wasserstoffs sehr langfristigen Perspektive. Gegenwärtig werden derartige Autos am Münchener Flughafen im praktischen Einsatz getestet [8].

4. Wasserstoff-Standheizung

Die am ISE-Institut in Freiburg entwickelten katalytischen Brenner setzen Wasserstoff auch mit Luft NO_x-frei in Wärme um [9]. Damit kann eine wesentliche Forderung an Fahrzeugstandheizungen in Ballungsgebieten erfüllt werden, nämlich den Fahrgastraum zu heizen ohne die Umwelt mit zusätzlichen Emissionen zu belasten. Besonders wirtschaftlich - Amortisationszeiten von ca. 5 Jahren - können Wasserstoffstandheizungen an Orten mit lokalem Wasserstoffüberschuß eingesetzt werden.

Tabelle 1 zeigt dies beispielhaft an einer Standheizung mit 5 kW Heizleistung :

Leistung	5 kW
Betriebsdauer / Tag	2 h
Energieverbrauch / Tag	10 kWh \cong 11 Benzin / 13 öS
Wasserstoffverbrauch / Tag	300 g H ₂
Speichergewicht	30 kg Hydridtank
Speicherkosten (Ziel)	< 10000 öS
Wasserstoffkosten / Tag	2 - 4 öS
Einsparung gegenüber Benzin / Tag	ca. 10 öS
Einsparung gegenüber Benzin / Jahr (150 Tage)	1500 öS
Amortisationszeit	ca. 5 Jahre

Tabelle 1 : Auslegungsbeispiel einer Standheizung mit Wasserstoff

5. Elektronische Energiewandler für Bordnetzversorgung

Der Strombedarf der Autos hat sich in den letzten Jahren vervielfacht. Für heizbare Heckscheiben, elektrische Fensterheber und Außenspiegel, Scheinwerfer, Zündung, Radio, Bordcomputer u. ä. benötigen Autos elektrischen Strom, der von der Batterie beziehungsweise - während der Fahrt - von einem Generator geliefert wird. Rechnet man die elektrische Leistung der Generatoren aller in Deutschland zugelassenen Fahrzeuge zusammen, so ergibt das die stolze Summe von rund 70 Gigawatt. Das ist mehr als die halbe installierte Leistung aller deutschen Stromkraftwerke.

Da die konventionelle Lichtmaschine im Fahrzeug über den Motor angetrieben wird, erfolgt die elektrische Energieerzeugung aus dem Kraftstoff mit Hilfe der mechanischen Energie als Zwischenstufe und damit auch mit einem geringen Wirkungsgrad, der je nach Fahrbetrieb zwischen <5% und ca. 15% liegt. Das bedeutet, daß der Betrieb der Lichtmaschine mit einem spezifisch hohen Kraftstoffverbrauch verknüpft ist, der zu Stromkosten von > 15 öS/kWh_{el} führt (Netzstrompreise ca. 2 öS/kWh_{el}.) und darüber hinaus auch zur Schadstoffemission

beiträgt. Tabelle 2 enthält Angaben zur Bandbreite der Benzin-kosten in 10 Jahren je kWh Stromverbrauch. Es ist zu erkennen, daß selbst bei relativ niedrigen jährlichen Betriebsstunden des Fahrzeugs erhebliche Stromkosten entstehen:

Leistung	1 kW _{el.}
Betriebsdauer	1 h
Energie	1 kWh _{el.}
Lichtmaschine	$\eta = 5 - 15 \%$
Benzinverbrauch / kWh _{el.}	2,0 - 0,7 l
Kosten / kWh _{el.}	25 öS - 10 öS
300 h Betrieb (15000 km) p. a.	600 - 200 l
Benzin-kosten in 10 Jahren	70000 öS - 25000 öS

Tabelle 2: Verbrauch einer konventionellen Lichtmaschine

Daraus folgt, daß ein Stromerzeugeraggregat mit hohem Wirkungsgrad auch noch mit Investitionskosten zwischen 20000 - 35000 öS/kW_{el.} wirtschaftlich interessant sein kann. Motorunabhängige Stromerzeugeraggregate im KFZ als Ergänzung der langjährig erprobten, zuverlässigen Lichtmaschine könnten über den hohen Wirkungsgrad hinaus (Absenkung der Kraftstoffkosten und der Emissionen) unter anderen noch folgende Vorteile bringen:

- Komforthöhung (elektr. Vorheizen, Lüfterbetrieb im Stand)
- elektrisch betriebene Klimaanlage (auch im Stand)
- Sicherheitserhöhung (z. B. Scheibenenteisung)
- Betriebsverbesserung (elektr. Vorwärmen von Ladeluft und Kraftstoff)
- Reduzierung von Batteriegewicht und -volumen (Nachladen und elektrisches Aufheizen der Batterie im Stand).

Brennstoffzellen sind als Umkehrprozeß der Wasserelektrolyse Anlagen, die Wasserstoff und Luftsauerstoff elektrochemisch in Strom und Wasser umwandeln. Die Wirkungsgrade dieser Energieumwandlung liegen zwischen ca. 30% bei Nennlast bis zu ca. 50% im unteren Teillastbereich. Aufgrund des relativ hohen elektrischen Wirkungsgrades und der technischen Verfügbarkeit stellt die PEM (Proton Exchange Membrane)-Brennstoffzelle gegenwärtig den interessantesten Lösungsweg zur Bordstromversorgung dar, vorausgesetzt, daß sich ihre technischen Probleme überwinden lassen.

- Nach dem heutigen Stand der Technik ist der Betrieb einer PEM-Brennstoffzelle nur mit Wasserstoff - schon Spuren von CO schädigen die Zelle irreversibel - und darüber hinaus
- nur bei Temperaturen über 0°C möglich (die Zelle kann grundsätzlich nicht mit Frostschutzmittel ähnlich dem Verbrennungsmotor betrieben werden).

Beide Probleme schränken die Anwendung der PEM-Brennstoffzelle zunächst beträchtlich ein, sodaß sowohl die Wasserstoffversorgung als auch die Problematik des Winterbetriebs am ehesten bei garagengestützten Fuhrparks gelöst werden könnten.

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, daß die Brennstoffzelle schon bei Kosten um 20000 öS / kW_{el.} eine wirtschaftliche Lösung darstellt, weil sie dann über die Einsparung an Kraftstoffkosten amortisiert werden kann.

Das Kostenproblem der Brennstoffzelle als Stromerzeugeraggregat für einen 50 - 100 kW Elektroantrieb in Fahrzeugen

Brennstoffzelle	$\eta = 40 - 50 \%$
Wasserstoffverbrauch	2,5 - 2 kWh _{th} \approx 0,25 - 0,2 l Benzinäquiv.
Wasserstoffkosten in 10 Jahren	3000 öS - 2000 öS bei 3,5 öS / l Benzinäquiv.
Kosten Brennstoffzelle	20000 öS / kW _{el.}
Kosten Hydridtank (5 - 10 kWh _{th.})	7000 öS
Gesamtgewicht Hydridtank	5 - 20 kg
Gesamtkosten:	< 30000 öS

Tabelle 3: Auslegungsbeispiel einer Brennstoffzellen/Hydrid-Bordstromanlage

existiert also bei der Anwendung als mobile Bordstromversorgung im kleinen Leistungsbereich nicht, da es bei der Bordstromversorgung keine entsprechenden kostengünstigeren Alternativen gibt.

6. Metallhydridklimaanlage

Werden mindestens zwei unterschiedliche Metallhydride mit verschiedenen Reaktionswärmen in einem geschlossenen System eingesetzt und läßt man darin als Arbeitsmedium Wasserstoff zirkulieren, so kann die Wärmeaufnahme zur Wasserstoffdesorption aus einem der Hydride zur Kühlung der Umgebungsluft genutzt werden. Am NET-Institut Kassel (Aisin Cosmos / Japan) wird gegenwärtig ein auf diesem Prinzip basierender Prototyp einer Hydridklimaanlage zur Kleinserienfertigung für den Fahrzeugeinsatz weiterentwickelt [10]. Den erforderlichen thermischen Antrieb einer Hydridklimaanlage liefert eine mit Wasserstoff oder mit konventionellen Kraftstoffen betriebene Standheizung. Die technischen Daten solch einer FCKW-freien Klimaanlage, die auch in geparkten Fahrzeugen geräuscharm, umweltschonend und mit geringem Verschleiß arbeitet, ist in Tabelle 4 enthalten:

Kälteleistung	3 kW
thermische Antriebsleistung	7 kW
Temperaturniveau Wärmezufuhr	200°C
Temperaturniveau Wärmeabfuhr	50°C
Temperaturniveau Kälteerzeugung	0°C
Gewicht Hydridreaktoren	~ 30 kg
Gewicht Wärmetauscher	~ 20 kg
Gewicht Pumpen, Ventile u. ä.	~ 10 kg
Gesamtgewicht	~ 60 kg

Tabelle 4: Technische Daten einer Hydridklimaanlage

Ausgehend vom heutigen Stand der Technik ist ein Metallhydrid-Kälteaggregat größer, schwerer und teurer - die Zielvorstellungen liegen bei ca. 35000 öS - als eine konventionelle Verdichter-Kältemaschine, aber allen anderen alternativen Kälteanlagen deutlich überlegen. Über das Einsparpotential an Kraftstoff von 1,5 l Benzin je Betriebsstunde entsprechend Kraftstoffkosten von 20 öS / Betriebsstunde ergeben sich an Orten mit kostengünstigem Wasserstoff für die erforderliche Beheizung der Klimaanlage gute Möglichkeiten für die Öffnung eines neuen Marktsegments, das durch den zunehmenden Kundenwunsch nach einer Standklimaanlage sicherlich noch ausbaufähig ist.

7. Wasserstoff zur NO_x-Absenkung im Dieselabgas

Zur deutlichen Absenkung der NO_x-Werte bei niedrigen Abgastemperaturen (Stadtbetrieb) ist bei PKW-Dieselmotoren eine Zugabe von < 10 g H₂ / h ausreichend, im Falle von NFZ-Dieselmotoren entsprechend mehr. Das bedeutet, daß im Diesel-PKW für ein Reichweite von ca. 600 km (eine Tankfüllung) nur < 60 g H₂ erforderlich sind. Diese Wasserstoffmenge kann in einem ca. 5 kg schweren Hydridtank gespeichert werden. Die tägliche Versorgung eines Diesel-PKW mit Wasserstoff erfolgt über einen 200 W_{el}-Elektrolyseur (12 h Betrieb, Nachtstromtarif für ca. 2,5 kWh_{el}) mit Investitionskosten für Hydridspeicher und Elektrolyseur in Höhe von ca. 20000 öS (Einzelfertigung) und ca. 5000 öS bei Serienfertigung. Die Wasserstoffkosten zur NO_x-Absenkung liegen dann bezogen auf eine Dieseltankfüllung von ca. 350 öS zwischen 15 öS und 4 öS (Serie). Da durch die Wasserstoffzugabe die NO_x-Werte im Dieselabgas niedriger als bei einem Erdgasantrieb sind, könnten Dieselfahrzeuge auch bei Smogalarm betrieben werden - mit wesentlich geringeren technischem Aufwand und Gesamtkosten als dies bei einer mobilen Anwendung von Erdgas der Fall wäre.

8. Ausblick

Nach mehr als 25 Jahren intensiver internationaler F & E Aktivitäten auf dem Gebiet der Wasserstofftechnik stehen alle Komponenten für den mobilen Einsatz in Fahrzeugen vermarktungsfähig zur Verfügung.

Tabelle 5 enthält Richtwerte für den mittleren Tagesbedarf an Wasserstoff bei seinen Anwendungen im PKW. Daraus folgt, daß "Garagen"-Elektrolyseure kleiner Leistung (2 - 4 kW_{el}) im Nachtbetrieb (12 h entsprechend 5 - 10 m³ H₂ / Tag) ausreichen, um PKWs flächendeckend und wirtschaftlich mit Wasserstoff zu versorgen.

Wasserstoffstandheizung	1 - 2 m ³ H ₂ / Tag
Wasserstoffklimaanlage	2 m ³ H ₂ / Tag
Wasserstoff-Bordstrom-Brennstoffzelle	2 m ³ H ₂ / Tag
Wasserstoff / Benzin Betrieb PKW	< 5 m ³ H ₂ / Tag (~ 550 l Benzinäquivalent / Jahr)

Tabelle 5: Wasserstoffverbrauch bei PKW-Anwendungen

Somit kann die existierende Infrastruktur für Strom und Wasser als Basis einer weitverzweigten Wasserstoffversorgung dienen, ohne diesen über ein neu zu installierendes Pipelinesystem verteilen zu müssen (Abb. 6).



