PLUS LUCIS 2/97

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

Lehrplan 1999

100 Jahre Braunsche Röhre

Mädchen im Physikunterricht

Neudefinierung des Physikunterrichts

Science-Zentrum – Ersatz oder Ergänzung des Physikunterrichts?

Quantisierung des Leitwerts in Goldkontakten

Chemische Grundlagen der Farbfotografie

28. Internationale Physikolympiade

Low-Cost–High-Tech – Moderne Freihandversuche

Freihandexperimente

Bücher und Software

Fortbildungswoche 1998
23. - 27.2.1998

Physik
Chemie

Impressum

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

Erscheint drei- bis viermal jährlich.

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

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

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

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

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

Beiträge werden erbeten an:

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

HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg

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

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

Inhalt

Vorwort: Eine Woche im Netz 1

Lehrplan: Lehrplan 1999 – eine Initiative des BMUK 3

Fachdidaktik

Österreichs Volksschüler – europäische Spitze in Mathematik und im Sachunterricht 2

Michel Hulin – Neudefinierung des Physikunterrichts 7

Mädchen im Physikunterricht 10

Ein Besuch im Science-Zentrum – Ersatz oder Ergänzung des Physikunterrichts? 18

Historisches

100 Jahre Braunsche Röhre 14

Es war nur ein Roboter 29

Für die Praxis

Low-Cost–High-Tech – Moderne Freihandversuche für den Physikunterricht 23

Quantisierung des Leitwerts in eindimensionalen Goldkontakten 30

Chemische Grundlagen der Farbfotografie 35

Aktuelles

Bericht über die 28. Internationale Physikolympiade 37

Fachbereichsarbeiten Physik 39

Ankündigungen

Naturwissenschaftliche Sommerwoche am Deutschen Museum in München 17

Fortbildungswoche 34

Freihandexperimente

Die Rosenkugel 40

Spiegelungen 40

Satzung 41

Bücher und Software 42

Umschlagbild: Marsroboter Sojourner befreit sich aus einer schwierigen Lage und wendet. (Bild: NASA)

Eine Woche im Netz

... sollten die Schulen von 18.-24. Oktober 1997 gewesen sein. Die Idee zu NETDAYS entstand im Vorjahr in den USA, heuer wurde sie mit Unterstützung der EU-Generaldirektion Jugend und Bildung auf Initiative des Europäischen Schul-Netzwerks in Europa durchgeführt. Ziel der Woche war vor allem, Schüler und Lehrer zur Begegnung im Datennetz anzuregen, Projekte einem nationalen und internationalen Publikum vorzustellen, die Möglichkeiten des Internet auszuloten, die Kommunikation über die Schulmauern hinauszutragen. In Österreich wurde die Organisation vom BMUK, insbesonders von MR Dr. Hawle und MR Mag. Stemmer und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern getragen.

Als im Juni an den Verein die Einladung zur Mitarbeit erfolgte, war es klar, daß diese Gelegenheit genützt werden müsse. Ein Vorschlag NETSCIENCE - in Anlehnung an NetDays - wurde eingereicht und fand Zustimmung.

Was wollten wir erreichen? Ziel von NETSCIENCE ist die Verbesserung des Kontakts zwischen Schule und Forschung. Die Schule öffnet ein Fenster und erweitert ihre Perspektive (was ja wohl öfters und ohne verordneten Anlaß geschieht), Forschung öffnet ein Fenster und läßt sich ins Labor blicken. Und dies mit den Mitteln, die dank der heutigen Kommunikationstechnik verfügbar sind. Das soll keineswegs das Ende von Exkursionen, die Abschaffung von Expertenvorträgen in der Schule sein! Vielmehr eröffnet die Computertechnik mit der weltweiten Vernetzung zusätzliche Möglichkeiten, mit denen Erfahrungen gesammelt werden müssen, um sie in Zukunft erfolgreich einsetzen zu können.

Für NETSCIENCE waren ursprünglich vier Aktivitäten geplant, kurzfristig kam als fünfte ein Schwatz am Netz hinzu.

ASK GALILEO forderte auf, Fragen, auf die sonst keine Lösungen gefunden werden konnten, einzureichen. Die Fragen wurden an Experten weitergeleitet und ihre Antworten sowohl den Fragestellern mittels "e-mail" geschickt als auch in einer Liste interessanter Fragen zu Physik und Chemie wieder am Netz veröffentlicht. ASK GALILEO läuft weiter.

MEET A SCIENTIST wiederum sollte die Begegnung mit Forschern und Forscherinnen fördern. Wir dachten, die Zeit sei reif für Videokonferenzen fast zum Nulltarif. Es klingt ja auch zu verlockend, wenn Videokonferenzen technisch immer einfacher werden - so sagt die einschlägige Werbung - und der Daten-Highway die Übertragungskapazität zur Verfügung stellt, die eine Übertragung von Bild und Ton benötigt. Durchaus geeignete Software ist frei verfügbar, sei es *NetMeeting* von Microsoft oder *CU-SeeMe* (sprich: SeeYou-SeeMe) von der Cornell-Universität. Dann kommt die Enttäuschung: die eigene Kamera mit der tollen Video-Digitalisierungskarte ist zwar geeignet, Filme und Standbilder in guter Qualität im Computer zu erfassen, die aus USA stammende Konferenz-Software verweigert aber die Zusammenarbeit mit der Hardware aus Europa. Also mußten wir doch eine Lösung aus USA erproben, eine kleine Videokamera, die über den Druckerausgang anzuschließen ist - ein großer Vorteil bei Laptop-Computern. Da saßen begeisterte Studenten und ein ergrauter Professor im selben Raum, um über das Hausnetz Videokonferenz zu üben. Danach die bange Frage: Wie sieht es aus, wenn wir über die Telefonleitung gehen, wie wird der Ton sein? Zu unserer Überraschung war der Ton sehr gut, die Bilder allerdings ruckelten und wurden nur sehr schleppend neugezeichnet. Zuletzt die Ernüchterung: die "auserwählte" Schule hatte noch immer keinen stabilen ISDN-Zugang zum Internet - also diese Erprobung steht noch aus.

Aber die technisch fast perfekte Lösung fand sich dann doch dank der Fa. Video-Communication: 3 gemietete ISDN-Leitungen (gestiftet von SAFE) und professionelle Soft- und Hardware sorgten für guten Ton und gutes Bild. Der Astronom Dr. Kerschbaum referierte und diskutierte mit Schülern der Handelsakademie Tamsweg, die gute Fragen parat hatten. Auch Lehrer und Schüler des Gymnasiums in Tamsweg konnten dem Vortrag über "Österreichs Beteiligung an den Sternwarten im All" beiwohnen. Tamsweg - sonst eine Tagesreise von Wien entfernt - war damit Gast an der Universität Wien geworden. Ein gelungener Anfang!

Zum kompletten Gegenstück geriet der Plausch ("Chat") am Netz über "Einsteins Erbe: Schwarze Löcher und Gravitationswellen". Ein Chat zu einem Thema beginnt mit einem Einleitungspapier, das im Netz gespeichert ist, und geht in eine offene Diskussion über. Jeder Teilnehmer bringt seine Meinung in kurzen Mitteilungen über die Tastatur ein, worauf sie in einer chronologischen Liste von Äußerungen erscheint. 90 Minuten lang floß einiger Schweiß bei den studentischen Experten, waren hier Gesprächsfäden zu entwirren, sollte dort auf Fragen tiefer eingegangen werden. Was sich zeigte, war:

Die Benutzung der Software durch Ungeschulte ist unproblematisch, die Software ist stabil. Nicht stabil unter der Belastung von "Chats" war die Servermaschine, sie hatte Mühe, die hohe Zahl von aktiven Teilnehmern konstant mit neuer Bildinformation zu versorgen. In einer nicht zufällig zustande gekommenen Teilnehmerrunde wäre mehr Disziplin leicht möglich, so daß Argumentationslinien zu Ende geführt werden können, bevor neue beginnen.

Zuletzt noch GALLERY OF PHENOMENA, der Versuch eines Bilderwettbewerbs mit Prämierung am Netz. Bilder von Phänomenen aus Natur und Technik sollten mit entsprechender Hintergrundinformation eingereicht werden. Die Betrachter sollten die Jury bilden. Preise wurden von HPT gestiftet, aber noch nicht vergeben - der Wettbewerb ist bis 28. Februar 1998 verlängert. Adresse: http://www.thp.univie.ac.at/netdays.

Was war daraus zu lernen? Eine lebendige Verbindung zwischen Schulen und Hochschulen ist "leicht" herstellbar, *e-mail* und *chat* sind technisch problemlos. Die Ausrüstung für eine bescheidene Videokonferenz kostet bei eigener Kamera ab 1600 S, mit wenig Aufwand bieten Bild und Ton zusammen eine lebendigere, differenziertere Kommunikation als über die Tasten. Was auch festzustellen ist: der Zeitaufwand ist geringer als bei anderen Formen des traditionellen Schulkontaktes.

Die Aktivitäten werden über die offizielle NetDays-Woche hinaus verlängert. Beteiligen Sie sich an ASK GALILEO und GALLERY OF PHENOMENA, animieren Sie Ihre Schüler! Teilen Sie uns mit, wenn Sie Interesse an einer Videokonferenz oder einem Chat zu einem bestimmten Thema haben! Senden Sie uns eine Nachricht an netdays@doppler.thp.univie.ac.at.

Mehr zum Thema Internet im nächsten Heft noch heuer!

Ihr Helmut Kühnelt

Österreichs Volksschüler – europäische Spitze in Mathematik und im Sachunterricht

Günter Haider

In TIMSS, der größten je durchgeführten Vergleichsstudie von Schülerleistungen in Mathematik und Naturwissenschaft (Physik, Chemie, Biologie, Erdwissenschaft), haben 1995 weltweit eine halbe Million Schüler standardisierte, zweistündige Tests absolviert. TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) wurde von der IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement), einer internationalen Gemeinschaft von Bildungsforschungsinstituten initiiert und organisiert. In Österreich war für die Untersuchungen das Austrian IEA Research Center (Universität Salzburg, Institut für Erziehungswissenschaft) verantwortlich. Getestet wurden drei Altersgruppen: die Volksschüler der 3. und 4. Klasse (Population 1), die Pflichtschüler der 7. und 8. Klasse (Population 2) und die Schüler in den Abschlußklassen der Sekundarstufe II (Maturanten, Fachschüler, Berufsschüler = Population 3). Die erhobenen Daten aus den mehr als 40 Teilnehmerstaaten werden in einem internationalen Studienzentrum am renommierten Boston College (USA) gesammelt, in Vergleichstabellen dargestellt und publiziert.

Im Dezember 1996 wurden bereits die Ergebnisse der Population 2 (Hauptschule, AHS-Unterstufe) veröffentlicht, wobei unsere 13- bis 14-jährigen Pflichtschüler sehr respektable Leistungen im internationalen Vergleich erzielten: Ränge 9 und 12 in Mathematik, Rang 8 in Naturwissenschaft - bei 41 teilnehmenden Staaten.

Die nun vorliegenden Resultate der Population 1 (3. und 4. Klasse Volksschule) bestätigen erneut, daß Österreichs Schüler im internationalen Vergleich überdurchschnittliche Leistungen in diesen beiden Fachgebieten erbringen. Die Ergebnisse von Tests an 5171 Schülerinnen und Schülern aus 133 österreichischen Volksschulen:

- In *Mathematik* wurden international die Ränge 7 (4. Klasse) und 8 (3. Klasse) erreicht. Weltweit führend in den Mathematikkenntnissen sind die Schulen aus den ostasiatischen Ländern Singapur, Korea, Japan und Hongkong. Hinter den beiden besten europäischen Staaten Niederlande und Tschechien liegt Österreich gemeinsam mit Slowenien im Spitzenfeld der 26 teilnehmenden Länder. Die größte Stärke der österreichischen Schüler bildete der Bereich Messen und Maßsysteme, am relativ schwächsten schnitten sie bei Brüchen und Proportionen ab, die ja erst später auf dem heimischen Lehrplan stehen.
- in *Sachunterricht* (Biologie, Erdkunde, Umweltkunde, Physik) plazierten sich die österreichischen Schüler noch besser: Platz 4 für die Viertklassler und Platz 5 für die Drittklassler, wobei sie alle anderen europäischen Teilnehmer hinter sich ließen und nur von den Japanern, Koreanern und US-Amerikanern übertroffen wurden. Die größten Stärken der Österreicher lagen dabei im Bereich Biologie/Lebenskunde, während der Bereich Umweltkunde relativ schwächer ausfiel (so wie übrigens auch bei den 13-/14jährigen).

Zur internationalen Reihung der Staaten wurden je eine Fähigkeitsskala für Mathematik und Naturwissenschaft entwickelt, die jedem Schüler aufgrund seiner Testleistung einen Punkt zuerkennt – der Mittelwert aller teilnehmenden Schüler wird dabei auf 500 Punkte normiert (Standardabweichung 100 Punkte). Singapurs Viertklassler liegen nach dieser Fähigkeitsskala mit 625 Punkten in Mathematik an der Spitze, die österreichischen Alterskollegen erzielten mit 559 Punkten im Schnitt 66 Punkte weniger (entspricht 2/3 einer Standardabweichung), waren aber z.B. gleichzeitig um 57 Punkte besser als die Norweger.

Einige interessante Ergebnisse erster Hintergrundanalysen der Daten:

- Wie bereits in früheren Analysen stellte sich heraus, daß weltweit gute Leistungen sehr stark mit elterlicher Unterstützung und dem Vorhandensein gewisser Rahmenbedingungen zuhause (eigener Arbeitsplatz, viele Bücher, eigener Computer etc.) zusammenhängen – letzteres traf allerdings auf Österreich nur in geringerem Maße zu.
- In dieser Altersgruppe wurden insgesamt nur geringe Geschlechtsdifferenzen in der Leistung gefunden, allerdings variiert die Größe der Differenz zwischen Buben und Mädchen erheblich zwischen verschiedenen Ländern: In Singapur und Neuseeland waren die Mädchen die besseren Rechner, wahrend z.B. in den mitteleuropäischen Staaten die Buben etwas besser waren. In Österreich betrug die Differenz zugunsten der Buben zwischen 1,5 und 2,5% richtige Lösungen, wobei wir leicht über dem internationalen Durchschnitt lagen (so wie übrigens schon bei den 13-/14jährigen). Stärken der Buben sind vor allem Fragen aus dem Bereich Physik und Erdkunde, Mädchen punkten eher in Biologie.
- Übrigens gab eine überwältigende Mehrheit der Volksschüler weltweit an, daß sie Rechnen und Sachunterricht gerne mögen – die Zahlen in Österreich: 76% mögen Mathematik gern oder sehr gern, im Sachunterricht sind es sogar 79%, wobei wir damit im internationalen Mittelfeld liegen. Dies widerspricht deutlich der landläufigen Meinung, daß Schüler generell wenig Freude an Mathe hätten. Die größten Mathe-Fans sitzen übrigens im Iran, in Kuwait, Zypern und Griechenland – also ausgerechnet in den Ländern, die in den Vergleichen eher die letzten Plätze einnahmen.
- Eine Erklärung für das gute Abschneiden der österreichischen Schüler im Sachunterricht liegt auch im Ausmaß der Unterrichtsstunden, die dieses Fach bei uns verpflichtend unterrichtet wird, denn das Angebot von durchschnittlich 3 Unterrichtseinheiten pro Woche (und das von der 1. bis zur 4. Klasse) in Österreich ist ebenfalls überdurchschnittlich hoch (ähnlich hoch übrigens wie in Ostasien).

Fortsetzung Seite 13

Univ.Ass. DDr. Günter Haider, geschf. Leiter des Austrian IEA Research Centers, Abt. f. Bildungsforschung (Vorst.: Prof. V. Krumm), Institut für Erziehungswissenschaft, Uni Salzburg, Akademiestraße 26/2, 5020 Salzburg

Lehrplan 1999 – eine Initiative des BMUK

Helmuth Mayr

Kurz nach Inkrafttreten der letzten Lehrplanreform will das Ministerium neue Lehrpläne für die AHS-Unterstufe und für die Hauptschule einführen. Schlagwörter wie Kernstoff und Erweiterungsstoff sorgen für Verwirrung. Mit den folgenden Zeilen soll etwas zur Klärung der Situation beigetragen und der derzeitige Stand des Physik- und Chemie-Teiles des neuen Lehrplanes vorgestellt werden.

Strukturüberlegungen

Am Beginn dieser Initiative des BMUK standen weitreichende Überlegungen, die die gelebten Strukturen von Unterrichtsabläufen zu hinterfragen versuchten, um daraus nötige Schritte für die Weiterentwicklung eines modernen, den pädagogischen Erfordernissen unserer Zeit angepaßten Unterrichts (samt den nötigen Rahmenbedingungen) einzuleiten. Von Anfang an wurde die Zielvorstellung verfolgt, daß mit Beginn des Schuljahres 1997/98 an einigen "Pilotschulen", 34 HS uind 24 AHS, die neu formulierten Lehrpläne ausprobiert und evaluiert werden und die dadurch gewonnenen Erfahrungen in die Letztfassungen der Lehrpläne einfließen sollen. Ab dem Schuljahr 1999/2000 werden die neuen Lehrpläne österreichweit gültig sein.

Die ersten Arbeitsschritte führten zu vorläufigen, noch sehr vage und abstrakt formulierten Ziel-Ideen, die im Forum der Lehrplanautoren intensiv diskutiert wurden. In dieses Forum wurden aus dem AHS- und dem HS-Bereich jeweils vier Vertreter/innen der Unterrichtsgegenstände und einiger übergreifender Anliegen (z.B. "Neue Technologien im Unterricht") nominiert. Ein wichtiges Zwischenprodukt dieser ersten Arbeitsphase war das sg. "Weißbuch", das auch einem größeren Personenkreis zugänglich gemacht wurde und wegen diverser Neuerungen bei manchen Lesern für einige Aufregung sorgte. Jedoch hat sich dieses Weißbuch durch aktuelle Entwicklungen der Lehrplanaktivitäten überholt.

Bildungsziele und Bildungsbereiche

Bekanntlich können Lehrpläne auf Grund unterschiedlichster Bildungsvorstellungen erstellt und praktisch umgesetzt werden, wobei die Zielvorstellungen der Lehrplanverantwortlichen nicht notwendigerweise mit jenen der Lehrplanumsetzenden, also den Lehrpersonen, deckungsgleich sein müssen.

Früheren österreichischen Lehrplänen lag ungefähr folgende Bildungsphilosophie zugrunde: Die einzelnen Unterrichtsgegenstände liefern spezifische Inhalte, Einsichten, Werthaltungen und Verhaltensweisen, die von den Schülern und Schülerinnen bis zum Ende der achten Schulstufe zu einer angestrebten Bildungsebene integriert werden. Allen in der täglichen Unterrichtspraxis stehenden Lehrpersonen ist die Problematik dieser Bildungsphilosophie vertraut.

Der aktuellen Lehrplanerstellung liegt allerdings eine andere Bildungsphilosophie zugrunde, die meines Erachtens einem Paradigmawechsel entspricht:

- Es wurde (auf abstrakter Ebene) gefragt, was 14-jährige Schüler einer österr. Schule können und wissen sollen.
- Dann wurde gefragt, welche Beiträge die einzelnen Unterrichtsgegenstände zu diesen Zielvorgaben zu leisten imstande sind bzw. wie diese beschaffen sein könnten.

Dies führte zum Begriff der "Bildungsbereiche":

- Gesellschaftlich-humaner Bildungsbereich
- Sprachlicher Bildungsbereich
- Natur- und formalwissenschaftlicher Bildungsbereich
- Bildungsbereich Bewegung und Gesundheit
- Kreativ-gestaltender Bildungsbereich

(Die gesetzliche Sonderstellung des Religionsunterrichtes führte zu unklaren Verhältnissen hinsichtlich eines Bildungsbereiches mit religiös-ethischem Schwerpunkt)

Die Bildungsbereiche stellen neue Elemente der Lehrplanarchitektur dar und sind keinesfalls so zu interpretieren, daß ein bestimmter Unterrichtsgegenstand nur einem bestimmten Bildungsbereich zuzuordnen wäre. Vielmehr ist der Begriff Bildungsbereich so zu verstehen, daß *jeder* Unterrichtsgegenstand Beiträge zu *allen* Bildungsbereichen liefert, allerdings naturgemäß in unterschiedlichem Ausmaß. So liefern die Beiträge des Biologie-, Chemie- Mathematik- und Physik-Unterrichtes selbstverständlich Wesentliches zum natur- und formalwissenschaftlichen Bildungsbereich. Andererseits wissen wir Lehrer/innen aus unserer täglichen Praxis, daß natürlich auch diese Fächer Wichtiges zu allen anderen Bildungsbereichen beitragen können und sollen.

Kernbereich und Erweiterungsbereich

Der allgemeine Teil des künftigen Lehrplanes bezieht sich auf das gesamte Unterrichtsgeschehen. In den einzelnen Fachbereichen wird dann zwischen Kernbereich und Erweiterungsbereich unterschieden. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, daß 2/3 der Zeit (mit dem Bezugsrahmen der derzeit gültigen Stundentafeln) dem Kernbereich reserviert sind, in dem die wesentlichen Ziele eines Faches abgedeckt werden sollen, und zwar samt Wiederholungs- und Festigungsphasen, anteilige Leistungsbeurteilung usw. Durch diesen Rückzug auf 2/3 der zur Verfügung stehenden Zeit entsteht ein Freiraum, der Erweiterungsbereich, dessen Gestaltung durch die Schule bzw. die Lehrkraft erfolgt. Für diesen Erweiterungsbereich werden in den einzelnen Fachlehrplänen *keine Vorgaben* gemacht!

Die Fachlehrpläne stehen weiterhin insofern in der Tradition der bisherigen Rahmenlehrpläne, als keine taxativen oder detaillierten Aufzählungen diverser Inhalte enthalten sein dürfen. Vielmehr werden möglichst knapp formulierte Kernanliegen auf einer eher abstrakten Ebene genannt, wobei die Auswahl und die Gewichtung der konkret im Unterrichtsgeschehen durchgenommenen Inhalte der Lehrkraft obliegt.

Leistungsfeststellung – Leistungsbeurteilung

Da die derzeitigen Regelungen der Leistungsfeststellung bzw. -beurteilung für den Physik- und Chemie-Unterricht bereits jetzt schon eine große Bandbreite hinsichtlich der Einbindung

Prof. Mag. H. Mayr, BRG 15 Wien und Institut für Theor. Physik der Universität Wien, ist Mitglied der Lehrplangruppe Physik

von Leistungen bei Schülerversuchen, Projektarbeitsphasen usw. zulassen, wird hier nicht an eine wesentliche Änderung gedacht. Von Seiten des BMUK wurde ausdrücklich betont, daß eine positive Jahresbeurteilung nur dann erfolgen kann, wenn sowohl im Kernbereich als auch im Erweiterungsbereich eine positive Beurteilung vorliegt.

Struktur der Fachlehrpläne

- Didaktische Grundsätze
- Bildungs- und Lehraufgabe
- Lehrstoff

In den *Didaktischen Grundsätzen* werden die zentralen Anliegen aufgelistet. Einer der wesentlichsten Schwerpunkte des Physik- und Chemieunterrichtes ist die Eigentätigkeit der Schüler/innen! In der *Bildungs- und Lehraufgabe* werden die Beiträge sowohl zu "facheigenen Zielen" als auch Beiträge zu anderen Bildungsbereichen angesprochen. Unter dem Begriff *Lehr*stoff werden im Physik- und Chemieunterricht nach wie vor Lern*ziele* verstanden! (Die Bezeichnung Lern"stoff" ist (derzeit?) aus formaljuristischen Gründen notwendig).

Naturwissenschaftliche und formalwissenschaftliche Bildung

Im Mittelpunkt der natur- und formalwissenschaftlichen Bildung stehen Phänomene, Fragen und Problemstellungen aus den Bereichen Mensch und Umwelt, Naturwissenschaften und Technik, Politik und Wirtschaft. Ausgehend von der Erfahrungswelt der Kinder und Jugendlichen und der gesellschaftlichen Relevanz werden Strukturen und Methoden erkannt und erarbeitet. Dabei stehen unter anderem Aspekte des alltäglichen Umgangs mit Lebewesen, Umwelt, Stoffen, Produkten, der Nutzung technischer Einrichtungen und neuer Technologien im Vordergrund. Die Behandlung der Auswirkungen menschlicher Aktivitäten soll zu verantwortungsbewußtem Handeln führen. Der Unterricht strebt Handlungskompetenz und Entscheidungsfähigkeit im individuellen, sozialen und politischen Bereich an und bezieht Wertvorstellungen und ethische Fragen ein. Darüber hinaus besteht für die Unterrichtsgegenstände in unterschiedlichem Ausmaß der Bedarf, durch altersgemäße Abstraktion formale Erkenntnisse zu gewinnen.

Physik

Didaktische Grundsätze

Der Physikunterricht geht von konkreten Beobachtungen, Alltagserfahrungen der Schüler/innen unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten aus. Er soll zu übergeordneten Begriffen und allgemeinen Einsichten führen, die anhand weiterer Beispiele auf konkrete Sachverhalte angewendet werden. Altersgemäße Denkwege und Deutungsversuche der Schüler/innen sind zu berücksichtigen. An geeigneten Inhalten ist den Schülern/innen Gelegenheit zu möglichst selbständigem Suchen, Forschen und Entdecken zu geben. Dies bedingt den Einsatz von Schülerversuchen.

Der Unterricht soll durch entsprechende Lehr- und Sozialformen wie Unterrichtsgespräch, Partner- und Gruppenarbeit sowohl das Erlernen des sicheren Umganges mit Experimentiermaterial als auch das Lernen im sozialen und emotionalen Bereich fördern.

Bei der Formulierung von Gesetzen ist auf qualitative Je-desto-Fassungen besonderer Wert zu legen. An geeigneten Beispielen ist die Leistungsfähigkeit mathematischer Methoden für die Physik zu zeigen. Modellvorstellungen und grundlegende Begriffe sind an allen geeigneten Stellen zur Erklärung von Erscheinungen heranzuziehen. Bei der Gewinnung von Gesetzen ist neben der Verallgemeinerung von Beobachtungen aufgrund von Experimenten gelegentlich auch die gedankliche Herleitung und anschließende experimentelle Überprüfung von Lösungsansätzen (Hypothesen) anzuwenden.
Jedem Erkenntnisgewinn muß eine Phase der Wiederholung, der Übung und des Lösens von Verständnisaufgaben folgen.

Bildungs- und Lehraufgabe

Der Unterrichtsgegenstand Physik bearbeitet, ausgehend von fachspezifischen Aspekten, dessen enge Verflechtung mit anderen Naturwissenschaften, gesellschaftlich-humanen, sprachlichen, kreativ-gestaltenden und gesundheitlichen Bereichen und beschränkt sich keinesfalls nur auf die Darstellung physikalischer Inhalte. Der Unterricht hat daher das Ziel, den Schülern das Modelldenken der Physik (Realität - Modell - Modelleigenschaften - Realität) zu vermitteln. Die dadurch erworbene physikalische Bildung ist mit Elementen anderer ausgewählter Bildungsbereiche zu vernetzen. Dies geschieht durch:

- Anleiten zum bewußten Beobachten physikalischer Vorgänge
- Verstehen und altersgemäßes Anwenden von typischen Denk- und Arbeitsweisen der Physik
- Erkennen von Gültigkeitsgrenzen physikalischer Gesetzmäßigkeiten in alltagsbezogenen Situationen
- Eigenständige und handlungsorientierte Auseinandersetzung mit Problemen aus dem Erfahrungsbereich der Schüler/innen nach Möglichkeit ausgehend von Schülerexperimenten
- Entwickeln von Erklärungsversuchen beziehungsweise Modellvorstellungen und deren Anwendungen bei physikalischen Vorgängen in Natur und Technik

Außerdem hat der Physikunterricht den Schüler/innen die Vielschichtigkeit des Umweltbegriffes in Verbindung mit anderen Unterrichtsgegenständen bewußt zu machen. Dadurch soll eine bessere Orientierung in der Umwelt und entsprechend verantwortungsbewußtes Handeln erreicht werden. Dies geschieht durch:

- Erkennen von Gefahren, die durch die Anwendung naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse verursacht werden und Auseinandersetzung mit problemadäquaten Maßnahmen zu ihrer Minimierung (Unfallverhütung, Strahlen-, Zivilschutz, Verkehrserz., Friedenserziehung ...)
- Einsicht gewinnen in die Bedeutung technischer Entwicklungen auf Gesellschaft und Umwelt
- Einblicke gewinnen in die Berufs- und Arbeitswelt

Der Physikunterricht hat in enger Verflechtung mit anderen Bildungsbereichen zu erfolgen, beispielsweise:

Gesellschaftlich-humaner Bildungsbereich

- Einfluß von Physik und Technik auf gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Entwicklungen
- Kritische Auseinandersetzung mit unwissenschaftlichen bzw. technikfeindlichen Meinungen

- Aufzeigen möglicher Gefahren bei der Umsetzung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen in technische Anwendungen
- Entwickeln persönlicher Wertvorstellungen und der Einsicht zur Mitverantwortung im Umgang mit der Umwelt

Sprachlicher Bildungsbereich

- Hinführen von der Alltagssprache zu einer altersadäquaten Fachsprache
- Schulung eines präzisen Sprachgebrauchs bei Beobachtung, Beschreibung und Protokollierung physikalischer Vorgänge und Planung von Schülerexperimenten

Bildungsbereich Bewegung und Gesundheit

- Biomechanische Grundlagen von Bewegungsvorgängen
- Funktion und wesentliche physikalische Vorgänge beim Gebrauch von Sportgeräten
- Meßtechniken im Sport
- Physikalische Vorgänge in Medizin und Medizintechnik

Kreativ-gestaltender Bereich

- Planung, Durchführung, Auswertung von Experimenten
- Einfluß der Physik auf Ästhetik, Funktion und Design
- Physikalische Aspekte in Musikerziehung, Bildnerischer Erziehung und Werkerziehung

Auf Beiträge österreichischer Wissenschafter, Forscher, Techniker und Erfinder ist besonders einzugehen.

Lehrstoff für die 2. Klasse Physik

Allgemeines

Der Unterstufen-Lehrplan ist aus einzelnen Modulen aufgebaut, deren Abfolge bzw. Gewichtung durch Schwerpunktsetzung vom Lehrer/von der Lehrerin variiert und beliebig kombiniert werden können.

1. Die Physik bestimmt unser Leben

Ausgehend von Interesse und Fragestellungen, die von den Schüler/innen kommen, soll ein motivierender "Streifzug" durch unterschiedlichste Bereiche des belebten und unbelebten Naturgeschehens unternommen werden.

Ziele:
- Motivierung
- Einführung in die für die Physik typische Denkweise
- Unterschiede zwischen physikalischen und nicht-physikalischen Denkvorgängen erkennen.

2. Die Welt, in der wir uns bewegen

Ausgehend von unterschiedlichsten Bewegungsabläufen im Alltag, im Sport, in der Natur und in der Technik sollen die Schüler ein tiefergehenderes Verständnis der Bewegungsmöglichkeiten, der Bewegungsursachen und der Bewegungshemmungen von unbelebten und belebten Körpern ihrer täglichen Erfahrungswelt und auch des eigenen Körpers gewinnen.

Ziel:
- Bewegungsfördernde und bewegungshemmende Vorgänge verstehen und anwenden

3. Alle Körper bestehen aus Teilchen

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schüler/innen intensiver mit dem Teilchenmodell und seinen Auswirkungen auf diverse Körpereigenschaften vertrautgemacht werden.

Ziele:
- Teilchenstruktur aller Körper und wichtige Auswirkungen akzeptieren und verstehen
- Grundlegende Zusammenhänge zwischen dem Teilchenaufbau und grundlegenden Wärmephänomenen verstehen
- Die Ursache des Schwimmens, Schwebens und Sinkens von Körpern im Wasser soll verstanden und angewendet werden können

4. Der Traum vom Fliegen

Ausgehend von Schülererfahrungen sollen die wesentlichsten Vorgänge beim Fliegen nach den Prinzipien "leichter als Luft" und "schwerer als Luft" verständlich gemacht werden.