Abb. 6: Wasserstoff Haus / Auto Verbundsystem

Die im Hydridtank gespeicherte Motorabwärme kann bei der Betankung des Fahrzeugs mit Wasserstoff in der Garage gemeinsam mit der Elektrolyse - abwärme für Heizzwecke (Warmwasser) im Haus genutzt werden.

Auf diesem Weg kann die Wasserstofftechnik, integriert in der existierenden Energieinfrastruktur, sogar dem Einzelkunden zur Verfügung gestellt und damit der Markt deutlich erweitert werden. Für einen Markteinstieg der mobilen Wasserstofftechnik erweisen sich vor allem auch Industriestandorte mit Was-

serstoffverbrauch bzw. -produktion (wie z. B. die Raffinerie in Wien-Schwechat) als besonders geeignet. Insgesamt stehen in Deutschland jährlich ca. 700 Mio Liter Benzinäquivalent als Überschußwasserstoff mit Kosten zwischen 3 - 4 öS / l Benzinäquivalent zur Verfügung. Wird dieser Wasserstoff vor Ort genutzt, um Fahrzeuge zu betanken, und nicht mit hohen Kosten zum Verbraucher transportiert, lassen sich günstige wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Wasserstoffversorgung von Fahrzeugen erzielen.

Entscheidend für den Markterfolg der mobilen Wasserstofftechnik ist heute der Wille des Kunden, für die Schonung der Umwelt - und hier vor allem unserer Atemluft in den Ballungsräumen - mehr Geld als bisher auszugeben. Somit entscheiden wir alle über den schon kurzfristig erreichbaren Einsatz des Wasserstoffs in unseren Fahrzeugen und damit über die technisch mögliche Schadstoffentlastung unserer Wohngebiete.

Literaturverzeichnis

- [1] Ledjeff-Hey, K., Gieshoff, J., Formanski, V., Vogel, B.: *7.5 kW Solid Polymer Fuel Cell with Natural Gas Processor - A Component of an Energy Project in Saxony*, Proc. 11th World Hydrogen Energy Conference, Veziroglu, T. N. et al. (ed.), Schön & Wetzel, Frankfurt/Main, (1996), 1685 - 1693.
- [2] Buchner, H.: *The Hydrogen/Hydride Energy Concept*, Proc. 2nd World Hydrogen Energy Conference Veziroglu, T. N., Seifritz, W. (ed.), Pergamon Press, Oxford, (1978), 1749 - 1792.
- [3] Buchner, H., Povel, R.: *The Daimler-Benz Hydride Vehicle Project*, Int. J. Hydrogen Energy 7(1982), 259 - 266.
- [4] Buchner, H.: *The Question of the Hydrogen Infrastructure for Motor Vehicles*, Int. J. Hydrogen Energy 8(1983), 373 - 380.
- [5] Buchner, H.: *Energiespeicherung in Metallhydriden*, Springer Verlag, Wien, 1982.
- [6] Author's Collective: *Hydrogen Drive Test, Alternative Energy Sources for Road Transportation*, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1990.
- [7] Friedrich, J., Noreikat, K. E.: *State of the Art and Development Trends for Fuel Cell Vehicles*, Proc. 11th World Hydrogen Energy Conference, Veziroglu, T. N. et al. (ed.) Schön & Wetzel, Frankfurt/Main, (1996), 1757 - 1766.
- [8] BMW Pressemitteilung 1999
- [9] Gieshoff, J., Ledjeff-Hey, K.: *Hydrogen Burner with very low NO_x-Emissions-Appliances for Space Heating and Cooling*, Proc. 11th Hydrogen Energy Conference, Veziroglu, T. N. et al. (ed.) Schön & Wetzel, Frankfurt/Main, (1996), 1579 - 1586.
- [10] Yildirim, K. -E., Zinn, Th., Kappes, A., Maurer, Th., Sakashita, H., Klose, W.: *New Generation of Metal Hydride Tube Bundle Reactors with improved Heat Transport and Examples of Applications*, Proc. 11th World Hydrogen Energy Conference, Veziroglu, T. N. et al. (ed.) Schön & Wetzel, Frankfurt/Main, (1996), 1265 - 1273.

Versuche mit dem Monochord

Helmut Maier

Irgendwann behandelt man im Verlauf seines Physikunterrichts im Rahmen der Schwingungen und Wellen auch den Schall. Im Zuge dessen lassen sich einige Sachverhalte recht anschaulich mittels eines Monochords beleuchten. Beispiele hierzu wären in Kapiteln wie Schallquellen, Resonanz, Tonerzeugung und Tonhöhe oder Konsonanz und Dissonanz zu finden. Querverbindungen zur Geschichte wie auch zur Musik sollen nicht nur die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten dieses Mediums zeigen, sondern auch Hintergründiges beleuchten.

Geschichtliche Einordnung des Monochords

Um 300 vor Christus dürfte in Griechenland eine Schrift entstanden sein, die in knapper Form eine mathematische Musiktheorie darlegt. Sie wird dem Mathematiker Eukleides zugeschrieben und trägt den Titel *Sectio canonis* (Κατατομή κα νόου). Das Wort Kanon (eig. Stange, aus dem Semitischen) bezeichnet hier das Monochord. Darunter versteht sich eine zu Versuchszwecken über ein Brett gespannte Saite. Mit Hilfe von Stegen kann man verschiedene Intervallteilungen experimentell durchführen. Interessanterweise finden sich später Monochords auch mit mehreren Saiten. Die angesprochene Schrift enthält eine Begründung, dass Tonhöhen in Zahlenverhältnissen zueinander stehen müssten und bietet mathematische Grundlagen der musikalischen Intervalle. Weiters finden sich Anleitungen zur Aufteilung der Saite, um die Töne des Leitersystems zu erhalten.

Wann das Monochord (κάνον) selbst erfunden wurde ist unsicher. Einerseits wird die Erfindung Pythagoras zugeschrieben. Andererseits gilt wieder als sicher, dass die pythagoräische Harmonielehre, die eineinhalb Jahrhunderte später weiterentwickelt bezeugt ist, von Pythagoras selbst nur den Anstoß erfuhr, indem er als Schulgründer mit der Lehre, alle Dinge seien Zahl, die Richtung vorgab.

Inhaltlich finden sich in der "Sectio canonis" die Zahlenverhältnisse der Intervalle. Wie weit ins Detail gegangen wurde, zeigt die Unterscheidung zwischen kleinerem und größerem "Halb"-ton.

Die Proportionen der wichtigsten Intervalle sind:

- 9 : 8 = Ganzton
- 4 : 3 = Quarte
- 3 : 2 = Quinte
- 2 : 1 = Oktave

Im Jahre 1636 erschien die "Harmonie universelle" des französischen Geistlichen, Philosophen und Mathematikers Marian Mersenne. In dieser Schrift, in der schon Tonhöhe mit der Schwingungszahl in Beziehung gesetzt wird, findet sich auch die Arbeit mit einem Monochord (übrigens mit mehreren Saiten ausgestattet) dokumentiert.

In der Geschichte der Physik hat sich Mersenne mit der ersten Ermittlung der Schallgeschwindigkeit eingetragen. Er be-

diente sich dazu einer in bekannter Entfernung stehenden Kanone und maß die Zeit zwischen Lichtblitz beim Feuern der Kanone und dem Vernehmen des Knalls. Er kam auf mehr als 300 m/s.

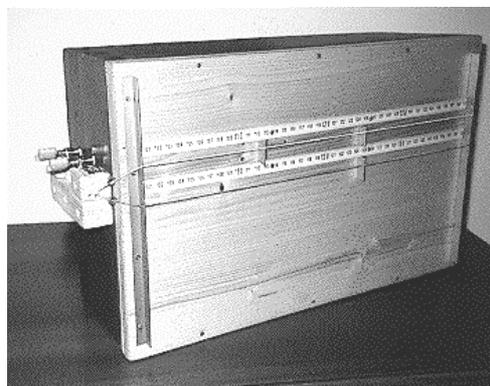


Abb. 1: Ein selbst gefertigtes Monochord.

Zum Bau des Monochords

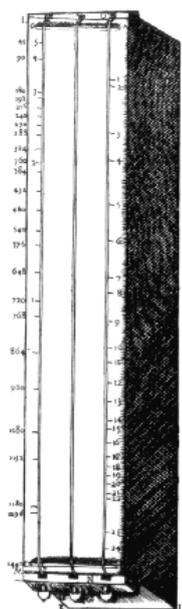


Abb. 2: Illustration eines Monochords aus Mersennes Harmonie universelle.

Die Idee, ein Monochord zu bauen, kam mit dem Studium einschlägiger Literatur. So fand sich eine Tabelle, die die Intervalle und Tonhöhen mittels exakter Längenverhältnisse einer 24 cm langen Saite auflistete. Dem Gedanken, eine zweite Saite einzubauen, um die Intervalle besser vergleichen zu können, gab ich trotz der Diskrepanz zur Bezeichnung "Monochord" nach. Erst später fand ich das oben angeführte Monochord Mersennes, das ebenso mehrere Saiten aufweist.

Die Überlegungen hinsichtlich Bauart, Ausstattung und Aussehen gestalteten sich unkompliziert. Ein Brett allein erschien mir zu wenig. Irgendein Kästchen sollte es schon sein, um ein wenig Resonanz auch miteinzubeziehen. Ideal wäre das Gehäuse eines Lautsprechers einer Stereo-Anlage gewesen, was aber nicht aufzutreiben war. So behalf ich mir mit einer "antiken" Schublade vom Dachboden, die ich mit einem Deckel versah. Als Saiten wählte ich Gitarrensaiten. Um diese auf dem Monochord auch stimmen zu können, baute ich Wirbel ein, die es in einer Musikalienhandlung als Ausschuss kostenlos gab. So ist es auch möglich, die Intervalle auf anderen Instrumenten nachzuprüfen, wie dies mit einem Klavier vorzüglich klappt. Ein Maßband, das parallel zu den Saiten verläuft, ermöglicht die Zuordnung eines Saitenabschnittes zu konkreter Länge, die mittels frei verschiebbaren Metallstegen verändert werden kann.

Helmut Maier, Pädagogische Akademie der Diözese Graz-Seckau, Georgigasse 85-89, 8020 Graz

Die Physik trifft die Musik

Die temperierte Skala

Bevor es zu den konkreten Versuchen geht, sei noch ein kleiner erläuternder Ausflug in die Musik unternommen. Immer wenn von Stimmungen und genauen Tonverhältnissen die Rede ist, kommt man auf kleine Ungereimtheiten hinsichtlich der reinen Intervalle (der ganzzahligen Verhältnisse der beiden Töne) und der Intervalle in unserem heutigen Tonsystem. Dieses basiert auf der gleichschwebend temperierten Stimmung. Das einzige reine Intervall (dessen Töne ein ganzzahliges Frequenzverhältnis aufweisen) ist die Oktave (Tonverhältnis 2 : 1). Diese Oktave wird in 12 exakt gleich klingende, dasselbe Frequenzverhältnis aufbringende Halbtöne geteilt. Dieses Frequenzverhältnis entspricht keinem ganzzahligen Bruch. Damit sind alle Intervalle mit Ausnahme der schon erwähnten Oktave leicht gegen die reinen Intervalle verstimmt.

Die pythagoräische Skala

Das pythagoräische System baut auf die sogenannte Quintenschichtung auf. Die reine, pythagoräische Quinte steht im Verhältnis 3 : 2 und ist somit etwas größer als die temperierte Quinte. Baut man nun Quinte auf Quinte auf und legt die so erhaltenen Töne in den Tonumfang einer Oktave, erhält man die pythagoräische Skala. Bei Schichtung von fünf Quinten übereinander ergibt das eine halbtöne Pentatonik (c-g-d-a-e), sieben aufeinander folgende Quinten ergeben eine diatonische Heptatonik (d-e-f-g-a-h-c). Bei zwölf Quinten erhält man eine halbtönige Chromatik. Das System schließt sich nicht ganz, weil zwölf reine Quinten größer als sieben Oktaven sind. Die Differenz wird als pythagoräisches Komma bezeichnet.

Interessant erscheint noch, dass durch verschiedene Epochen unserer Musikgeschichte hindurch verschiedene Stimmungen (unter anderem die mitteltönige Skala oder die temperierten Stimmungen des Barock) zur Anwendung kamen. Die authentische Interpretation alter Musik trägt diesem Umstand Rechnung, wenn auch beispielsweise die reinen Naturterzen der Renaissance auf Grund unserer Gewöhnung an die temperierten Intervalle anfangs falsch klingen zu scheinen.

Versuche mit dem Monochord

In der nebenstehenden Tabelle finden sich die Intervalle und die dazugehörigen Längenangaben. Als Grundlage wurde die temperierte Skala verwendet. Dies erklärt auch die Längenangaben mit zwei Dezimalstellen. Die Längen für die reinen Intervalle ergeben sich aus der direkten Berechnung mittels der angegebenen Verhältnisse. In der Realität lassen sich auf meinem Monochord aber nur die gerundeten Millimeterangaben einstellen. So kommt man wieder auf die reinen Verhältnisse, die sich in Spalte zwei finden. Außerdem lässt sich der Unterschied bei dieser Saitenlänge kaum erhören. Die Angaben in der Klammer drücken jeweils die Ergänzung auf die ganze Saitenlänge aus. Zur leichteren Vorstellung wurden in Spalte vier reale Tonhöhen angegeben. Angenommen, die 24 cm lange Saite würde auf ein c hin gestimmt werden, ergäben sich bei entsprechenden Intervallen die angeführten Töne.

Nachvollziehen von Intervallen

Die erste praktische Übung mit dem Monochord liegt nun in der Anwendung der in der Tabelle aufgelisteten Intervalle. Man kann sie durch Anzupfen der Saite spielen. Es empfiehlt sich, die zweite Saite bei der Einstellung von 24 cm zu belassen. So hat man den Grundton stets parat und kann ihn dazu spielen.

Errechnen von Intervallen auf Grund von Verhältnissen

Die nächste Übung gestaltet sich etwas komplizierter, außerdem benötigen wir zum Vergleich ein Klavier (oder ein anderes Instrument). Beide Saiten werden entweder durch Betätigen der Stimmwirbel oder durch Verkürzung der Saiten auf einen Ton des Klaviers exakt gestimmt. Eine Saite wird auf die berechnete Länge eines bestimmten Intervallverhältnisses gekürzt und angezupft. Gegeben ist ein Ton und ein Intervallverhältnis. Bestimmen lässt sich nun die Länge der Saite, die gezupft werden muss, um dieses Intervall zu treffen. Die Kontrolle erfolgt durch den Vergleich am Klavier. Dazu ein Beispiel. Eine Saite mit einer Länge von 32 cm entspricht auf dem Klavier dem Ton C1. Welcher Ton ist eine große Terz davon entfernt? Die große Terz dazu steht im Verhältnis 5:4, das ergibt eine Länge von 25,6 cm. Auf dem Klavier entspricht dies dem Ton E1. Der Vergleich sagt, ob das Ergebnis richtig war.

Ermitteln des Intervalls auf Grund von Saitenlängen

Gegeben sind zwei Saitenlängen, zu errechnen ist das Verhältnis zueinander und das dazugehörige Intervall. Beispiel: Eine Saite misst 32 cm. Die zweite (zu Beginn gleich gestimmt) misst 24 cm. Welches Intervall ist zu hören? Das Verhältnis lässt sich auf 4 : 3 zurückführen, was einer Quart entspricht.

Länge der Saite (in cm)	Intervallverhältnis	Intervallbezeichnung	Reale Tonentsprechung
24 (0)	1/1	Prim	c
22,65 (1,35)	17/16	kleine Sekunde	des
21,38 (2,62)	9/8	große Sekunde	d
20,18 (3,82)	6/5	kleine Terz	es
19,05 (4,95)	5/4	große Terz	e
17,98 (6,02)	4/3	Quarte	f
16,97 (7,03)	11/8	Tritonus	fis
16,02 (7,98)	3/2	Quinte	g
15,12 (8,88)	8/5	kleine Sexte	as
14,27 (9,73)	5/3	große Sexte	a
13,47 (10,53)	9/5	kleine Septime	b
12,71 (11,29)	15/8	große Septime	h
12 (12)	2/1	Oktave	c

Tab. 1: Intervalle, ihre Frequenzverhältnisse und die Entsprechung auf einer 24 cm langen Saite. Die realen Töne entsprechen einer auf c gestimmten Saite.

Grenzen der Anwendung

Bei der Zuordnung und Kontrolle der gespielten Intervalle bedarf es musikalischer Vorkenntnisse und eines etwas geschulten Gehörs. (Aus der Musikerziehung bekannte Eselsbrücken zu den Intervallen, wie beispielsweise das Signalthorn für die

Quarte, oder der Kuckucksruf für die kleine Terz helfen nur bedingt weiter.) Für eine Unterscheidung der Intervallverhältnisse in den unterschiedlichen Tonsystemen ist die Bauweise des Monochords noch zu ungenau. Interessanter wären entsprechend längere Saiten. Bei Verwendung scharfkantiger Stege lassen sich auch schon die Intervallunterschiede verschiedener Stimmungen demonstrieren.

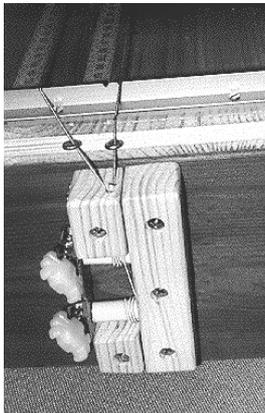


Abb. 3: Eingebaute Wirbel ermöglichen ein Stimmen der einzelnen Saiten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich Verhältnisse einfacherer Intervalle wunderbar nachvollziehen lassen. Das Gerät ist für die Schülerhand zur selbstständigen Erprobung sehr gut geeignet. Der Vollständigkeit halber seien noch kurz weitere Versuche erwähnt, die sich mit dem Monochord durchführen lassen. Bei fast annähernd gleicher Stimmung der Saiten lässt sich das Phänomen der Schwebung sehr anschaulich demonstrieren. Durch leichtes Halten einer Saite an einem Punkt bei gleichzeitiger Anregung (Erzwingung eines Schwingungsknotens) kann man die Stehende Welle und Resonanzschwingungen erläutern.

Eine optimale Umsetzung der Thematik ließe sich in projekthafter Arbeit erzielen. Neben der Physik wäre die Mitarbeit aus den Gegenständen der Musikerziehung, der Geschichte und Sozialkunde wie auch der Werkerziehung vorstellbar.

Literatur

- Brüderlin, René: *Akustik für Musiker. Eine Einführung*. Regensburg: Gustav Bosse Verlag, 1978.
- Harnoncourt, Nikolaus: *Musik als Klangrede. Wege zu einem neuen Musikverständnis*. Essays und Vorträge. Kassel: Bärenreiter Verlag, 1982.
- Michels, Ulrich: *dtv-Atlas zur Musik. Tafeln und Texte*. Bd 1. 12. Auflage. München: Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, 1989.
- Stevens, S. u. Warshofsky, Fred: *Schall und Gehör*. Aus dem Englischen übertragen von Jan Hans und Günter Kleinen. 3. Auflage. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1980.
- Neubecker, Annemarie Jeanette: *Altgriechische Musik. Eine Einführung*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1977.
- Pierce, John: *Klang. Musik mit den Ohren der Physik*. Aus dem Amerikanischen übersetzt von Klaus Winkler. 2. Auflage. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft-Verlags-gesellschaft, 1989.

50 Jahre Österreichische Physikalische Gesellschaft

PhysikEvent 2000 in Graz

Die ÖPG lädt zu diesem Fest ganz besonders auch die Lehrerschaft ein. An der Physik-Show auf Straßen und Plätzen von Graz nehmen zahlreiche Schulen und Institute teil.

Dienstag, 26.9.2000:

Vormittag: Festsitzung zum 50jährigen Bestehen der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft

Nachmittag

Gerard 't Hooft (Universität Utrecht, Nobelpreis 1999):

The smallest structures

Manfred Eigen (MPI Göttingen, Chemie-Nobelpreis 1967):

What is life? Answers from physics, 50 years after Schrödinger's.

Podiumsdiskussion: Der Status der Physik an der Schwelle zum 3. Jahrtausend

Mittwoch, 27.9.2000

Vormittag

Paul Crutzen (MPI Mainz, Chemie-Nobelpreis 1995):

The stratospheric ozone hole.

Michele Parrinello (MPI Stuttgart):

Ab-initio molecular dynamics.

Gabor Somorjai (Univ. California Berkeley):

The Flexible Surface: Development and Frontiers of Molecular Surface Science

Nachmittag: H. G. Dosch, Hans J. Specht (Uni Heidelberg):

Musical harmony - physics, physiology, psychology
(mit Akustikexperimenten)

Physik-Show

Donnerstag, 28.9.2000

Vormittag

Rudolf Mößbauer (Tech. Univ. Munich, Nobelpreis 1961):
Neutrino physics.

Uwe Kreibitz (RWTH Aachen):

Optical properties of nanostructures.

Heinz Muckenfuß (Pädagogische Hochschule Weingarten):
Können uns die Phänomene retten? Anmerkungen zum gebrochenen Verhältnis zwischen Phänomen und Begriff.

Nachmittag (Fachausschuß Lehrkräfte an höheren Schulen)

R. West (ESO):

Das Very Large Telescope - Idee und Ergebnisse

R. Stuller (TU Hannover):

Moderne Anwendungen des Kreisels (mit Experimenten)

Freitag, 29.9.2000

Alex Müller (Univ. Zürich, Nobelpreis 1987):

Superconductivity in oxides.

Peter Zoller (Univ. Innsbruck):

Quantum computers.

Experimente zum Angreifen und Drauflegen

ScienceWeek@Austria2000

Projekte des GRG10, Ettenreichgasse

Theodor Duenbostl

Beim Ausprobieren des Fakir-Betts bat mich Univ. Prof. Dr. Helmut Kühnelt um den folgenden Projektbericht.



In der Woche vom 22. bis 27. Mai 2000 wurden durch Schülerinnen und Schüler des GRG 10 insgesamt 6 physikalische Themen der Öffentlichkeit in der Fußgängerzone am Reumannplatz in Favoriten präsentiert:

Fakir-Bett

Ausführende Klasse: 4. a

Projektleiter: Mag. Karin Köppl, Mag. Theresia Oudin

Wie kommt das Eis in den Kühlschrank?

Ausführende Klasse: 6. b

Wie schnell ist meine Hand?

Ausführende Klasse: 7. b

Hochspannung zum Angreifen

Ausführende Klasse: 7. b

Projektleiter: Mag. Theodor Duenbostl

Optische Täuschungen

Ausführende Klasse: 6. c

Tönende Röhren

Ausführende Klasse: 6. c

Projektleiter: Mag. Andreas Schneider

Die Inhalte waren größtenteils aus dem Unterricht bekannt und wurden zu Projektbeginn wiederholt. Die SchülerInnen suchten zusätzliche Informationen aus zur Verfügung gestellter Literatur und auch selbstständig im Internet.

Fakir-Bett

Beim Projekt Fakir-Bett kam es zu einer intensiven Zusammenarbeit mit dem Werkunterricht, bei dem sich auch die Mädchen der Klasse beteiligten, die eigentlich Textiles Werken gewählt hatten. Die Klasse war sehr stolz auf das Resultat

ihrer Arbeit, was sich auch in ihrem folgenden Projektbericht widerspiegelt.

Unser Nagelbett

Zuerst machten wir Schablonen, auf denen eingezeichnet war, wo welcher Nagel hinkommt. Das eigentliche Nagelbett besteht aus 5 Platten, die in einem Rahmen montiert sind.

Als nächstes legten wir die Schablonen auf die Bretter und machten auf jede Stelle, wo später ein Nagel hinkommen sollte, einen kleinen aber sichtbaren Abdruck.

Jetzt legten wir je eine Platte über zwei Hocker und auf jedes Ende setzte sich einer von uns. Anschließend bohrten unsere Burschen und ein paar von uns Mädchen dort, wo die Abdrücke waren, Löcher mit einer Stärke von 3,5 mm. Dabei mussten wir darauf achten, dass die Löcher gerade gebohrt werden, da sonst die Nägel auch schief sind. Schließlich konnten wir die Nägel, die auch eine Stärke von ca. 3,5 mm hatten, einschlagen. Der Abstand zwischen den Nägeln ist 4 cm.

Als endlich alle Nägel so waren, wie sie sein sollten - wir mussten manche nochmal rausziehen-, ging es an den Rahmen. Auf eine Holzplatte mit den Maßen 90 x 200 cm wurden Leisten mit Leim festgeklebt und festgeschraubt. An den vier Ecken befestigten wir Holzwürfel mit einer Seitenlänge von 10 cm. Eine Schraubzwinge wurde darüber gezwickt, damit die Würfel nicht verrutschen konnten bevor der Leim trocken war.