Ziele:
- Bewegungsmöglichkeiten von Kleinstkörpern, etwa Sporen, Staubkörner oder Regentropfen verstehen
- Eine Ballonfahrt verstehen
- Das "aktive" Fliegen von beispielsweise Vögeln, Schmetterlingen, Flugzeugen auf Grund einfachster Modellvorstellungen verstehen

(Gruppe Physik: Mathuber, Mayr, Wahlmüller, Zirbs)

Chemie

Didaktische Grundsätze

Der Chemieunterricht soll überwiegend von der Erfahrungswelt der Schüler ausgehen. Prinzipiell ist der induktive Weg zum Erkenntnisgewinn anzustreben. Dies bedeutet, das vom Lehrerexperiment und vor allem auch vom Schülerexperiment auszugehen ist. Dabei ist den Schülern Gelegenheit zu möglichst selbständigem Suchen, Forschen und Entdecken zu geben. Unter anderem sollen einfache Modellvorstellungen sowie das Periodensystem der Elemente für Erklärungen herangezogen werden. Bei der Formulierung von Gesetzen ist auf qualitative und Je-desto-Fassungen besonderer Wert zu legen.

Der Unterricht soll auch durch moderne Lehr- und Sozialformen (z.B. Teamarbeit) das Lernen im sozialen und emotionalen Bereich fördern. Darüber hinaus sind auch neue Technologien wie Unterrichtssoftware und elektronische Informationssysteme zu nützen. Bei der Unterrichtsgestaltung ist ein ausgewogenes Verhältnis von exemplarischer Vertiefung (z.B. durch Projektunterricht, Lehrausgänge und Exkursionen) und informierender Darbietung (womöglich unterstützt durch Experimente oder Formen des Medieneinsatzes) anzustreben.

Chemieunterricht ist Sicherheitserziehung im weitesten Sinne. Daher muß hier ganz besonders auf Gefahren, die von Stoffen und Reaktionen ausgehen, hingewiesen werden, ohne zu dramatisieren oder zu verniedlichen. Durch den vorschriftsmäßigen Gebrauch von Sicherheitsausstattung und -hilfen sind die Schüler/innen beim Experimentieren auch aktiv an die Sicherheitsstandards zu gewöhnen. Die Entsorgung ist vor allem wegen der Vorbildfunktion demonstrativ sorgfältig durchzuführen.

Bildungs- und Lehraufgabe

Der Chemieunterricht dient einerseits dazu, die Schüler/innen mit dem Wissen und den Grundfähigkeiten zur Bewältigung stofflicher Alltags-, Freizeit-, Lebens- und Berufsphänomene auszustatten und hat andererseits die Aufgabe, die gesellschaftliche Erziehung im Bereich von Natur und Materie vorzunehmen. Die Aufgabe des Chemieunterrichtes ist es daher, die Schüler/innen, ausgehend von deren Erfahrungsbereich und unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten, zu einem chemisch-naturwissenschaftlichen Denken hinzuführen. Dies geschieht durch:

- Anleitung zum bewußten Beobachten chem. Vorgänge

- Kennenlernen chemischer Prinzipien und Arbeitstechniken auch anhand selbst durchgeführter Experimente
- Schulung des einfachen Modelldenkens unter Einbeziehung vorhandener Schülervorstellungen
- Erfassung der Zusammenhänge zwischen Mikrokosmos und alltäglichem Erfahrungsbereich
- Verstehen der Bedeutung der Chemie für alle Lebensformen und Lebensvorgänge

Der Chemieunterricht hat weiters die Aufgabe, die Schüler/innen in die Lage zu versetzen, die volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung von Chemie und Technik altersgemäß einzuschätzen, sowie auf die Berufs- und Arbeitswelt vorzubereiten. Dies geschieht durch:

- Hinführen zu einem Verständnis der Wechselbeziehung Ökonomie – Ökologie und damit zu umweltbewußtem Handeln sowie zu Energie- und Rohstoffsparen
- Kritische Auseinandersetzung mit Gefahren der Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, sowie mit technikfeindlichen und unwissenschaftlichen Vorurteilen

Ferner soll der Chemieunterricht im Sinne der Persönlichkeitsentwicklung das Bewußtsein für Eigenverantwortung fördern und zu mündigem Freizeit- und Konsumentenverhalten führen. Dies geschieht durch:

- Erziehung zu Team-, Kommunikations- und Solidarfähigkeit sowie zu Genauigkeit, Sorgfalt und Verantwortung
- Förderung der Gesundheitserziehung, des Zivilschutzgedankens sowie des sicherheitsbewußten Handelns

Dem Chemieunterricht fällt außerhalb der sachlichen Ebene auch die Aufgabe zu, ästhetische und emotionale Bezüge zur stofflichen Um- und Mitwelt herzustellen. Dazu sind Querverbindungen zu Physik, Biologie und Umweltkunde sowie zu anderen Bildungsbereichen herzustellen, wobei auch auf die chemisch relevanten Kulturleistungen österr. Forscher einzugehen ist. Unter anderem sollen für die anderen Bildungsbereiche folgende Beiträge geleistet werden:

- Für den Bildungsbereich Sprache die Hervorhebung des Unterschieds zwischen Alltags- und Fachsprache / Symbolsprache sowie die Schulung des präzisen Sprachgebrauchs und Argumentationsverhaltens bei Planung, Beobachtung, Beschreibung und Protokollierung chemischer Vorgänge.
- Für den gesellschaftlich-humanen Bildungsbereich die Bedeutung der Naturwissenschaften für den Lauf der Geschichte und die gesellschaftlichen Bedingungen sowie die Verknüpfung der Begriffe Wirtschaft – Technik – Wertung – Verantwortung – Ethik.
- Für den kreativ-gestaltenden Bereich die Materialkunde und den angemessenen Umgang mit Gefahrstoffen.
- Für den Bildungsbereich Bewegung und Gesundheit die Ernährungs- und Gesundheitserziehung, Aufklärung über Drogen und Doping, die Bedeutung der Hygiene und die Bedeutung der Chemie für den medizinischen Fortschritt.

(Gruppe Chemie: Kerzendorfer, Klaudy, Kriegseisen, Zechmann)

Lehrstoff für die 4. Klasse Chemie

1. Einteilung und Eigenschaften der Stoffe
- Einsicht gewinnen in die verschiedenen Einteilungskriterien für die Materie
- Einsicht gewinnen in die Eigenschaften der Gemenge und Reinstoffe (Elemente und Verbindungen) sowie in deren Vorkommen und Bedeutung
- Kennenlernen von Trennverfahren, deren Anwendung

2. Aufbauprinzipien der Materie
- Vermittlung eines altersgemäßen Teilchen- bzw. Atommodells
- Verstehen des Ordnungsprinzips der Elemente
- Kennenlernen der chemischen Symbol- und Formelsprache
- Erkennen der chemischen Bindung als Ursache für die Vielfalt der Stoffe
- Erwerb des Basiswissens über die Strukturen ausgewählter anorganischer und organischer Stoffe und einfachster Struktur-Wirkungsbeziehungen

3. Grundmuster chemischer Reaktionen
- Qualitative Erfassung des Zusammenhanges zwischen stofflicher und energetischer Veränderung, die durch die Zerlegung und Neubildung von Bindungen bedingt wird
- Verstehen der Kopplung von Oxidation und Reduktion anhand einfacher Beispiele
- Alltagsbezogenes Erkennen der Bedeutung saurer und basischer Lösungen
- Einsicht gewinnen in wichtige Eigenschaften von Säuren, Basen und Salzen
- Verständnis erlangen für typische Reaktionen der wichtigsten funktionellen Gruppen

4. Rohstoffquellen und ihre verantwortungsbewusste Nutzung
- Erkennen von Luft und Wasser als Rohstoffquelle einerseits und schützenswerte Lebensgrundlage andererseits
- Wissen um die wirtschaftliche Bedeutung der wichtigsten anorganischen und organischen Roh- und Altstoffe sowie deren Förderung, Veredelung und Wiederverwertung
- Einsicht gewinnen in die wirtschaftliche Bedeutung der chemischen Industrie
- Prinzipielles Verstehen von Umweltproblemen als Störung natürlicher Systeme
- Erkennen, daß die Beseitigung von Schadstoffen chemische Methoden erfordert
- Erwerb von chemischen Grundkenntnissen in praxisrelevanten Gebieten wie Kleidung, Wohnen, Energieversorgung, Verkehr und neue Technologien

5. Biochemie und Gesundheitserziehung
- Einsicht gewinnen in die für die Lebensvorgänge wichtigen Stoffklassen
- Erziehung zu gesundheitsbewußtem Ernährungs- und Hygieneverhalten
- Erste Hinführung zur Entscheidungsfähigkeit betreffend Genußmittel, Medikamente und Drogen
- Altersgemäße Schulung der Einschätzung von Stoffen in Hinblick auf deren Gefährlichkeit und Erlernen des verantwortungsvollen und sicheren Umgangs mit (Haushalts-) Chemikalien

Bekanntlich bleibt jeder Lehrplan so lange nur ein Stück beschriebenes Papier, bis er von engagierten Lehrpersonen zum Leben erweckt und in anregenden Unterricht umgesetzt wird. In diesem Sinne wünsche ich allen Kolleginnen und Kollegen viel Freude und Erfolg beim Unterrichten!

Michel Hulin – Neudefinierung des Physikunterrichts

Henning Sievers

Das Buch *Le mirage et la nécessité* ist eine postum erschienene Sammlung bisher meist unveröffentlichter Texte von Michel Hulin (1936-1988), einem französischen theoretischen Physiker, der sich neben seiner physikalischen Tätigkeit verstärkt mit administrativen, wissenschaftstheoretischen und didaktischen Problemen und Fragestellungen beschäftigt hat. Dabei handelt es sich teilweise um offizielle Stellungnahmen, Vorträge, aber auch persönliche Vermerke, die in der Zeit von 1970 bis 1988 verfaßt wurden. Entstanden sind diese im Rahmen der Mitwirkung Hulins in der *Commission Lagarrigue* [1] (1971-1976) (S. 37), sowie in seiner Zeit im *Palais de la découverte* [2] (1982-1988). Hulin nimmt darin Stellung zu theoretischen, vielfach didaktischen Aspekten des physikalischen Anfangsunterrichts (vor allem in den Klassen des französischen *lycée*, also etwa unseren Klassen 5-13, sowie im ersten Jahr des Universitätsstudiums) und der Popularisierung naturwissenschaftlichen Gedankengutes.

Überlagert werden die in diesem Rahmen interessanten Aspekte durch politische sowie organisatorische Details, die Hulins konkretes Aufgabengebiet betreffen (etwa die Finanzierung der Renovierung eines Saales des *Palais*, oder die Besetzung einer Arbeitsgruppe der *Commission*). Erschwert wird die Lektüre der Sammlung weiterhin durch die Tatsache, daß sich die zusammengestellten Texte an unterschiedliche Adressaten richten und so Wiederholungen nicht ausbleiben. Ein geplantes Werk *Les lecons de la déconvenue*, dessen Konzept ebenfalls abgedruckt ist, hätte die Argumente und Theorien Hulins ordnen und zusammenfassen sollen. Leider hat er dieses Werk nicht mehr verfassen können, so daß es Aufgabe des Lesers bleibt, die interessanten Aspekte aus der Fülle an Texten herauszufiltern und einen roten Faden selbst zu konstruieren. Im folgenden möchte ich eben dies versuchen.

Das Ausgangsproblem

Hulin konstatiert bereits 1970 ein gravierendes gesellschaftliches Problem: das geringe Interesse an naturwissenschaftlichen und im besonderen physikalischen Fragestellungen. Er belegt diese Tendenz an den Schülerzahlen, die sich für den naturwissenschaftlichen Zweig in Frankreich entschieden. Nur etwa 5% aller Schüler einer Altersgruppe erreichten die Klassen *baccalauréat C/E*, von denen höchstens drei Viertel in das erste Studienjahr eines naturwissenschaftlichen Studiums einsteigen. Die übrigen fast 97%, so Hulin, behielten durch ihr Ausscheiden eine tiefe Abneigung für alles Naturwissenschaftliche (S. 327). Dies sei umso dramatischer, als die Erkenntnisse und Entwicklungen der Forschung und Technik in immer stärkerem Maße das Leben der Menschen beeinflusse. Durch die zunehmende Spezialisierung auf der einen und das ungenügende Verständnis auf der anderen Seite entstünde ein gefährlicher Graben zwischen Wissenschaft und Bürger; gefährlich deshalb, weil die Gemeinschaft der Bürger aufgerufen sei, die Errungenschaften der modernen Technik auf moralischer und ethischer Ebene zu diskutieren und zu beurteilen (S. 141). Hulin nennt etwa die Beispiele Atomkraftwerke und Gentechnik (S. 312).

Die 'Commission Lagarrigue' Probleme des Physikunterrichts

Dieses Problem, das Hulin nicht nur in Frankreich sieht, war in den sechziger und siebziger Jahren sowohl in Frankreich als auch in England und in den USA Anlaß für Schulreformen. Hulin selbst hat in der *Commission Lagarrigue* mitgearbeitet. Im Rahmen dieser Arbeit sind zahlreiche, z.T. kurze, sich inhaltlich oft überschneidende Texte entstanden, in denen sich Hulin zu den Faktoren äußert, die zu einem *naturwissenschaftlichen Analphabetismus* (S. 312) führen und in denen er Vorschläge macht, wie diese zu überwinden seien.

Schwierigkeiten und Lösungsansätze auf formaler Ebene

1. Sehr häufig werde der experimentale Aspekt der Physik völlig aus dem Unterricht herausgelassen. So dienen Schülerexperimente häufig nur der Bestätigung eines Gesetzes und helfen nicht, die physikalischen Vorgehensweisen zu beleuchten (S. 42).
2. Gesetze, deren experimentaler Ursprung oft übergangen werde, werden mathematisch hergeleitet, ohne daß auf begrenzte Gültigkeit hingewiesen werde (S. 42, S. 97ff) und ohne daß die mathematischen Verfahren genügend bekannt seien (S. 144). Dies führe oft zu ungeschickten, wenig hilfreichen Vereinfachungen und Pseudoformalismen, die man den Schülern verständlich machen zu können meint. (S. 161). Tatsächlich verfälschen sie jedoch die Physik und hätten wenig Überzeugungskraft (S. 158).
3. Verstärkt werde diese Tendenz durch ein eventuell unbewußtes Minderwertigkeitsgefühl der Physiker gegenüber einer rein theoretischen Wissenschaft wie der Mathematik, die traditionell als *science noble* (edle Wissenschaft) (S. 76) angesehen werde.
4. Der behandelte Stoff solle deshalb nur so weit formalisiert werden, wie die mathematischen Verfahren bereits erlernt seien (S. 152). Es solle also darauf verzichtet werden, weit gespannte, komplizierte Zusammenhänge auf falschem Niveau theoretisch zeigen zu wollen.
5. Den Schülern solle vielmehr die physikalische Vorgehensweise vermittelt werden, die Hulin so entwirft:
   a) Man erstellt ein Modell eines beobachteten Systems oder eines Phänomens, indem man die Parameter aussondert, die eine besondere Bedeutung haben und versucht, einen ersten mathematischen Zusammenhang zwischen diesen Faktoren zu skizzieren.
   b) Aus diesen Überlegungen heraus werden Aussagen über den Versuchsaufbau gefunden, der entsprechend modifiziert wird.
   c) Je nach den neuen Ergebnissen wird das Modell verworfen oder angenommen und perfektioniert.

Henning Sievers, Institut für Theoretische Kernphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, D-22761 Hamburg
Dieser Artikel erschien auch in den *Physikalischen Blättern*.

6. Das Offenlegen und die Vermittlung dieser Vorgehensweise kann für die Schüler auch in anderen Disziplinen nützlich werden (S. 117). (Dies ist übrigens eine Ansicht, die Hulin in den 80er Jahren wieder verwirft, wenn er proklamiert, man könne Physiker nur innerhalb der Physik sein (S. 156f).)

Inhaltliche Schwierigkeiten und Lösungsansätze

1. Das Bedürfnis der Schüler, die sie umgebende Welt, die Technik, zu verstehen, werde im Rahmen des Physikunterrichts sehr selten befriedigt. Der pädagogische Ansatz, vom Einfachen ausgehend zum Schwierigen zu kommen, erlaube es selten, komplexere technische Anwendungen wie Radio, Fernsehen, Raketen zu behandeln (S. 55). Dies führe zu Enttäuschung und damit zu Ablehnung.
2. Der Physikunterricht müsse sich mehr darauf konzentrieren, die Schüler zu fesseln (S. 45), sich deutlicher von den rein theoretischen Fächern abheben und die Alltagswelt stärker mit einbeziehen (S. 47). (Dieser Ansatz hat übrigens zur Einführung eines Faches *Technologie* geführt, in dem die Schüler mit technischen Anwendungen in Berührung kommen sollen. (S. 54/55, 72ff.))
3. Der Physikunterricht sei extrem ritualisiert und abgeschnitten vom Leben der Labore und den industriellen Anwendungen (S. 133). Oft sei das experimentelle Material bereits didaktisch aufgearbeitet und habe modellhaften Charakter. So bliebe der Zusammenhang zur Realität und der Tätigkeit der Labore sowie zur inneren Struktur der Physik verschlossen (S. 161).
4. Um etwas mehr Praxisnähe zu bekommen, sollten Physiklehrer nicht mehr nur unterrichten, sondern auch in der Industrie arbeiten, um hier praktische Kenntnisse zu erwerben (S. 172).
5. Der Unterricht solle darauf abzielen, gerade bei den Schülern, die später keinen Kontakt mit den Naturwissenschaften mehr haben werden (S. 101), eine Art gesunden Menschenverstand, *bon sens* (S. 54), eine Art Globalverständnis für physikalische Phänomene auszubilden. Ein Teil der schulischen Ausbildung solle also in einer Art Popularisierung der Physik bestehen, die das oft falsche Vorwissen der Schüler korrigiere und ordne (S. 54).
6. Grundlegende Bestandteile eines solchen *bon sens physical* seien:
   a) eine Vorstellung von Größenverhältnissen,
   b) ein qualitatives Verständnis von physikalischen Phänomenen (S. 54),
   c) die sprachliche Fähigkeit, Beobachtungen, Argumente, Überlegungen exakt formulieren zu können,
   d) die fundamentalen Grundkenntnisse der Physik (und deren Vorgehensweise) und der Welt der Technik (S. 122).

Der erste Kontakt mit der Physik solle den Schülern Lust machen, mehr zu erfahren (S. 54). (Konkrete Vorschläge für Lehrpläne S. 58ff.)

Allgemeinpolitische Hindernisse

Ein wesentliches Problem bei der Realisierung all dieser Ideen, hinter denen sicherlich auch der Gedanke steht, nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern auch das Wesen und die Besonderheit der Physik verständlich zu machen (S. 102), ist die gerade in Frankreich straff organisierte Leistungsabfrage. Die von Hulin geforderten Lerninhalte sind in Klausuren bis hin zu Abiturprüfungen weniger gut abprüfbar als etwa der mathematische Umgang mit Formeln (S. 127, S. 148, S. 162, S. 329). Dies führt in der konkreten Unterrichtssituation zu einer raschen Anpassung der neuen Inhalte an die alten Strukturen (S. 162). (Hulin zeigt dies am Beispiel des Faches *Technologie* (S. 77ff)).

Physik als unlehrbare Wissenschaft

War Hulin in den 70er Jahren noch zuversichtlich, daß durch eine grundlegende Veränderung der Konzeption des Physikunterrichts eine weite Verbreitung dieser Wissenschaft möglich sei (S. 42), proklamiert er Anfang der 80er Jahre schonungslos das Scheitern dieser Reform (S. 119ff, S. 147). Seiner Meinung nach waren hiefür nicht etwa äußere Gründe verantwortlich, wie etwa zu geringe finanzielle Mittel [3], mangelnder Einsatz, fehlende Ideen (S. 147); er sieht vielmehr dem Fach immante Eigenschaften als Ursachen für das Scheitern jeder Reform an: Hulin entwickelt die Theorie der Physik als eine auf Schulniveau unlehrbare Wissenschaft (S. 147).

Was macht für Hulin die besondere Schwierigkeit des Faches aus?

1. Eine erste grundsätzliche Schwierigkeit bestehe darin, daß sich die in der Schulphysik behandelten Themen oft mit der Alltagswelt der Schüler decken. Die Behandlung finde jedoch auf einem hohen Abstraktionsgrad in einer idealisierten Welt statt (S. 155f), die das Bedürfnis der Schüler, ihre Umwelt zu verstehen, selten zu befriedigen wisse. Hinzu komme, daß die Schüler bereits unklare, oft falsche Vorstellungen mitbringen, die schwer zu korrigieren seien (S. 140, S. 152). Dies gelte besonders für die in der Physik verwendete Terminologie, die sich oft Begriffen der Alltagssprache bedient, aber andere, klar definierte Phänomene bezeichnet (S. 117, S. 149).
2. Die Physik sei extrem komplex (S. 149) und ein tieferes Verständnis dieser Wissenschaft verlange sehr vielfältige Begabungen (S. 140):
   a) Zum ersten seien die experimentellen Verfahren z.T. sehr kompliziert und ihre Entwicklung und Anwendung verlangen oft weitgehendes technologisches Verständnis (S. 150). Darüber hinaus liefere ein physikalisches Experiment nicht unmittelbar anwendbare Ergebnisse: um ein Experiment erfolgreich durchzuführen, müsse man bereits viel über die Physik wissen (S. 138, S. 154). Daher habe die Physik auch den Ruf, das Fach zu sein, in dem nie ein Versuch funktioniere (S. 154f).
   b) Zweitens bediene die Physik sich mathematisch komplexer Techniken, denn ohne den mathematischen Formalismus sei die Physik nicht vorstellbar (S. 150). Es entstehe für den Anfänger das Problem, daß die benötigten Techniken häufig noch nicht zur Verfügung stehen und so ein vertieftes Verständnis nicht möglich sei (S. 139).
   c) So diene der (oft komplizierte) mathematische Apparat einer sehr abstrakten Konzeptualisierung dieser Wissenschaft (S. 133, S. 149). Die starken inneren Verknüpfungen gehen so weit, daß theoretische Aussagen gemacht werden können, die experimentell noch nicht nachgewiesen sind (S. 150). Diese Verknüpfungen seien keinesfalls trivial: um ein Phänomen einzuordnen, müsse man oft Erkenntnisse aus sehr unterschiedlichen Bereichen zusammentragen (S. 139). So seien die logischen und die linguistischen Analysen sehr schwierig (S. 167).

3. Gerade die extreme Komplexität dieser Wissenschaft mache es schwer, einen kleinen Bereich für den Anfangsunterricht auszuwählen, dessen Verständnis nur geringer Kenntnisse bedürfe und von dem aus man das weitere Wissen aufbauen könne (S. 167).

In unmodern elitärer Weise ruft Hulin Mitte der 80er Jahre als Reaktion auf die gescheiterten Reformen zur Einsicht auf, daß die Physik als komplexe Wissenschaft nicht an die breite Masse der Bevölkerung zu vermitteln sei [4] (S. 167). Dies sei auch nicht weiter schlimm, da der Bedarf an professionellen Physikern sehr gering sei. Er nennt Zahlen einiger Dutzend frei werdender Stellen pro Jahr in Frankreich (S. 313, S. 140, S. 167). Die anderen Lernenden werden entweder später als Ingenieure oder Techniker konkretes Fachwissen brauchen – wobei Hulin in Frage stellt, ob diese bis ins Detail wirklich verstehen müssen, womit sie es zu tun haben (S. 216) – die übrigen werden beruflich etwas ganz anderes tun und naturwissenschaftliches Wissen nur in ihrer Funktion als Bürger in einer technisch geprägten Welt brauchen (S. 329).

Was ist zu tun?

Das Schulsystem, so Hulin, richte sich auch heute noch voll nach den Bedürfnissen der wenigen Schüler, die später professionelle Physiker werden (S. 143, S. 313). Der Anfangsunterricht müsse komplett neu überdacht werden: Die gesteckten Ziele seien unerreichbar, gesellschaftlich nutzlos, wenn nicht gar schädlich (S. 143). Denn die Folge der jetzigen Ausbildung sei eine gesellschaftlich wenig wünschenswerte: die frustrierte Abkehr der breiten Masse von naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Hulin schlägt vor (allerdings ohne selbst die genauen Auswahlkriterien und -verfahren nennen zu können), daß die späteren professionellen Naturwissenschaftler frühzeitig unabhängig von den anderen ausgebildet werden sollen (S. 144, S. 168) ähnlich wie Hochleistungssportler (S. 329). So könne man der großen Mehrzahl Lernender eine angemessene, elementarere naturwissenschaftliche Ausbildung bieten.

Was soll dieser Mehrzahl der Schüler vermittelt werden?

1. Die Fähigkeit, konkrete Informationen aufnehmen und verarbeiten zu können (S. 329).
2. Eine klare Vorstellung von Größenordnungen (S 329).
3. Umgang mit technischen Geräten.
4. Die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Phänomene und Argumentationen angemessen formulieren zu können (S. 329) und den naturwissenschaftlichen Diskurs von Fachleuten verstehen und beurteilen zu können (S. 141f, S. 323).
5. Die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Entwicklungen beurteilen und kritisieren zu können (S. 28).

Hulin schlägt ein neues Unterrichtsfach vor, das er *Protophysik* nennen will, und das eine Art Einführung in die Naturwissenschaften darstellen (S. 213) und ruhig einer Popularisierung ähneln solle. Der neue Name erleichtere es, mit alten Traditionen zu brechen (S. 213).

Die konkrete Umsetzung dieser Ziele konnte Hulin nicht mehr entwerfen. Er setzt sich jedoch in einigen Artikeln von 1982 (S. 201ff) und 1983 (S. 205ff) für die Weiterentwicklung einer Physikdidaktik ein, die damals in Frankreich noch in den Kinderschuhen steckte. Aufgabe sei, eine Physik zu definieren, die sich vermitteln lasse (S. 175). Zu klären bleibe folgendes:

1. Welche Themen sollen auf welcher Altersstufe wie behandelt werden? Von welchen heute noch unterrichteten Themen kann der Physikunterricht *gereinigt* werden (S. 217)?
2. Wie können konkrete naturwissenschaftliche Informationen vermittelt werden, wie kann ein effektiver Kontakt des Physikunterrichts mit der Alltagswelt realisiert werden?
3. Wie sollte die Ausbildung der Lehrer aussehen, wie kann man es ihnen ermöglichen, ihre persönlichen Interessen zu verwirklichen (S. 214)?

Kurz: wie kann man die von Hulin formulierten Ziele verwirklichen? Eine Untersuchung des von den Schülern mitgebrachten Vorwissens wäre hierfür ebenso nützlich wie eine genaue Analyse der sozialen Strukturen der Schüler (S. 202).

Palais de la découverte

Das letzte Drittel der Sammlung *Le mirage et la nécessité* beschäftigt sich mit dem *Palais de la découverte*. Mehrfach beschreibt Hulin für diverse Adressaten den Aufbau, das Konzept, die Probleme des *Palais*. In unserem Zusammenhang ist es sicherlich interessant, daß Hulin fordert, neben den Schulen als klassische Ausbildungstätten, noch andere Institutionen die Rolle der Vermittlung von naturwissenschaftlichem Basiswissen übernehmen zu lassen (S. 331). Der *Palais de la découverte* ist ein Ort der Popularisierung per excellence. Darüber hinaus ermöglicht er den Schulen ihren Schülern Versuche vorzuführen, die im Rahmen der Schulphysik nicht gezeigt werden können. Somit trägt der *Palais* auch zu einer Annäherung des Unterrichts an die Alltagswelt bei.

Schlußbemerkung

Abschließend kann man feststellen, daß die Aussagen Hulins relevant, weitgefächert und aussagekräftig sind. Leider ist die Präsentation in Form einer Textsammlung der Verbreitung und Würdigung der Theorien und Gedanken Hulins eher hinderlich. Die Herausgeberin Nicole Hulin hat in ihrem Bemühen, möglichst jedes geschriebene Wort Hulins zu veröffentlichen, auch Texte von geringerer Tragweite abdrucken lassen. Die häufigen Repetitionen erschweren die Lektüre und werden dem präzisen Denker und Theoretiker wenig gerecht; läßt sich doch das theoretische Konstrukt, das Hulin im Laufe seines Lebens entworfen hat, in relativ knapper Weise präzise zusammenfassen. So wäre es vielmehr eine lohnende Arbeit, auf der Grundlage der vielfältigen Schriften Hulins jenes Werk zu rekonstruieren, das er bereits geplant hatte, um in konzentrierter Form sein didaktisches und wissenschaftstheoretisches Gedankengut zu resümieren: die *Lecons de la déconvenue*.

An dieser Stelle möchte ich Frau Dr. Gerda Bodenseher herzlich danken für den Hinweis auf Hulins Buch und die interessanten Gespräche, die ich mit ihr über diesen Themenkomplex in Hamburg halten konnte.

[1] Eine Kommission zur Reform des Physikunterrichts.
[2] Pariser Museum, in dem die Besucher mit Phänomenen aus Physik, Biologie und Chemie auf elementarem Niveau in Berührung kommen.
[3] Er belegt dies am Beispiel der seinen Ausführungen zufolge ebenfalls gescheiterten Reformen in den USA, die über große Budgets verfügten.
[4] Er zitiert darüber hinaus Henri Le Châteliers, daß der menschliche Intellekt erst ab 16 Jahren reif sei für wissenschaftliche Studien (S.165).

Literatur

Michel Hulin, *Le mirage et la nécessité* (Hrsg. Nicole Hulin), Presses de l'école normale supérieure et Palais de la découverte, Paris 1992.

Mädchen im Physikunterricht

Eine Studie zu einem österreichischen Schulversuch

Helga Stadler

1. Einleitung

Die Relevanz des Fragenkomplexes Frauen und Physik/Technik ergibt sich aus unterschiedlichen Aspekten. Der eine ist jener der Chancengleichheit. Ausgehend von Empfehlungen globaler Institutionen, wie z.B. der UNESCO, wurden und werden in den einzelnen Staaten Maßnahmenpakete zur Gewährleistung der Chancengleichheit für Mächen im Bildungsbereich beschlossen. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf die technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen gerichtet. Ein zweiter Aspekt ist jener der Relevanz von naturwissenschaftlicher Bildung überhaupt. Wenn in der Schule erworbene naturwissenschaftliche Bildung nicht nur der Berufs- und Studienvorbereitung dient, dann muß geschlechtsunabhängig jeder Staatsbürger über die notwendigen Kenntnisse verfügen können, und wenn Studien zeigen, daß Frauen generell in diesem Bereich niedrigere Testleistungen zeigen, müssen die Gründe erforscht werden und Strategien überlegt werden, wie diese Defizite zu beheben sind.

Die folgenden Ausführungen sollen im ersten Teil (Pkt. 2 - 4) einer der Fragestellung entsprechenden Bestandsaufnahme der österreichischen Situation dienen. Der zweite Teil (Pkt. 5 - 7) konzentriert sich auf didaktische Maßnahmen im Physikunterricht und die Beschreibung erster Eindrücke, die ich aus Unterrichtsbeobachtungen und mittels Schülerinterviews aus einer Erstevaluation eines von meinem Kollegen H. Mayr geführten Laborunterrichts in einer sechsten Klasse des BGRG Wien 15 / Schmelz gewonnen habe.

2. Die Präsenz der Frauen in Physik und Technik an Österreichs Schulen und Universitäten

Der österreichischen Hochschulstatistik 1992/93 [1] ist zu entnehmen, daß der Frauenanteil an der Gesamtstudentenanzahl österreichweit 43,1% betrug. An den Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten lag dieser Prozentsatz für das Fach Physik bei 17% (Diplom- und Lehramtsstudien). An den Technischen Universitäten sind nur 15,3% der Studierenden Frauen. Sie konzentrieren sich auf einige wenige Fächer, insbesondere auf Architektur (35,4%), Technische Chemie (29%) und Technische Mathematik (23,7%). Die Elektrotechnik weist einen Frauenanteil von nur 2,6% aus (von den 4218 Studenten/innen des Fachs waren nur 111 Frauen). Zum Vergleich weitere Zahlen: der Frauenanteil in Biologie beträgt 57%, in Chemie 42,3% und in Mathematik 39,3%. Von den Diplomabschlüssen in Mathematik gingen 41,9% an Frauen, in Chemie 31,6%, in Physik nur 21,9%. Der Frauenanteil aller Studenten/innen zusammengenommen hat sich von 33% im Studienjahr 1975/76 auf 43% im Studienjahr 1992/93 erhöht, in Physik im entsprechenden Zeitraum von 12,2% auf 17%.