Nun hoben wir die einzelnen Bretter mit Nägeln in den Rahmen. Aber auch wir sind nicht perfekt und so mussten wir zwei der Bretter noch abschleifen, weil sie ein bisschen zu breit für den Rahmen waren. Nach langem Geschleife konnten wir endlich unser vollendetes Nagelbett bewundern, in das wir immerhin 1324 Nägel gehämmert hatten.

Claudia war unser erstes Opfer und legte sich drauf, damit wir schauen konnten, auf wie vielen Nägeln man lag. Mit einem Wollfaden, den wir um sie legten, konnten wir es dann feststellen. Wir zählten die Nägel, auf denen sie nicht gelegen ist, und kamen zum Ergebnis, dass Claudia auf 727 Nägel gebettet war. Eine Nagelspitze hat übrigens die Fläche von 1 mm². Man glaubt gar nicht, dass die Fläche einer Nagelspitze so groß ist. Aber siehe da - es ist möglich sich an einem Quadratmillimeter zu stechen.

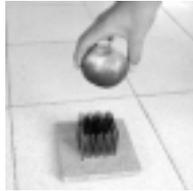
Wir denken, es hat allen Beteiligten Spaß gemacht, hier mitmachen zu können!

Elisabeth Mayer, Irina Pichler, 4a

Zusätzlich wurden zwei Experimente entwickelt, mit denen die Größe des auftretenden Drucks abgeschätzt werden konnte:

OSTR Prof. Mag. Theodor Duenbostl, BG und BRG 10, Ettenreichgasse 41-43, 1100 Wien, E-Mail: Theodor.Duenbostl@univie.ac.at

- In einem Holzbrett befindet sich ein Nagel, wie er im Fakir-Bett verwendet wird. In einem zweiten Brett sind vier solcher Nägel. Mit einer Waage kann man die Kraft bestimmen, mit der man auf den Nagel drücken kann, ohne Schmerz zu empfinden. Da die Nagelspitze eine Fläche von etwa 1 mm² hat, ergibt sich z. B. bei einer Kraft von 2 N ein Druck von 20 bar. Bei 4 Nägeln kann die Kraft entsprechend größer sein.
- In einem Holzbrett befindet sich ein Nagel, wie er im Nagelbrett verwendet wird. In einem zweiten Brett sind 81 solcher Nägel. Einmal lässt man einen Apfel auf das Brett mit einem Nagel, dann den selben Apfel aus gleicher Höhe auf das andere Brett fallen.

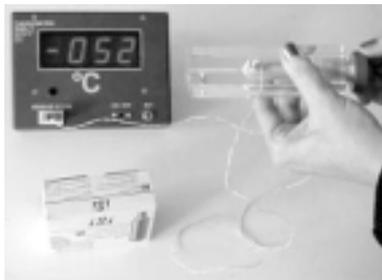


Im ersten Fall wird der Apfel aufgespießt, im zweiten Fall bleibt er auf den Nägeln liegen.

Diese Experimente wurden während der ScienceWeek den Passanten vorgeführt bzw. durften sie diese selbst ausführen.

Wie kommt das Eis in den Kühlschrank?

Die Funktionsweise einer Wärmepumpe wurde mit Hilfe eines Funktionsmodells gezeigt. Der Druck des Kältemittels wurde an zwei Stellen angezeigt, ebenso die Temperatur des Wassers im Verdampfer- und Verflüssigergefäß.



Anhand von vier Experimenten wurden die einzelnen physikalischen Prozesse erklärt, die das Kühlmittel in einem Kühlschrank durchläuft und damit die Abkühlung des Kühlguts ermöglicht:

- Abkühlen beim Verdampfen von Aceton
- Temperaturerhöhung bei Kompression in einer Gasspritze
- Erwärmung durch Kondensation von Wasserdampf
- Abkühlung einer aufgestochenen CO₂-Patrone.

Wie schnell ist meine Hand?



Auf einem Stativ waren zwei Reflexlichtschranken im Abstand von 15 cm montiert, die über ein Messinterface an einen PC angeschlossen waren. Durch eine einfache Abwärtsbewegung der Hand an den Lichtschranken vorbei wird die Geschwindigkeitsmessung durchgeführt.

Aus dem Zeitintervall zwischen der Verdunklung der beiden Lichtschranken und deren bekanntem wurde die mittlere Geschwindigkeit der Hand während des Messvorgangs berechnet und in m/s und km/h angezeigt.

Auf den Posterflächen wurden praktische Anwendungen der Geschwindigkeitsmessung mittels Lichtschranken., z. B. im Sportunterricht, gezeigt.

Die SchülerInnen erklärten jedoch auch, wie die Geschwindigkeitsmessung im Straßenverkehr erfolgt. Dabei gingen sie auf die beiden unterschiedlichen Messmethoden bei Laserpistole und Radarbox ein, was bei den Zuschauern verständlicherweise auf großes Interesse stieß.

Hochspannung zum Angreifen

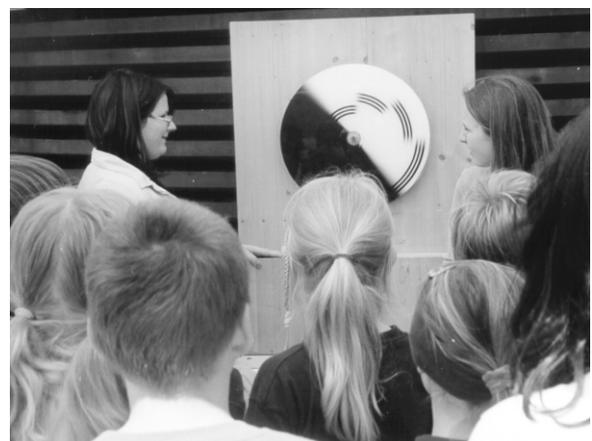
Mit Hilfe eines Van-de-Graaf-Generators wurden die Besucher auf Wunsch elektrisch aufgeladen. Vielen von ihnen standen die Haare faszinierend zu Berge, was sie auch in einem Spiegel bewundern konnten.



In einer abgedunkelten Koje konnte man mit einer Influenzmaschine Blitze erzeugen. Daneben standen eine Plasmakugel und eine Plasmascheibe, deren Entladungsformen man durch Berührung mit einem Finger beeinflussen konnte.

Optische Täuschungen

Blickfang dieses Projektes war eine rotierende Scheibe, die einen räumlichen Eindruck erweckte, dem man sich nicht entziehen konnte. Weitere Attraktion war eine Benham-Scheibe, die die Besucher selbst in Drehung versetzen konnten.



Auf den drei Posterflächen präsentierten die SchülerInnen eine Reihe bekannter und auch weniger bekannte Gruppen von optischen Täuschungen, wie z. B. unmögliche Objekte oder die Frasersche Spirale.

Tönende Röhren

Ein besonders leicht herzustellendes Experiment stellten die tönenden Röhren dar. 9 Kunststoffrohre unterschiedlicher Längen und Durchmesser wurden an Schnüren aufgehängt und vom Wind zum Schwingen angeregt. Die Besucher konnten sich davon überzeugen, dass die Tonhöhe der entstehenden Schwingungen nur von der Länge der Röhren, nicht aber von deren Durchmesser abhängt.



Projektvorbereitung

Die Vorbereitung der 17 Posterflächen mit jeweils 1,2 m² erfolgte in den Wochen vor der ScienceWeek in der Schule, teilweise im Rahmen des Physikunterrichts, teilweise fächerübergreifend im Informatikunterricht. Die SchülerInnen lernten dabei viel darüber, wie man Informationen präsentieren kann. Sie gestalteten alle Posterflächen selbstständig, wobei ihnen der jeweilige Projektleiter natürlich mit Rat und Tat zur Seite stand.

Gemeinsam wurde für die Besucher ein Folder erstellt, in dem die einzelnen Projekte in den wesentlichsten Punkten skizziert wurden.

Auch die Erklärung der Experimente musste geübt werden. Das war ja eigentlich für die SchülerInnen eine ständige Prüfungssituation, weil sich die Zuschauer recht genau informierten und oft auch Fragen stellten. Die SchülerInnen schafften das aber hervorragend.

Die Woche am Reumannplatz

Die ganze Woche am Reumannplatz war ziemlich arbeitsintensiv. Jeden Tag wurden die Posterstände und das gesamte Experimentiermaterial in einem eigens angemieteten LKW von der Schule zum Reumannplatz transportiert und dort aufgebaut. Die Betreuung jedes Projektes erfolgte durch jeweils zwei SchülerInnen der betreffenden Klasse, die sich dabei ab-

wechselten. Das funktionierte auch an den Nachmittagen klaglos, obwohl die SchülerInnen dabei ihre Freizeit zur Verfügung stellen mussten. Der Publikumsbetrieb dauerte jeweils von 10 bis 16 Uhr. Anschließend musste alles wieder abgebaut und im LKW verstaut werden. Dieser brachte die Ausstellungsstücke zurück zur Schule, wo sie im Schulhof über Nacht gelagert waren.

Nach einigen Problemen am 1. Tag, die daher stammten, dass für alle Objekte erst der geeignetste Standort gefunden werden musste, gelang der Auf- und Abbau jeden Tag schneller und reibungsloser. Am Schluss war alles schon Routine, obwohl immer wieder andere SchülerInnen beteiligt waren.



Die SchülerInnen haben insgesamt bei diesem Projekt mehr gelernt als in vielen Schulwochen, weil sie ständig zur Aktivität gezwungen waren. Ein "Berieseln lassen" war nicht möglich. Außerdem sahen sie ein, wie wichtig es war, selbst gut informiert zu sein.

Ein wichtiger Aspekt der Projektarbeit war auch die Erfahrung, dass man aufeinander angewiesen ist. Die einzelnen Betreuer mussten verlässlich sein und bei Verhinderung für Ersatz sorgen. Die jeweilige Einteilung der Betreuungszeiten haben alle Klassen selbst durchgeführt, und es hat immer funktioniert. So lief das Ganze trotz des hohen Arbeitsaufwandes recht harmonisch ab.



(Anmerkung der Red.: Diese Präsentation wurde als eine der Besten von den Organisatoren der ScienceWeek ausgezeichnet. Wir gratulieren! Allen, die ebenfalls zur ScienceWeek beigetragen haben, ein kräftiges Danke!)

Schule und Weltraum

LunarSat und schulbezogene Projekte

Arntraud Bacher

LunarSat - Ein Überblick

Wie man dem Namen schon entnehmen kann, handelt es sich um eine Mondmission. Ins Leben gerufen wurde das Projekt 1996 bei der Sommerschule der Raumfahrtagenturen von Europa und Österreich (ESA und ASA) im Tiroler Ort Alpbach. Studenten war die Aufgabe gestellt, eine Studie über eine kostengünstige Mondmission durchzuführen. Die von den Teilnehmern erzielten Ergebnisse beeindruckten die ESA. Einige Studenten arbeiten an dieser ersten europäischen Mission zum Mond weiter. Nach vierjähriger Arbeit steht der Mikroorbiter nun bereit zur Konstruktion und soll im Jahre 2001 an Bord der europäischen Trägerrakete "Ariane 5" in Französisch-Guyana starten. Sechs Monate soll sich der Satellit im Mondorbit befinden, bevor er sich dem Mond nähert und im Südpolkrater zerschellen wird.

Die Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit und Bildung des Raumfahrtprojekts LunarSat ist an der Universität Innsbruck untergebracht.

Was soll der Orbiter erforschen? Wissenschaftliche Ziele der Mission

Die Experimente an Bord des Satelliten sollen nach Regionen suchen, die entweder dauernd beleuchtet sind oder immer im Schatten liegen. Dabei soll versucht werden, in deren Nähe Eisvorkommen zu lokalisieren und zu bestätigen. Weiters soll untersucht werden, ob die Bedingungen auf dem Mond (speziell die Südpolregion) für eine erste extra-terrestrische Basisstation geeignet sind, d.h. ob Oberflächenkommunikation, Navigation und Siedlung möglich wären. Damit verbunden ist die Erstellung einer Mondkarte mit hoher Auflösung. Und "last but not least" soll das Magnetfeld des Mondes gemessen und die Kenntnis über sein Gravitationsfeld verbessert werden.

Die Mission hat aber nicht nur wissenschaftliche Ziele, sondern auch

Ziele des Bildungssektors

Den Studenten und jungen graduierten Wissenschaftlern soll es ermöglicht werden, "aktiv" zu lernen. Weiters wird an einer Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen der ESA, der europäischen Raumfahrtindustrie und den Universitäten gearbeitet, um Studenten, jungen Wissenschaftlern und Ingenieuren eine exzellente praktische Ausbildung zu bieten. Darüber hinaus wollen wir mehr als 50.000 Jugendliche in das Projekt einbinden. Dazu sind drei Initiativen im Gange.