Diese Situation spiegelt sich auch in der universitären Hierarchie wieder: Unter den ordentlichen Professoren der Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten gibt es keine Frau; von 93 Assistenten/innen waren im Studienjahr 1991/92 8 Frauen. In einem OECD-Bericht wird festgestellt, daß der Anteil der Frauen unter den graduierten Akademiker/innen in den Bereichen Physik und Technik in Österreich außergewöhnlich gering ist [2]. (In diesem Zusammenhang bedeutend ist das seit 1. März 1993 geltende Bundes-Gleichbehandlungsgesetz, das eine Quotenregelung von 40% vorsieht: Dort, wo bei gleicher Qualifikation der sich bewerbenden Personen der Frauenanteil diesen Richtwert noch nicht erreicht hat, ist die Dienstbehörde angehalten, die ausgeschriebene Stelle mit einer Frau zu besetzen.) Die Österreichische Physikalische Gesellschaft hat 1993 einen Arbeitskreis initiiert, der die geringe Präsenz der Frauen in der Physik und die sich daraus ergebenden Fragestellungen zum Thema hat.

Die für den Bereich der Universitäten aufgezeigte Asymmetrie zeigt sich auch im Schulgeschehen. Sie wird dort deutlich, wo das Wahlverhalten von Schüler/innen zum Tragen kommt. Trotz mehr als zwanzig Jahren Koedukation sind in den Höheren Technischen Lehranstalten in den Fachrichtungen Maschinenbau, Elektrotechnik und Nachrichtentechnik weniger als 3% der Schüler/innen weiblich (etwa 30% aller österr. Schüler, die eine Reifeprüfung anstreben, besuchen eine BHS). In den Physikolympiade-Kursen liegt das Verhältnis zwischen Mädchen und Burschen bei 1:8, erst zwei Mädchen schafften seit Existenz dieser Kurse die Teilnahme an der internationalen Olympiade. Eine Erhebung über den Anteil der Mädchen im Wahlpflichtfach Physik wird soeben durchgeführt. Auch in den Lehrberufen entscheiden sich die Mädchen gegen die technisch-gewerblichen Berufe: 75% aller Mädchen entscheiden sich für Friseurin, Verkäuferin oder Büroangestellte.

3. Empirische Untersuchungen

Zur Frage, warum Frauen im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich unterrepräsentiert sind, hat es zahlreiche internationale Studien gegeben. Ich darf hier insbesondere auf die Arbeiten von Frau Lore Hoffmann vom IPN Kiel verweisen, die einen Überblick über die diesbezüglichen Untersuchungen geben [3]. Ich möchte im folgenden kurz auf einige der in Österreich durchgeführten Studien eingehen.

- Zur häufig diskutierten Frage der Koedukation gibt es eine Studie von Helga Jungwirth [4]. Sie untersucht die Herkunft von Studienanfängerinnen und zeigt, daß Studentinnen aus reinen Mädchenschulen überproportional häufig Mathematik, Physik oder Technik studieren. 20,4% der Studienanfängerinnen dieses Bereichs kommen aus reinen Mädchenschulen, während nur 8,5% aller Maturantinnen aus diesen Schulen kommen.
- Gleichfalls von Helga Jungwirth wurde eine Studie zur Lehrer-Schülerinteraktion durchgeführt [5]. Sie bestätigt mit Hilfe sehr genau durchgeführter Unterrichtsanalysen

Der Aufsatz ist (bis auf einige wenige Ergänzungen) im Tagungsband der DPG, Didaktik der Physik, Bad Honnef 1994 erschienen. Die den Hochschul- und Schulstatistiken entnommenen Zahlen- und Prozentanteile haben sich seit Erscheinen des Artikels nur unwesentlich verändert.

für den Mathematikunterricht die internationalen Studien, wonach bei der im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig verwendeten fragend-entwickelnden Unterrichtsmethode Burschen massiv bevorzugt sind.
- An der Universität Innsbruck wurde unter der Leitung von Prof. T. Märk eine Studie zu den studentinnenspezifischen Problemen beim Umgang mit technischen Geräten erstellt [6]. Die Studie zeigt, daß Studentinnen über ein weniger stark ausgeprägtes Selbstbewußtsein und eine zu bescheidene Selbsteinschätzung verfügen, die von den Beurteilenden als Kompetenzmangel interpretiert werden.
- Die Studie "Schülerinnen an Höheren Lehranstalten" [11]

4. Maßnahmen

In Österreich gibt es keine umfassenden Maßnahmenpakete (wie z.B. in GB) und auch keine langfristigen Aktionen (wie z.B. am MIT in den USA, wo es gelungen ist, innerhalb von etwa 20 Jahren den Frauenanteil von 5 % auf 30 % zu erhöhen). Von den vielen österr. Initiativen möchte ich folgende herausgreifen:
- Lehrer/innenfortbildungsveranstaltungen in Verbindung mit Aktionsforschungsprogrammen.
- Der Unterrichtsgegenstand technisches Werken (1. und 2. Klasse) kann seit dem Schuljahr 1993/94 in den Gymnasien auch von Mädchen (statt textilem Werken) gewählt werden.
- "FIT - Frauen in Technikberufen". Dabei handelt es sich um eine von der Arbeiterkammer und zentralen Behördenstellen gestützte Aktion, wobei Schülerinnen an der Technischen Universität Graz die Möglichkeit haben, technische Studien- und Berufsmöglichkeiten kennenzulernen.
- Vom Unterrichtsministerium finanzierte Informationsbroschüren, Tagungen, Workshops etc. Darüber hinaus bietet das BMUK, Abteilung für Mädchen- und Frauenbildung auch die Möglichkeit der Vernetzung der unterschiedlichen Aktivitäten über das World Wide Web unter der Adresse http://www.blackboard.at/fmb/.
- Fraueninitiativen, die sich um einen Zugang von Frauen und Mädchen zu Handwerk und Technik bemühen, wie MATADORA, SUNWORK etc.
- den Verein EFEU, der sich seit vielen Jahren mit Fragen der Aus- und Weiterbildung von Frauen im Zusammenhang mit Technik und Naturwissenschaft beschäftigt und eine Reihe von Initiativen in diesem Zusammenhang gesetzt hat.

Die skizzierten Beispiele sind im Zusammenhang mit den auf der First International Conference on Girls and Science and Technology (GASAT) 1981 entworfenen Richtlinien zu sehen [7]. Diese besagen, daß Maßnahmen langfristig nur dann effektiv sein können, wenn sie auf verschiedenen Ebenen gleichzeitig gesetzt werden: Änderung und Erweiterung des männlichen und weiblichen Rollenverständnisses, Erweiterung und Änderung des Selbstverständnisses der "hard sciences" und ihrer Präsentation nach außen sowie entsprechende Maßnahmen im Bildungsbereich. Auf diesen letzten Teil möchte ich mich im nun folgenden Teil meiner Ausführungen konzentrieren.

5. Didaktische Maßnahmen im Physikunterricht

Wagenschein hat sinngemäß festgestellt, daß Physikunterricht, der Mädchen anspricht, auch die Knaben motiviert, daß dieser Gedankengang allerdings nicht umgekehrt gilt [8]. Vor diesem Hintergrund gesehen sind die gegenwärtigen Entwicklungen im Physikunterricht durchaus Entwicklungen zu einem "mädchenfreundlichen" Unterricht. Die Arbeit in kleinen geschlechtshomogenen Gruppen schafft Lernmöglichkeiten, bei denen Mädchen nicht mit Burschen in Konkuirrenz treten müssen; eigenständiges Experimentieren ermöglicht sinnliche Erfahrungen, stärkt das Selbstvertrauen und ergänzt fehlende häusliche Erfahrungen; die Anbindung an die Alltagserfahrung oder die Darstellung von physikalischen Inhalten in ihrem gesamtkulturellen Kontext entsprechen dem bei Mädchen besonders gut ausgeprägten vernetzten Denken und ermöglichen die Einbindung sozialer und humanitärer Aspekte; produktorientiertes projektartiges Lernen entspricht dem Bedürfnis, etwas "Nützliches" zu tun bzw. auch im Alltag nutzbare Kompetenzen erworben zu haben [3].

Ein zentraler Punkt der Abwendung der Mädchen von Physik und Technik ist in der unterschiedlichen Sozialisation der Mädchen und Knaben zu sehen. Physik und Technik werden in einem schon sehr früh einsetzenden Prozeß als "männlich" identifiziert, was dazu führt, daß sich Mädchen im Verlauf der Entwicklung ihres weiblichen Rollenbewußtseins von diesen Bereichen abwenden. Eine Aufgabe der Schule ist es daher, diese Klischees aufzubrechen, zu zeigen, daß es in der Vergangenheit, aber auch in der Gegenwart durchaus Frauen gibt, die in diesen Bereichen arbeiteten und arbeiten, und daß dies mit ihrer Identität als Frau durchaus vereinbar war bzw. ist.

Die Wichtigkeit dieses Punktes geht auch aus Interviews hervor, die ich mit Schülerinnen geführt habe: "Ich habe gerade ein Buch gelesen über die Marie Curie. Die war toll, die gefällt mir, diese Frau. Es gefällt mir an ihrem Leben, daß sie von klein auf danach gestrebt hat, daß sie studieren will, obwohl das damals unmöglich war. Und überhaupt: Sie hat dann ja auch geheiratet und Kinder gehabt und hat trotzdem noch den Nobelpreis bekommen. Das finde ich super. Wie sie das gemacht hat, das weiß ich noch immer nicht." Eine andere Schülerin: "Wie sie gekämpft hat, daß sie weiterkommt, daß sie forschen kann, daß sie sich als Frau so eingesetzt hat auf dem Gebiet; ich hab mir gedacht, das kann nie eine Frau machen."

6. Problemorientiertes Arbeiten im Schulversuch

6.1. Die Themenstellung

Die Fragestellungen meiner Studie:
1. Welche Bedeutung und welchen Stellenwert hat schulisches Geschehen auf die Motivation der Mädchen, sich mit Physik und Technik auseinanderzusetzen und auf ihre diesbezüglichen Entscheidungsprozesse?
2. Wie lassen sich bereits vorhandene, im obigen Sinne positiv verlaufende Unterrichtsprozesse feststellen und sichtbar machen? Welche der für diese Prozesse notwendigen Rahmenbedingungen sind übertragbar oder wo müssen Veränderungen ansetzen, um Übertragbarkeit zu ermöglichen?

Als Einstieg und zur Konkretisierung der Fragestellungen habe ich eine koedukativ geführte Klasse ausgewählt. Die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse erhielt ich im wesentlichen aus Interviews, die ich mit den Schülern und Schülerinnen dieser Klasse auf der Grundlage von Unterrichtsbeobachtungen und Fragebögen führte.

6.2. Die Rahmenbedingungen

Für die Untersuchung wählte ich die sechste Klasse des BGRG Wien 16/Schmelz. Die Schülerinnen und Schüler dieser

Klasse konnten nach der zweiten Klasse einen Schultyp wählen, der neben der üblichen Stundentafel in Physik und Chemie wöchentlich zwei zusätzliche Laborstunden anbot. Von der Stammklasse nahmen fünf Burschen und sieben Mädchen, dieses Angebot wahr. Diese sehr günstigen Rahmenbedingungen ermöglichten es dem Physiklehrer H. Mayr die im folgenden kurz zu skizzierende Unterrichtsmethode zu entwickeln. (Eine genauere Darstellung dieses Konzepts ist im Tagungsband [9] zu finden).

Die Arbeit in den beiden Laborstunden fand im wesentlichen in Gruppen statt, wobei sich - vom Lehrer nicht gesteuert - immer dieselben Gruppierungen, zwei Burschen- und drei Mädchengruppen, bildeten. Am Beginn eines Abschnitts wurden die Schüler/innen mit einer spezifischen Thematik konfrontiert. Häufig ergab sich das Thema aus der unmittelbaren Arbeit mit den Schüler/innen. Die Themenstellung war immer komplex, fächerübergreifend, häufig mit sozialen Implikationen. Die Schüler/innen erhielten Materialien aus der Literatur und entwickelten, jeweils für die eigene Gruppe, Fragestellungen und Experimente, mit deren Hilfe sie ihre Fragen weiterentwickeln und Lösungen überprüfen konnten. Sie waren diese Art des Arbeitens gewöhnt. In den von mir beobachteten Stunden war das Thema Erdbeben. Die bei der Arbeit auftretenden Fragestellungen führten in der Folge zur Theorie der Schwingungen und Wellen. Von den vier Gruppen bauten zwei einen Seismographen, eine Gruppe untersuchte die Stabilität von Häusern und eine andere die Wirkung von Beben bei unterschiedlichem Untergrund. Der Lehrer war zu Hilfestellungen bereit, in schwierigen Arbeitsphasen oder bei Stillstand half er durch gezielte Fragestellungen.

6.3. Mädchenspezifische Aspekte des Unterrichts

Die beschriebene Unterrichsform ermöglichte u.a.:

1. den Mädchen Defizite, die sie im Verlaufe ihrer geschlechtsspezfischen Sozialisation erworben haben, auszugleichen: sie gewannen Erfahrung in der Handhabung von Geräten (z.B. lernten den Umgang mit einem elektrischen Bohrer), erweiterten ihr räumliches Vorstellungsvermögen (z.B. bei komplizierten Aufbauten mit Stativmaterial).
2. die Beseitigung von Lernbehinderungen, wie sie Mädchen im Normalunterricht erfahren: in geschlechtshomogenen Gruppen hatten sie Gelegenheit, Kompetenzen zu entwikkeln und ihr Selbstbewußtsein zu stärken. Die Ausgangssituation war für Mädchen und Burschen gleich schwierig, die Fragestellungen erlaubten es nicht, sich unter Verwendung von Fachvokabular über Probleme hinwegzuschwindeln. (Die Schülerinnen formulierten zunächst eher in der Alltagssprache, Burschen versuchten sich in der Fachsprache. Der Grund dafür mag vielleicht auch darin liegen, daß die Verwendung der Fachsprache für Mädchen nicht in derselben Weise einen Prestigegewinn innerhalb der peergroup darstellt wie für die Burschen.)
3. Schülerinnen konnten genauso wie die Burschen ihre speziellen Vorerfahrungen einbringen und diese sind jenen der Burschen gleichwertig (z.B. bei der Frage, wie der Schreibstift am Seismographen am günstigsten zu befestigen sei).
4. Alltagsmaterialien, mit denen die Schülerinnen vertraut sind (wie Scheuermittel, Katzenstreu, ein Nudelwalker) erhielten denselben Stellenwert wie das Experimentiermaterial aus der Physiksammlung.
5. Da Schülerinnen die Relevanz von Physik und Technik für ihr zukünftiges Leben nicht in derselben Weise sehen wie ihre männlichen Kollegen, wollen sie verstärkt wissen, wozu sie Physik lernen. Komplexe Fragestellungen erlauben es, das im Physikunterricht erworbene Wissen im Gesamtzusammenhang zu sehen und seine Bedeutung zu erkennen. Insbes. entspricht die Einbindung humanitärer und sozialer Implikationen dem Interesse der Schülerinnen.

Wieder muß betont werden, daß die Polarisation von männlich-weiblich nur bedingt erlaubt ist und die hier genannten Aspekte durchaus auch geeignet sind, Burschen, die sich vom traditionellen Physikunterricht nicht oder wenig angesprochen fühlen, zu motivieren.

6.4. Auszüge aus den Interviews

Die Interviews sollten über die Motivation der Mädchen, sich mit Physik zu beschäftigen, Auskunft geben und die Frage beantworten, inwieweit Physikunterricht dafür von Bedeutung ist. Über die soziale Herkunft der Schülerinnen ist zu sagen, daß sie häufig aus Akademikerfamilien stammen, in denen ein oder beide Elternteile ein naturwissenschaftliches Fach studiert haben. Das Interesse der Schülerinnen für Naturwissenschaften wird positiv bewertet, Gespräche vor allem mit männlichen Bezugspersonen über physikalische Fragestellungen finden relativ häufig statt. Auffallend ist weiterhin, daß die Mädchen im Vorschul- und Volksschulalter zu Hause häufig gebastelt haben und ihnen solche Aktivitäten heute noch Spaß machen. Die genannten Umstände scheinen - wie auch eine Studie über HTL-Schülerinnen belegt - für die Genese von Interesse an naturwissenschaftlichen Zusammenhängen von besonderer Bedeutung [11].

Bei den folgenden Interview-Auszügen möchte ich mich auf zwei Themen beschränken: auf die Beschäftigung der Schülerinnen mit im Physikunterricht auftretenden, schwierigen Problemen (von den Schülerinnen als "Rätsel" bezeichnet) und auf das Experimentieren.

"Spaß macht in der Hauptsache, an etwas herumzurätseln. Weniger die Inhalte, als das Denken rundherum ist interessant." "Denkst Du dann weiter darüber nach?" "Das kommt drauf an, wenn es mich interessiert: ja. Es ist oft ganz schrecklich, wenn ich auf der Straße gehe, denke ich über was nach, was ich in Physik gelernt habe. Ich möchte eigentlich Schluß haben mit der Schule, aber dann kommt es doch immer wieder." Oder eine andere Schülerin: "Schon am Heimweg nach Hause. Man grübelt dann, warum geht das nicht. Zu Hause bin ich dann so abgelenkt, das ist gefährlich für andere Fächer."

Bei den hier angesprochenen "Rätseln" spielt Vorwissen eine relativ geringe Rolle. Ausgangspunkt ist oft eine überraschende Beobachtung, für die die Schülerinnen eine Erklärung suchen. Diese "Rätsel", so zeigt sich in den Interviews, werden über die Schule hinaus zum Gesprächsthema. Schülerinnen können damit ihre "physikalische" Kompetenz auch außerhalb der Schule unter Beweis stellen. Sie ermöglichen es, Phänomenen auf den Grund zu gehen, an einer Frage "dran zu bleiben", sich in eine Fragestellung zu vertiefen.

Experimente werden von den Mädchen und den Burschen in gleicher Weise gerne entworfen und ausgeführt. Im theoretischen Teil des Unterrichts kommen sie häufig auf ihre experimentellen Erfahrungen zurück. Die Theorie erscheint den Schülerinnen erst über das Experiment glaubhaft und begreifbar. Eine in Mathematik sehr gute Schülerin: "In der Theorie komm ich schwer mit, wenn die Kürzel an der Tafel stehen. Wenn ich etwas sehen kann, komm ich eher drauf."

Besonders gerne erinnern sich die Schülerinnen an Experimente, die Spaß machten, wie eine Wasserrakete im Schulhof starten oder Karamel zubereiten, oder an Experimente, wo sie etwas Nützliches produzieren konnten, wie den Bau einer Lochkamera, einer Fußbodenheizung oder einer Solarheizung. (Die Burschen bevorzugten Experimente im Bereich Elektronik/Elektrotechnik.) Das eigenständige Experimentieren stärkt das Selbstvertrauen der Mädchen. Eine Schülerin: "Ich glaube, daß viele Mädchen gar nicht wissen, daß sie Talent für Physik haben. Dies kann man erst erfahren, wenn man Experimente macht und sich damit beschäftigt hat. Ich erinnere mich gern an Erfolge, wenn man aus eigener Kraft etwas errungen hat."

7. Schlußbemerkungen

Bei der genannten Studie handelt es sich um eine Fallstudie, deren Aufgabe es nicht sein kann, Verallgemeinerungen der genannten Fragestellungen vorzunehmen, sondern sie kann vor allem dazu beitragen, die Ausgangsfragen im Hinblick auf weitere Untersuchungen auszuweiten bzw. auszudifferenzieren. Was den beschriebenen Laborunterricht betrifft, kann sie Anlaß zu weiteren Versuchen dieser Art geben. Ihr Ziel wäre auch bereits erreicht, wenn es gelingt, für einen breiteren Personenkreis neben anderen individuellen Unterschieden der Schüler/innen die geschlechtsspezifische Besonderheiten im Physikunterricht wahrnehmbar werden zu lassen und einige Möglichkeiten aufzuzeigen, den damit verbundenen spezifischen Problemen zu begegnen.

Teaching and learning should be organized to take account of individual student differences, and teachers should be educated to understand the origins and implications of gender differences and to develop pedagogical skills to accomodate and modify these as appropriate. [10]

Literatur

[1] *Österreichische Hochschulstatistik, Studienjahr 1992/93.* Wien 1994.

[2] OECD-Bericht, *Review of Higher Education Policy in Austria,* Paris 1993.

[3] Hoffmann, L.: Mädchen und Frauen in der naturwissenschaftlichen Bildung. In: Riquarts, K. et al. (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland*, Bd. IV, Teil 2, Kiel 1992.

[4] Jungwirth, H.: *Wahl einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Studienrichtung und schulische Herkunft bei Frauen.* BMUK, Wien 1992.

[5] Jungwirth, H.: *Mädchen und Buben im Mathematikunterricht. Eine Studie über geschlechtsspezifische Modifikation der Interaktionsstrukturen*. BMUK, Wien 1990.

[6] Seekirchner, M.: *Probleme von Frauen in der Physik, Arbeitsbericht*. Innsbruck 1993. (In Vorbereitung)

[7] Harding, J.; Hildebrand, G.; Klainin, S.: Recent international concerns in gender and science and technology. *Educational review,* Vol. 40, No 2, 1988.

[8] Wagenschein, R.: Der Ruf des Raben. In: *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken I*, Stuttgart 1970.

[9] Mayr, H.: *Der Rollstuhl und die schiefe Ebene - Demonstration eines problemorientierten Physik-Unterrichts.* Hamburg 1994.

[10] Harding, J.: Breaking the Barrier: *girls in science education.* International Institute for Educational Planning., Paris 1992.

[11] Stadler, H.: *Schülerinnen an Höheren Lehranstalten.* Bundesministerium für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten, Wien 1997.

■

Österreichs Volksschüler europäische Spitze ...

Fortsetzung von Seite 2

In den kommenden Monaten werden intensive Analysen der Daten auf internationaler und nationaler Ebene stattfinden, die zu umfangreichen nationalen Reports fuhren werden. Der österreichische Detailbericht ist für 1998 angekündigt.

Beim Vergleich der nun vorliegenden Ergebnisse der Volksschüler mit dem Abschneiden der 13-/14jährigen fällt auf, daß sich in beiden Altersgruppen ähnliche Reihungen ergeben:

- Weltspitze in *Mathematik* sind die Ostasiaten gefolgt von den mitteleuropäischen Staaten (zusammen mit den Niederlanden), 9 der 10 ersten Platze in Mathematik (!) werden ausschließlich von diesen beiden Staatengruppen belegt und zwar sowohl bei der jüngeren als auch bei der älteren Population
- Bei den *naturwissenschaftlichen* Kenntnissen sind die Spitzenplätze in beiden Populationen breiter verteilt: Hier finden sich neben den Ostasiaten und Mitteleuropäern auch die US-Amerikaner, Australier und Engländer im oberen Drittel der Tabelle

Das Interesse der österreichischen Volksschulen, an diesem Test freiwillig teilzunehmen, war nicht allzu hoch: Nur 50% der in jeder Untersuchungsphase zufällig ausgewählten Schulen war bereit, sich dem internationalen Vergleich zu stellen. In der internationalen Reihung des Teilnahmeinteresses an objektiven Leistungsvergleichen nimmt Österreich daher den eher beschämenden drittletzten Rang ein. Dies liegt auch daran, daß unsere Schulen sich bisher kaum ernsthaft mit Qualitätsprüfung beschäftigt haben und auch jegliche Erfahrung mit objektiven Leistungsvergleichen fehlt.

Unterrichtsministerium und Sozialpartner verstehen Bildungsindikatoren wie diese Mathematikleistungen unserer Schüler in TIMSS und ihre weltweite Publikation als wichtige Information an die internationalen Arbeitgeber in einer globalisierten Arbeitswelt. Interessenten am Wirtschaftsstandort Österreich wird damit vermittelt, welche Ausbildungsqualität des Nachwuchses an Arbeitskräften in unserem Land erreicht wird, eine auch in Zukunft nicht unwesentliche Grundlage für Standortentscheidungen vor allem für technologisch orientierte Sparten.

Im kommenden Herbst 97 wird die IEA bekanntgeben, wie die Absolventen der Sekundarstufe II (Maturanten, Fachschüler und Berufsschüler) im internationalen Vergleich abgeschnitten haben. Dazu sind Analysen über die Mathematik- und Physikkenntnisse der österreichischen Maturanten aus unterschiedlichen Schulsparten oder die oft in Zweifel gezogene Allgemeinbildung der Berufsschüler geplant.

Die OECD, die in diesem Bereich mit der IEA in vielfacher Weise kooperiert, plant im Projekt INES (Bildungsindikatoren) für die kommenden Jahre umfassende Leistungsvergleiche im Lesen zwischen den 27 Mitgliedsstaaten. Falls Österreich die noch nicht gesicherte Finanzierung dafür zustandebringt, werden im Schuljahr 2000/2001 umfangreiche Vergleichsuntersuchungen zu den Lesefähigkeiten österr. Schüler stattfinden. ■

100 Jahre Braunsche Röhre

Ein Jubiläum für einen Interfacebaustein

Franz Pichler

Einleitung

Im Jahre 1897 wurde vom späteren Nobelpreisträger Ferdinand Braun in den *Annalen der Physik und Chemie* die grundlegende Arbeit "Über ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme" veröffentlicht, in der die Kathodenstrahlröhre erstmalig zur Aufzeichnung elektrischer Signale an einem fluoreszierenden Bildschirm demonstriert wird. Die Kathodenstrahlröhre hat in der Zwischenzeit die verschiedensten Entwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten erfahren. Während die Radioröhre, wie sie von Robert von Lieben und von Lee De Forest um 1906 erfunden wurde, schon weitgehend verschwunden und durch Transistoren ersetzt ist, hat sich die Bildröhre bis heute als Fernsehbildröhre und als Bildschirm für den Computer erhalten. Dies mag als Anlaß genommen werden, ihre Erfindungs- und Entwicklungsgeschichte zu betrachten und damit ihr 100-jähriges Jubiläum zu begehen.

Ablenkung der Kathodenstrahlen durch einen Magneten

Kathodenstrahlen

Die Kathodenstrahlen wurden 1859 von Plücker entdeckt. Er beobachtete in der Nachbarschaft der Kathode einer weitgehend ausgepumpten Röhre eine grün-gelbe Fluoreszenz der Farbe des Glases. Er stellte fest, daß die leuchtende Stelle ihre Lage änderte, wenn ein Magnet in die Nähe gebracht wurde und er deutete die Strahlen elektrischer Natur. Hittorf, Goldstein und besonders Crookes untersuchten die Kathodenstrahlen weiter und studierten die Leuchterscheinungen, die sie beim Auftreffen auf bestimmte Mineralien erzeugen. Im besonderen wurde auch experimentell erwiesen, daß die Strahlen eine negative Ladung haben, senkrecht zur Kathodenfläche austreten und sich geradlinig ausbreiten. Bereits Goldstein hatte 1876 die Beobachtung gemacht, daß Kathodenstrahlen beim Vorbeigang an einer zweiten Kathode eine Ablenkung erfahren; er nannte dies die "Deflexion der Kathodenstrahlen". Erst 1897 stellten J. J. Thomson und W. Kaufmann und Aschinaß die elektrostatische Ablenkung der Kathodenstrahlen experimentell fest und erforschten sie theoretisch. Im selben Jahr gab Thomson unter der Annahme, daß die Kathodenstrahlen aus Partikeln bestehen, das Verhältnis von Ladung e und Masse m der Partikel mit $e/m = 0{,}77 \cdot 10^7$ an und erkannte schließlich die Kathodenstrahlen als Elektronenstrom. 1897 lagen daher die wesentlichen physikalischen Erkenntnisse über Kathodenstrahlen vor, die es Ferdinand Braun und seinen Mitarbeitern in seinem Labor an der Universität Straßburg erlaubten, ein darauf basierendes Meßverfahren zu entwickeln.

o. Univ.-Prof. Dr. Franz Pichler, Institut für Systemwissenschaften, Abteilung für Systemtheorie und Informationstechnik, Universität Linz

Ferdinand Braun und seine Röhre

Ausschnitt aus der Publikation von F. Braun aus dem Jahre 1897

Im Winter 1896/97 kam im Physikalischen Institut der Universität Straßburg eine große Holzkiste mit der Aufschrift "Vorsicht Glas" und dem Absender "Franz Müller, vorher H. Geissler, Bonn" an. Sie enthielt neben anderen Instrumenten eine etwa 50 cm lange Glasröhre mit einem bauchigen Ende, in dem im Inneren ein mit phosphoreszierender Farbe überzogener Schirm aus Glimmer zu sehen war. Sie war eine auf Bestellung angefertigte Sonderausführung einer Kathodenstrahlröhre und für Professor Braun und seine Mitarbeiter bestimmt. Sie diente zum Aufbau einer Meßanordnung zur Sichtbarmachung der Kurvenform von sinusförmigen Wechselströmen. Die Erfolge waren beeindruckend und Brauns damaliger Assistent Jonathan Zenneck (später einer der bekanntesten Pioniere der Funktechnik) berichtet, daß gleichsam als "Sport" die verschiedensten Messungen und Anwendungsmöglichkeiten damit durchgeführt bzw. ins Auge gefaßt wurden. Die Publikation der Resultate erfolgte am 15. Februar 1897 in den *Annalen der Physik und Chemie*, damals wohl eine der wichtigsten naturwissenschaftlichen Zeitschriften. Natürlich gab es Streitigkeiten bezüglich der Priorität des Konzeptes, sie wurden jedoch alle zugunsten von Braun beigelegt.

Entwicklung der Braunschen Röhre

Die ursprüngliche Kathodenstrahlröhre von Braun hatte eine kalte Kathode und eine Lochblende zur Fokussierung des Strahles. Ihre Steuerung erfolgte mit magnetischen Ablenkspulen. Im einfachsten Fall wurde ein Spulenpaar zur amplituden-abhängigen Ablenkung und ein rotierender Spiegel zur

Sichtbarmachung der Zeitachse benutzt. Für Phasenmessungen mit Lissajousfiguren wurden zwei orthogonal angeordnete Spulenpaare verwendet. Eine wesentliche Verbesserung brachte die Entwicklung der geheizten Kathode durch Wehnelt. Damit konnte mit wesentlich geringeren Anodenspannungen der Betrieb durchgeführt werden. Der von Wehnelt zugleich vorgeschlagene, negativ vorgespannte, die Kathode umschließende Zylinder, bewirkte zusätzlich eine Konzentration des Strahles. Weiters kann mittels dieses "Wehnelt-Zylinders" eine Helligkeitssteuerung erreicht werden. Während für Hochspannungsmessungen die magnetische Ablenkung angezeigt ist, wird für Niederspannungsmessungen die leistungslose elektrostatische Steuerung mittels Ablenkplatten bevorzugt.

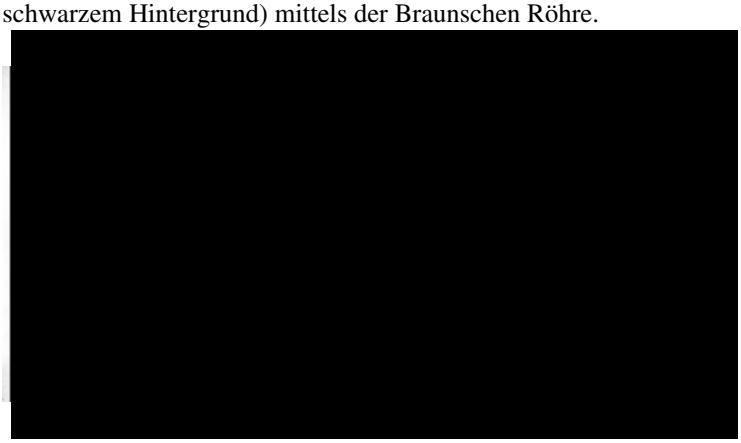
Die erste Braunsche Röhre, die zu größerem technischen Einsatz führte wurde von Johnson um 1924 für Western Electric entwickelt. Es handelte sich um eine Niedervoltröhre mit zwei Paaren von Ablenkplatten und einem Fluoreszenzschirm, der bereits direkt auf den gewölbten Glaskolben aufgebracht ist. Alle Elektroden haben bereits eine Drahtzuführung über einen Glasquetschfuß und einen Stecksockel. Diese Konstruktion wurde im wesentlichen bei den Oszillographenröhren bis zum heutigen Tag beibehalten.

Weitere Röhrenausführungen, denen eine ähnliche Konstruktion wie die Western Electric Röhre zugrunde gelegt wurde, stammen von AEG und der englischen Firma Cossor. Manfred von Ardenne ordnete den Wehneltzylinders um die Kathode an, wodurch das Ionenbombardement auf sie verringert wird und dadurch höhere Anodenspannungen (bis 2000 Volt) ermöglicht werden. Bei diesen "Hochvoltröhren" konnte die Lichtausbeute gegenüber Niedervoltröhren auf das 50-fache gesteigert werden. Die Firma Leybolds Nachf. AG übernahm die Produktion und den Vertrieb dieser verbesserten Braunschen Röhren. Im wesentlichen werden sie in dieser Form bis heute in Kathodenstrahl-Oszillographen verwendet.

Die Braunsche Röhre für den Fernsehempfang

Schon sehr früh kam der Gedanke auf, die Braunsche Röhre nicht nur zur Anzeige von zeitveränderlichen Signalen sondern auch als Bildschreiber zu verwenden. Von Dieckmann und Glage, beide im Straßburger Labor von Professor Braun beschäftigt, stammt das Patent "Verfahren zur Übertragung von Schriftzeichen und Strichzeichnungen unter Benutzung der Kathodenstrahlröhre" vom 12. September 1906. In ihrer im März 1909 erfolgten Publikation "Fernübertragung hoher Mannigfaltigkeit" wurde erstmalig ein Verfahren zur Bildübertragung unter Verwendung einer Braunschen Röhre im Empfänger (die Bildzerlegung im Sendeteil war durch eine Art Nipkowscheibe elektromechanisch realisiert) beschreiben. Im Deutschen Museum in München ist ein dazugehöriges Modell ausgestellt.

Vom Russen Boris Ivovitch Rosing (1869-1933), Professor in St. Petersburg, stammt das Deutsche Reichspatent "Elektrisches Teleskop" aus 1907, in dem auch die Braunsche Röhre als Bildschreiber auf der Empfangsseite eingesetzt wird. Im Mai 1911 führte Rosing vor einer Reihe namhafter Gelehrter sein System vor und erhielt ein klares Bild (weiße Streifen auf schwarzem Hintergrund) mittels der Braunschen Röhre.



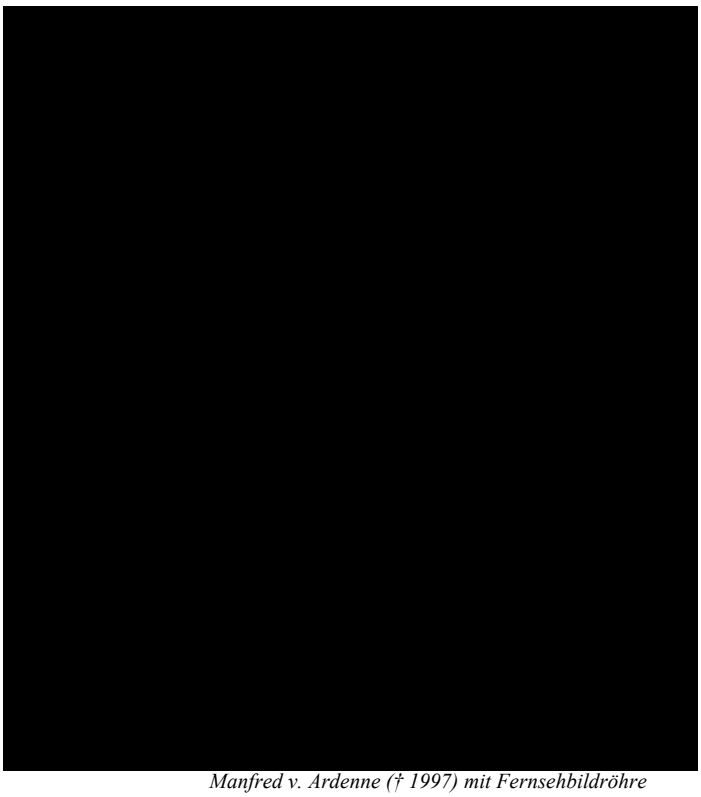
von Rosing (1907)

Die weitere Entwicklung der Fernsehtechnik zeigte den Vorteil der elektronischen Systeme für Bildaufnahme und Bildwiedergabe gegenüber den elektromechanischen, wie sie z. B. von Baird oder Karolus vorlagen. Für die Wiedergabe von bewegten Bildern bot dafür die Braunsche Röhre, wie sie z.B. in den Ausführungsformen von Zworykin und Manfred von Ardenne vorlagen, die beste Technologie.

Aber auch bei Telefunken (Karolus) und beim Reichspostzentralamt wurde in den Jahren 1926-1931 die Verwendbarkeit der Braunschen Röhre für den Fernsehempfang erforscht. Manfred von Ardenne konnte im Dezember 1930 eine vollelektronische Bildübertragung, wobei eine Braunsche Röhre im Sendeteil zur Bildabtastung eingesetzt wurde, vorführen.

Anwendung der Braunschen Röhre zur Bildabtastung nach M. v. Ardenne (1930)

Die von Zworykin erfundene Ladungsspeicher–Bildabtaströhre, das Ikonoskop (1933, US-Patent von 1925), setzte sich aber später als elektronische Lösung für den Sendeteil durch. Ab 1931 gibt es in Deutschland eine Produktion von Fernsehapparaten und die Bildröhre in Form der Braunschen Röhre wird von verschiedenen Firmen serienmäßig hergestellt. Die weitere Entwicklung führte von den Allglas-Rundröhren zu den Bildröhren mit rechteckigem Kolben (1939) und schließlich zu den heutigen Bildröhren für schwarz/weiß und für Farben mit großer Bildfläche und kurzer Tiefe.



Manfred v. Ardenne († 1997) mit Fernsehbildröhre

Die Braunsche Röhre für Computer

Die Braunsche Röhre hat neben ihrer Anwendung in jedem Fernseher auch im Computer bis heute gewissermaßen ein Monopol zur Bildwiedergabe. Während beim Fernsehen bis heute eine Bilddarstellung mit Analogwerten den Vorzug hat, ist bei Computern die digitale Darstellung gegeben. Jeder Bildpunkt wird dabei durch ein binäres Codewort in Helligkeit und Farbkomponenten dargestellt.

Elektronenkanone einer Fernsehbildröhre

Während es bis in 70-iger Jahre hauptsächlich Zentralrechner gab und die Braunsche Röhre vor allem in den daran angeschlossenen Terminals eingesetzt wurde, gibt es heute bei jedem PC einen Monitor mit Braunscher Röhre. Sie ist somit an jedem Computerarbeitsplatz aber auch z.B. bei Bankomaten das "Interface" zwischen Mensch und Maschine.

In der Frühzeit der Entwicklung des (elektronischen) Computers wurde jedoch die Braunsche Röhre verschiedentlich auch zur Konstruktion von Rechenschaltungen vorgeschlagen. Von Maximilian Mathias stammt das Dt. Reichspatent von 1938, in dem die Braunsche Röhre als Dezimalzähler eingesetzt wird. Walter Hündorf reichte 1939 ein Patent mit dem Titel "Elektrische Rechenzelle" ein, in dem die Braunsche Röhre zur Realisierung verschiedener Rechenschaltungen und somit zum Aufbau einer elektronischen Rechenanlage vorgeschlagen wird.

Die Entwicklung spezieller, mit gewöhnlichen Elektronenröhren realisierbarer, digitaler Rechenwerke hat schließlich die Umsetzung solcher Patente verhindert und die ersten elektronischen Rechner (Computer) wurden mit Elektronenröhren als Schaltelemente gebaut (ENIAC, USA 1946).

Schluß

Es ist in der Technik und besonders in der Informationstechnik nicht selbstverständlich, daß ein Baustein über den Zeitraum von 100 Jahren sich in seiner prinzipiellen physikalischen Funktionsweise erhält. Für die Braunsche Röhre trifft dies zu. Die grundsätzliche Idee von Ferdinand Braun mittels Elektronenstrahls durch magnetische oder elektrostatische Ablenkung ein Bild auf einem fluoreszierenden Schirm zu schreiben, hat sich bis heute erhalten. Natürlich ist die Entwicklung bei der Anordnung von Braun nicht stehengeblieben und die "Braunsche Röhre" hat sich bis zu den heutigen Formen von Bildröhren, wie sie in Fernsehapparaten oder bei Computern Verwendung finden, entwickelt. Neben dem Telefon (Bell 1876) bildet die Braunsche Röhre die wichtigste Schnittstelle für den mpfang von Information mittels elektrischer Signale.

erdinand Braun - Kurzbiographie

eboren am 6. Juni 1850 in Fulda, Deutschland

tudium der Physik in Marburg und Berlin

874-1877 Gymnasiallehrer in Leipzig, anschließend Professor für Physik in Marburg, Straßburg und Tübingen.

Ab 1895 Direktor des Physikalischen Instituts in Straßburg (Nachfolger von Kohlrausch)

Ende 1914 Reise nach USA im Auftrag von Telefunken zur Klärung von Patentstreitigkeiten

Wegen 1. Weltkrieg keine Rückkehrmöglichkeit nach Deutschland, gestorben in New York (Brooklyn) am 20. April 1918.

Wichtige Forschungsergebnisse für die Funktechnik:

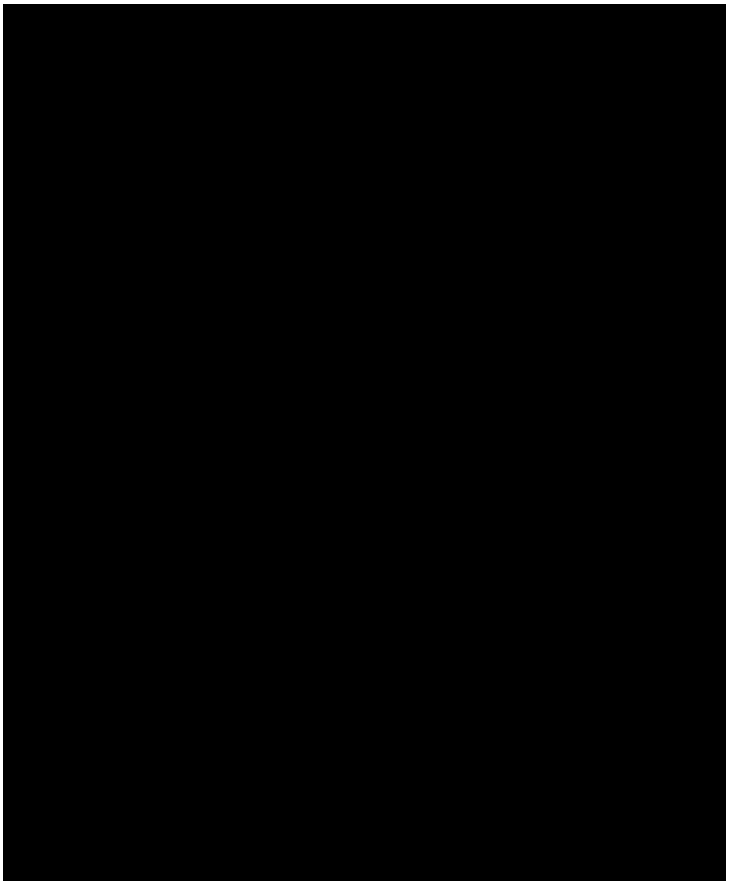
Braunsche Röhre (1897)

Abstimmung von Sender und Empfänger in der drahtlosen Telegraphie (1901)

Kristalldetektor (1901)

Rahmenantenne (1902)

Nobelpreis für Physik 1909 (zusammen mit G. Marconi)



Literatur

Kathodenstrahlen

J. Plücker: "Über die Einwirkung des Magneten auf die elektrische Entladung in verdünnten Gasen", *Annalen der Physik und Chemie* Bd. 103 (1857), S. 88-106

G.C. Schmidt: *Die Kathodenstrahlen,* Vieweg, Braunschweig 1904

J.J. Thomson: *Elektrizitäts-Durchgang in Gasen* (dt. Ausgabe), Teubner, Leipzig 1906

Ferdinand Braun und seine Röhre

F. Braun: "Über ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme", *Annalen der Physik und Chemie* (3) 60, S. 552-559

F. Kuylo und Ch. Susskind: *Ferdinand Braun,* The MIT Press, 1981, S. 89-100

Entwicklung der Braunschen Röhre

M.v.Ardenne: *Die Kathodenstrahlröhre und ihre Anwendung in der Schwachstromtechnik*, Springer, Berlin 1933

Die Braunsche Röhre für den Fernsehempfang

F. Schröter: *Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens,* Springer, Verlin 1932, S. 63-79

M. Knoll: "Die Kathodenstrahlröhre in der Fernsehtechnik", in: F. Schröter (Hrsg.), *Fernsehen*, Springer, Berlin 1937, S. 113-140

W. Bruch: *Die Fernseh-Story*, Telekosmos Verlag, Stuttgart 1969

E. Kriz: "Das Fernsehen – Entwicklung und derzeitiger Stand", *Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien*, 1960/61, S. 111-147

H.A.G. Hazeu: *Fifty Years of Electronic Components* 1921-1971, N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven 1971, Section C. Cathode Ray Tubes

Die Braunsche Röhre für Computer

W. de Beauclair: *Rechnen mit Maschinen, Eine Bildgeschichte der Rechentechnik*, Vieweg, Braunschweig 1968

Naturwissenschaftliche Sommerwoche am Deutschen Museum in München

Am besten werden die bescheidenen Anfänge der Wissenschaft uns deren einfaches ... Wesen enthüllen. (E. Mach)

Vom 14. bis 18. Juli 1997 trafen sich in München am Kerschensteiner Kolleg im Deutschen Museum 26 Physikerinnen und Physiker zu einer naturwissenschaftlichen Sommerwoche. Das Seminar wurde vom PI Oberösterreich als Bundesseminar angeboten (Seminarorganisation: Mag. Engelbert Stütz). Wegen des großen Interesses soll es von 13. bis 17. Juli 1998 (erste Ferienwoche Westösterreich) wiederholt werden. **Die Ausschreibung der "Naturwissenschaftlichen Sommerwoche am Deutschen Museum 1998" wird gemeinsam mit den übrigen Sommerseminaren voraussichtlich zu Jahresende 1997 erfolgen.**

Das Seminarprogramm zielt auf die Umsetzbarkeit im Unterricht. Den Seminarteilnehmern wird fundierte Information geboten, sie sollen auch in einem der bedeutendsten naturwissenschaftlich-technischen Museen der Welt frei arbeiten können.

Programmschwerpunkte waren:
"Geschichtliche Entwicklung der Elektrizitätslehre von 1700 - 1831 als Beispiel für historisch-genetisches Lernen" (Prof. Dr. Teichmann), "Physik an Fahrzeugen" (Dipl. Ing. Straßl), "Einfache physikalische Versuche zu Geschichte und Gegenwart - Eigenexperimente der Teilnehmer nach Anleitung" (Prof. Dr. Teichmann), "Energietechnik" (Dr. Hlatky)

Einige Rückmeldungen von Seminarteilnehmern machen deutlich, was für sie wichtig war: "Die dargebotenen Inhalte können leicht im Unterricht umgesetzt werden. Die Organisation des Seminars erlaubte Niveau, Tiefe und Inhalt der Studien selbst zu wählen.", "... Der geschichtliche Aspekt in der Elektrizitätslehre hat viele Zusammenhänge klarer gemacht.", "... vielfältige und ausgezeichnete Führungen, viel Zeit für Eigenstudien, ... sehr gute Vorbereitung durch den Seminarleiter", "... vielfältige Gestaltung und abwechslungsreiche Folge von vorgegebenen Veranstaltungen und freier Betätigung".
Die Seminare des Kerschensteiner-Kollegs kurz charkterisiert:

- Durch Fachkräfte des Hauses werden die historischen und modernen Objekte und Experimente der Ausstellungsabteilungen vorgeführt. Die Teilnehmer überprüfen sie einzeln oder gemeinsam mit differenzierter Aufgabenstellung auf ihre didaktische Verwendbarkeit im Unterricht...
- Die Erfahrungen aus Sammlung und Bibliothek können durch historische und moderne Eigenexperimente in einem Mehrzweckstudienlabor ergänzt werden. Damit wird die Ausstellungsmethode, durch die sich das Deutsche Museum einen Namen erworben hat, auch in die Kursarbeit eingebracht: Jeder Teilnehmer soll durch seine Eigentätigkeit Zusammenhänge im ursprünglichen Sinn des Wortes 'begreifen'...

Mag. Engelbert Stütz, BRG Linz Hamerlingstr. 18

Ein Besuch im Science-Zentrum – Ersatz oder Ergänzung des Physikunterrichts?

Michael Kiupel

In Science-Zentren ist immer wieder zu beobachten, wie sich Menschen jeden Alters mit Freude und intensiv physikalischen Fragestellungen widmen. Untersuchungen zum Physikunterricht zeigen ein anderes Bild [1]. Beispielhaft sei auf die Veröffentlichungen von Dengler [2] hingewiesen. Er stellt u.a. fest, daß sich das Fach Physik auf dem vorletzten Platz der "Beliebtheitskala" der Fächer in der Oberstufe des Gymnasiums befindet. Haben Science-Zentren ein Erfolgsrezept? Wo liegen Möglichkeiten und Grenzen der Science-Zentren in Bezug auf die Vermittlung physikalischer Inhalte? Kann Physikunterricht an die Erfahrungen dieser außerschulischen Felder anknüpfen?

Ein Blick in die Geschichte

Im Jahre 1968 eröffnete der Physiker Frank Oppenheimer in San Francisco das EXPLORATORIUM, das weltweit erste Science-Zentrum. Er entwickelte damit die bereits vorhandenen Ideen anderer physikalisch-technischer Museen konsequent weiter, die schon einfache, von Besuchern und Besucherinnen manipulierbare Exponate bzw. Experimente [3] in ihre Sammlungen aufgenommen hatten, wie sie heute noch als sog. Knopfdruckexperimente in der Physik-Abteilung des Deutschen Museums zu finden sind. Erste Gedanken, öffentliche Experimentiersäle zu schaffen, finden sich schon bei dem englischen Philosophen Francis Bacon, der in seinem Roman *New Atlantis* das *Haus des Salomon* beschreibt, dessen Schilderung sehr an moderne Science-Zentren erinnert. In Berlin öffnete im Juni 1889 die URANIA ihre Pforten. Neben einer Volkssternwarte gab es dort ein physikalisches Theater und den ersten physikalischen Experimentiersaal der Welt, in dem der Entdecker der Kanalstrahlen, Eugen Goldstein, Experimente entwickelte, die mit einem Druckknopf ausgelöst wurden. Zeugnisse belegen, daß beispielsweise Max von der Laue, Manfred von Ardenne und Wernher von Braun die URANIA kannten und schätzten [4].

Eine zweite Wurzel der Science Zentren kann in den Arbeiten von Hugo Kükelhaus gesehen werden, der als Handwerker und Philosoph auf die Bedeutung der Sinneswahrnehmungen hinwies. Für ihn ist die Nicht-Inanspruchnahme von Kräften und Fähigkeiten Ursache für Erschöpfung und Mißbehagen: "Man stelle sich vor, eine schnurgerade, ebene, hellerleuchtete, völlig hindernisfreie Betonbahn gehen zu müssen. Daß man nach 4 oder 5 km solcher eintöniger Lauferei ermattet sein wird, leuchtet ohne weiteres ein. Es leuchtet aber auch ein, daß es einem ganz anders erginge, wenn man die gleiche Strecke durch den Wald gehen würde. Dort ist der Weg nicht schnurgerade, sondern gewunden. Es geht auf und ab: über Stock und Stein. Da sind schlüpfrige Stellen. Das Licht ist dämmrig ... Ergebnis des Waldgangs: man ist erfrischt, fühlt sich wie neugeboren." [5] Veränderte, immer monotonere Umweltbedingungen und eine zunehmende Nicht-Inanspruchnahme menschlicher Sinne veranlaßten ihn schon früh, Bereiche neuer Erfahrungen zu fordern. Dort soll die Auseinandersetzung der Sinne mit Neuem möglich werden. So entwickelte er für den deutschen Pavillon auf der Weltausstellung 1967 in Montreal Stationen zur Schulung der Sinne. Im Jahre 1975 gestaltete er ein Erfahrungsfeld unter dem Namen EXEMPLA. Er wirkte bei der Entwicklung der PHÄNOMENA mit, einem Erfahrungsfeld, welches 1984 in Zürich, 1985 in Rotterdam und 1989 in Bietigheim bei Stuttgart aufgebaut wurde.

Der "Tastpfad": Wenn man allein auf den Tastsinn angewiesen ist...

Die Erfolge des EXPLORATORIUMS, die sich zunächst in hohen Besucherzahlen ausdrückten, führten zur Gründung einer Reihe weiterer Science-Zentren in den USA, in Großbritannien, in den skandinavischen Ländern und in Indien. In Deutschland entstand nach einer 5-jährigen Aufbau- und Erprobungsphase aus der Universität Flensburg heraus das erste deutsche Science-Zentrum – die PHÄNOMENTA, die zwischenzeitlich die Gründung weiterer Zentren gleichen Namens in Lüdenscheid und Bremerhaven angeregt hat. Im MUSEUM FÜR VERKEHR UND TECHNIK in Berlin (heute: DEUTSCHES TECHNIKMUSEUM) wurde mit der Eröffnung im Jahre 1983 eine Abteilung mit 40 interaktiven Exponaten eingerichtet. Das "Versuchsfeld" firmiert inzwischen unter dem Namen SPEKTRUM und ist in einem eigenen Gebäude untergebracht.

Experimente – die Exponate eines Science-Zentrums

Einige typische Exponate aus der PHÄNOMENTA in Flensburg sollen deutlich werden lassen, daß in einem solchen Feld nicht nur vergrößerte Schulversuche aufgebaut werden. Vielmehr finden Besucher und Besucherinnen eine Vielzahl verschiedener Exponate, die verschiedenste Phänomene aus Natur und Technik unmittelbar erfahrbar machen. Sie fügen sich zu einem typischen Gesamtbild der

Dr. Michael Kiupel, Inst. f. Physik und ihre Didaktik,
Bildungswissenschaftliche Hochschule Flensburg, Mürwiker Str. 77,
D-24943 Flensburg

Ausstellung zusammen. Fiesser stellte eine Liste von Kategorien zusammen, wie die Exponate in der Phänomenta eingeordnet werden können [6].

Einen Bereich bilden Stationen, die als Schule der Sinne, als Exponate zur Förderung von Wahrnehmungsmöglichkeiten oder durchaus als Experimente im Sinne von Kükelhaus verstanden werden können, wie z.B. der "Tastpfad"

Der "Tastpfad"

In einem unten offenen Holzquader – daher für Besucher nicht sichtbar – befinden sich verschiedene Gegenstände, die sich in ihrer Oberflächenbeschaffenheit stark unterscheiden: eine Bürste, eine Holzkugel, ein Korkstück, ein Glas usw. Besucher ertasten die nicht sichtbaren Gegenstände mit der Hand. Der Aufbau zeigt, wie erstaunlich empfindlich der Tastsinn auf verschiedene Oberflächen reagiert. Erst durch die Verhinderung des Blickkontakts wird man sich dessen bewußt.

Andere Exponate bilden weitere Schwerpunkte, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

Das "Wellenbecken"

Ein quaderförmiges Glasgefäß mit den Maßen 1,5 m x 40 cm x 8 cm ist etwa zur Hälfte mit blau gefärbtem Wasser und zur anderen Hälfte mit Petroleum gefüllt. Mit einem Griff kann das Bekken um etwa 10° gekippt werden. Ein eingebauter Stoßdämpfer verhindert zu schnelle Bewegungen. An der Grenzfläche können langsam ablaufende Wellenerscheinungen beobachtet werden.

Obwohl beim Wellenbecken der ästhetische Reiz stark im Vordergrund steht, lassen sich beispielsweise auch Versuche zu stehenden Wellen durchführen.

Das Exponat **"Hörkurve"** gehört in eine Gruppe von Exponaten, die ein quantifizieren des eigenen Körpers und der Sinneswahrnehmung erlauben:

Zwei Lautsprecher sind in einer Höhe von etwa 1,30 m im Abstand von etwa einem Meter aufgestellt. Über verschiedene Schieberegler kann die Lautstärke von einzelnen Tönen verschiedener Frequenz (20-20000 Hz) so eingestellt werden, daß sie gerade noch wahrnehmbar sind. Die Lautsprecher sind einzeln abschaltbar. Nach Abschluß des Experiments bilden die Knöpfe der Schieberegler eine Kurve, die die Empfindlichkeit des untersuchten Ohres für verschiedene Frequenzen widerspiegelt.

Exponat "Hörkurve": Nach der Durchführung des Experiments zeigt die Stellung der Schieberegler recht genau das Hörvermögen über den gesamten Frequenzbereich.

Der **"Mitdrehende Kopf"** ist Beispiel für die Gruppe von Exponaten, die Täuschungsmöglichkeiten der Wahrnehmung thematisieren:

In einem Rahmen ist eine räumliche Negativkopie eines Kopfes angebracht. Diese Darstellung hat zur Folge, daß die Augen der Maske den Besucher/die Besucherin in jeder Richtung anzusehen scheinen.

Das **"Große Klick-Klack"** ist typisch für eine Gruppe von Stationen, an denen es Besuchern selbst überlassen bleibt, in welcher Weise sie weiterexperimentieren. So kann es im Rahmen der durch den Aufbau gegebenen Möglichkeiten zu einer intensiven Beschäftigung mit dem physikalischen Phänomen kommen.

In einem ca. zwei Meter hohen Gestell befinden sich sieben Stahlkugeln, die an ca. 1,2 Meter langen Seilen bifilar aufgehängt sind. Wird eine der Kugeln, deren Masse etwa 250 g beträgt, ausgelenkt und losgelassen, so trifft sie die verbleibenden 6 Kugeln, von denen die letzte durch den Stoß ausgelenkt wird. Es können auch 2 oder mehr Kugeln angehoben und losgelassen werden, um das Verhalten der anderen Kugeln zu beobachten.

Beobachtung der Impulserhaltung am "Großen Klick-Klack"

Die **"Große Feder"** gehört in die gleiche Gruppe. Versuchsweise wurde ein mit diesem Exponat gekoppelter Computer aufgestellt, so daß kontextabhängig Hilfen und Informationen zur Verfügung gestellt werden können.

Eine Feder aus ca. 5 mm dickem Federstahldraht mit etwa 200 Windungen ist auf ca. 8 Meter gedehnt und an jeder zweiten Windung aufgehängt. An einem Ende ist die Feder am Stahlrohrgestell fixiert. Am anderen Ende ist sie an einem Hebel befestigt, mit dem die Feder zu transversale oder longitudinale Wellen abgeregt werden kann. Durch den robusten Aufbau ist es möglich, den Aufbau vollständig zugänglich zu gestalten. Bei entsprechender Anregung lassen sich Ausbreitung, Reflexion und Interferenz von Wellen beobachten und verschiedene stehende Wellen erzeugen.

Einzelne Exponate wird man in fast allen Science-Zentren wiederfinden – andere sind eher typisch für den Ansatz, der in der PHÄNOMENTA verfolgt wird. Auch die äußere Gestaltung ist i.allg. in den verschiedenen Feldern unterschiedlich: von hochglanzpolierten Metallflächen über schlichtgrau lackierte Flächen (wie in der PHÄNOMENTA) bis hin zu einfachen, rohen Holzflächen reichen die verwendeten Oberflächen. Entsprechendes gilt für die Anordnung der Exponate. Vielfach sind sie in großen Hallen (z.B. in ehemaligen Fabrikhallen) untergebracht. Die PHÄNOMENTA in Flensburg befindet sich in einem alten Kaufmannshof, der in Bereiche sehr unterschiedlicher Atmosphäre gegliedert ist.

Besucherverhalten

Im Rahmen der Forschungsarbeiten in der PHÄNOMENTA wurde versucht, das Besucherverhalten zu analysieren. Es

Eine stehende Welle auf der "Großen Feder"

zeigte sich, daß die folgenden typischen Handlungsweisen auf-traten und beobachtet werden konnten:

- *Lesen:* Bezieht sich auf den Text der Hinweistafel. Die Fragestellung am Exponat wird wahrgenommen.
- *Verstehen:* Der Besucher entnimmt der Tafel den Sinn; er weiß, welche Handlung von dem Erbauer der Exponate beabsichtigt worden ist.
- *Fragen:* Die ersten Handlungsschritte werden nicht der Texttafel entnommen, es werden in der Nähe stehende Personen befragt.
- *In Betrieb nehmen:* Der Besucher/die Besucherin beginnt mit einer tätigen Auseinandersetzung. Es wird aufgebaut, zusammengesetzt, angestoßen usw.
- *Begreifen:* Die Person läßt erkennen, daß sie die Erscheinung, das Phänomen, entdeckt hat und sie als Information aufnimmt.
- *Experimentieren:* Aufgrund des Verständnisses – und häufig durch Staunen bedingt – werden Parameter verändert. Die Person vollzieht das Experiment einige Male mit Variationen und tritt in die unmittelbare Auseinandersetzung mit der durch den Aufbau bedingten Darstellung von Naturphänomenen.
- *Spielen:* Die Person geht ziellos vor, sie gewinnt dem Exponat andere, spielerische Momente ab.

Beobachtet wurden Besucher und Besucherinnen an ausgewählten Exponaten.

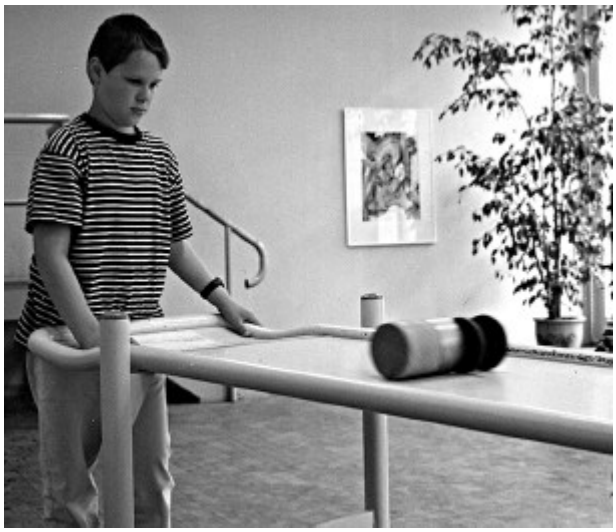
- 40% der 365 beobachteten Besucher zeigten etwa folgendes Verhalten: *lesen – verstehen – in Betrieb nehmen – begreifen – experimentieren*.
- 14% der beobachteten Besucher nahmen das Exponat in Betrieb, ohne zuvor zu lesen oder zu fragen und konnten trotzdem den Kategorien begreifen und experimentieren zugeordnet werden. Dieses Verhalten zeigten insbesondere Grundschüler.
- 13% der Besucher verstanden die Texte nicht, kamen so nicht zum erfolgreichen Experimentieren und nutzten das Exponat zum Spielen.

Damit zeigt sich, daß sich etwa die Hälfte der Besucher an einem Exponat so verhält, wie es von den Entwicklern erwartet wird.