Arntraud Bacher, Institut für Astrophysik, Universität Innsbruck,
Technikerstrasse 25/8, A-6020 Innsbruck,
Tel: +43 (0) 512 507 - 6049, Fax: +43 (0) 512 507 - 2923,
Email: Arntraud.Bacher@uibk.ac.at,
LunarSat-Homepage: <http://www.lunarsat.de/>

SpacePinball

Wer mit diesem Namen ein Spiel verbindet, der liegt richtig. Ziel des Spieles ist es, dass sich Jugendliche im Alter von 12 bis 21 Jahren mit der Dynamik der Umlaufbahnen und den damit verbundenen physikalischen Phänomenen wie Gravitation beschäftigen.

Das Spiel bietet vier Stufen mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad.

Stufe 1 befasst sich mit der Gravitation, welche am schiefen Wurf veranschaulicht wird. An der Stelle (0,0) soll ein Geschoss unter dem Winkel α abgeschossen werden und das Ziel $(x,0)$ erreichen. Der Abstand x ist zufällig gewählt. Der Spieler muss versuchen, die richtige Anfangsgeschwindigkeit zu finden, so dass das Geschoss das Ziel trifft. Am Ende dieser Stufe sollte dem Spieler klar sein, dass - unter Vernachlässigung der Reibung - bei einer Startgeschwindigkeit von 8 km/s das Geschoss in eine Umlaufbahn um die Erde gelangt.

In Stufe 2 ist die Höhe eines Raumschiffs über der Erdoberfläche vorgegeben. Der Spieler muss die Geschwindigkeit finden, mit der es in einer Kreisbahn um die Erde fliegt. Weiters soll er die Geschwindigkeit bestimmen, mit der es aus diesem Orbit Richtung Weltraum ausbrechen kann.

In Stufe 3 versucht der Spieler ausgehend von einer vorgegebenen Erdumlaufbahn das Raumschiff in eine Umlaufbahn um den Mond zu bringen, wobei angenommen wird, dass der Mond sich nicht bewegt. Ziel ist es, den Betrag der Geschwindigkeitsänderungen Δv zu minimieren.

Die schwierigste Stufe ist die vierte. Wie zuvor startet das Raumschiff aus einer gegebenen Erdumlaufbahn und soll dieses Mal unter minimalem Treibstoffverbrauch in eine Umlaufbahn um den Mond gebracht werden. Die spezielle Schwierigkeit dabei: Unser Trabant bewegt sich. Seine Lösung kann der Spieler an den LunarSat-Server schicken. Die beste, also jene mit minimalem Treibstoffverbrauch/Zeit, wird mit einer Reise zum Start des Satelliten in Französisch-Guyana belohnt.

MoonCivilization

Das Hauptziel dieses Spieles ist es, eine virtuelle Kolonie auf dem Mond zu schaffen. Die Konstrukteure sind Jugendliche, die sogenannte "MoonTeams" bilden, welche aus maximal sechs Personen bestehen.

Am Anfang erhält jedes Team eine gewisse Menge virtuellen Geldes in der Währungseinheit "SpaceMiles", um die für den Aufbau einer Kolonie erforderlichen Mittel aufzubringen. Unter anderem muss das Team Sorge tragen, dass die Geldquellen nicht versiegen, schliesslich ist ein einmaliger Vorschuss schnell verbraucht. Entwickelt man eine funktionierende Kolonie, so kommt auch wieder Geld zurück, vergleichbar mit Steuergeldern. Reichen diese nicht aus, um die Siedlung wei-

ter zu bauen, so gibt es noch weitere Möglichkeiten zu Geld zu kommen, nämlich durch Ausführen von "Real Life Activities" (RLA) und "Virtual Life Activities" (VLA).

Unter RLA fallen zum Beispiel Bastelarbeiten, Modellbauten von Mondbasen oder Mondstädten, Zeichnungen, Aufsätze oder Referate. Der Schwierigkeitsgrad ist jeweils der Altersgruppe angepasst. Die Hauptteile der VLA sind das Lesen von Webseiten, das Spielen von Online-Spielen, das Programmieren von Computersimulationen oder das Antworten auf Fragebögen durch e-mail.

EducationalPackage - Der Mond im Klassenzimmer

Das Ziel der EducationalPackage-Initiative es, ist ein Paket zu schaffen, welches Unterrichtsmaterialien zum Thema "Astronomie und Raumfahrt in der Schule" enthält. Als Medien wollen wir - neben den herkömmlichen wie Overhead-Folien - Dias, Video, Computer und Internet verstärkt verwenden.

Das erste Pilotprojekt wurde Ende Februar beendet und soll im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Energiekrise im Mondorbit

Unser Satellit wird während seines Fluges um den Erdmond pro Umlauf einer kurzen Finsternis ausgesetzt und außerdem einmal in eine mehrstündige Finsternis geraten. Für einen Betrachter von der Erde aus ist dies eine Mondfinsternis. Während dieser Zeit ist die Energieversorgung durch die Sonne lahmgelegt, d.h. die Batterien müssen das Überleben des Satelliten erlauben.

Die Schüler sollen bei diesem Projekt die Arbeit von Wissenschaftlern nachempfinden, indem sie Aufgaben lösen. Wir haben drei Teams vorgesehen, welche die nötigen Berechnungen und Entscheidungen durchführen müssen, um die Hauptfrage zu beantworten, welche lautet:

Welche Energiespeicher können ein Überleben des Satelliten während der Finsternis gewährleisten?

Team A berechnet die Dauer der Mondfinsternis vom 5.7.2001. Dazu werden Kenntnisse aus der Mathematik wie Lehrsatz von Pythagoras und Trigonometrie benötigt. Team B bestimmt, wieviel Energie die Solarzellen von LunarSat liefern können. Grundkenntnisse aus der Elektrizität werden vorausgesetzt. Spezialausdrücke und Stoffbereiche, die nicht zu den Pflichtgebieten gehören, werden so weit wie nötig erklärt. Team C entscheidet, welche Geräte an Bord des Satelliten LunarSat mindestens funktionsfähig bleiben müssen (Bordcomputer, minimale Kommunikation, usw.). Die Geräte werden, so weit es erforderlich ist, erklärt. Gemeinsam (oder Team C alleine, nachdem es die Ergebnisse der beiden anderen Teams erhalten hat) wird entschieden, welche Batteriesorte verwendet werden soll.

Das von uns erstellte Paket enthält: Schülerskripts; Lösungen; Zusatzinformationen über Batterien, Solarzellen und Raumfahrt allgemein; Folien und Dias; CD-Rom mit allen Daten.

Sollten Sie Interesse an diesem Projekt gefunden haben und mehr Informationen wünschen, so kontaktieren Sie uns über die angeführte Adresse der Verfasserin. Weiters sind Kommentare immer willkommen!

Mathematische Maschinen Von der Rechenmaschine zum Computer

Ausstellung im Strom-Museum Ybbs, Brauhausgasse 1
Juni bis Oktober 2000

Veranstalter: Stadtgemeinde Ybbs, Kulturwerkstatt Mag. Gerlinde Stöger

Konzept und Umsetzung: Institut für Systemwissenschaften, Universität Linz, Prof. Dr. Franz Pichler

Öffnungszeiten: Dienstag, Donnerstag, Samstag 16-19 Uhr
Eintritt: Erwachsene S 30, Schüler/Studenten S 15, Schüler in Gruppen S 10.

Telefonische Anmeldung von Schülergruppen: Kulturwerkstatt Ybbs: 07412/54298. Ausstellungstelephon: 07412/59163

Die Ausstellung soll neben der historisch-technischen Entwicklung der Rechenmaschinen und des Computers vor allem deren Bedeutung als "Rechenknechte" betonen. Als Besucher dieser Ausstellung des "Strom-Museums Ybbs" sollen wie in den Vorjahren vor allem Schüler angesprochen werden.

Neben der Präsentation von historischen Objekten wie Mathematische Instrumente, Mechanische Rechenmaschinen, Chiffriermaschinen und Super-Computer bekommt der Besucher auch Gelegenheit, selbst "Mathematische Maschinen" an 5 Rechenplätzen als Rechenknechte einzusetzen:

Chinesischer Abakus (Addition, Multiplikation)

Mechanische Rechenmaschine (Addition, Multiplikation, Division, ev. Wurzelziehen)

Flächenberechnung mittels Polar-Planimeter

Lösen anspruchsvoller Mathematikaufgaben mit MATHEMATICA.

Lösen von Aufgaben aus der Theorie Endlicher Automaten mittels macCAST.FSM an einem Macintosh Rechner älteren Datums.

In den drei Räumen sind folgende Objekte zu sehen:

1. Mathematische Instrumente wie Proportionalzirkel, Winkelmesser, Reißzeuge, Planimeter u.a. Mechanische Rechenmaschinen verschiedenen Typs, Rechenschieber und Rechenwalzen, weiters freistehend eine Schickard-Maschine (1623) als Nachbau, eine Zeichenmaschine und die mechanische Rechenmaschine "Millionär".

2. In drei Glasvitrinen sind historisch wertvolle Geräte zu den Themen Mechanische Rechenmaschinen, Analogrechner und Chiffriermaschinen zu sehen. Als größtes Objekt steht in Raum der Vektorrechner CONVEX 3440, der an der Universität Linz als Hochleistungsrechner in der Forschung eingesetzt war.

3. Neben dem Super-Computer nCUBE2 mit 64 Prozessoren in Hypercubetopologie (Universität Linz), der L-Maschine von Buchberger und einer frühen Installation eines Computers zur Digitalen Bildverarbeitung (DeAnza Bildprozessor mit Steuerrechner PDP11) ist in Raum 3 als besonderes Schaustück der behelfsmäßig aus den noch vorhandenen Originalteilen zusammengestellte Elektronen-Röhren-Computer Zuse Z22 ausgestellt. Dieser Rechner wurde 1958 von den Stickstoffwerken Linz (heute Chemie AG Linz) angeschafft und leistete seinerzeit wichtige Hilfe bei der Lösung von Mathematik-Aufgaben im Bereich der Naturwissenschaften und der Technik.

Die Ausstellung "Mathematische Maschinen" wurde wie die vorangegangenen Ausstellungen "Ybbs am Strom" (1998) und "Elektrische Kabinettstücke" (1999) mit sparsamsten Mitteln realisiert. Die Kulturwerkstatt Ybbs wünscht einen interessanten Besuch der Ausstellung.

Preis des bebilderten Katalogs für Schulen: S 50.

Plus lucis mit Chemolumineszenz

Helga Voglhuber

*Wenn man es nur versucht, so geht's,
das heißt mitunter, doch nicht stets.
Wilhelm Busch*

Chemolumineszenz mit Oxalsäureestern

Versuch 1: "Lightstickmischung" im Rundkolben

Chemikalien: Dichlormethan (Xn, R 40, S 23-24/25-36/37), 3%ige Wasserstoffperoxidlösung C (ätzend), Oxalsäure-bis-(2,4,6-Trichlorphenylester) TCPO (Xi), 9,10-Diphenylanthracen DPA

Geräte: 50 ml Meßzylinder, zwei 50 ml Bechergläser, zwei 500-ml Rundkolben, Trichter, kleine Spatel, Schutzbrille, Schutzhandschuhe

Durchführung:

- Lösung I (50 ml Becherglas): In 20 ml Dichlormethan ca. 40 mg Oxalsäure-bis-(2,4,6-Trichlorphenylester) lösen.
- Lösung II (50 ml Becherglas): Ca. 5 mg 9,10-Diphenylanthracen in 25 ml Dichlormethan lösen und 4 ml 3%ige H_2O_2 - Lösung dazugeben.
- Abdunkeln und gegebenenfalls Taschenlampe bereithalten.
- In den Rundkolben mit Trichter zugleich Lösungsgemisch I und II gießen, Kolben umschwenken.

Ergebnis: Sogleich ist ein intensives blaues Leuchten sichtbar.

Weiterführung: Durch Umgießen in einen anderen Rundkolben, eventuell noch über einen großen Trichter, ist die Leuchterscheinung in ihrer optischen Wirkung recht eindrucksvoll. Mehrmalige Wiederholungen des Umleerens in andere Kolben sind empfehlenswert, denn die Leuchtdauer hält ca. 20 -25 Minuten an.

Erklärung: Das Grundprinzip ist die Reaktion der Oxalsäureester mit H_2O_2 . Die dabei freiwerdende Energie regt einen Fluorophor (hier 9,10-Diphenylanthracen) zum sichtbaren Leuchten an.