Das Verhalten einzelner Besucher und Besucherinnen im gesamten Feld wurde in der PHÄNOMENTA nicht in der Breite unter-sucht wie das Verhalten an einzelnen Exponaten. Aussagen lassen sich eher aus täglichen Beobachtungen ableiten. Diamond [7] beobachtete das Verhalten von Familien im Exploratorium und in der Lawrence Hall of Science. Als durchschnittliche Besuchszeit registrierte sie 124 Minuten. In dieser Zeit gab es im Mittel 62 Kontakte zu verschiedenen Exponaten. Die Kontaktzeiten betrugen in 57% der Fälle deutlich weniger als eine Minute, an 18% der Exponate betrug die Kontaktzeit mehr als 3 Minuten. Häufig vertiefte sich eine Person in ein Experiment, so daß es zu Kontaktzeiten bis zu 43 Minuten kam. Die beobachteten Gruppen gingen keineswegs zielgerichtet vor. Sie schlenderten eher umher und ließen sich von einzelnen, ihrer Meinung nach attraktiven Exponaten, einfangen. Es scheint so zu sein, daß sich der Besucher für ein Exponat entscheidet und daß dieses und nur dieses während eines Besuchs für ihn lernwirksam werden kann. Dies stimmt mit den Beobachtungen in der PHÄNOMENTA überein.

Lernen im Science-Zentrum

H. Treinen, der zusammen mit B. Graf eine umfassende Untersuchung zum Verhalten der Besucher im technischen Museum vorlegt, formuliert zur Frage des Lernens im Museum: "Folgende Bedingungen, die erfolgreiches Lernen in Bildungseinrichtungen herkömmlicher Art auszeichnen, werden meist nicht mitgedacht: eindeutige Lernziele, Aufgeschlossenheit der Teilnehmer diesen Zielen gegenüber, eigene, auf diese Lernziele ausgerichtete Aktivitäten der Teilnehmer, die Möglichkeit der Rückkopplung zwischen



Das "Rollenrennen" – ein Experiment zum Trägheitsmoment

Teilnehmern, Vermittlern und den dazugehörigen Symbolen, ein durch die Situation geschaffener direkter oder indirekter (wenn auch leichter) Lerndruck sowie eine der Lernsituation entsprechend didaktisch aufbereitete sachlogische Exponatstruktur" [8] Gewöhnlich fehlen diese Voraussetzungen in Museen und Ausstellungen schon aus strukturellen Gründen. Insofern sieht Treinen, "daß trotz aller Unterschiede Museen Eigenheiten von Massenmedien aufweisen" [9]. Allerdings bezieht er sich dabei im wesentlichen auf eine Schausammlung, die "Inhalte an ein heterogenes Auditorium (Publikum)" ausstrahlt [10]. Werden die oben genannten Kriterien vor dem Hintergrund eines Science-Zentrums analysiert, so scheinen eine Reihe von ihnen unter der Voraussetzung zuzutreffen, daß sich ein Besucher von einem bestimmten Exponat "einfangen" läßt: Lernziele, "Lerndruck", Aktivitäten ergeben sich aus dem Wunsch, das

Phänomen verstehen zu wollen. Damit wird Lernen im Museum bzw. Lernen im Science-Zentrum allerdings nicht mit dem Lernen in anderen Bildungseinrichtungen, insbesondere mit dem Lernen in der Schule, vergleichbar; wesentliches Unterscheidungskriterium ist die freie Entscheidung des Besuchers oder der Besucherin, sich intensiv mit einer selbstgewählten Fragestellung auseinanderzusetzen.

Nachdenken über das "Drei-Zeiten-Pendel": Ist es möglich, die verschieden langen Pendel mit gleicher Schwingungsdauer schwingen zu lassen?

Lernprozesse lassen sich beschreiben, wenn die Klasse der Besucher an einem Exponat betrachtet wird, die dieses Phänomen zu ihrem eigenen Problem werden ließen.

In einer Langzeitstudie untersuchte J. Stevenson die Wirkungen eines Besuchs im Launch Pad, dem interaktiv gestalteten Science-Zentrum im Londoner Science Museum. Er befragte die Besucher u.a. ca. 6 Monate nach ihrem Besuch im Science-Zentrum. Dabei gliederte er die Ergebnisse in die drei Kategorien *descriptions*, *feelings* und *thoughts*. Er stellte fest, daß 60% der Befragten die Situation (Experiment und eigene Aktion) beschreiben konnten, daß sich 14% der Besucher an die Gefühle im Zusammenhang mit dem Exponat erinnerten (z. B: "It was quite amazing watching it shoot up into the air" [11]) und daß 26% der Besucher sich an Erklärungen oder Bezüge zu Bekanntem erinnerten (z.B.: "It was like one of those bubble lamps, wasn't it, where the bubbles go enlongated and strange shapes" [12]). Insgesamt zeigt sich – auch in anderen Untersuchungen (z.B. von M. Junge in der PHÄNOMENTA [13]), daß die Erlebnisse im Zusammenhang mit solchen interaktiven Stationen auch nach sehr langer Zeit noch erinnert werden können und daß das dort erworbene Wissen in eindrucksvoller Weise zur Verfügung steht.

Betont sei an dieser Stelle noch einmal, daß Lernen in der unmittelbaren Auseinandersetzung mit dem Exponat stattfindet. Es stehen i.a. keine weiteren Informationsmöglichkeiten zur Verfügung, oder es sind keine erforderlich. Der Besucher ist allein auf sein Vorwissen und auf die Ergebnisse des Experimentierens angewiesen. Als zusätzliche Information ist allenfalls eine sehr kurze Anleitung erforderlich, die, wie beispielsweise in der PHÄNOMENTA, in Form einer auf das Phänomen zielenden Frage formuliert sein kann. Durch diese wird die Intention des Entwicklers des Exponats an die Besucher weitergegeben.

Unabhängig von der Suche nach einer Erklärung kann sich ein Phänomen als Schlüsselphänomen darstellen, welches in anderem Zusammenhang erinnert wird und so eine Klassifizierung verschiedener Beobachtungen ermöglicht. Auffällig oft verwenden beispielsweise Studierende der Flensburger Universität in Seminaren Bezüge zu PHÄNOMENTA-Exponaten als Erklärung für physikalische Zusammenhänge.

Physiklernen im Science-Zentrum unterscheidet sich also wesentlich vom Lernen in der Schule. Lernen findet in diesem außerschulischen Bereich auf einer eher vor-formalen Ebene statt: Unmittelbare Wahrnehmung, die durch spürbare Kräfte, beobachtbare Zeiten und große Strecken gefördert wird, kann die Basis für späteres (formales) Lernen bilden. Durch die Möglichkeit der Veränderung verschiedener Parameter am Experiment wird es dem Besucher oder der Besucherin möglich, selbst eine angemessene Erklärung des Phänomens zu finden und Abhängigkeiten zu erkennen. Die Stärkung des Vertrauens, sich auf naturwissenschaftlich-technische Fragestellungen einlassen zu können, muß als wichtiges Ziel solcher außerschulischer Felder angesehen werden. Dazu ist eine gewisse Vielfalt an Exponaten erforderlich: Menschen widmen sich besonders den Phänomenen, die ihren Vorerfahrungen und ihrem Vorwissen entsprechen, die aber andererseits so neu sind, daß ein Weiterfragen lohnt – eine Situation, wie sie in einem Klassenraum kaum denkbar ist.

Immer wieder beeindruckend: Der "Bernoulli-Ball"

Allein durch den Umgang mit dem Exponat, d.h. ohne weitere Informationen durch Texttafeln, durch andere Besucher oder durch Mitarbeiter des Science-Zentrums, findet Lernen in verschiedenen Formen statt. Feher beschreibt vier Stufen: *Experiencing, exploring, explaining und expanding* [14]. Die erste Stufe (*experiencing*) ist zu beschreiben als ein Etwas-Ungewöhnliches-erleben. Es werden eher sensitive und emotionelle Fähigkeiten angesprochen. Eine Auseinandersetzung mit dem Phänomen (an dieser Stelle verwendet Feher den Begriff *aesthetic curiosity*) findet kaum statt. In der zweiten Stufe (*exploring*) werden Manipulationen vorgenommen. Es wird ein handelnder Umgang und eine handelnde Auseinandersetzung mit dem Phänomen beobachtet. In der dritten Stufe (*explaining*) findet eine geistige Auseinander-setzung mit dem Phänomen statt. Diese Stufe setzt nach Feher voraus, daß der Verlauf des Experiments anders ist, als der erwartete Verlauf. Je nach den Vorerfahrungen und dem Vorwissen des Experimentierenden kommt es durch diesen kognitiven Konflikt entweder zu einer Einordnung in bereits vorhandene Strukturen (Assimilation), oder

es kommt zu einer Ausbildung einer neuen kognitiven Struktur (Akkommodation). In der vierten Stufe (expanding) kommt es zu einer Generalisation, in der andere, ähnliche Exponate mit einbezogen werden. "One exhibit by itself cannot carry the whole conceptual message. Multiple exhibits on one topic are necessary to extend the user's world view" [15].

Bei allem Bemühen, das kognitive Lernen im Science-Zentrum zu hinterfragen und weiterzuführen, dürfen affektive Aspekte keinesfalls vergessen werden. Schüleräußerungen wie "I learned that science can be fun" oder "I learned that science is more exciting when you are doing it yourself" [16] erscheinen ebenso wichtig wie die Frage, welche kognitiven Lernfortschritte nachweisbar sind.

Spiegelbild – Bilder im Spiegel

... und im Physikunterricht

Kann ein Besuch im Science-Zentrum sechs Jahre Physikunterricht ersetzen? Sicher nicht. Aber vielleicht kann er Grundlagen für einen erfolgreicheren Unterricht bereitstellen, sei es durch die unmittelbaren Erfahrungen, die zu einem vor-formalen Verständnis führen können, durch ein zurückgewonnenes Selbstvertrauen in Bezug auf naturwissenschaftlich-technische Probleme oder (nur?) durch die Erfahrung, daß die Beschäftigung mit solchen Fragestellungen Freude bereiten kann.

Vieles von dem, was in diesem Artikel vielleicht zwischen den Zeilen als das Erfolgsrezept der Science-Zentren herauszulesen war, ist in der Pädagogik seit langem bekannt. So formuliert bereits J. Locke (1632-1704): "Nichts dringt bis zu unserem Verstand vor, was nicht zuvor von unseren Sinnen wahrgenommen worden ist." Comenius (1592-1670) schreibt: "Nicht der Schatten der Dinge, sondern die Dinge selbst, welche auf die Sinne und die Einbildungskraft Eindruck machen, sind der Jugend nahezubringen. Mit realer Anschauung, nicht mit verbaler Beschreibung der Dinge muß der Unterricht beginnen. Aus solcher Anschauung entwickelt sich sicheres Wissen." [17]. Erinnert sei auch an Pestalozzi, für den die Anschauung das absolute Fundament allen Erkennens war.

Vielleicht kann ein Erinnern an diese Forderungen auch den Physikunterricht ein Stück weit aus der Krise herausführen.

Anmerkungen und Literatur

[1] Vgl. Daumenlang, K.: *Physikalische Konzepte junger Erwachsener*. Erlangen-Nürnberg, 1969 und Born, G./Euler, M.: "Physik in der Schule". In: *Bild der Wissenschaft*, 1978, Nr. 2, S. 74-81

[2] Dengler, R.: "Einstellung zur Physik". In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 6. Jg., Nr. 3, S. 25-29

[3] Nach wie vor herrscht Unklarheit über die treffende Bezeichnung für die Exponate von Science-Zentren. Vorgeschlagen wird u. a. Exhibit, Experiment, interaktives Exponat, Phänomentum, Plore, Station.

[4] Vgl. Lührs, O.: "Von der Urania zum SPECTRUM". In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 7. Jg. Nr. 4, S. 10-13

[5] Kükelhaus, H. und zur Lippe, R.: *Entfaltung der Sinne*. Frankfurt/M., 1982

[6] Die ausführlichen Ergebnisse sind in Fiesser, L.: Anstiften zum Denken – die PHÄNOMENTA (Flensburg 1990) veröffentlicht.

[7] Diamond, J.: "The Behavior of Family Groups in Science Museums". In: *Curator*, Vol. 29 (1986), Nr. 2, S. 139-154

[8] Graf, B. und Treinen, H.: *Besucher im technischen Museum*. Berlin, 1983. S. 125

[9] ebd. S. 126

[10] ebd. S. 129

[11] Stevenson, J.: "The long-term impact of interactive exhibits". In: *International Journal of Science Education*, Vol 13 (1991), Nr. 5, S. 529

[12] ebd.

[13] M. Junge untersuchte den Einfluß von Phänomenta-Experimenten auf schulisches Lernen. Dabei befragte er Schüler und Schülerinnen nach ca. 4 Monaten über die Experimente, die über einen Zeitraum von 14 Tagen in der Schule aufgestellt waren. Er stellte fest, daß sich sehr viele Schüler und Schülerinnen an die Experimente und deren Details erinnerten und daß sie in der Lage waren, die zu der Zeit gemachten Erfahrungen und gelernten Zusammenhänge wiederzugeben.

[14] Feher, E.: "Interactive museum exhibits as tools for learning: explorations with light". In: *International Journal of Science Education*, Vol. 12 (1990), Nr. 1, S. 35-49

[15] ebd., S. 47

[16] Tuckey, C.J.: "Schoolchildrens' Reactions to an Interactive Science Center". In: *Curator*, Vol. 35 (1992), Nr. 1, S. 36

[17] zit. nach Schöler, W.: *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Berlin 1970, S. 23

Low-Cost–High-Tech – Moderne Freihandversuche für den Physikunterricht

Claudia Backes, Bodo Eckert, Hans Jörg Jodl,
Klaus Kunz, Susanne Scheffler, Werner Stetzenbach, Karin Weiss

Motivation

In den letzten Jahren haben viele neue Materialien und technische Geräte (z.B. CD, Handy, Fernbedienung) in den Alltag Einzug gehalten und werden von Schülerinnen und Schülern benützt. Demgegenüber besteht ein Defizit an experimentell-methodischer Aufbereitung betreffend eines möglichst breiten Einsatzs derartiger neuer Materialien und Geräte im Unterricht und einer möglichst einfachen und kostengünstigen Realisierung. Das Ziel dieses Artikels ist es, Experimente aus dem Bereich High-Tech, die sich als Low-Cost-Experimente durchführen lassen, exemplarisch vorzustellen.

Die Geschichte der Freihandversuche geht zurück bis in die Antike. Seit damals waren Freihandversuche eher als Zaubertricks bekannt, bei denen es weniger um die Physik als vielmehr um Unterhaltung und Verblüffung ging. Im 19. Jh. zog die klassische Form des Freihandversuchs in den Schulunterricht ein. Seitdem wird der klassische Freihandversuch definiert als ein Versuch, der mit Gegenständen des täglichen Gebrauchs oder mit Vorrichtungen, die leicht selbst herzustellen sind, durchgeführt werden kann [1].

Zum Thema Freihandversuche und zur Behandlung von Alltagsgegenständen im Rahmen des Physikunterrichts, wie etwa Spielzeug, existieren etwa 40 Bücher, die zum Teil als Sammlung von Experimenten angelegt sind. Von diesen Werken sind zur Zeit nur noch etwa 15 im Handel (z.B. [2-13], eine komplette Liste ist über uns erhältlich). Viele Anregungen zu Experimenten finden sich darüber hinaus in deutsch- und englischsprachigen fachdidaktischen Zeitschriften, allerdings unsystematisch und verstreut. Unsere Hauptkritik an einem Großteil dieser Versuche ist, daß sie nicht funktionieren, daß eine Versuchsskizze fehlt, daß sie rein qualitativ sind, und daß extreme Spezialfälle anstatt grundlegender Phänomene behandelt werden. Insgesamt läßt sich feststellen, daß eine Aufbereitung sowohl der "alten", historischen Freihandversuche, als auch neuer Versuche im Bereich moderner Materialien und Geräte des Alltags für den heutigen Unterricht fehlt.

Der Physikunterricht in der Schule nimmt in der Beliebtheitsskala von Schülern und Schülerinnen einen der letzten Plätze ein [14-17]. Erfahrungsgemäß werden folgende Gründe dafür genannt:

- "zerrechnete" Physik,
- fehlender Alltagsbezug,
- zu wenige Experimente (vor allem Schülerversuche) und zu viel "Kreide"-Physik.

Claudia Backes, Bodo Eckert, Hans Jörg Jodl, Klaus Kunz,
Susanne Scheffler, Werner Stetzenbach, Karin Weiss,
Fachbereich Physik, Universität Kaiserslautern,
Erwin Schrödinger Straße, D-67663 Kaiserslautern
http://www.physik.uni-kl.de/w_jodl/lc-ht.html
Dieser Artikel erscheint auch in *Praxis der Naturwissenschaften Physik*.

Unser Beitrag zur Verbesserung des Physikunterrichtes

Unsere Ansatzpunkte sind daher:

- Berücksichtigung des Alltagsbezugs und des Erfahrungsbereichs von Schülern und Schülerinnen,
- möglichst breiter methodischer Einsatzbereich,
- Einsatz möglichst einfacher Mittel (z. B. aus dem Haushalt oder der Schulsammlung).

Diese Überlegungen resultieren:

- in der Aufbereitung und Weiterentwicklung bestehender "alter" Freihandversuche und
- in der Neuentwicklung von High Tech-Versuchen, wobei neue Materialien (z. B. Teflon, Klettverschluß, Goretex) und moderne Geräte aus dem Alltag (z. B. elektrische Zahnbürste, CD, Handy) Verwendung finden, die einfach und kostengünstig zu beschaffen sind.

Daher halten wir eine Erweiterung des traditionellen Begriffs des Freihandversuchs auf die im folgenden exemplarisch vorgestellten Low-Cost–High-Tech-Experimente für sinnvoll, nicht zuletzt, weil sich die Rolle der Freihandversuche neben den nach wie vor wichtigen Funktionen der Motivation, Veranschaulichung, Elementarisierung, usw. in den letzten Jahren drastisch verändert hat. Z.B.: Ergänzt der reale schräge Wurf eines Luftballons die Simulation der idealisierten Bahnkurve am Rechner, indem er direkt zur Diskussion des Einflusses der Luftreibung führt.

Beispiele

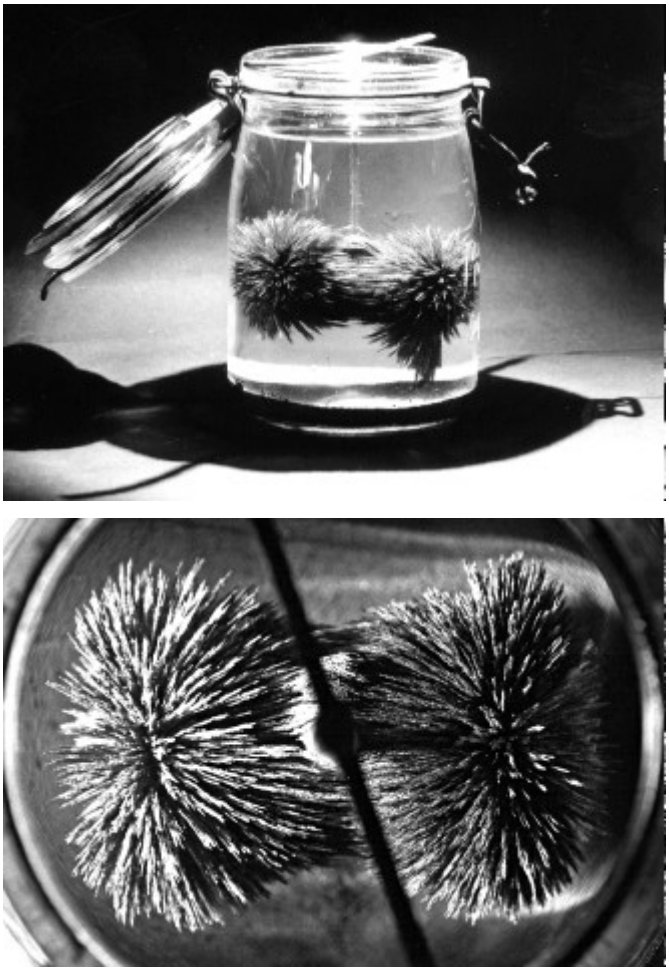
Im folgenden sollen vier Beispiele von aufbereiteten beziehungsweise neu entwickelten Low-Cost–High-Tech-Experimenten vorgestellt werden. Die Beschreibungen sind nach einem Standardschema aufgebaut. In einer Kopfzeile finden sich Informationen zum Einsatzbereich, zum theoretischen und praktischen Anforderungsniveau und zur erforderlichen Vorbereitungs- und Durchführungszeit.

Exemplarisch sollen damit vier Bereiche von Freihandversuchen abgedeckt werden:

1. Traditionelle Freihandversuche: Dreidimensionales Magnetfeld
2. Neue Materialien: Kontaktlinsen / Adhäsionskräfte
3. Neue Techniken: Airbag
4. Mischung aus traditionellen und neuen Materialien und neuen Techniken: Compact Disk als Spektrometer

1. Das dreidimensionale Magnetfeld

Klassenstufe	S I / S II
Oberthemen	Magnetismus
Unterthemen	Ferromagnetismus, Feldlinien
Anforderungsniveau	●
Durchführungsniveau	■
Vorlauf Vorbereitung Durchführung	kein 5 min 15 min



Ein dreidimensionales Magnetfeld wird mit Hilfe von Eisenfeilspänen sichtbar gemacht.

Materialien

- ein dicht verschließbares Gurken- oder Einmachglas
- ein Stabmagnet, Länge etwa Radius des Glases
- Paraffinöl, ungefähr 1 Liter ≈ Volumen des Gefäßes
- ein Bleistift und ein Bindfaden
- reine Eisenspäne, ca 250 g (die Späne können bei jeder Lehrmittelfirma bestellt werden.)

Durchführung

Zunächst füllt man in das Glas Eisenspäne, so daß der Boden etwa 0,5 cm hoch bedeckt ist. Es dürfen nicht zuviele Eisenspäne verwendet werden, sonst sind später die Feldlinien nicht mehr feingliedrig zu erkennen. Anschließend füllt man Paraffinöl bis etwa 1 cm unter den Gefäßrand ein. Salatöl eignet sich aufgrund des hohen Wasseranteils und der schnellen Verderblichkeit nur schlecht. Das Gefäß wird gut verschlossen und einigemale kräftig geschüttelt, bis sich alle Späne gleichmäßig im der Öl verteilt haben. Nach dem Öffnen des Glases wird sofort der vorbereitete Magnet hineingehängt (der Magnet wird in Querrichtung in der Mitte an einen Faden gehängt und das andere Ende des Fadens an einen Bleistift geknotet). Die Länge des Fadens entspricht etwa der halben Höhe des Glases. Der Magnet sollte nicht zu tief im Gefäß hängen, da sonst im unteren Teil des Glases keine Feldlinien sichtbar werden, sondern nur ein Klumpen aus abgesunkenen Eisenspänen entsteht.

Beobachtung / Erklärung

Der Großteil der Eisenspäne hat sich entlang der magnetischen Feldlinien angeordnet. Es ist ein dreidimensionales Magnetfeld sichtbar gemacht worden.
Die Eisenspäne, die sich nicht in das Feld des Magneten einschließen lassen, sinken auf den Boden des Gefäßes ab. Dies geschieht, da die Eisenspäne "beim Einhängen des Magneten" zu weit von diesem entfernt waren und nicht genügend magnetisiert werden konnten. Nach etwa 15 Minuten ist das Paraffinöl wieder klar und das Experiment beendet.

Reines Eisen ist ein ferromagnetisches Material, daher läßt sich mit relativ kleinen Magnetfeldern ein hoher Grad an Ausrichtung der Atome erreichen, die ein magnetisches Moment haben. Ohne Einfluß eines äußeren Feldes richten sich die Atome in kleine Kristallbereiche, die Weißschen Bezirke aus. Wirkt ein äußeres Feld, vergrößern sich die Bezirke, deren magnetische Flußrichtung B mit der des äußeren Feldes übereinstimmen. Die Eisenspäne werden also zu magnetischen Dipolen, die sich entlang der Feldlinien orientieren und Ketten bilden. Weiters erkennt man, daß lange Ketten, je weiter sie vom Magneten entfernt sind, aufgrund ihrer relativ großen Gewichtskraft leicht zu Boden fallen. Daraus läßt sich die Erschütterungsempfindlichkeit dieses Experiments erklären.

Tips / Hinweise

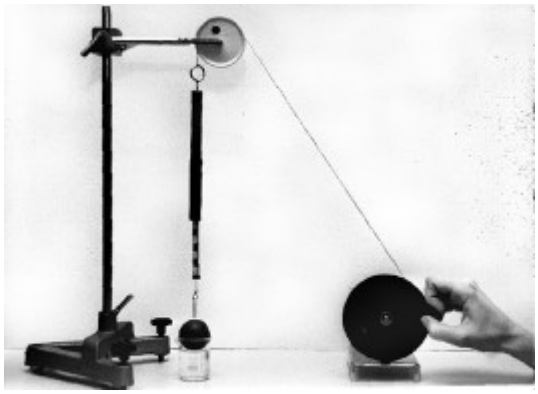
Ein Problem des Versuchs ist seine aufwendige praktische Nachbereitung. Es ist recht schwierig, den Magneten von dem Öl und vor allem von den Eisenspänen zu reinigen. Ein Tip ist ein Lösungsmittel und Geduld, wobei ersteres die Oberfläche des Magneten auf Dauer in Mitleidenschaft zieht. An einem erschütterungsfreien Ort läßt sich das Experiment einige Wochen aufbewahren.

Methodische Hinweise

In der Schulbuchliteratur wird das Magnetfeld aus Gründen der Vereinfachung hauptsächlich zweidimensional dargestellt und den Schülern und Schülerinnen damit eine grundlegende Vorstellung nicht vermittelt. Mit diesem Versuch kann die Dreidimensionalität eines Feldes auf einfache Weise verdeutlicht werden. Dieses Experiment ist durchaus als Schülerexperiment geeignet, da es einfach und ungefährlich durchzuführen und kostengünstig ist.

2. Kontaktlinsen und die Bestimmung der Adhäsionskräfte

Klassenstufe	S I / S II
Oberthemen	Mechanik
Unterthemen	Adhäsion, Oberflächenspannung
Anforderungsniveau	●
Durchführungsniveau	■
Vorlauf Vorbereitung Durchführung	Tage 15 min 10 min



Bestimmung des Betrags von Adhäsionskräften am Beispiel des Systems Kontaktlinse-Auge.

Materialien

- 1 Stativfuß
- Stativstange (ca. 50 cm lang)
- Doppelmuffe
- Umlenkrolle
- Modelle (Kontaktlinse, Glasplättchen, rauhe und weiche Unterlagen, runde Gegenstände aus verschiedenen Materialien, Auge eines Tieres, ...)
- Kontaktlinsenabzieher (erhältlich beim Augenoptiker)
- Faden (ca. 50 cm lang)
- Drehkurbel
- Federkraftmesser (bis max. 0,1 N)
- Flüssigkeiten (Salzwasser, Leitungswasser)

Vorbereitung

Der Kontaktlinsenabzieher wird mit einem Stück Draht an dem Kraftmesser befestigt. Sein Sauger sorgt für einen festen Sitz von Kontaktlinse oder Glasplättchen.
Bei jedem Schlachthof sind Schweins- oder Rinderaugen erhältlich. Mit ihnen kann man den realen Abziehvorgang einer Kontaktlinse vom Auge nachvollziehen. Die Kontaktlinse haftet aber fast ebensogut an einem Squashball, da dessen Durchmesser (4-5 cm) etwa dem Krümmungsradius einer Kontaktlinse (ca. 3,5-4 cm) entspricht.

Durchführung

Ein Gummiball wird mit Hilfe einer Pipette mit Flüssigkeit benetzt, die Kontaktlinse wird aufgelegt. Die Kraft, mit der die Kontaktlinse festgehalten wird, wird mit dem Kraftmesser gemessen, den man vorsichtig über eine Umlenkrolle und einer Drehkurbel nach oben bewegt. Da sich die beiden Körper von einander lösen, wenn Luft nachströmt, sollte die Kraft senkrecht zur Fläche wirken.

Um den Schülern das ideale Augenmodell zu veranschaulichen, bei dem der innere Krümmungsradius der Kontaktlinse und der Radius der Hornhaut übereinstimmen, können auch zwei ebene Platten herangezogen werden, deren Krümmungsradius als unendlich angesehen wird. Die Platten werden mit Flüssigkeit benetzt, das obere Pättchen am Sauger befestigt und die resultierende Kraft wie gemessen.

Das Abziehen der Kontaktlinse am menschlichen Auge ist aus Sicherheitsgründen zu vermeiden: Die Hornhaut könnte verletzt oder die Kontaktlinse weggeschleudert werden.

Die wirkenden Adhäsionskräfte sind von einer Anzahl von Faktoren abhängig: u.a. der Dicke des Flüssigkeitsfilms, von der Zusammensetzung der Flüssigkeit zwischen den beiden Oberflächen, vom Material und den Krümmungsradien der Modelle sowie vom Druck, mit dem die beiden Körper aneinander gedrückt werden.
Es können verschieden große Adhäsionskräfte gemessen werden: Die Kraft, mit der eine Kontaktlinse am Schweinsauge haftet, wurde zu etwa 0,08 N bestimmt. Beim Squashball waren ungefähr 0,06 N erforderlich. Die Kraft zwischen zwei ebenen Glasplättchen betrug ca. 0,03 N.

Beschreibung / Erklärung

Eine starke Abhängigkeit zeigte sich von der Menge der verwendeten Kontaktflüssigkeit. Es sollte daher möglichst mit der gleichen Flüssigkeitsmenge zwischen den Versuchsobjekten gemessen werden, am besten durch Verwendung der Pipette.
Wird die Kontaktlinse nicht senkrecht abgezogen, können die Ergebnisse ebenfalls stark variieren: Die Kontaktlinse löst sich vom Auge, sobald Luft unter sie strömt. Zieht man sie dagegen senkrecht nach oben, so bildet sich zuerst am Rand ein Flüssigkeitsfilm, der durch das Nach-oben-ziehen immer dünner wird und plötzlich reißt.
Drückt man die Kontaktlinse unterschiedlich fest an einen elastischen Körper, so wird eine unterschiedliche Luftmenge herausgedrängt. Je mehr Luft eingeschlossen ist, desto schneller löst sich die Kontaktlinse.

Abschätzung

Bei bekannten Werten der Kontaktlinsenoberfläche und benötigter Kraft, die zur Ablösung erforderlich ist, kann die daraus resultierende Zugspannung berechnet werden. Wir fanden:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{0,07\ \text{N}}{0,56\ \text{cm}^2} = 0,125\frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 1250\ \text{Pa}$$

Dieser Druck ist vergleichbar mit dem Schweredruck einer Wassersäule von ca. 12 cm Höhe. Zum Vergleich: der Luftdruck am Erdboden beträgt etwa 100000 Pa (≈ 1 bar) und entspricht einer Wassersäule von ca. 10 m.

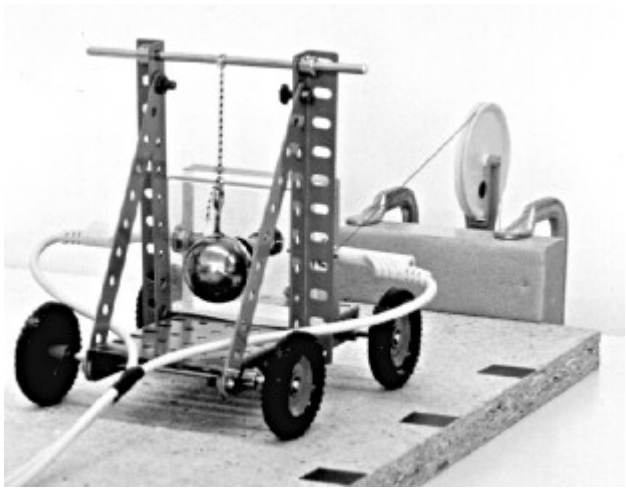
Methodischer Einsatz

Der Versuch kann von den Schülern selbst durchgeführt werden. Um die Schüler stärker in die Durchführung miteinzubeziehen, sollten sie zum Mitbringen eigener Gegenstände auf-

gefordert werden, an denen sie die Adhäsionskraft selbst bestimmen.

3. Auslösung des Airbags

Klassenstufe	S I / S II
Oberthemen	Mechanik, Elektrik
Unterthemen	Inelastischer Stoß, Piezoeffekt
Anforderungsniveau	●●
Durchführungsniveau	■■
Vorlauf Vorbereitung Durchführung	1 Stunde 10 min 10 min



Die Funktionsweise des Airbagsensors (Auslösemechanismus) soll simuliert werden.

Materialien

- Piezokristall (Seignette-Kristall, z. B. von Leybold)
- Wagen (selbstgebaut aus Märklinbaukasten)
- Holzbrett (1 m lang, 20 cm breit)
- Rolle mit Halterung
- 4V-Glühbirne mit Fassung
- Gleichstromverstärker
- 1 m Schnur, 10 cm Schnur
- Holzklotz mit Schaumstoff
- 2 Kabel (200 cm), 2 Kabel (50 cm)
- Metermaßstab
- Klebestreifen
- Fahrradöl
- 100 g Massestück
- Stahlkugel (m = 100 g, r = 1 cm)

Vorbereitung

Die durch kurzes, festes Drücken des Piezokristalls erzeugte Spannung muß zuerst verstärkt werden, damit die Glühbirne zum Leuchten gebracht werden kann.

Auf dem Wagen befestigt man eine Halterung aus Märklin-Bauteilen, an der man die Stahlkugel aufhängt. Man klebt das Kästchen mit dem Piezokristall in einen Abstand von ca. 0,5 cm zur Kugel auf den Wagen. Die Kugel sollte so positioniert werden, daß sie bei einer Auslenkung das Ende des Kristalls trifft. Man verbindet den Piezokristall auf dem Wagen über den Verstärker mit der Glühbirne und verklebt die beiden 2 m langen Kabel zwischen Piezokristall und Verstärker zu einem Strang, damit sie nicht hinderlich sind.

Auf dem Holzbrett wird eine Skala mit Schritten von 10 cm mit kurzen Klebestreifen angebracht. An einem Ende wird der mit Schaumstoff beklebte Holzklotz positionert, der als Aufprallkörper dient. Der Wagen wird von einem 100 g Massestück beschleunigt, das mit einer Schnur über eine Rolle am Wagen befestigt wird.

Durchführung

Man läßt den Wagen aus verschiedenen Abständen rollen. Um die Reibung zu vermindern, sollten die Achsenlager geölt werden. Die Verbindungskabel können mit einer Hand in die Höhe gehalten werden, damit sie die gleichmäßig beschleunigte Bewegung des Wagens nicht stören. Der Wagen rollt gegen den Aufprallkörper, die Stahlkugel schlägt gegen das Ende des Piezokristalls, die Glühbirne leuchtet auf. Wie hell sie aufleuchtet, hängt von der zurückgelegten Strecke ab. Je länger die zurückgelegte Strecke, desto heller leuchtet sie beim Aufprall. Eine bestimmte Leuchstärke, die zuvor als Auslösemoment des Airbags definiert wurde, wird nach der Strecke h erreicht.
Die Geschwindigkeit des Wagens, auf die nach der Strecke h durch das Massestück beschleunigt wurde, bzw. mit der der Aufprall erfolgte und somit der Airbag gezündet wurde, läßt sich leicht mit dem Energieerhaltungssatz $mv^2/2 = mgh$ bestimmen. Die zu Beginn festgelegte Leuchtstärke wurde in einem speziellen Fall nach h = 40 cm erreicht, der Airbag hätte bei $v \approx 10$ km/h gezündet.

Erklärung / Funktionsweise

Wird der Piezokristall durch mechanische Kräfte deformiert, so tritt eine Ladungsverschiebung ein, wobei die gegenüberliegenden Grenzflächen des Kristalls unterschiedlich geladen sind. Die durch den Piezoeffekt entstehende Spannung ist von der Art der mechanischen Deformation, Zug oder Druck, abhängig.

Im simulierten Airbagsensor ist die Leuchtstärke der Glühbirne proportional zu der Größe der Kraft, die durch die Stahlkugel auf den Piezokristall übertragen wird. Diese Kraft wiederum ist abhängig von der Beschleunigung des Wagens.
In der Realität (vgl.: Mercedes Benz: *Der Airbag, von der Idee zur Serie*, Mercedes Benz AG, Öffentlichkeitsarbeit Abteilung PR/UP, D-70322 Stuttgart) wird die Karosseriebeschleunigung des Fahrzeugs in Längsrichtung mittels eines piezoelektrischen Biegebalkens registriert: Eine bestimmte Masse bewegt sich ab einer definierten Bremsbeschleunigung und de-

formiert den Kristall. Dieser Spannungswert wird analog-digital-gewandelt von einem Rechner ausgewertet. Ist die Bremsbeschleunigung entsprechend hoch, erreicht die Spannung einen kritischen Wert. Dann wird der Airbag-Mechanismus ausgelöst, und Gas strömt innerhalb etwa 10 ms in den Faltsack (Airbag) ein.

Variationen

Alternativ zur Glühbirne läßt sich auch ein Oszilloskop anschließen. Die auf ihm zu beobachtenden Spannungsausschläge nehmen mit zunehmender Rollstrecke zu. Es läßt sich anschaulich ein Schwellwert (Spannungswert) bestimmen, ab dem der Airbag zünden würde.

Die Beschleunigung des Wagens ist auch ohne ziehendes Gewicht zu realisieren, indem man ihn eine schiefe Ebene herunterrollen läßt. Der Wagen wird dann ohne den Aufbau mit der Kugel, das heißt nur mit dem am vorderen Ende befestigten Piezokristall, gegen den Aufprallkörper rollen gelassen. Die beschleunigte Masse des Wagens würde somit den Airbag auslösen.

Abschätzung

Warum zündet der Airbag nicht, wenn ein Auto in einem bestimmten Winkel gegen ein Hindernis prallt? Dieser Aspekt läßt sich aufgreifen, indem man den Wagen nicht senkrecht, sondern etwas schräg auf den Aufprallkörper rollen läßt. Der Airbag zündet nicht wie gewohnt, sondern erst bei höheren Geschwindigkeiten, da die wirksame Kraftkomponente auf den Piezokristall mit zunehmendem Winkel abnimmt.
Auch die Kräfte und Energien, die in der Realität wirken, lassen sich abschätzen (z. B.: die Energie beim Aufprall, die Bremsbeschleunigung, die Zeit des Auslösens etc.).

Methodischer Einsatz

Dieser Versuch kann sowohl bei der Behandlung des inelastischen Stoßes und der Energieerhaltung auf motivierende Art und Weise eingesetzt werden, als auch zur Darstellung einer Einsatzmöglichkeit des Piezokristalls.
Auch Schüler und Schülerinnen können den Versuch vorbereiten und durchführen (z. B. in einem Projekt).

4. Eine CD als Spektrometer

Klassenstufe	S I / S II
Oberthemen	Wellenoptik, Atomphysik
Unterthemen	Beugung , kontinuierliche & diskrete Spektren
Anforderungsniveau	●●●
Durchführungsniveau	■
Vorlauf Vorbereitung Durchführung	kein 10 min 5 min

Mit Hilfe einer CD werden die Spektren verschiedener Lichtquellen betrachtet.

Material

- CDs für alle Experimentierenden (von zu Hause mitbringen lassen oder Demo-CDs aus Computerzeitschriften)
- Glühlampe, Kompaktleuchtstofflampe, Spektrallampe
- Spannungsquellen, Fassungen und Halter für die Lampen

Durchführung

Auf einem Experimentiertisch werden die verschiedenen Lampen im Abstand von ca. 5-10 cm nebeneinander aufgestellt und eingeschaltet. Positioniert man den Experimentiertisch den Fenstern gegenüber, so erübrigt sich das Abdunkeln des Raumes, weil das Tageslicht durch die Körper der Experimentierenden ausreichend abgeschirmt wird. Die normale Raumbeleuchtung wird ausgeschaltet. Die Experimentierenden verteilen sich mit dem Rücken zum Fenster, so daß alle einen freien Blick zu den Lampen haben. Nun halten alle ihre CD waagrecht, mit der unbedruckten Seite nach oben. Wird die CD langsam in Richtung der Lampen geneigt, erscheinen deren Spektren auf der CD. Verdeckt man die Lampen einzeln, können die Experimentierenden die Spektren den jeweiligen Lampen eindeutig zuordnen.

Um Augen und Hautschäden bei der Verwendung von Spektrallampen mit hohem UV-Anteil auszuschließen, sind Schutzbrillen zu tragen und Sicherheitsabstand einzuhalten.

Beschreibung / Erklärung

Die CD ist ein Reflexionsgitter und wirkt als Gitterspektrometer. Im Vergleich zum Spektrum der Glühlampe (im rechten Bild ganz links) ist beim Spektrum der Kompaktlampe (Mitte) deutlich zu erkennen, daß die einzelnen Farben nicht kontinuierlich in einander übergehen. Bei Verwendung einer Quecksilberdampflampe sind auf der CD die Farben Orange, Grün, Blau und Violett deutlich von einander getrennt zu sehen (rechts).

Variationen

Bei Verwendung einer Demonstrations-Kompaktleuchtstofflampe (OSRAM Dulux EL, 60 DM+MwSt, zu beziehen über Osram) kann verdeutlicht werden, daß und wie durch das Beschlämmen einer Leuchtstoffröhre das Spektrum des abgestrahlten Lichtes verändert wird. Informationsmaterialien der Lampenhersteller leisten dabei gute Hilfestellungen.
Unter einem Mikroskop lassen sich die für die Aufspaltung der Farben verantwortlichen periodischen Strukturen der CD (An-

ordnung der pits) betrachten und in der Größenordnung abschätzen (Vergrößerungsmaßstab, Wellenlänge des Lichts).

Methodisches

Die verschiedenartigen Spektren lassen auf verschiedene Arten der Lichterzeugung rückschließen.
In der Oberstufe können mit Hilfe von Informationsmaterialien der Hersteller Bau- und Funktionsweisen verschiedener Lampen im Unterricht diskutiert werden.

Studentische Mitarbeit

Zur Zeit sind etwa 40 Versuche im Rahmen von Staatsexamensarbeiten [18-21] entspr. der Beispiele aufbereitet. Weitere 20 Versuche werden pro Semester in einem fachdidaktischen Seminar von Lehramtstudenten und -studentinnen bearbeitet. Ein Großteil dieser Versuche wird in naher Zukunft in Buchform erscheinen [22].

Fazit

Mit dieser Art von Versuchen wollen wir eine bestehende Lücke schließen: Einerseits wollen wir den Lehrerinnen und Lehrern eine Zusammenstellung von gut dokumentierten und funktionierenden Low-Cost–High-Tech-Experimenten in die Hand geben. Andererseits wollen wir damit eine bekannte Methode für den Physikunterricht [23] inhaltlich aktualisieren: Bisher besteht die typische Vorgehensweise darin, vom physikalischen Phänomen in einer "akademischen" Weise auszugehen (z.B. Demonstration der elektromagnetischen Induktion mittels Spule, Magnet und Drehspulinstrument) und dann auf die Anwendung im Alltag hinzuweisen. Die umgekehrte Vorgehensweise, beginnend mit einem den Schülern und Schülerinnen vertrauten Alltagsgerät (z.B. dem Fahrradtacho) und hinführend zum zugrundeliegenden physikalischen Prinzip, schafft mehr Motivation und läßt die Grundfrage von Schülern und Schülerinnen "Wozu lerne ich Physik?" gar nicht erst aufkommen.

Es zeigt sich, daß High Tech-Freihandversuche
- kostengünstig zu realisieren sind (Low Cost),
- je nach Bedarf methodisch breit einsetzbar sind: Einsatz des Experimentes und der Aktions-/Sozialformen: Demonstrationsversuch, Schülerexperiment, Freiarbeit, Projekt, Hausaufgabe; Unterrichtsverfahren: analytisch-synthetisch, Lernen am Modell, forschendes Lernen),
- sowohl schulart- als auch stufenübergreifend eingesetzt werden können (je nach Grad der Mathematisierung, des Zusammenhangs der erarbeiteten Phänomene),
- geeignet sind, Alltagsphänomene und moderne Alltagsgegenstände auf elementare physikalische Grundlagen zurückzuführen,
- interdisziplinäre Ansätze im Unterricht bieten können.

Lernziele, die sich auf physikalische Inhalte beziehen, brauchen hier nicht weiter diskutiert zu werden. Weit bedeutsamer sind *übergeordnete Lernziele*, die sich mit Hilfe von Low-Cost–High-Tech-Experimenten realisieren lassen:

Aspekt der physikalischen Betrachtungsweise: Diese Art von Versuchen ermöglicht das Erlernen eines *pragmatischen Umgangs mit* und eines *physikalischen Verständnisses für* neue Materialien und Geräte. Selbst hochkomplizierte Geräte basieren auf ganz elementaren physikalischen Prinzipien (z.B. Massenträgheit beim Airbag-Sensor, Adhäsionskräfte bei Kontaktlinsen, Modulation der Infrarot-Strahlung bei der Fernbedienung). Die *Black Box* bleibt nicht weiter geheimnisvoll, ihre Funktion wird im wesentlichen (im physikalischen Sinne) deutlich und, je nach Einsatz im Unterricht, direkt oder am Modell erfahrbar.

Sicherheitsaspekt: Der verantwortungsbewußte Umgang mit Geräten (z. B. Mikrowelle, Handy) kann eingeübt und im Unterricht diskutiert werden.

Aspekt der Zukunftsorientierung: Low-Cost–High-Tech-Experimente können, neben einer erhofften stärkeren Motivation für das Fach Physik und Anwendungen der Physik im Alltag, dazu beitragen, Angst zu nehmen vor der Beschäftigung mit neuer Technik und neuen Materialien. Da die Entwicklung und Etablierung neuer Techniken und Materialien nicht stehenbleibt, erlangen die Low-Cost–High-Tech-Experimente im Hinblick auf die Zukunft der Schülerinnen und Schüler eine wichtige didaktische Funktion. Man kann Sensibilität und Verantwortungsbereitschaft (Umweltverträglichkeit neuer Materialien), Kritikfähigkeit und Urteilsvermögen (z.B. Vergleich der Wirkungsgrade von Tauchsieder und Mikrowelle) fördern.

Aspekt der Methodenkompetenz: Bei der Informations- und Materialbeschaffung durch Schüler und Schülerinnen kann Selbständigkeit erlernt werden. Beim Selbstbau (z.B. im Rahmen eines Projektes) können manuelle Fertigkeiten und Problemlösungsstrategien trainiert werden. Integriert in geeignete Sozialformen des Unterrichts tragen die Experimente zur Erlangung von Schlüsselqualifikationen wie kooperatives Lernen, Planen und Organisieren, Vortragen und Zuhören, usw. bei.

Aspekt der Interdisziplinarität: Low-Cost–High-Tech-Experimente bieten einen direkten Zugang zu technischen und elektronischen Problemstellungen. Weit wichtiger können gesellschaftliche Fragestellungen sein: Einblicke in die Entwicklung und Verwertung neuer Techniken können gewonnen werden (z.B. beim Thema Airbag über Kontakte zur Automobilindustrie). Eine Diskussion über Datensicherheit ("gläserner Mensch") könnte geführt werden (z.B. beim Thema Chipkarten), ebenso Fragen des Strahlenschutzes (z.B. bei den Themen Mikrowelle, Handy).

Erste Erfahrungen bei der praktischen Umsetzung liegen bereits vor. Demnach sind die Reaktionen gegenüber unserem Typ von Freihandversuchen sehr positiv (Lehramtstudentinnen und -studenten im Seminar, Hilfe von Firmen bei der Informations- und Materialbeschaffung).

Nähere Informationen sind bei Prof. Dr. H. J. Jodl unter der angegebenen Adresse und im Internet:
http://www.physik.uni-kl.de/w_jodl/lc-ht.html erhältlich.

Literatur

[1] H. Hahn, *Physikalische Freihandversuche – I. Teil, Nützliche Winke, Mass und Messen. Mechanik Fester Körper*, Verl. Otto Salle, Berlin 1926[2].

[2] J. Walker, *Der fliegende Zirkus der Physik*, Oldenbourg, München 1977 (Neuaufl. 1996).

[3] S. Schwandt, A. Barthel, *Tolle Experimente mit Pfiff,* Benziger Edition im Aula Verlag, Würzburg 1994[2].
[4] H.-J. Press, *Spiel das Wissen schafft*, Ravensburger Buchverlag, 1995.
[5] J. Wittmann, *Trickkiste 1 und 2 – Experimente, wie sie nicht im Physikbuch stehen*, Bayerischer Schulbuchverlag, München, 1983 und 1993.
[6] J. Teichmann, F. Fraunberger, *Das Experiment in der Physik*, Facetten der Physik, Vieweg , 1984.
[7] W. Bürger, *Der paradoxe Eierkocher – Physikalische Spielereien aus Professor Bürgers Kabinett*, Birkhäuser, Basel 1995.
[8] E. Zeier, *Kurzweil durch Physik*, Aulis Verlag Deubner, Köln 1984[2].
[9] E. Zeier, *Physikalische Freihandversuche – Kleine Experimente*, Aulis Verlag Deubner, Köln 1994[3].
[10] G. Oberdorfer, *Das springende Ei und andere Experimente für die fünf Sinne*, Zytglogge Verl., Bonn 1991.
[11] N. Treitz, *Spiele mit Physik, ein Buch zum basteln, probieren und verstehen*, Verl. Harri Deutsch, Frankfurt a. M. 1994.
[12] U. Runge, H. Melenk, *Verblüffende Physikalische Experimente*, Aulis Verlag Deubner, Köln 1994.
[13] M. Kratz, *Experimente als Hausaufgaben – Physik*, Aulis Verlag Deubner, Köln 1995[2].
[14] R. Dengler, "Einstellungen zur Physik", *NiU–Physik* 6 (1995) 25.
[15] H. Muckenfuß in: M. Lichtfeldt (Hrsg.), *Ideen für den Physikunterricht*, MNU, Berlin 1993.
[16] H. Lechner, "Schülerinteressen und Physikunterricht in der Sekundarstufe I", *Physik in der Schule* 30 (1992).
[17] W. Kern, "Verbesserung der Lehre – Analysen und Anregungen", *Phys. Bl.* 53 (1997) 47.
[18] C. Backes, *Low-Cost–High-Tech-Freihandversuche – Neue Materialien*, Staatsexamensarbeit, FB Physik, Universität Kaiserslautern 1997.
[19] K. Kunz, *Low-Cost–High-Tech-Freihandversuche – Neue Techniken*, Staatsexamensarbeit, FB Physik, Universität Kaiserslautern 1997.
[20] S. Scheffler, *Low-Cost–High-Tech-Freihandversuche – Traditionelle Freihandversuche*, Staatsexamensarbeit, FB Physik, Universität Kaiserslautern 1997.
[21] K. Weiss, *Low-Cost–High-Tech-Freihandversuche – Didaktische Analyse*, Staatsexamensarbeit, FB Physik, Universität Kaiserslautern 1997.
[22] H. J. Jodl, W. Stetzenbach, B. Eckert, *Low-Cost–High-Tech-Freihandversuche – Anregungen für den Physikunterricht*, (geplante Buchveröffentlichung 1997/98).
[23] M. Wagenschein, *Die pädgogische Dimension der Physik*, Westermann, Braunschweig 1971.

Es war nur ein Roboter

der am 4. Juli 1997 aus dem Landemodul auf den Marsboden entlassen wurde. Während Sojourner – auf Vorschlag einer Schülerin nach einer schwarzen Bürgerrechtskämpferin im Sezessionskrieg benannt – geologische Untersuchungen unternahm, versorgte die Stereokamera des Landemoduls die NASA und das Publikum mit Bildern vom Mars. Nach Ablauf des geplanten Minimalprogramms von einem Monat arbeitete die Marsstation problemlos bis 27. September weiter. Vermutlich durch Versagen der Speicherbatterien aufgrund der stark schwankenden, jedoch tiefen Temperaturen ist der Sender des Moduls seit 7.10.97 verstummt. In diesem Nachruf auf einen Roboter soll die wissenschaftliche Einrichtung von Roboter und Landemodul kurz beschrieben werden.

Das Marsmobil Sojourner, noch zusammengefaltet, bei der Ausfahrt aus dem Landemodul, der Airbag versperrt noch den Weg.

Der sechsrädrige Sojourner kann mit einer Front- und einer Heckkamera die Umgebung wahrnehmen und Hindernisse erkennen. Seine Energie bezieht er aus 0,25 m2 Sonnenzellen (Spitzenleistung 16 W) mit einer 50 Wh-Speicherbatterie. Bordelektronik und -computer (8085 CPU, 0,5 MB RAM) werden zusätzlich durch 3 Radioisotopenbatterien beheizt. Als wissenschaftliches Instrument trägt er ein Alpha-Proton-Röntgen-Spektrometer (APXS). Alphateilchen aus einem Curium-244-Präparat (HWZ 18 Jahre) werden auf die Oberfläche von Gesteinen geschossen. Leichte Elemente wie C oder O streuen die Alphas zurück, bei Na, Mg, Al, Si kommt es zur Absorption des Alpha mit Emission eines Protons, bei Kernen schwerer als Mg schlagen Alpha innere Elektronen aus der Hülle, was zu Röntgenemission führt. Mit dem APXS wird daher eine chemische Analyse der Marsoberfläche durchgeführt. Die Resultate an einem Stein namens Barnacle Bill deuten auf je ein Drittel Quarz, Feldspat und Pyroxen hin, also auf vulkanisches Gestein (Andesit), das auf der Erde durch die Plattentektonik erklärt wird - auf dem Mars fehlen allerdings Hinweise auf Plattentektonik.

Das Marswetter, Druck, Temperatur, Windstärke und -richtung registrierte der Landemodul, z.B. zog am 25. Tag eine Windhose über das Gerät.

Quantisierung des Leitwerts in eindimensionalen Goldkontakten

Ein einfacher und neuartiger Schulversuch zum Thema Quantenmechanik

Rudolf Gann und Friedrich Schäffler

In einem sehr einfachen Versuchsaufbau wird eindimensionale Leitfähigkeitsquantisierung bei Zimmertemperatur beobachtet. Obwohl die mikroskopische Geometrie bei jedem Versuchsdurchgang anders aussieht, werden die vorhergesagten Quantisierungswerte sehr genau gemessen. Ähnliche Ergebnisse waren bisher nur mit aufwendigen Halbleiternanostrukturen bei tiefen Temperaturen möglich. Mit diesem Versuch ist es nun gelungen, quantenphysikalische Effekte in relativ einfacher Weise zu messen. Dadurch wird die Quantenmechanik auch für Schüler greifbarer und bleibt nicht nur abstrakte Theorie.

Bisher konnte man im Rahmen des Schulunterrichts nur wenige – und zudem zumeist indirekte – Versuche zum Thema Quantenmechanik vorführen. Das liegt vor allem daran, daß sich quantenmechanische Effekte in der Regel nur bei kleinsten Strukturabmessungen und bei tiefen Temperaturen zeigen, was aufwendige Meßobjekte und -apparaturen erforderlich macht. Vor kurzem wurde nun von Costa-Krämer an der Universität Autonoma de Madrid ein neuartiges Experiment durchgeführt, das mit minimalem technischen Aufwand den Nachweis der elementaren Leitfähigkeits-Quantisierung gestattet.[1]

Der Meßvorgang selbst kann bei Raumtemperatur und Normaldruck erfolgen und ist auch sonst in jeder Hinsicht denkbar einfach. Ganz wesentlich erscheint uns aber eine gute didaktische Einbindung in den weiteren Kontext der Quantenmechanik zu sein, um Schüler zur grundlegenden Denkweise dieses modernen Zweiges der Naturwissenschaften hinzuführen und die vorhergesagten Ergebnisse gleich noch experimentell zu bestätigen.

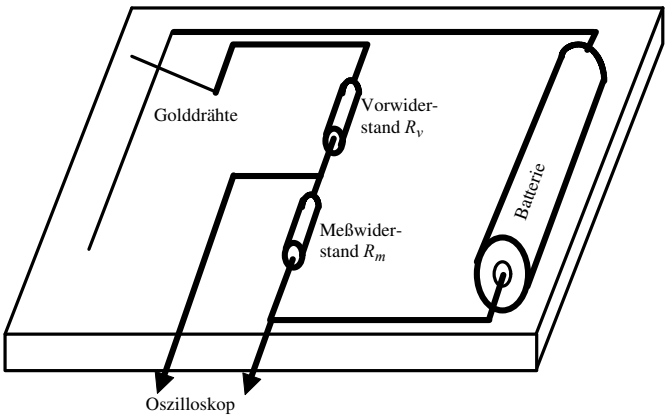


Abb. 1: Schematischer Versuchsaufbau zur Leitwert-Quantisierung. (Die Dimensionierung der Schaltung ist im Anhang beschrieben.)

a.o.Univ. Prof. Dr. Friedrich Schäffler, Rudolf Gann (Diplomand für Lehramt Physik), Institut für Halbleiterphysik, Johannes Kepler Universität Linz, Altenbergerstraße 69, 4040 Linz

Beides, die Erarbeitung eines einfach zu realisierenden Versuchsaufbaus und die Aufbereitung des theoretischen Hintergrundes erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit für das Lehramt Physik an der Johannes Kepler Universität Linz im Sommersemester 1996 und soll im folgenden als eine Art Kurzanleitung für den Schulversuch zusammengefaßt werden. Weitere Unterlagen zu diesem Experiment sind über die Servicestelle SUmIt der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft erhältlich.

Versuchsablauf

Für den in Abb.1 skizzierten und im Anhang dimensionierten Versuchsaufbau benötigt man lediglich eine 1,5V-Batterie, zwei in Serie geschaltete Widerstände und zwei dünne Golddrähte, die so übereinander gelegt werden, daß sie sich an einem Punkt berühren und damit den Stromkreis schließen. Die Messung selbst erfordert ein Speicheroszilloskop, mit dem der zeitliche Verlauf des Stromes während eines Trennvorganges der Golddrahtverbindung aufgezeichnet wird.

Auf den ersten Blick ergibt sich beim Unterbrechen des Stromkreises jedes Mal ein individuell anderer Zeitverlauf der Stromabnahme von seinem ursprünglichen, durch die Serienwiderstände festgelegten Wert, auf den Wert null nach der vollständigen Trennung der Drähte. Betrachtet man allerdings die letzte Phase vor dem vollständigen Öffnen des Kontaktes mit hinreichend hoher Zeitauflösung, so stellt man fest, daß der Strom nicht kontinuierlich sondern in diskreten, äquidistanten Stufen abnimmt. Da man üblicherweise den Spannungsabfall über einen Meßwiderstand erfaßt, der nur indirekt proportional zum Strom im Meßkreis ist, erhält man zunächst eine nichtlineare Stufung der Spannungssprünge, wie sie in Abb. 2 gezeigt ist. Rechnet man die Spannungswerte aber in

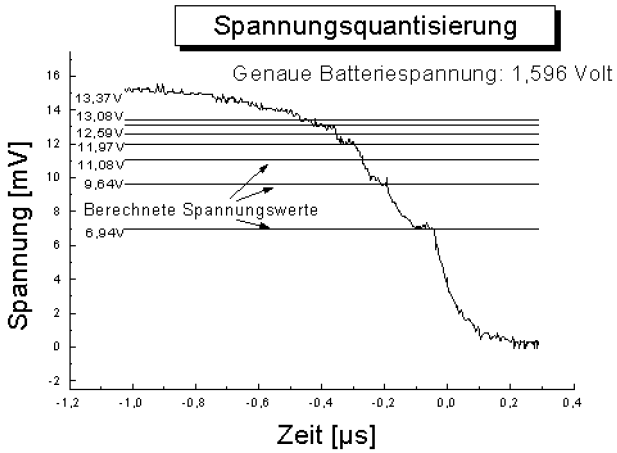


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf des Spannungsabfalls am Meßwiderstand während des Trennes der Golddrähte. Die erwarteten Spannungswerte für Leitfähigkeitsquantisierung im Goldkontakt sind als Linien eingetragen. Dauer des Vorgangs hier ca. 1,3ms.

den stromproportionalen Leitwert um, so sieht man tatsächlich in guter Näherung äquidistante Leitwertstufen mit einem elementaren, nur durch Naturkonstanten gegebenen Stufenabstand von 77,4809 µS (Mikro-Siemens)(Abb.3).

Eine solche Leitwert-Quantisierung wurde bereits vor längerem theoretisch vorhergesagt, allerdings für eindimensionale Quanten-Drähte, die bislang nur an aufwendig strukturierten Halbleiterproben realisierbar waren und Messungen bei kryogenen Temperaturen erforderlich machten.

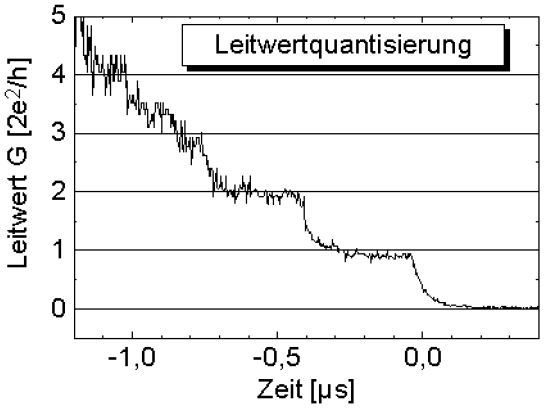
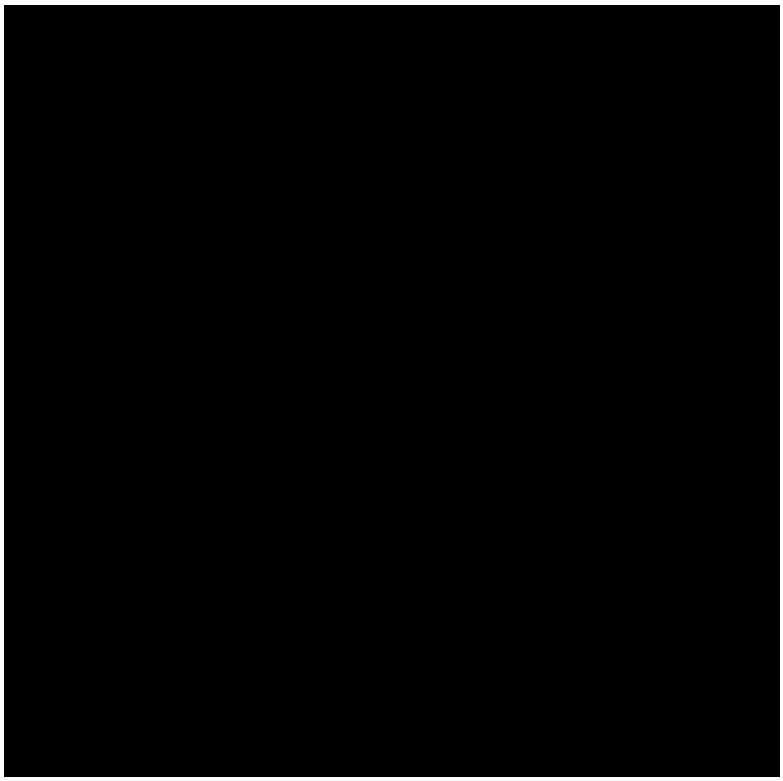


Abb. 3: Umrechnung der Spannungswerte in den Leitwert des Goldkontaktes. Die äquidistanten Sprünge in Einheiten von $2e^2/h$ sind hier gut zu sehen. Bei den höheren Stufen wird der Rauschspannungsanteil immer größer und die Niveaus sind somit nicht mehr gut erkennbar.