Die im Handel erhältlichen "Lightsticks" enthalten aromatische Oxalsäureester, die beim Brechen des Stabes mit den übrigen Reagenzien zur Reaktion gebracht werden. Leuchtkraft über mehrere Stunden sind möglich.

Die für diesen Versuch notwendigen Chemikalien sind sehr teuer, doch man benötigt nur sehr geringe Mengen. (Erhältlich bei Aldrich Chemie oder Fluka)

Entsorgung: Die Lösung wird in den Abfallbehälter für "halogenhaltige Lösungsmittel" gegeben.

Versuch 2: Rot leuchtender Tee

Chemikalien: Ethylacetat F, Wasserstoffperoxid (w = 30%) C (ätzend), Oxalsäure-bis-(2,4-dinitrophenylester) (DNPO) Xi, Pfefferminztee im Beutel

Geräte: 250 ml - Weithals-Erlenmeyerkolben, Meßzylinder

Durchführung: 250 ml Erlenmeyerkolben: Zu 100 ml Ethylacetat 10 ml Wasserstoffperoxid und eine Spatelspitze DNPO hinzufügen. Kolben umschwenken

- Abdunkeln und gegebenenfalls Taschenlampe bereithalten
- Pfefferminzteebeutel in die Lösung tauchen

Ergebnis: Sogleich erstrahlt die Lösung in einem roten Licht.

Erklärung: Als Fluorophor für diese Leuchtreaktion dient das Chlorophyll.

Entsorgung: Die Lösung wird in den Abfallbehälter für "nicht halogenhaltige Lösungsmittel" gegeben.

Weiterführende Literatur und Software

Roesky, H.W., Möckel, K.: *Chemische Kabinettstücke*; Weinheim, New York 1994: VCH

Moser, A.: Kaltes Licht einmal anders. In: *Chemie & Schule*, 3/92, S. 10

Tausch, M.W., Eisel, C., et al.: CD zu "Chemische Lichtspiele" Uni Duisburg; www.theochem.uni-duisburg.de/DC/

Freihandexperimente

Werner Rentzsch

Die folgenden Experimente stammen aus einer privaten Experimentesammlung von Univ. Prof. Dr. Heinz Schmidkunz (Universität Dortmund).

Die Versuche wurden von mir leicht abgeändert bzw. gekürzt und teilweise im Text verändert sowie mit Zeichnungen versehen.

Im Rahmen der 54. Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts wurden die Experimente von Prof. H. Schmidkunz und von W. Rentzsch gezeigt.

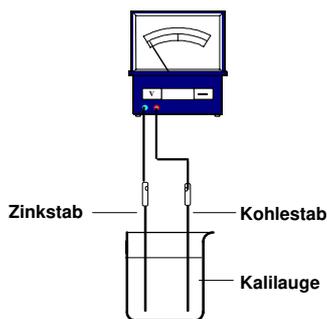
Die Zink-Luft-Batterie im Modell

Prinzip des Versuchs: Man taucht eine Kohle-Elektrode (Kohlestab) und eine Zinkelektrode (Zinkblech) in 20%ige Kalilauge und misst die Spannung zwischen den beiden Elektroden.

Geräte und Chemikalien: Becherglas, Voltmeter, Kabel, Stativ und Stativmaterial, Kohlestab, Zinkstange oder Zinkblech, Kalilauge (ca. 20 %ig)

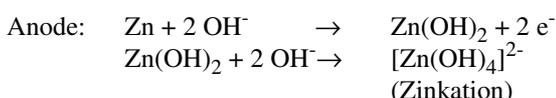
Arbeitsanweisung: In das Becherglas gießt man etwa 3 cm hoch 20%ige Kalilauge. Nun befestigt man an dem Stativ die Kohle- und die Zinkelektrode und hängt sie in einem Abstand von etwa 3 cm in die Lauge. Die beiden Elektroden müssen in die Lauge richtig eintauchen. Zwischen den beiden Elektroden wird jetzt die Spannung gemessen.

Beobachtung beim Versuchsablauf: Es wird eine Spannung von etwa 1,35 Volt gemessen.

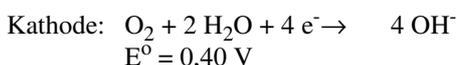


Theoretische Grundlagen: Das Zink-Luft-Element ist die Kombination eines Primärelements (z.B. Trockenbatterie) an der Zink-Elektrode mit einer Brennstoffzelle an der Kohle-Elektrode (Umsatz von Sauerstoff).

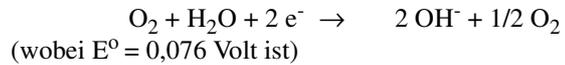
Folgende Vorgänge laufen an den Elektroden ab:



$$E^0 = -1,22 \text{ V}$$



Die daraus resultierende theoretische Gesamtspannung von 1,6 Volt wird nie erreicht, da die Umsetzung an der Kathode häufig etwas anders verläuft.



Ein einfaches elektrochemisches Element

Prinzip des Versuchs: Mit einem Eisennagel und einem Stück Aluminiumfolie in Wasser läßt sich ein einfaches elektrochemisches Element demonstrieren.

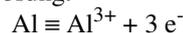
Geräte und Chemikalien: Eisennagel, Aluminiumfolie, Abdampfschale, Voltmeter, Leitungswasser

Arbeitsanweisung: In die Schale gibt man Wasser (ev. kann etwas Kochsalz darin gelöst werden), bringt von der einen Seite einen Nagel (zur Hälfte) in das Wasser und von der anderen Seite gibt man die Aluminiumfolie, die einige Male zusammengefaltet wurde, in das Wasser. Es ist ratsam, den Teil der Aluminiumfolie, der in das Wasser ragt, mit Schmirgelpapier aufzurauen. Ebenso sollte man mit dem Nagel verfahren. Man misst nun die Spannung zwischen dem Nagel und der Aluminiumfolie.

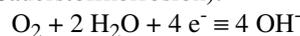
Beobachtung beim Versuchsablauf: Man misst eine Gleichspannung von etwa 0,3 Volt.

Theoretische Grundlagen: Werden unterschiedliche Metalle in einen Elektrolyten (Wasser) gegeben, so läßt sich eine Spannung messen.

Das unedlere Metall (nach der Spannungsreihe) geht dabei in Lösung.



Am edleren Metall läuft wahrscheinlich folgender Vorgang ab (Sauerstoffkorrosion):



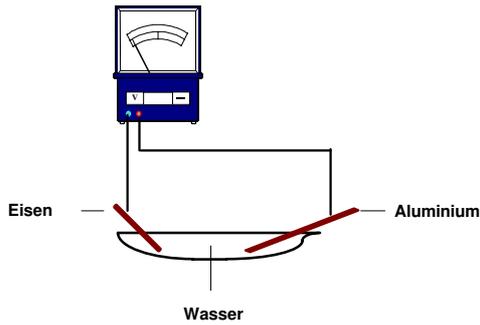
Wirkungsweise eines Lokalelements

Prinzip des Versuchs: Zinkgranalien werden mit verd. Schwefelsäure übergossen. Man berührt dann die Zinkstücke mit einem Platindraht (oder Kupferdraht). Es setzt eine heftige Wasserstoffentwicklung am Platin (Kupfer) ein.

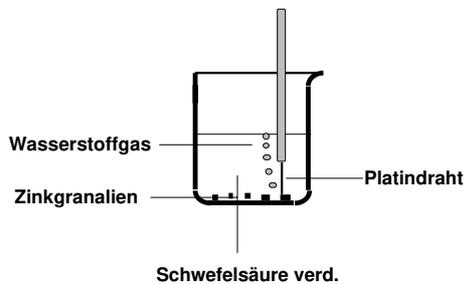
Geräte und Chemikalien: Becherglas (100 ml), Platin- oder Kupferdraht, Zinkgranalien, Schwefelsäure verd.

Arbeitsanweisung: Man füllt einige Zinkgranalien in das Becherglas und übergießt sie somit verdünnter Schwefelsäure, dass 2-3 cm Säure über den Granalien stehen. Man beobachtet die Wasserstoffentwicklung. Anschließend berührt man eines

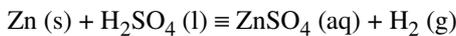
der Zinkgranalien mit einem Platindraht (Kupferdraht) in der Säure und beobachtet erneut die Bildung des Wasserstoffs.



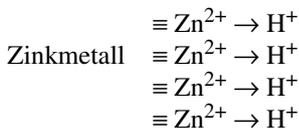
Beobachtung beim Versuchsablauf: Werden Zinkgranalien, das sind erbsengroße Stücke, mit verdünnter Schwefelsäure übergossen, so setzt nur eine mäßige Wasserstoffentwicklung ein. Berührt man die Zinkgranalien mit dem Platindraht, so kommt es spontan zu einer heftigen Wasserstoffbildung am Platindraht (nicht am Zink). Dieser Effekt ist prägnant beobachtbar.



Theoretische Grundlagen: Bei der Reaktion von Zink mit verdünnter Schwefelsäure entsteht Wasserstoff.



Bei reinem Zink setzt diese Reaktion spontan ein, verlangsamt sich jedoch sehr schnell, sodass nur eine sehr mäßige Wasserstoffentwicklung zu beobachten ist. Der Grund hierfür liegt darin, dass Zinkionen unter Zurücklassung der Elektronen in Lösung gehen und gleichzeitig Wasserstoffionen die Elektronen aufnehmen müssen. In der Nähe der Zinkoberfläche kommt es so zu einer Anhäufung von positiv geladenen Ionen, die sich gegenseitig abstoßen und somit behindern.



Die Reaktionsgeschwindigkeit wird weitgehend durch die Diffusionsgeschwindigkeit der positiven Ionen bestimmt. Berührt man das Zink mit einem edleren Metall (im Sinne der Spannungsreihe), so fließen die Elektronen (aus dem Zink stammend) zum positiveren (edleren) Metall, dort können sie von Wasserstoffionen aufgenommen werden. Die Ionenbildung des Zinks und die Elektronenaufnahme durch Wasserstoffionen finden an zwei örtlich voneinander getrennten Stellen ohne gegenseitige Behinderung statt. Es wird abgeraten, für diesen Versuch Zinkraspel anstelle von Zinkgranalien zu nehmen. Durch die größere Oberfläche von Zinkraspel und durch Verunreinigungen im Zink hervorgerufene Lokalelemente kann, bereits ohne Platindraht, eine beachtliche Wasserstoff-

entwicklung erfolgen. Als Verunreinigung sind Fremdelemente wahrscheinlich.

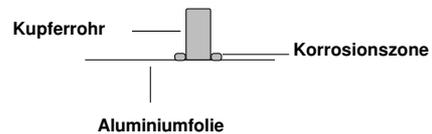
Die Korrosion von Aluminium in Kontakt mit Kupfer

Prinzip des Versuchs: Auf eine Aluminiumfolie stellt man ein Stück Kupferrohr. Die Berührungsstelle wird mit sehr verdünnter Natronlauge befeuchtet. An der Berührungsstelle der beiden Metalle korrodiert das Aluminium (es löst sich auf).

Geräte und Chemikalien: Ein Stück Kupferrohr, Aluminiumfolie (etwa 10 x 10 cm), Natronlauge etwa 1%

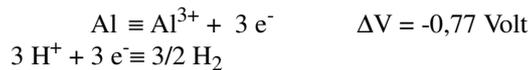
Arbeitsanweisung: Ein Stück Aluminiumfolie breitet man auf einem Pappkarton aus (Bei der anschließenden Reaktion entsteht eine alkalische Substanz, die Glas, Keramik oder Fliesen angreifen könnte!).

Auf diejenige Stelle, auf die das Kupferrohr gestellt werden wird, träufelt man etwas von der stark verdünnten Natronlauge. Schließlich wird das Kupferrohr auf die feuchte Stelle des Aluminiums gesetzt und man beobachtet die nun ablaufenden Vorgänge.



Beobachtung beim Versuchsablauf: An der Berührungsstelle der beiden Metalle steigen bald Gasblasen auf, die als Wasserstoff identifiziert werden können. Es setzt eine hörbar heftige Reaktion ein, die zur Auflösung des Aluminiums führt. Es bleibt ein weißer Stoff zurück.

Theoretische Grundlagen: An der feuchten Kontaktstelle des Kupfers korrodiert das Aluminium, wobei folgende Reaktionen ablaufen



Summarisch läßt sich die Gesamtreaktion folgendermaßen darstellen:



Das Aluminiumhydroxid bleibt als weiße Substanz zurück.