Physikalischer Hintergrund dieses Effekts

Wieso kann nun bei der Trennung von Golddrähten mit einer Dicke von typisch 0,1 mm ein Quanteneffekt beobachten, für den die kritischen Dimensionen in zwei der drei Raumrichtungen kleiner als etwa 100Å sein müssen? Um dies verstehen zu können, betrachtet man den Trennvorgang der beiden Goldoberflächen zweckmäßigerweise auf einer mikroskopischen Ebene. Dazu zeigt Abb. 4 die Oberflächenbeschaffenheit eines Goldfilmes, wie sie sich im Rastertunnelmikroskop darstellt. Man erkennt, daß die Oberfläche keinesfalls atomar glatt ist, sondern eher wie eine mikroskopische Gebirgslandschaft aussieht. Berühren sich nun zwei derartige Goldoberflächen, so kommen nur einige wenige der "Gipfel" miteinander in Kontakt, ein Vorgang, der auch bei der Reibung zwischen zwei starren Körpern von elementarer Bedeutung ist. Da Gold kein natürliches Oxid bildet, kommt es an den Kontaktstellen zur Ausbildung metallisch leitfähiger Atombindungen, die man sich als punktuelle Kaltverschweißung vorstellen kann.

Bei der mechanischen Trennung einer solchen Kontaktstelle spielt die Duktilität des Goldes, d.h. seine Eigenschaft schon bei geringen Zugspannungen plastisch zu fließen, eine wesentliche Rolle: Die Kontaktstellen reißen nicht einfach wieder ab, wie das bei einem harten Material zu erwarten wäre, sondern bilden fadenförmige Verlängerungen aus, mit denen die Drähte zumindest in der Anfangsphase des Trennvorganges verbunden bleiben. Anschaulich wurde für diesen Vorgang das Bild einer warmen Pizza bemüht, bei der sich der Käse beim Herauslösen einer Portion ganz ähnlich verhält.[2] Bleibt man bei dieser Analogie, so kann man leicht nachvollziehen, was weiter passiert (Abb. 5): Mit zunehmendem Abstand werden die Fäden immer dünner und reißen schließlich – einer



Grauwerte dargestellt, mit dunklen Tälern und hellen Höhen.

nach dem anderen – ab, so daß es letztlich zu einer vollständigen Trennung kommt.

Da im Experiment Leitwert-Quantisierung beobachtet wird, muß man annehmen, daß die "Fäden" kurz vor dem Abreißen eindimensional im noch näher zu spezifizierenden quantenmechanischen Sinn sind, also nur noch eine Dicke von 20 – 100Å aufweisen. Dies erscheint durchaus realistisch, weiß man doch seit langem, daß Gold sich zu nur wenige Atomlagen dicken Folien hämmern läßt. Es wird aber auch klar, daß die meisten anderen Metalle für den Versuch ungeeignet sind, da sie entweder zu hart sind oder eine isolierende Oxidschicht ausbilden, die eine punktförmige leitende Verbindung erst gar nicht entstehen läßt.

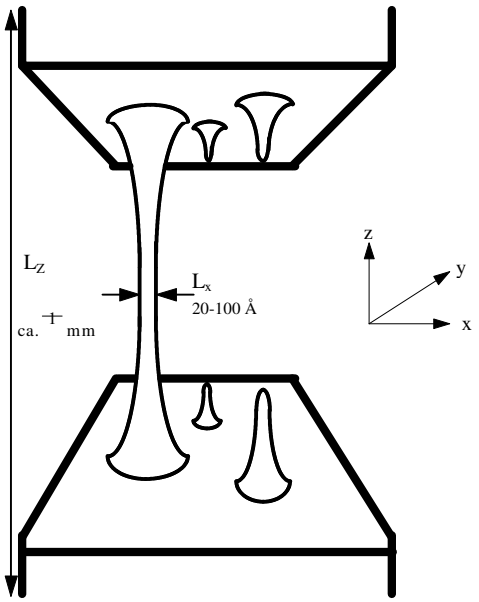


Abb. 5: Modellvorstellung für den Trennvorgang zweier punktuell "verschweißter" Goldoberflächen

Während die mikroskopische Vorstellung vom Trennvorgang zweier Goldflächen zumindest qualitativ mit dem Modell der Käsefäden beschrieben werden kann, so muß man sich zur Deutung der Leitfähigkeitsquantisierung etwas tiefer mit den elementaren Grundsätze der Quantenmechanik auseinandersetzen. Dazu betrachtet man gemäß dem Welle-Teilchen-Dualismus die Elektronen, die durch einen der noch intakten, dünnen Goldfäden fließen als dreidimensionale Welle. Zweckmäßigerweise wählt man das Koordinatensystem so, daß die Längsrichtung des Fadens, und damit die Stromrichtung, parallel zur *z*-Achse liegt. Ist nun der Durchmesser des Fadens, den man näherungsweise als konstant ansehen kann, hinreichend klein, so kann man die Wellenfunktion in *x*- bzw. *y*-Richtung als "Teilchen im Kastenpotential" betrachten. Beschränkt man sich vereinfachend nur auf die x-Richtung, so kann man den ortsabhängigen Teil der Wellenfunktion als Sinusfunktion mit der Amplitude A und dem Wellenvektor in *x*-Richtung k_x darstellen:

$$\psi(x) = A \sin(k_x \cdot x). \tag{1}$$

Da das Quadrat der Wellenfunktion bekanntlich die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons angibt und die Austrittsarbeit an der Goldoberfläche verhindert, daß die Elektronen das Gold verlassen können, kann man als Randbedingung sofort folgern, daß die Wellenfunktion an der Oberfläche verschwinden muß. (Erst bei sehr hohen Temperaturen, wie etwa bei einer Glühkathode, können einige der Elektronen die Potentialbarriere an der Oberfläche überwinden und aus dem Metall austreten). In Querrichtung verhält sich das Elektron demnach wie eine beidseitig eingespannte Saite. Legt man den Ursprung der x-Achse an eine der beiden Oberflächen in x-Richtung, so erhält man die Randbedingungen

$$\psi(0) = \psi(L_x) = 0, \tag{2}$$

wobei L_x der hier vereinfacht als konstant angesehene Fadendurchmesser ist.

Aus (1) und (2) ergibt sich eine unendliche Serie diskreter Lösungen für den Wellenvektor k_x der Form

$$k_{xn} = n\frac{\pi}{L_x}, \tag{3}$$

wobei die Quantenzahl n alle positiven ganzen Zahlen durchläuft. Aufeinanderfolgende Wellenfunktionen erhalten demnach jeweils einen zusätzlichen Wellenbauch:

$$\psi_n = A \sin\left(\frac{n\pi}{L_x} \cdot x\right) \quad . \tag{4}$$

Da der Impuls des Elektrons in *x*-Richtung gegeben ist:

$$p_{xn} = \hbar k_{xn}, \tag{5}$$

und die (kinetische) Energie quadratisch vom Impuls abhängt, erhält man sofort die erlaubten Energiewerte [3]

$$E_{xn} = \frac{p_n^2}{2m} = n^2 \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL_x^2}. \tag{6}$$

Die Energieabstände wachsen daher mit n^2 an. Bei einem typischen Fadendurchmesser von L_x = 100 Å erhält man für die untersten Energieeigenwerte: E_1 = 3,73 meV, E_2 = 14,92 meV, usw.. Dies sind durchaus beobachtbare Energieabstände.

Völlig analog kann man die Wellenfunktion entlang des Fadens berechnen, nur daß diesmal der Abstand der begrenzenden Potentialbarrieren sehr viel größer ist, da sich das Elektron nicht nur in den Fäden, sondern auch in den beiden anschließenden Golddrähten aufhalten kann. Setzt man als Größenordnung einen typischen Drahtdurchmesser ein (L_z = 100 µm), so findet man gemäß Gleichung (6) eine analoge Energiestufung, wobei die jeweils zu einer Ordnungszahl n gehörenden Eigenwerte E_{nz} aber um einen Faktor $(L_x/L_z)^2 = 10^8$ kleiner sind als die entsprechenden Werte der *x*-Quantisierung. Die Energieabstände werden damit so klein, daß sie nicht mehr beobachtbar sind, und man erhält den klassischen Grenzfall eines quasifreien Elektrons mit einer parabolischen Energie-Impuls-Beziehung. Diese völlig unterschiedlichen Energieskalen sind in Abb. 6 noch einmal anschaulich zusammengefaßt.

Damit wird auch deutlich, was unter quantenmechanischer Eindimensionalität zu verstehen ist: Die Elektronen verhalten sich in einer Dimension (z-Richtung) wie klassische Teilchen und in den beiden anderen Richtungen (x, y) wie Teilchen im Kastenpotential mit diskreten Energieeigenwerten.

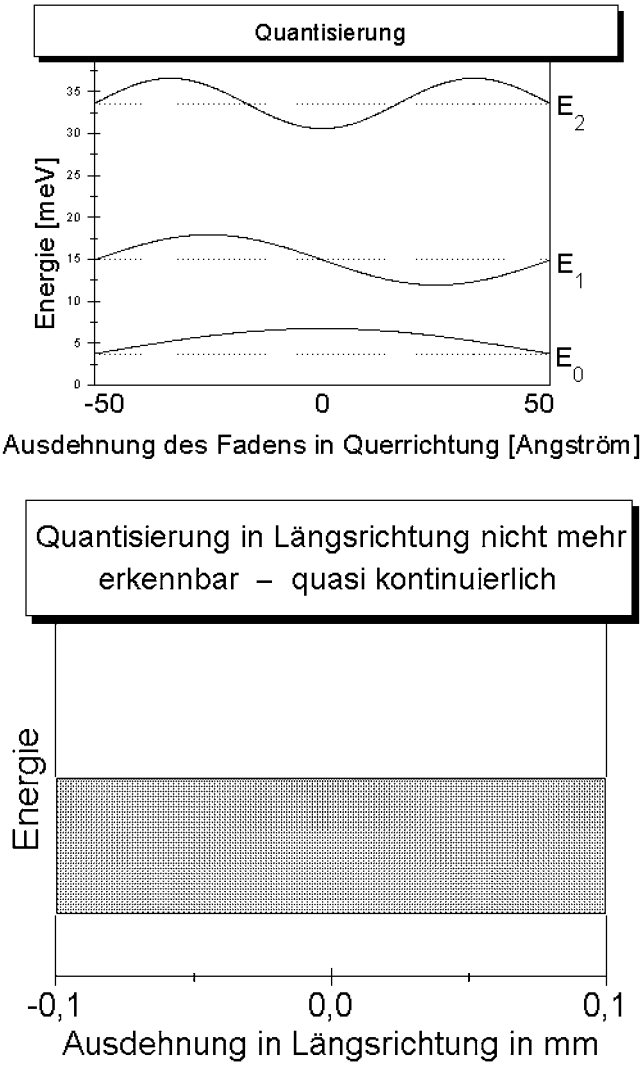


Abb. 6: Quantisierung eines Elektrons in den verschiedenen Richtungen des Fadens

Da nach dem Pauli-Verbot und unter Beachtung des Spins nur zwei Elektronen den gleichen Zustand besetzen können, erhält man in unserem eindimensionalen System eine interessante Verteilung der Elektronen auf die verschiedenen erlaubten Energiezustände: Zu jedem diskreten Wellenvektor k_{xy} (die gleichwertigen *x*- und *y*-Richtung sollen im folgenden zusam-

men betrachtet werden[3]) gibt es eine sehr große, quasi-kontinuierliche Zahl von Wellenvektoren k_z. Da in z-Richtung die Energie parabolisch von k_z^2 abhängt, erhält man für die Gesamtenergie eines Elektrons als Funktion von k_z zu jedem Wert k_{xy} eine Parabel, deren Scheitel ($E_z = 0$) gerade dem Energieeigenwert von k_{xy} entspricht. Wir bekommen damit eine Folge von sogenannten Subbändern, die in Abb. 6 mit den oben erhaltenen, vereinfachten Energiewerten E_x gezeigt ist.

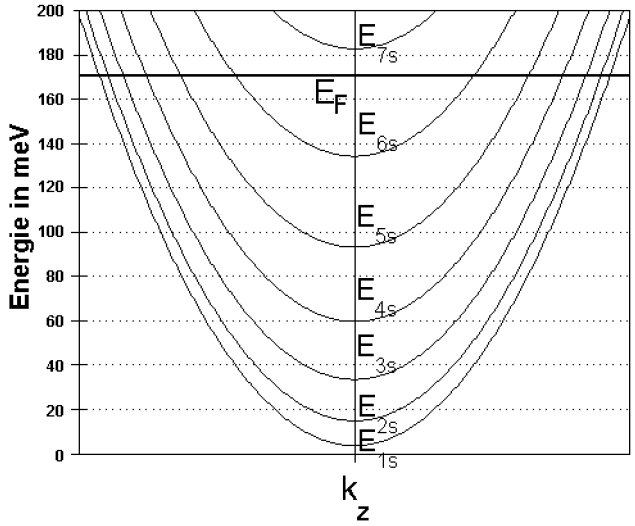


Abb. 7: Subbänder in einem eindimensionalen Modell mit einer Richtung in der die Elektronen frei beweglich sind

Mit der in Abb. 7 gezeigten Energie-Impuls-Beziehung und unter Berücksichtigung der sehr kleinen, aber endlichen Abstände der erlaubten k_z-Werte läßt sich relativ einfach eine wichtige Größe in Festkörpern, die sogenannte Zustandsdichte $\rho(E)$ angeben, die die Zahl der erlaubten Zustände pro Energieintervall dE und normiert auf die Länge L_z der freien Bewegungsrichtung angibt. Ohne Herleitung erhält man für das vorliegende eindimensionale System für jedes einzelne Subband:

$$\rho(E) = \frac{1}{\pi\hbar}\sqrt{\frac{m}{2E}}. \qquad (7)$$

Die Zustandsdichte pro Subband nimmt demnach mit zunehmender Energie ab. Die Zustandsdichte erlaubt die Berechnung der maximalen Energie, bis zu der das Termschema in Abb. 7 aufgefüllt ist, wenn jedes Goldatom sein Valenzelektron beiträgt. Diese Maximalenergie wird Fermi-Energie genannt und stellt am absoluten Nullpunkt eine scharfe Besetzungsgrenze dar. Bei endlichen Temperaturen ist die Fermi-Kante entsprechend der Fermi-Dirac-Statistik thermisch verschmiert.

Legt man nun eine kleine Spannung ΔV zwischen den beiden, durch einen eindimensionalen Faden verbundenen Golddrähten an, so fließt ein Strom ΔI der sich schreiben läßt als

$$\Delta I = \Delta n \cdot e \cdot v, \qquad (8)$$

wobei Δn die Zahl der beteiligten Elektronen, e die Elementarladung und v die Geschwindigkeit der Elektronen ist. Δn ist die Zahl der Elektronen, die durch die angelegte Spannung ΔV über die Fermikante angehoben wird, da nur diese Ladungsträger zum Stromfluß beitragen können. Mit der Zustandsdichte aus (7) läßt sich Δn sofort berechnen zu

$$\Delta n = \rho(E) \cdot \Delta E = \frac{1}{\pi\hbar}\sqrt{\frac{m}{2E}} \cdot e\Delta V. \qquad (9)$$

Dabei wurde $\Delta E = e\Delta V$ durch die angelegte Spannung DV ausgedrückt. Bestimmt man nun noch v aus der bekannten Energie-Impuls-Beziehung: $E = \frac{1}{2} mv^2$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}, \qquad (10)$$

so sind alle Größen bekannt, um den Strom gemäß Gleichung (8) zu bestimmen:

$$\Delta I = \frac{1}{\pi\hbar}\sqrt{\frac{m}{2E}} \cdot e\Delta V \cdot e\sqrt{\frac{2E}{m}} = \frac{2e^2}{\hbar}\Delta V. \qquad (11)$$

Mit der Definition für den Leitwert: $G := \Delta I/\Delta V$ erhält man damit das Ergebnis für die Leitfähigkeit in einer Dimension:

$$G = \frac{2e^2}{\hbar} \approx \frac{1}{12,9}\left[\frac{1}{\mathrm{k}\Omega}\right]. \qquad (12)$$

Gleichung (12) gilt für jedes beteiligte Subband in einem eindimensionalen Leiter und besagt, daß der Leitwert einen universellen konstanten Wert annimmt, der nicht von den Materialeigenschaften des Leiters abhängt.

Dies ist eine ganz besondere Eigenschaft von eindimensionalen Systemen, da sich nur in diesem Fall die Energieabhängigkeit der Zustandsdichte gegen die der Geschwindigkeit herauskürzt. In zweidimensionalen Systemen, wie sie beispielsweise in Feldeffekttransistoren auftreten, ist dagegen $\rho(E)$ unabhängig von E, während in den üblichen drei Dimensionen eines Volumenfestkörpers $\rho(E)$ proportional zu $\sqrt{E}$ zunimmt. In beiden Fällen hängt der Leitwert nach (11) von der Energie und der Masse der Ladungsträger ab.

Grundsätzlich kann man also den Beitrag eines Subbandes in einem eindimensionalen Leiter zum Leitwert verstehen. Damit erklärt sich aber auch die stufenförmige Abnahme des Leitwertes beim Auseinanderziehen der Golddrähte: Zum einen nimmt die Zahl der Fäden ab, während sich gleichzeitig der Durchmesser L_x der verbleibenden Fäden immer weiter verringert. Mit kleiner werdendem Durchmesser nehmen aber gemäß (6) die Energieabstände zwischen den Subbändern immer weiter zu, so daß schließlich immer weniger Subbänder zum Strom beitragen.

Im Experiment wird genau dieser Effekt direkt gemessen. Es wird eine sprunghafte Änderung der Leitfähigkeit beobachtet, die auf die oben hergeleiteten Zusammenhänge zurückgeführt werden kann. Bis auf kleine Abweichungen, trifft die gemachte Vorhersage sehr gut ein. Die konstanten Sprünge in der Leitfähigkeit von $\Delta G = 2e^2/\hbar \approx 1/12,9\ (\mathrm{k}\Omega)^{-1}$ wurden sehr genau beobachtet und gemessen. Die Entdeckung dieser bzw. einer sehr ähnlichen Konstante, der von Klitzing-Konstante[4] $\hbar/e^2 \approx 25812,80587\ \Omega$ war sehr wesentlich in der Festkörperphysik. Diese Konstante wurde von Klaus von Klitzing im Zusammenhang mit dem Quanten-Hall-Effekt gefunden. Sie liefert eine exakte Beziehung zwischen der Stromstärke I und der Hall-Spannung in einem Halbleiter mit zweidimensionalen Elektronengas:

$$R_H = \frac{U_H}{I_H} = \frac{\hbar}{\nu e^2} \quad ,\nu = 1, 2, 3, \ldots \text{ Besetzungszahl}$$

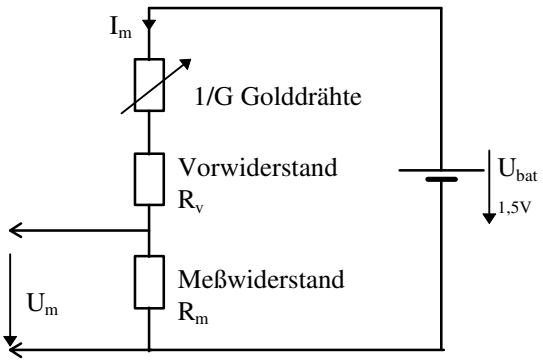
(der Hallwiderstand ist quantisiert). Diese Entdeckung führte zu neuen Meßverfahren mit bis dahin nicht erreichbarer Meßgenauigkeit [5]. Man kann dadurch die Stromstärke neu und vor allem viel genauer definieren, da der Effekt unabhängig vom Material, Druck und vom Standort ist. Die Spannung

kann sehr genau gemessen werden. Damit ist der Strom festgelegt und eichbar.

Anhang: Dimensionierung des Meßaufbaus

Nun zu den Anforderungen an das Meßgerät. Man benötigt zur Aufnahme der Stromwerte ein Speicheroszilloskop mit einer Abtastrate von mindestens 20 MHz. Solche Oszilloskope sind derzeit im Handel als Steckkarten für PCs sehr günstig erhältlich. Um die äquidistanten Sprünge zu sehen, können die Strommeßwerte im PC in Leitwerte umgerechnet werden.

Dimensionierung der Bauteile:



Die Bauteilwerte betragen:
R_v = 10 kΩ
R_m = 100 Ω
U_{Bat} = 1,5 V

Golddraht mit einem Durchmesser von 75 µm.

Diese Werte wurden in den Versuchen empirisch als optimal gefunden. Die Batterie hält bei diesen Stromwerten ($I_{mmax} \cong$ 150 µA) die Spannung sehr gut konstant.

Die ganze Schaltung wurde auf einer Lochrasterplatine montiert. Ein Golddraht ist auf die Platine gelötet und der andere auf einen kleinen Kartonstreifen gespannt. Durch Drücken auf den Kartonstreifen wird der Stromkreis geschlossen. Wenn man dann den Streifen wieder langsam losläßt, wird der Kontakt unterbrochen.

Anmerkungen und Literatur

[1] s. Bericht von Erhard K. Schweizer in Phys. Bl. 52 (1996) Nr. 1, 13

[2] The Economist, 28. Okt. 1995, 104: *Electronic pizza*

[3] Genau genommen müßte man die x- und y-Richtungen zusammen betrachten; statt einer schwingenden Saite erhält man dann eine schwingende Membran. Der Abstand der Energiewerte ändert sich dadurch, jedoch bleibt die grundsätzliche Überlegung mit nur einer Dimension, wie sie hier vereinfacht durchgeführt wurde, erhalten.

[4] K. v. Klitzing, G. Dorda, and M. Pepper, Phys. Rev. Lett. 45, 494 (1980)

[5] PTB Mitteilungen 93, 293 (1983)

Fortbildungswoche 23. – 27. 2. 1998

Vorschläge und Angebote zur Programmgestaltung der nächsten Fortbildungswoche sind herzlich willkommen. Sie mögen baldmöglichst dem Obmann des Vereins mitgeteilt werden. Bitte auch mitzuteilen, ob das Angebot – falls es im Programm 1998 nicht berücksichtigt werden kann – für 1999 aufrecht erhalten wird.

Angebote und Vorschläge, auch Nennung interessanter Vortragender und Wunschthemen, werden zu allen Teilen des Programms erbeten: Vorträge, Arbeitsgruppen, Exkursionen, Diskussionen.

Tagungen im Ausland

DPG-Didaktik der Physik

Die Fachtagung 1998 findet an der Universität Regensburg von 23. - 26.3.1998 statt.
Vortragsanmeldungen bis 15.11.1997 an den Vorsitzenden, Prof. Dr. H. Schlichting

GIREP-Tagung 1998 Hands-On Experiments in Physics Education

Die in zweijährigem Rhythmus stattfindende Tagung der Groupe International des Rechercheurs d' Enseignement de Physique (GIREP), einer Vereinigung von Physikdidaktikern aus aller Welt, hat 1998 Freihandexperimente, Spielzeug und öffentliche Darstellung von Physik in Wissenschaftsmuseen zum Thema. Insbesondere soll gezeigt werden, wie diese Experimente zum Lernprozeß teiltragen. Die Tagung findet an der Mercator-Universität Duisburg statt, an der Physikdidaktik einen hohen Stellenwert hat.

Datum: 23.-28. August 1998.

Anmeldung von Beiträgen bis 13. März 1998.
Anmeldung zur Teilnahme bis 15. Mai 1998.

Organisation:
Prof. Dr. G. Born, Prof. Dr. H. Harreis, Prof. Dr. N. Treitz, FB10, Universität Duisburg, D-47048 Duisburg
Prof. Dr. H.-J. Schlichting, FB7/Uni Essen, D-45117 Essen
Dr. Christian Ucke, TU München, Dept. E20, D-85747 Garching

Erratum

Im Artikel "Behandlung des Themas Ozon ..." (PLUS LUCIS 1/97) ist in den Tabellen auf S. 31 die Angabe des Ozongehalts in Mikrogramm/m^3 zu korrigieren.

Chemische Grundlagen der Farbfotografie

Oswald Drobinc

Die Farbfotografie beruht auf der Lichtempfindlichkeit der Silberhalogenide. Vorwiegend wird Silberbromid verwendet, in den Filmen auch Silberjodid und in den Fotopapieren Silberchlorid, je nach der erforderlichen Empfindlichkeit. Das Silberhalogenid ist in Form kleinster Kristalle (1 µm) in Gelatine suspendiert, trotzdem spricht man von der fotografischen *Emulsion*.

Durch Zugabe gewisser organischer Farbstoffe kann die Emulsion für bestimmte Spektralbereiche sensibilisiert werden, daher die Bezeichnung *Sensibilisatoren* für diese Farbstoffe. Die wichtigsten Sensibilisatoren gehören chemisch zur Klasse der Zyaninfarbstoffe.

Typisch für diese Farbstoffe ist das System

$>N^{(+)}=C-(C=C)-N< \quad \longleftrightarrow \quad >N-C=(C-C)=N^{(+)}<$

das abwechselnd einfache und doppelte Bindungen zwischen den Atomen enthält und als *konjugiertes System* bezeichnet wird. Die Schreibweise als Gleichgewicht soll andeuten, daß die positive Ladung am Stickstoff nicht starr zu einem Stickstoffatom gehört und die Lage der Doppelbindungen auch nicht festliegt, sondern sich ein zeitlich-räumliches Mittel zwischen diesen Grenzzuständen einstellt.

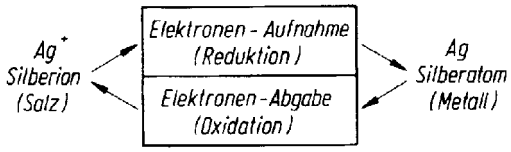
Im sogenannten fotografischen Elementarprozeß wird durch Belichtung aus dem negativ geladenen Bromid-Ion ein Elektron, das negativ geladene Elementarteilchen, abgelöst:

$$Br^- \rightarrow Br + e^-$$

Das dabei entstehende neutrale Brom-Atom reagiert mit benachbarten Bestandteilen, während sich das Elektron im Kristallgitter mit einem positiv geladenen Silber-Ion zu einem metallischen Silber-Atom neutralisiert:

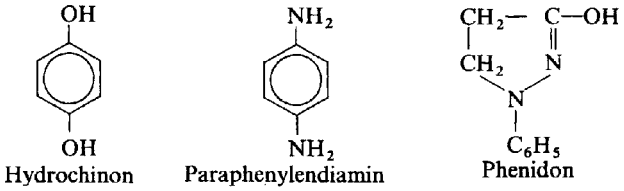
$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag_{metall}$$

Je größer das Kristall-Körnchen ist, desto größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, daß es von so viel Licht getroffen wird, daß es durch diesen fotografischen Elementarprozeß entwickelbar wird. Eine Vielzahl von auf diese Weise entstandenen Körnchen mit Störstellen im Kristallgitter des Silberhalogenides bilden das sogenannte *latente Bild*. Dieses latente Bild wird bei der Entwicklung durch chemische Reduktion des Silberhalogenides zum metallischen Silber in ein sichtbares Silber-Bild umgewandelt.

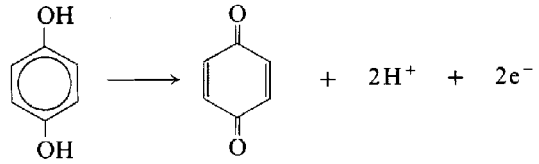


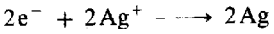
Chemische Reduktionsmittel kommen jedoch nur dann als Entwicklersubstanzen in Frage, wenn sie selektiv Kristalle mit Latentbildkeimen deutlich schneller entwickeln als latentbildfreie Silberhalogenidkristalle.

Die meisten Entwicklersubstanzen sind Derivate (Abkömmlinge) des Benzols, wobei die wichtigste das Hydrochinon ist (HQ, Paradiphenol, Chinol, p-Dihydroxybenzol, 1,4-Dihydroxibenzen):

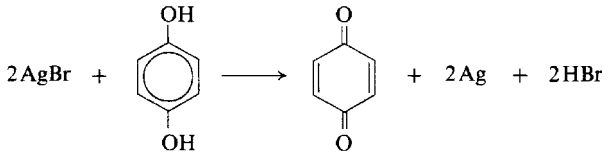


Aus chemischer Sicht fungiert bei der Entwicklung die Entwicklersubstanz als Elektronen-Donator und das Silber-Kation als Elektronen-Akzeptor:

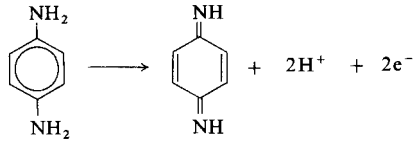




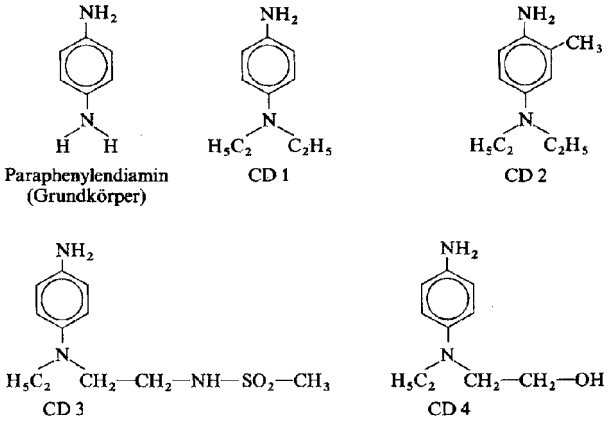
Als summarische Reaktionsgleichung ausgedrückt, läuft die Abscheidung des metallischen Silbers beim Entwicklungsprozeß demnach gemäß folgender Gleichung ab:



Im Prinzip reagieren alle anderen Entwicklersubstanzen und auch alle vom Paraphenylendiamin abgeleiteten Farbentwicklersubstanzen in gleicher Weise:



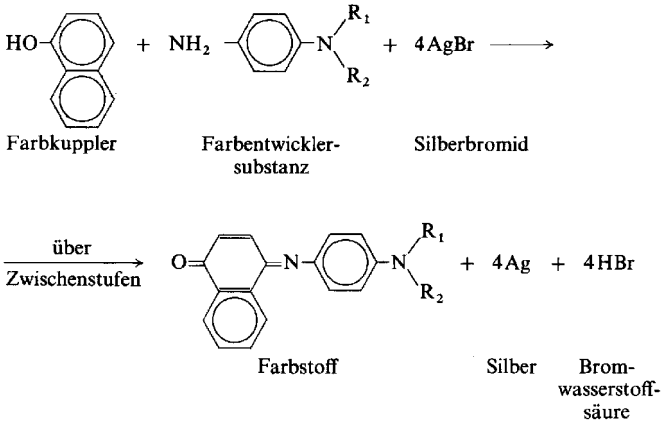
Die folgenden Paraphenylendiamin-Derivate werden als Farbentwicklersubstanzen verwendet:



Die bei diesen Reaktionen entstehenden Oxidationsprodukte des p-Phenylendiamins bzw. seiner Derivate reagieren nun ihrerseits mit den in den Emulsionsschichten enthaltenen Farbkupplern unter Bildung der für den Bildaufbau erforderlichen subtraktiven Farbstoffe Cyan, Yellow und Magenta (Blaugrün, Gelb und Purpur).

Ing. Oswald Drobinc, Kodak Ges.m.b.H., Vortrag anläßlich der 51. Fortbildungswoche 1997. Druckkostenbeitrag von Kodak

Das folgende Reaktionsschema zeigt, wie in einer Kupplungsreaktion das Molekül des in der Emulsionsschichte eingebetteten Farbkupplers mit der Farbentwicklersubstanz bzw. mit deren Oxidationsprodukt unter Bildung eines Farbstoffes reagieren. Dieser Vorgang wird als *chromogene Entwicklung* bezeichnet.



Bei Verwendung der geeigneten Entwicklersubstanzen in Zusammenwirkung mit den geeigneten Kupplersubstanzen entstehen "maßgeschneidert" die jeweils erforderlichen Farbstoffe in den einzelnen Farbschichten des Filmes bzw. Papieres.

Nach diesen Prinzipien erfolgt auf dem Aufnahmefilm eine komplementär vertauschte Abbildung, die als *Negativ* bezeichnet wird. Bei der nochmaligen Belichtung auf Fotopapier erfolgt eine nochmalige Umkehrung der Dichte- und Farbtonwerte, wobei eine normale tonwertrichtige Abbildung entsteht (*Positiv*).