Die vom Aluminium abgegebenen Elektronen wandern zum Kupfer, wo sie an Wasserstoffionen weitergegeben werden. Zwischen Kupfer und Aluminium bildet sich ein Lokalelement aus. Ohne Kupfer tritt die geschilderte Reaktion nicht ein, beim Kontakt zweier Metalle löst sich das unedlere auf.

Die verdünnte Natronlauge hat die Aufgabe, die Oxidschicht des Aluminiums etwas aufzulösen.

Der schnelle Nachweis von Korrosionsvorgängen

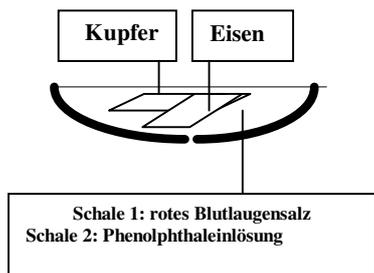
Prinzip des Versuchs: Bei der Kontaktkorrosion von Eisen und Kupfer in Wasser entstehen als erste Korrosionsprodukte Fe^{2+} -Ionen und OH^- -Ionen. Fe^{2+} -Ionen werden durch Kalium-hexacyanoferrat(III), $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (rotes Blutlaugensalz) und OH^- -Ionen mit Phenolphthalein nachgewiesen.

Geräte und Chemikalien: 2 Stück Eisenblech etwa 2 x 1 cm, 2 Stück Kupferblech etwa 2 x 1 cm, 2 Porzellanschalen oder Uhrgläser, 2 Büroklammern, Phenolphthaleinlösung, Kaliumhexacyanoferrat(III)

Arbeitsanweisung: Je ein Stück Kupferblech wird mit einem Stück Eisenblech mit je einer Büroklammer verbunden. Die beiden zusammengefügte Metallstücke werden in je eine Porzellanschale gelegt und mit Leitungswasser übergossen.

Im Wasser der einen Probe löst man einige Kristalle des roten Blutlaugensalzes, in das Wasser der zweiten Probe tropft man etwas Phenolphthaleinlösung.

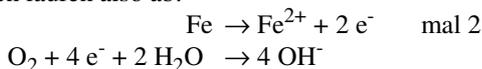
Beobachtung beim Versuchsablauf: Bei der Probe mit rotem Blutlaugensalz zeigt sich nach wenigen Minuten eine Blaufärbung. Die Probe mit Phenolphthalein nimmt eine schwache Rosafärbung an.



Theoretische Grundlagen: Bei der Korrosion von Eisen im Kontakt mit Kupfer entstehen primär Fe^{2+} -Ionen, die mit Kaliumhexacyanoferrat-III als "Berliner Blau" $[\text{KFe}_2 + \text{Fe}^{3+}(\text{CN})_6]$ nachgewiesen werden.

Das Kupfer übt als edleres Metall eine "elektronenanziehende" Wirkung gegenüber dem Eisen aus. Am Kupfer werden die Elektronen vom gelösten Sauerstoff übernommen. Die entstehenden Sauerstoffionen reagieren sofort mit dem Wasser weiter.

Am Eisen gehen Eisenionen in Lösung. Die OH^- -Ionen werden mit Phenolphthalein nachgewiesen. Folgende Teilreaktionen laufen also ab:



Zu einer intensiven Rosafärbung kann es nicht kommen, da die OH^- -Ionen mit den Fe^{2+} -Ionen sofort zu Eisenhydroxid reagieren.



Durch den Luftsauerstoff wird das Fe^{2+} zu Fe^{3+} weiteroxidiert, so dass schließlich $\text{Fe}(\text{OH})_3$ oder dessen Oxidhydrate entstehen.

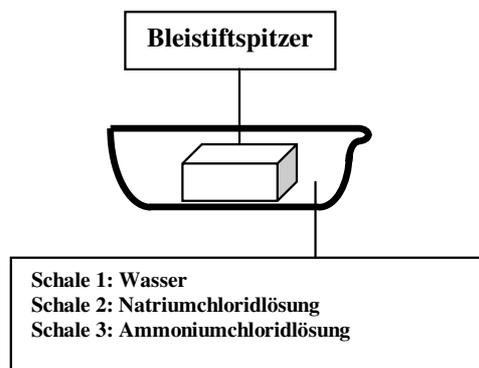
Experimente mit einem Bleistiftspitzer

Prinzip des Versuchs: Man legt einen Bleistiftspitzer in Wasser, in Kochsalzlösung und in eine Lösung von Ammoniumchlorid. Es treten deutliche Reaktionen ein.

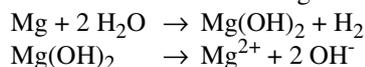
Geräte und Chemikalien: 3 Bleistiftspitzer (aus Metall), 3 Kristallischalen, Natriumchlorid (NaCl), Ammoniumchlorid (NH_4Cl), Phenolphthaleinlösung

Arbeitsanweisung: In die Kristallisierschalen werden je ein Bleistiftspitzer gelegt und vollständig mit Wasser bedeckt. Die erste Schale ist bereits fertig; in die zweite Schale gibt man etwas Kochsalz und in die dritte Schale etwas Ammoniumchlorid. In jeder der drei Schalen werden einige Tropfen Phenolphthalein-Lösung zugefügt; die Versuchsreihe kann über den Arbeitsprojektor beobachtet werden.

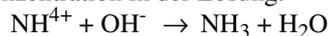
Beobachtungen beim Versuchsablauf: Nach fünf Minuten entsteht in der ersten Schale eine schwache alkalische Reaktion (Violettärbung), in der Schale mit Kochsalz ist diese Reaktion beachtlich stärker und in der dritten Schale steigen Gasblasen auf, eine alkalische Reaktion ist nicht erkennbar.



Theoretische Grundlagen: Der Grundkörper des Bleistiftspitzers besteht aus Magnesium. Das Messer ist natürlich aus Stahl. In Wasser gelegt bildet sich dadurch ein galvanisches Element aus. Mit dem Wasser reagiert das Magnesium und bildet Magnesiumhydroxid. Die Substanz ist in Wasser schwer löslich und lagert sich an der Oberfläche des Spitzers ab. Dadurch wird die Weiterreaktion gehemmt.



So ist die alkalische Reaktion im 1. und 2. Gefäß zu erklären. Im dritten Gefäß verhindert das Ammoniumchlorid, dass die schützende Magnesiumhydroxidschicht entsteht. die hohe Ammoniumkonzentration erniedrigt die Hydroxid-Ionen-Konzentration in der Lösung.



Das ungeschützte Magnesium kann weiter reagieren.

Bücher und Software

Chemische Grundversuche ohne Umweltbelastung - Sek. II

Reinhard Demuth, Manfred Schenzer, Margot Janzen

Aulis Verlag Deubner & CoKG, Köln 1999, ISBN 3-7614-2198-2, DM 39,-

In einer Zeit, in der die Müllberge wachsen und Mülltrennung bzw. Müllvermeidung brisante Themen sind, kann dieses Experimentierbuch einen weiteren Beitrag zur Umwelterziehung leisten. Wer einmal gesehen hat, wie am Fließband Kunststoffmüll händisch getrennt wird, macht sich hoffentlich auch Gedanken, wie in der Schule ohne Umweltbelastung experimentiert werden kann.

Speziell im Chemieunterricht gehen Schüler mit Chemikalien um, die ihnen im Alltag in der Regel nicht begegnen. Für die Entsorgung dieser Stoffe nach dem Experiment liefert das Buch eine genau Vorschrift.

In diesem Buch ist es gelungen, die wichtigsten Themenfelder der Schulchemie abzudecken.

Hauptkapitel: Kohlenwasserstoffe, Oxidationsprodukte der Kohlenwasserstoffe, Aromaten, Kohlenhydrate, Aminosäuren-Peptide-Proteine, Fette und Öle, Seifen und Tenside, Kunststoffe, Farbstoffe, Redoxreaktionen, Komplexchemie.

Die einzelnen Experimente können als Kopiervorlagen für die Schüler verwendet werden und erleichtern so die Versuchsdurchführung. Sie sind übersichtlich und anwenderfreundlich gestaltet:

- In der Kopfleiste informieren Piktogramme über mögliche Gefahren, Sicherheitsmaßnahmen und Entsorgungsmöglichkeiten. Zusätzlich geben sie an, ob das Experiment als Schülerversuch durchgeführt werden darf oder nicht.
- Vor der Versuchsdurchführung werden alle benötigten Geräte und Chemikalien aufgelistet.
- Die Versuchsdurchführung ist kurz und nach Nummern geordnet gegliedert. Leider sind die einzelnen Experimente nur in ganz wenigen Fällen mit graphischen Darstellungen versehen.
- Nach den Entsorgungshinweisen erfolgt die Auswertung des Versuches. Kopiert man die Experimente und verwendet die Kopien als Arbeitsblatt, so können die Auswertungen vor dem Kopieren leicht abgedeckt werden.

Zu Beginn des Buches ist eine genau Anleitung der einzelnen Entsorgungsschritte angeführt. Wie die anfallenden Chemikalien behandelt werden sollen, findet man in der Kopfleiste eines jeden Versuches.

Im Anschluß an das Buch befindet sich eine Tabelle mit allen in den Versuchen verwendeten Chemikalien mit ihren Gefahrsstoffkennzeichen sowie ihren R- und S-Sätzen.

Schüler, die gelernt haben, in der Schule die Stoffe richtig zuzuordnen bzw. zu behandeln, schaffen es sicher auch im Alltag, den Müll sachkundig zu trennen bzw. dazu beizutragen, weniger Müll anfallen zu lassen.

Werner Rentzsch

Taschenbuch der Physik

Horst Stöcker (Hrsg.)

3., völlig überarb. und erw. Aufl., 1087 S., zahlr. Abb., inkl. Multiplattform-CD-ROM. Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/Main, 1999. DM 68,-. ISBN 3-8171-1580-6.

Physik kompakt dargestellt! In 29 Kapiteln geht die Reise von der Kinematik zur Kern- und Festkörperphysik. Definitionen werden kurz erläutert, Ausgangsgleichungen und Ergebnisse für die Verwendung in der Praxis angegeben, selbst kleine Anwendungsbeispiele zur Verdeutlichung fehlen nicht. Dies durch klare Abbildungen sowie zahlreiche Tabellen unterstützt, die in der Praxis nützlich sein können, bringt das Taschenbuch der Physik. Abgerundet wird das Buch durch Tabellen, in denen von der Ionisationsenergie bis zur Reichweite von Alpha-Teilchen einiges enthalten ist. Ergänzt wird es durch eine CD-ROM, auf der das gesamte Buch im HTML-Format mit zusätzlichen Suchmöglichkeiten und einigen Trickfilmen (etwa Änderung des Interferenzbildes bei Änderung des Spaltabstands am Beugungsgitter) enthalten ist. Das handliche Format (A5) der Papiausgabe verlockt zum Blättern und Schmökern und bietet so doch noch Vorteile vor der elektronischen Version, die wieder durch die Suchmöglichkeiten den Index eines Buches übertrumpft.

Als Nachschlagewerk sehr brauchbar, wenn kurze Antworten gesucht werden.

H. Kühnelt

Interaktive Bildschirm-Experimente Optik

Jürgen Kirstein, Rudolf Rass

CD-ROM, Klett-Labor. Verlag Klett, Stuttgart 1999, ISBN 3-12-772581-7, öS 593

auch gemeinsam mit

Impulse Physik: Praktikum - Optik

Joachim Erlebach u.a.

CD-ROM + Buch. 79 S. Verlag Klett, Stuttgart 1999, ISBN 3-12-772591-4. öS 735,-.

Was sind Interaktive Bildschirm-Experimente (IBE)? Die multimediale Darstellung von Physik und insbesondere von experimenteller Physik wird durch die Idee von IBE bereichert: Realaufnahmen verschiedener Phasen eines Demonstrationsexperiments werden als digitales Daumenkino auf einer CD-ROM gespeichert und können mit Mouse-Hilfe durchgeblättert werden. Im Vergleich zu einer Videodokumentation zeigt sich sogleich der Vorteil, daß einzelne Bilder beliebig lang und oft betrachtet werden können, daß ein Rückblättern ebenfalls nur einen Griff zur Mouse erfordert. Im Vergleich zur Computersimulation fällt die größere Glaubwürdigkeit auf, die Realaufnahmen genießen. Im Gegensatz zu einem Re-

alexperiment sind allerdings nur jene Aktionen möglich, die bei der Produkterstellung als relevant eingestuft wurden. Ist es zwar beispielsweise möglich, Linse und Schirm auf einer optischen Bank zu verschieben, so ist ein Austausch der Linse (noch) nicht vorgesehen. Was zunächst als Nachteil erscheinen mag, ist doch wieder ein Vorteil: Durch die Einschränkung wird die Bedienung erleichtert und das Lernziel eindeutig. Auf der CD sind 20 Experimente zur Optik von der Brechung bis zur Polarisierung enthalten. Sie lassen sich einerseits als Demonstrationen vorführen, Aufgabenstellungen laden zum Arbeiten und Messen am Experiment ein - allerdings gibt es keine Fehleranalyse, es wird lediglich die richtige Lösung angezeigt. Zu jedem Experiment ist auf Wunsch ein theoretischer Hintergrund aufrufbar, zu den Aufgaben Hinweise und Ergebnisse. Dadurch ergibt sich eine weitere Einsatzmöglichkeit: Wiederholung und Vertiefung des vorgewährten Experiments.

Die Installation ist problemlos und bietet die Möglichkeit neben einer minimalen Installation auch alle Daten auf Festplatte zu speichern, so daß der dauernde Zugriff auf das CD-Laufwerk entfallen kann.

Die Aufnahmen sind technisch gut gelungen, die Bedienung mit der Mouse gelingt nach kurzer Einarbeitung. Die Praxis-tauglichkeit hat sich in der Einführungsvorlesung an der TU Berlin bewiesen.

Dieselben Themen (und einige mehr wie Linsensysteme, optische Aktivität, Farbmischung, Photometrie), wenn auch ausführlicher, behandelt das Heft Praktikum-Optik, das einzeln (als Ergänzung zum Klett-Schulbuch Impulse Physik) oder im Verbund mit der CD-ROM ausgeliefert wird. Die Unterlagen zu den einzelnen Themen folgen einer kompakten Gliederung: eine Theorie-Seite führt in die Problemstellung ein, eine Experimentierseite beschreibt Aufbau und Aufgabenstellung der einzelnen Praktikumsaufgaben, eine Aufgabenseite enthält Arbeitsaufträge zur Vor- und Nachbereitung. Die Lehrerseite enthält schließlich Hinweise zu Durchführung und Materialbeschaffung, Lösungen und ergänzende Hinweise. Die Blätter sind als Kopiervorlagen gestaltet.

Praktikum-Optik ist sehr gut für quantitative Laborexperimente und daher besonders im Wahlpflichtfach einsetzbar. Es ist aber auch als Hintergrundinformation bei einer mehr auf eher qualitatives Untersuchen optischer Phänomene bedachten Arbeit nützlich.

HK

cliXX Physik

Bauer, Benenson, Westfall

Multimedia-CD-ROM auf HTML-Basis. 1999, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt/Main, DM 48,-. ISBN 3-8171-1593-8

Die vorliegende CD ist eine überarbeitete Übersetzung aus dem Amerikanischen. Die drei Autoren sind Hochschullehrer an verschiedenen amerikanischen Universitäten. Entsprechend stellt der Inhalt der CD ein sehr knapp gehaltenes College-Level Lehrbuch der Physik dar, das zur Wiederholung sowohl Nebenfachstudenten als auch Schülern der Oberstufe dienlich sein kann.

Inhaltlich soll das Grundwissen aus Kinematik und Dynamik, Wärmelehre, Schwingungen und Wellen, Elektrizität und Optik, Atom-, Kern- und Quantenphysik vermittelt werden. Dazu dienen kurze Textseiten, die durch 60 Java-Applets und 160 Quicktime-Videos veranschaulicht und ergänzt werden. Zur Überprüfung des Lernerfolgs dienen 220 Ja/Nein-Fragen und 280 Übungsaufgaben.

Außer Quicktime (auf der CD vorhanden) wird lediglich Netscape oder IE benötigt, um ohne weitere Installation das Lehrbuch lesen zu können und die interaktiven Komponenten nutzen zu können.

Der Aufbau der Textseiten ist klar und ohne unnötiges Beiwerk. Die Übersetzung ist sprachlich ausgezeichnet und die Tippfehler halten sich in Grenzen. Durch die konsequente Nutzung von HTML ist die CD-ROM auf Windows-, Mac- und UNIX-Systemen einsetzbar.

Der Preis ist günstig, und inhaltlich wird ein Großteil dessen abgedeckt, was als Standardkanon besonders bei Nebenfachphysikern oft gefordert wird.

Dem Medium entsprechend sind die Texte knapp, die Interaktivität der Simulationen und die kleinen Filme stellen ein Plus gegenüber einem Skriptum dar.

H. Kühnelt

Virtuelles Lernen

Günter Mader, Walter Stöckl

Begriffsbestimmung und aktuelle empirische Befunde

Lernen mit interaktiven Medien Bd. 5. 204 S., kt., Studienverlag Innsbruck-Wien 1999, öS 348,-. ISBN 3-7065-1416-8

"Virtuelles Lernen" ist aus einem Seminar an der Universität Innsbruck hervorgegangen und befaßt sich mit dem Lernen mittels Internet und CD-ROM. Vorangestellt ist ein vergleichender Überblick der drei dominanten Modelle vom Lernen, dem behavioristischen, dem kognitivistischen und dem konstruktivistischen, da sich diese natürlich in den Lernprogrammen niederschlagen. Es folgt eine Begriffsklärung des Lernens im Rahmen von drei Dimensionen (Ziel/Inhalt, Lehrstrategie Lehrer-Tutor-Coach, Lernstufen vom Neuling zum Experten), die für die Einstufung von Lernsoftware nützlich ist.

Unter virtuellem Lernen verstehen die Autoren jeglichen computerunterstützten Unterricht. Sie bieten dazu eine knappe Darstellung der wichtigsten Begriffe in Anlehnung an Lernen mit Software von Baumgartner und Payr. Der Abschnitt über Nutzen und Kosten ist allerdings allzu knapp ausgefallen. Wenn behauptet wird, daß Lernsoftware bei einer betrieblichen Schulung in einem Drittel der Zeit bessere Ergebnisse bringt als im Seminarbetrieb, wäre es interessant mehr zu erfahren.

Im praktischen Teil folgt ein Überblick über das Internet und die verfügbaren Protokolle. Das Schlußkapitel bilden die Ergebnisse einer Internetrecherche zum Thema Lernsoftware im Netz und auf CD-ROM im Jahre 1997. Diese Momentaufnahme zeigt Informatikinhalte aus USA als Spitzenreiter an Lernsoftware im Internet, während auf CD-ROM Sprachlernprogramme für die Mittelstufe dominieren. Der Versuch einer

Qualitätsbeurteilung wird allerdings nicht unternommen, es wird diese wichtige Frage ausgeklammert.

In einem so rasant sich entwickelndem Gebiet ist das Schreiben und Drucken von Büchern ein Wagnis. Was ist der Nutzen? In diesem Fall mag die kompakte Darstellung der Lernparadigmen für jene von größtem Nutzen sein, die den Einsatz oder die Erstellung von Lernsoftware beabsichtigen.

H. Kühnelt

Astronomie

Arnold Hanslmeier

Kt., 160 S., zahlr. farbige Abbildungen. Verlag öbv&hpt Wien, 2000. öS 278,-. ISBN 3-209-02681-5

Astronomie und Astrophysik erleben dank der Satellitenmissionen eine Renaissance. Das Interesse an ihnen ist in allen Altersgruppen groß, viele Schüler sind - zu Recht - fasziniert.

In 7 Kapiteln führt uns der Autor, Astronom an der Universität Graz, einerseits durch die Geschichte der Astronomie und andererseits von der Erde bis an den Rand des Universums.

Er wendet sich damit nicht an die Fachkollegen, sondern an einen breiten Leserkreis - und Schüler der Oberstufe werden wohl zahlreich darunter sein. Dabei nutzt er geschickt die Flut exzellenter Bilder, die durch die neuen Teleskope, vor allem durch das Hubble-Teleskop, die Raumsonde SOHO und viele andere möglich wurden. Soweit dies auf dem beschränkten Platz von 160 Seiten möglich ist, sind die Erklärungen vollständig in ausreichendem Detail, gelegentlich wird auf Schulwissen verwiesen.

Auch vom Leser wird Arbeit erwartet, beinahe auf jeder Seite finden sich Aufgabenstellungen, die der Wiederholung, Vertiefung und Anwendung dienen. Damit der fleißige Leser sich der Richtigkeit seiner Arbeit versichern kann, sind dankenswerterweise die Lösungen ausführlich dargestellt.

Insgesamt ein sehr handliches Büchlein voll von Information, das dank offensichtlichen Desktop Publishings sehr preisgünstig ist - kleinere Satzfehler und Flüchtigkeiten sollten in der nächsten Auflage korrigiert werden.

Das Buch kann allen an Astronomie interessierten Schülern empfohlen werden.

H. Kühnelt

Der skeptische Chemiker

Robert Boyle

Verkürzt hrsg. und übers. von E. Färber und M. Färber. 2. Aufl. Reprint der 1. Ausg. von 1929. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 229. 108 Seiten. DM 16,80. Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/M. 2000. ISBN 3-8171-3229-8

Robert Boyle (1627-1691) steht am Beginn der modernen Chemie und Physik. Der "skeptische Chemiker" setzt sich kritisch mit den Vorstellungen seiner Zeit zur Frage der Bestandteile von Körpern auseinander. Daß er dabei zu keinem klaren Ergebnis kommt, darf angesichts des geringen Entwicklungs-

stands der chemischen Analysetechnik zur Mitte des 17. Jhdts. nicht überraschen. So faßt Boyle zusammen: "...mit Recht bezweifelt werden kann, ob das Feuer, wie die Chemiker annehmen, der echte und universale Analysator gemischter Körper ist; ... zweifelhaft ist, ob alle gesonderten Substanzen, die durch das Feuer von einem gemischten Körper erhalten werden können, in der Form, in der sie davon abgetrennt worden sind, schon vorher darin existierten..."

Das Büchlein, das 1661 erstmalig erschien und zu seiner Zeit in vielen englischen und lateinischen Auflagen verbreitet war, zeigt die Chemie am Übergang von der Alchemie zur Wissenschaft. Wie schwierig dieser Übergang war, kann anhand des Nachdrucks nachempfunden werden.

H. Kühnelt

Schriften aus der Frühzeit der Astrophysik

Christian Doppler

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 161. Mit einem Nachwort von H.A. Lorentz. 2. Aufl., 194 S., kt., Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/Main, 1999. DM 38,-. ISBN 3-8171-3161-5

Christian Doppler, geboren 1803 in Salzburg, gestorben 1853 in Venedig, ist - dank TIMSS wissen wir es - auch Schülern als Entdecker des Doppler-Effekts bekannt. Weniger bekannt ist, daß diese Entdeckung im Jahr 1842 aus Überlegungen zum Licht entsprang und auf die Farbe von Sternen angewandt wurde. Doppler hatte das Glück, daß Ballot in Utrecht das spektakuläre Experiment mit einer Musikkapelle auf einem Eisenbahnzug durchführte und Dopplers Vorhersage bestätigte. Ein entsprechender optischer Versuch gelang erst 50 Jahre später.

Zu diesem Sammelband Dopplerscher Schriften hat H. A. Lorentz, der berühmte Niederländer, einen kritischen Kommentar und Anmerkungen verfaßt. Auch wenn er Doppler die Bezeichnung Klassiker der Naturwissenschaft wegen des Dopplereffekts zugesteht, kann er den weiteren Arbeiten und der Art, wie Doppler mit Einwänden von Kollegen umgeht, keinen Geschmack abgewinnen. Manches ist aus dem geringen Wissenstand seiner Zeit erklärbar, von Spektrallinien ist keine Rede und das Licht der Sterne enthalte nach Doppler nur das sichtbare, so daß sie bei genügender Dopplerverschiebung unsichtbar werden. Auch scheint er einer Theorie des Lichts als Longitudinalschwingungen den Vorzug gegeben zu haben: Licht als Kompressionswelle des Äthers.

Möglicherweise gewinnt man einen Einblick in den Charakter Dopplers bei der Lektüre seiner Auseinandersetzungen mit Kritikern. Diese wird heftig und emotional geführt, jeder Hinweis auf farbiges Sternenlicht als Bestätigung seiner Theorie gesehen - kein Wunder, da man ja von der Physik der Sterne noch nichts ahnte. Interessant ist dieser Nachdruck für alle, die an der Originalarbeit Dopplers und seinem Ringen um Anerkennung interessiert sind. Sie werden Zeugen vom wissenschaftlichen Fortschritt als einem sehr menschlichen Unterfangen.

H. Kühnelt