Bei der *Umkehrentwicklung* wird in einem Erst-Entwickler schwarzweiß entwickelt und dann das dabei nicht umgewandelte verbleibende Silberhalogenid in der nachfolgenden Farbentwicklung zum Bildaufbau verwendet. Das im Bild dargestellte "KODACHROME"-Verfahren liefert nach wie vor die schärfsten Diafilme, da auch die Farbkuppler von außen zugeführt werden und somit die Dicke der Filmschichten geringer gehalten werden kann.

Nach der Farbentwicklung muß das im Bild gebildete Silber entfernt werden, da in der Farbfotografie nur das aus Farbstoffen aufgebaute Bild gewünscht ist.

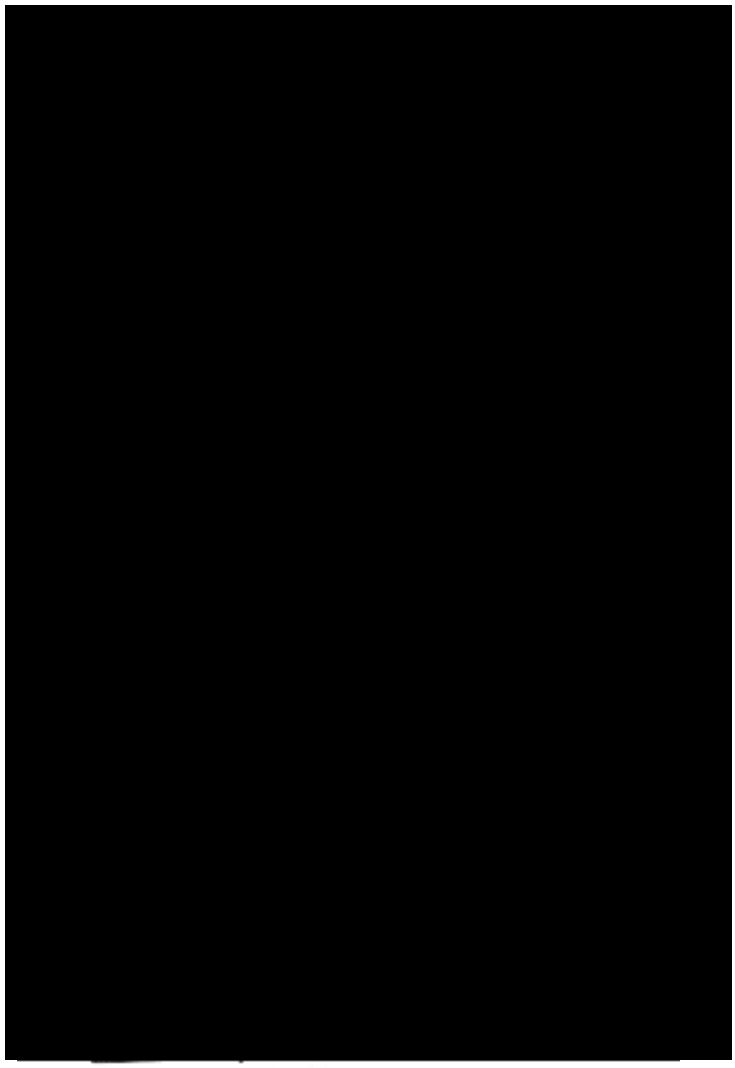
Auch das verbliebene restliche Silberhalogenid stört durch trübes Aussehen, und nachträgliche Dunkelfärbung muß ebenso entfernt werden.

Bei der *Negativ-Entwicklung* erfolgt dies in zwei getrennten Behandlungsbädern mit zwischengeschalteter Wässerung: Nach dem Entwickler gelangt der Film in das Bleichbad. Die chemisch wirksame Komponente ist ein komplex gebundenes Eisen-III-Salz, welches das metallische Silber wieder in das Silber-Kation überführt:

$$Fe^{3+} + Ag \rightarrow Ag^{+} + Fe^{2+}$$

Das gebildete Silber-Ion wird im nachfolgenden Fixierbad mit Hilfe von Ammoniumthiosulfat $(NH_4)_2S_2O_3$ zum leicht löslichen Komplexsalz $(NH_4)_3[Ag(S_2O_3)_2]$ umgewandelt und herausgelöst:

$$AgBr + 2\ (NH_4)_2S_2O_3 \rightarrow (NH_4)_3[Ag(S_2O_3)_2] + NH_4Br$$



KODACHROME-Verfahren

Beim Papierprozeß können diese beiden Funktionen des Bleichens und Fixierens in einem einzigen Verarbeitungsbad (*Bleichfixierer*) vereinigt werden, was die Produktivität der Ausarbeitung weiter steigert.

Für die Langzeit-Stabilität der Filme und Bilder ist letztlich die restlose Beseitigung der Verarbeitungs-Chemikalien-Rückstände entscheident.

Beim Papierprozeß erreicht man dies durch eine hocheffiziente Schlußwässerung in mehrstufigem Gegenstromverfahren.

Bei der Negativ-Entwicklung wird zusätzlich in einem abschließenden Stabilisierbad der pH-Wert optimiert und die Gelatine durch Formaldehyd keimfrei gemacht sowie gehärtet.

Der Verbrauch an Entwicklungschemikalien ist durch verschiedene Maßnahmen im Laufe der Jahre sehr stark reduziert worden. Neben Rezeptur-Änderungen und Recycling war die effizienteste technische Neuerung die hauchdünne PE-Beschichtung ("RC", Resin Coating) des Träger-Materials. Dadurch wird der saugfähige Papierfilz des Fotopapieres versiegelt und damit der Chemikalienverbrauch auf ¼ reduziert.

Ein Bergwerk, 4 Physikerinnen, 56 Nationen, unzählbar viele Neutrinos und Gold für Österreich

Ein Bericht über die 28. Internationale Physikolympiade in Sudbury/Kanada

Helmuth Mayr

Wer kennt die Völker, nennt die Namen ...

55 Fahnen schmückten die Stirn- und die Seitenwände des großen Festsaals der Laurentian-Universität in Sudbury, einer mittelgroßen Bergwerksstadt in Nordostkanada. In der Mitte der Stirnwand prangte die kanadische Fahne. Symmetrisch dazu konnte man links und rechts im Saal die Fahnen aller jener Staaten sehen, die in den vergangenen Jahrzehnten als Gastgeberstaaten einer Internationalen Physikolympiade fungierten. Natürlich befand sich auch unsere österreichische Fahne darunter, da wir 1988 in Bad Ischl 29 Staaten bei der 19. IPHO begrüßen konnten.

In der Zwischenzeit hat sich allerdings die Anzahl der Teilnehmerstaaten deutlich vergrößert. Im Festsaal der Laurentian-Universität saßen an diesem 20. Juli 1997 Schüler/innen und Begleitlehrer aus 56 teilnehmenden Nationen aus allen Kontinenten, außerdem Beobachter von sechs "beitrittswilligen" Staaten, Organisatoren, Guides, freiwillige Helfer, Vertreter von Sponsoren, Wissenschaftler, Mitglieder diplomatischer Vertretungen, Politikerinnen und Politiker bis hin zum Ministerpräsidenten des kanadischen Teilstaates Ontario und als besonderer Ehrengast der kanadische Physik-Nobelpreisträger von 1994, Bertram Brockhouse.

Und inmitten dieser wogenden Menge befanden wir uns, die österreichische Mannschaft der heurigen IPHO: Felix Hummel (Salzburg), Bernhard Kubicek (Berndorf), Ewald Puchwein (Linz), Peter Rabl (Wörgl) und Klaus Schießl (Berndorf) sowie als Begleitlehrer Kollege Lechner aus Wörgl und ich.

Schüler/innen als "Nußknacker"

Seit 1982 können sich österreichische Oberstufen-Schülerinnen und -Schüler im Rahmen einer unverbindlichen Übung, dem Physikolympiadekurs, freiwillig und zusätzlich zum normalen Unterricht intensiver und vor allem weitgehend selbständig mit physikalischen Problemen befassen. Dabei geht es keinesfalls um das Auswendiglernen von möglichst vielen physikalischen Phänomenen und Gesetzen, sondern darum, Probleme der Physik zu lösen.

Als Vergleich drängt sich das Schachspielen auf: Dabei gewinnt ja auch nicht jener Spieler, der die entsprechenden Regeln möglichst gut und vollständig auswendig gelernt hat, sondern jener, der sie am besten (und vielleicht auch mit einer Portion Glück) anwenden kann. Das ist auch beim "Knacken" der gegebenen "physikalischen Nüsse" so: Je geschickter ein/e Schüler/in mit Witz und Verstand die Physik anwendet, umso rascher und besser wird eine Lösung erzielt.

Als Physiklehrer bin ich immer wieder über den Ideenreichtum, das große Interesse und die Einsatzfreude der Kursteilnehmer/innen begeistert und gebe gerne zu, daß auch ich aus diesen Kursen enorm viel für meinen "Normal"-Unterricht profitiert habe. Daher kann ich allen Kolleginnen und Kollegen, die an einer Oberstufe Physik unterrichten, die Führung eines Physikolympiadekurses nur wärmstens empfehlen !

Eine wohlverdiente Ruhepause – von links nach rechts: Prof. Mayr, Felix Hummel, Peter Rabl, Ewald Puchwein, Klaus Schießl, Bernhard Kubicek, Prof. Lechner

Wettbewerbe

Jedes Jahr, etwa ab April, haben die österreichweit ungefähr 500 Teilnehmer/innen der Physikolympiadekurse die Gelegenheit, ihre Fähigkeiten und Kenntnisse im Rahmen von Wettbewerben zu messen, eigene Grenzen auszuloten und wertvolle Preise zu gewinnen. Diese vom Unterrichtsministerium organisierten wissenschaftlich orientierten Wettbewerbe beginnen zunächst auf Schulebene, setzen sich dann auf der Ebene der einzelnen Bundesländer fort und gipfeln in einem zweitägigen österreichweiten Wettbewerb, dem ein 10-tägiger Physik-Intensivkurs vorausgeht (der von den Kollegen Lechner aus Wörgl, Stremitzer aus Graz, Zöchling aus Berndorf und mir betreut wird).

Mit einem Vergleich aus der Welt des Sports kann man sagen, daß durch diese drei Wettbewerbsebenen aus vielen "Breitensportlern" die "Spitzensportler" ermittelt werden. Alle Teilnehmer/innen erhalten vom Ministerium Diplome und die besonders erfolgreichen zusätzlich wertvolle Buch- und auch Sachpreise bzw. Medaillen. Die fünf erfolgreichsten Schüler/innen des Bundeswettbewerbs bilden dann mit Kollegen Lechner und mir die österreichische Delegation bei der Internationalen Physikolympiade.

Prof. Mag. Helmuth Mayr, BRG 15 Auf der Schmelz, Uni Wien

Neutrinos im Bergwerk und die Universität im Park

Der Austragungsort der heurigen IPHO war die Laurentian-Universität von Sudbury, die sich unweit von dem weltweit größten Nickelvorkommen befindet. Man vermutet, daß dieses riesige Erzlager vor langer Zeit durch einen Meteoriteneinschlag zustande gekommen sein könnte. (Die Abbauwürdigkeit hat u. a. niemand geringerer als Arrhenius untersucht).

Da dieses Bergwerk auch Kanadas tiefste Grube darstellt, wurde in etwa 2000 m Tiefe ein Neutrino-Observatorium installiert, das mithelfen soll herauszufinden, warum weniger Sonnen-Neutrinos gemessen werden können, als eigentlich erwartet werden. (Tiefe Schächte eignen sich für derartige Messungen deshalb besonders gut, weil die darüberliegenden Felsschichten andere Teilchen weitgehend abschirmen). Den Kern der Meßapparatur bilden 1000 Tonnen schweres Wasser, das von etwa 10000 Photosensoren umgeben ist. Die ganze Anordnung befindet sich in einem Reinstluftraum, der das Einschleppen von "Störteilchen" so gut wie möglich verhindert. Es scheint eine Ironie zu sein, daß ein "Sonnenthermometer" ausgerechnet in einem dunklen Schacht tief unter der Erdoberfläche postiert werden muß! Die Auswertung der Daten erfolgt in enger Kooperation mit der Laurentian-Universität, deren Campusgebäude in einigen Kilometern Entfernung in einer parkähnlichen Landschaft verstreut sind.

Eigentlich hatte ich mir durch diese Umgebung des Olympiade-Austragungsortes erwartet, daß eine der gestellten Aufgaben irgend etwas mit Neutrinos zu tun haben werde. Doch es kam ganz anders.

Vom Bimorph zum Solarflugzeug

Am 15. Juli wurden alle 266 Schüler/innen der 56 teilnehmenden Staaten mit je einem Bimorph konfrontiert, dessen wichtigste Eigenschaften innerhalb von fünf Stunden Arbeitszeit experimentell zu erkunden waren. (Ein Bimorph ist ein Schichtmaterial, das sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung verformt).

Nach einem wohlverdienten Ruhetag wurden am 17. Juli den Teilnehmer/innen drei theoretische Aufgaben vorgelegt:
Die erste war eine Mixtur aus fünf voneinander unabhängigen Teilaufgaben, die von den Kandidaten/innen breit gestreute Lösungsideen (von der Mechanik einer Feder bis zur Fiktion eines "myonischen" Atoms) verlangte.
Die zweite Aufgabe behandelte bestimmte Vorgänge innerhalb von Atomkernen: Auf Grund einer vorangestellten kurzgefaßten Theorie, die weit über das Niveau des üblichen Physikunterrichtes hinausgeht, waren diverse Kerneigenschaften zu berechnen und Stabilitätsbetrachtungen durchzuführen.
Die dritte Aufgabe wurde mit einem gerafft dargestellten Modell der Strömungsverhältnisse um einen Flugzeugflügel eingeleitet, wobei auch dieses Modell den Rahmen der üblichen Schulphysik sprengte. Mit dessen Hilfe waren verschiedenste Kraftwirkungen auf das Flugzeug und die Möglichkeit eines Solarantriebes zu analysieren.

Vier Konferenzen und vier Physikerinnen

Wie bei der IPHO üblich, legten Vertreter des Gastgeberlandes der sogenannten Internationalen Kommission (die aus allen Begleitlehrern besteht) die gestellten Aufgaben vor. Dieses Gremium diskutiert die Aufgaben, Lösungsvorschläge und die zugehörigen Punkteskalen und beschließt durch Abstimmung allfällige Änderungen oder Ergänzungen. Dann haben die Begleitlehrer jedes Staates die Aufgabe, die autorisierten, englischsprachigen Originale in die jeweilige Landessprache zu übersetzen und den Organisatoren zu übergeben. Da dieses Ritual sowohl für den experimentellen als auch für den theoretischen Wettbewerb erforderlich ist, vergehen bis zur endgültigen Erstellung aller Wettbewerbsaufgaben zwei Konferenzen, die bis lang nach Mitternacht dauerten.

Nachdem die Schüler/innen die Wettbewerbe absolviert hatten, bekamen wir Begleitlehrer die Kopien ihrer Arbeiten, um sie zu korrigieren. Diese "vorkorrigierten" Arbeiten wurden anschließend den entsprechenden Korrekturteams übergeben. Im Rahmen zweier weiterer Konferenzen mußten dann wir Begleitlehrer mit den Korrektoren der einzelnen Aufgaben einen endgültigen und fairen Punktestand für jeden einzelnen Schüler ausdiskutieren.

Da dies für 56 Staaten einen beträchtlichen organisatorischen Aufwand darstellt, wurden wir Begleitlehrer in vier Gruppen aufgeteilt, die zwecks Kennung jeweils den Namen einer bedeutenden Physikerin zugeordnet erhielten. Wir Österreicher befanden uns in der Gruppe "Chien-Shiung Wu". Diese Physikerin wurde 1912 geboren und starb 1997, arbeitete in China und den USA und wurde durch ihren experimentellen Nachweis der Paritätsverletzung beim Betazerfall berühmt. Andere Staatengruppen wurden "Lise Meitner" (1878 – 1968; Fission), "Marie Sklodowska-Curie" (1867 – 1934; Radioaktivität, Französin polnischer Abstammung) und "Maria Goeppert-Mayer" (1906 – 1972; Isotopenphysik, US-Amerikanerin polnischer Abstammung) genannt.
Ich habe mich über diese Würdigung von verdienten Wissenschaftlerinnen in der ohnehin männlich dominierten Welt der Physik sehr gefreut.

Ränge, Preise und Medaillen

Unsere österreichischen Schüler erbrachten beachtliche Leistungen. Der erst 16 Jahre alte *Klaus Schießl* eroberte (punktegleich mit einem spanischen und einem thailändischem Schüler) den 101. von 141 Rängen, auf denen sich die 266 Schüler/innen verteilten, und ließ damit 55 zum größten Teil wesentlich ältere Kandidaten/innen hinter sich.
Peter Rabl reihte sich (ex aequo mit einem Dänen, einem Esten und einem thailändischen Schüler) auf dem beachtlichen 83. Rang ein.
Felix Hummel belegte den 60. Rang (gemeinsam mit einem Israeli, einem Rumänen und einem Ukrainer) und wurde dafür mit einer "honorable mention" (= 4. Preis) belohnt.
Bernhard Kubicek belegte durch seine Leistungen den 43. Rang (den er mit einem Polen und einem Koreaner teilt) und erhielt dafür eine Bronzemedaille.
Ewald Puchwein reihte sich in die Weltspitze ein: Er eroberte den 15. Rang und konnte daher aus der Hand des kanadischen Nobelpreisträgers Brockhouse eine Goldmedaille in Empfang nehmen.

Herzliche Gratulation an alle unsere Teilnehmer !

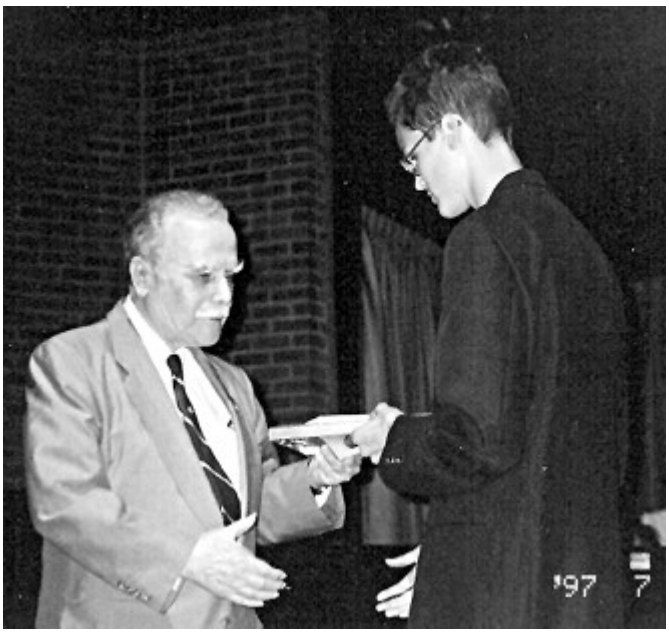
Konkurrenten und Freunde

Die vielen Schüler und wenigen Schülerinnen bildeten einen bunt gewürfelten Haufen, der eines der Campusgebäude mit Leben erfüllte. Bald wurden trotz des babylonischen Sprachengewirrs quer durch die Nationen und Weltanschauungen Freundschaften geschlossen, die durch die Wettbewerbe und der damit verbundenen Konkurrenzsituation keinesfalls getrübt wurden. Die Gastgeber boten den Schüler/innen an den wettbewerbsfreien Tagen ein reichhaltiges Programm an: Ein großes Strandfest (bei dem u.a. verschiedenste Geschicklichkeitsspiele ausprobiert werden konnten), eine Besichtigungen typisch kanadischer Einrichtungen, wie der berühmten kanadischen Polizei, einen Gang ins Nickelbergwerk, Vorträge, sportliche Aktivitäten, eine Party im Astronomischen Klub, ein Badeaufenthalt an einem romantischen See, eine Video-Tanz-Party, eine Stadtführung durch Sudbury, eine Physik-Show, diverse Filme, ein Besuch im "Science Center North", die Gelegenheit, möglichst ungewöhnliche Thermometer zu konstruieren und eine große Abschlußparty. Am Ende wurden eifrig Adressen ausgetauscht, um mit den neuen Freunden aus aller Welt in Verbindung bleiben zu können. Das vielzitierte Wort Völkerverständigung wurde hier von allen Beteiligten erfahren und praktisch umgesetzt. Ist das nicht großartig?

Wie geht's weiter ?

Während ich diese Zeilen verfasse, sind österreichweit jene organisatorischen Schritte im Gang, die auch heuer wieder entsprechend interessierten Oberstufenschülern und -schülerinnen den Zugang zu den Physikolympiadekursen ebnen. Fünf von ihnen werden dann, als Erfolgreichste aller drei Wettbewerbsebenen Anfang Juli 1998 Österreich bei der 29. Internationalen Physikolympiade vertreten, zu der der Gastgeberstaat Island etwa 60 Nationen einladen wird.

Viel Vergnügen und Erfolg allen Olympioniken!



Nobelpreisträger Bertram Brockhouse überreicht Ewald Puchwein das Preisdiplom und die Goldmedaille

Fachbereichsarbeiten Physik

Wie in den Vorjahren lud die österreichische Physikalische Gesellschaft ein, Fachbereichsarbeiten zur Prämierung vorzuschlagen. 11 Arbeiten wurden eingereicht, davon allein 6 aus Graz. Nach Begutachtung durch eine Jury vergab der Vorstand der ÖPG diesmal 4 Preise. Die Ausgezeichneten sind:

Dunja Lechner (BRG Schwaz in Tirol, Betreuerin: Prof. Dr. Doris Margreiter) mit einer stark experimentellen Arbeit "Anatomie des Herzens im einfachen physikalischen Modell",

Martin Schnitzer (BGRG Graz Seebachergasse, Betreuer: Prof. Dr. Erich Reichel) ebenfalls mit einer experimentellen Untersuchung "Chaotische Systeme im Experiment",

Bernhard Buchner (BRG Graz Keplerstraße, Betreuer: Prof. Dr. Gerhard Rath) mit der Aufbereitung physikalischer Grundversuche für ein neues Meßwerterfassungssystem in "Möglichkeiten zur Nutzung des CBL im Physikunterricht mit Schwerpunkt auf die Elektrizitätslehre",

Katharina Bischof (BGRG Graz Seebachergasse, Betreuerin: Prof. Mag. Marianne Wenzl) mit "Extragalaktische Radioquellen mit Hauptblickpunkt Quasare".

Es ist offensichtlich, daß die meisten eingereichten Arbeiten weit über jenen Umfang und Arbeitsaufwand hinausgehen, der für Fachbereichsarbeiten vorgesehen ist. Die Auszeichnung der angeführten Arbeiten soll den besonderen Einsatz der Verfasser würdigen und nicht die eingereichten Arbeiten zur angestrebten Norm erklären. Ein wesentliches Kriterium für die Güte ist ein kleiner Schuß Originalität.
Die Ausgezeichneten wurden im Rahmen der Jahrestagung der ÖPG vorgestellt. Der Vorsitzende der Gesellschaft, Univ.-Prof. Dr. A. Zeilinger, überreichte Ehrenurkunden und Buchpreise, sie werden mit ihren betreuenden Lehrern ins Forschungszentrum Seibersdorf eingeladen.

Goldmedaille bei der Internat. Physikolympiade

Die ÖPG lud die 5 Teilnehmer der Internationalen Physikolympiade 1997 zur Jahrestagung der ÖPG an die Universität Wien ein. Felix Hummel, Bernhard Kubicek, Ewald Puchwein, Peter Rabl und Klaus Schießl hatten alle Hürden vom Schul- bis zum Bundeswettbewerb gemeistert und konnten österreich bei der 28. Internationalen Physikolympiade vertreten. Sie taten dies mit einem bisher noch nie gewesenen Erfolg: *Ewald Puchwein erreichte eine Goldmedaille, Bernhard Kubicek eine Bronzemedaille*. Sie wurden bei der Jahrestagung den Tagungsteilnehmern vorgestellt. Univ.-Prof. Dr. Zeilinger gratulierte den Teilnehmern und ihren Betreuern und überreichte Ehrenurkunden und Buchpreise.
Den Betreuern an den Schulen sowie den Betreuern der IPhO-Mannschaft, Prof. Mag. Helmuth Mayr und Prof. Mag. Günther Lechner sei hier ebenso wie der zuständigen Abteilung im BMUK, insbes. Frau MR Dr. Maria Zadrazil; für die Unterstützung dieser Form der Begabtenförderung gedankt. Die besondere Bedeutung der Physikolympiade liegt in der Erfassung und Betreuung einer großen Zahl von Physik-Interessierten auf Schulebene.
Die Buchpreise wurden vom Verlag Hölder- Pichler-Tempsky gestiftet.

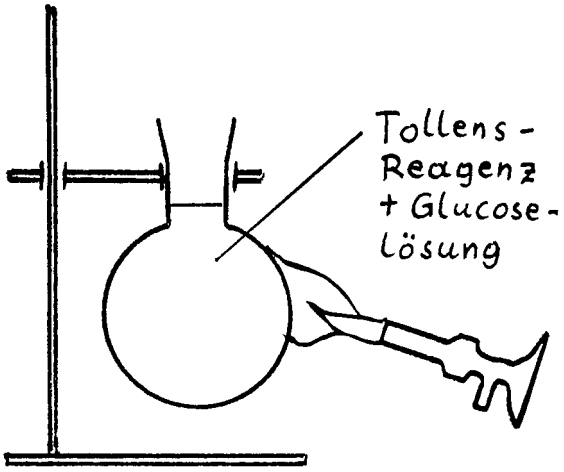
Freihandexperimente

Die Rosenkugel

Material: Großer Rundkolben (1000 ml), Stativ und Stativmaterial, Brenner, Waage, Meßzylinder, Pipette, Spatel, ev. Wasserbad, Tollens-Reagenz (Silbernitrat, Natriumhydroxid, Ammoniaklösung conc.), Glucoselösung (ca. 8 %), ev. dest. Wasser

Durchführung: In den großen Rundkolben füllt man 500 ml Tollens Reagenz und 500 ml Glucoselösung. Der Kolben wird im Stativ fixiert und mit der rauschenden Brennerflamme gleichmäßig von allen Seiten erhitzt. Die Lösung beginnt sich dunkel zu verfärben und an der Innenseite des Kolbens bildet sich ein Silberspiegel. Es wird so lange erhitzt, bis der ganze Kolben verspiegelt ist.

Die ammoniakalische Silbernitratlösung wird durch die Glucose zu Silber reduziert.



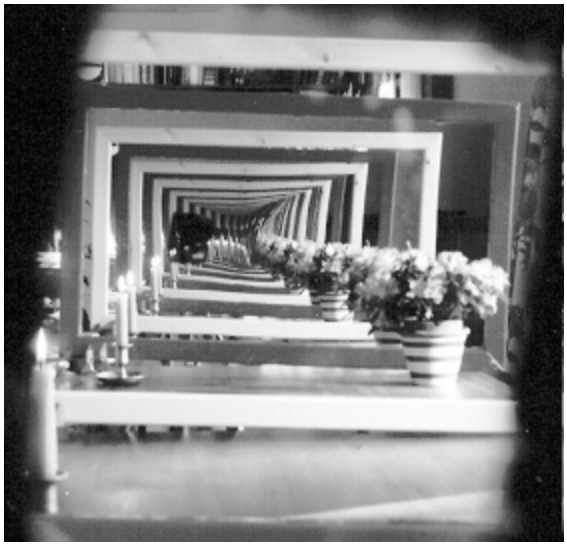
Tips und Tricks:

- Herstellung von Tollens-Reagenz: 450 ml 2 %ige Silbernitratlösung wird mit 50 ml 10%iger Natronlauge versetzt. Nun fügt man so lange 10%ige Ammoniaklösung zu, bis sich der anfänglich bildende Niederschlag wieder löst (immer frisch herstellen).
- Reinigung des Kolbens: Um einen haltbaren Silberspiegel zu bekommen, sollte man den Kolben innen sehr gut reinigen. Allenfalls wird der Kolben mit Chromschwefelsäure gereinigt (Vorsicht!).
- Statt mit dem Brenner von außen zu erhitzen, kann der ganze Kolben auch einige Zeit in kochendes Wasser getaucht werden.
- Versuchsdurchführung für Eilige: Eine halbe Spatel Silbernitrat in Wasser lösen und Ammmoniakwasser conc. zutropfen, bis kein Niederschlag mehr zu sehen ist. Zugabe von drei Löffeln Glucose (Traubenzucker); schütteln und erwärmen.

Werner Rentzsch

Spiegelungen

In der Vorführung zur Eröffnung der Fortbildungswoche 1997 wurden Demonstrationen mit ebenen und sphärischen Spiegeln gezeigt, die auch für Veranstaltungen (Tag der Offenen Tür) geeignet sind. In die Verspiegelung eines der parallelen Spiegel wurde ein Loch geschabt, so daß der Blick hinein möglich ist. Man kann sich auch zwischen die Spiegel stellen. (Siehe W. Rentzsch, *Optik*, Verlag HPT.)



Blick in die Unendlichkeit - parallele Spiegel

Drei Spiegel im gleichseitigen Dreieck aufgestellt ergeben ein begehbares Kaleidoskop, von sich selbst erhält man einen "vielseitigen" Eindruck.

Drei Spiegel - ein Kaleidoskop lädt zum Eintritt ein

Die Reflexion an mehreren Rosen- oder Christbaumkugeln führt auf fraktale Bilder, aus Platzgründen folgt ihre Besprechung in der nächsten Ausgabe.

Helmut Kühnelt

Satzungen

des Vereines zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien

§1 Name und Sitz des Vereines.

Der "Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts" hat seinen Sitz in Wien.

§2. Zweck des Vereines.

Er verfolgt den Zweck, den physikalischen und chemischen Unterricht aller Schulgattungen in wissenschaftlicher und didaktischer Hinsicht zu vervollkommnen.

§3. Mittel zur Erreichung dieses Zweckes.

Solche sind:

1. Regelmäßige Vorträge mit anschließender Wechselrede.
2. Vorführung und Besprechung physikalischer und chemischer Apparate und Versuche.
3. Studiengänge.
4. Herausgabe einer Vereinszeitschrift.
5. Lehrgänge für die Weiterbildung.
6. Sonstige Maßnahmen, die geeignet sind, den Vereinszweck zu fördern.
7. Mitgliederbeiträge und geldliche Unterstützungen.

§4. Mitglieder.

Der Verein besteht

1. Aus Mitgliedern des Stammvereines Wien.
2. Aus auswärtigen Mitgliedern.
3. Aus Ehrenmitgliedern.

Vereinsmitglied kann jeder werden, der an dem Ausbau des physikalischen und chemischen Unterrichts Anteil nimmt.

Ehrenmitglieder werden ob ihrer besonderen Verdienste um den Verein oder die Vereinsziele über Antrag der Vereinsleitung von einer Beschlußversammlung ernannt. Die Ernennung zum Ehrenmitglied ist die höchste Auszeichnung, die der Verein zuerkennen kann.

§5. Mitgliederaufnahme.

Die Aufnahme in den Verein erfolgt über schriftliche Anmeldung bei der Vereinsleitung, die auch das Recht hat, die Aufnahme zu verweigern.

§6. Rechte der Mitglieder.

Die in §4 unter 1 genannten Mitglieder haben das Recht, an allen vom Vereine ausgehenden Veranstaltungen teilzunehmen und die Vereinszeitschrift in dem jeweils von einer Beschlußversammlung festgesetzten Umfange zu beziehen, ferner das Recht der Rede und das Stimmrecht in den Vereinsversammlungen, das Wahlrecht und die Wählbarkeit zu allen Vereinsämtern.

Die in §4 unter 2 genannten Mitglieder haben das Recht der Teilnahme an den Vereinsveranstaltungen, ferner des Bezuges der Vereinszeitschrift (wie oben) sowie Anfragen, Wünsche, Anträge und Beschwerden an die Vereinsleitung zu richten. Es steht ihnen frei, sich, um die Bestrebungen des Vereines zu fördern zu Zweigen (Ortsgruppen, Landesverbänden u. dgl.) zu vereinigen und eine ähnliche Tätigkeit zu entfalten wie die in §4 unter 1 genannten Mitglieder in Wien.

Alle Mitglieder haben das Recht, in die Verhandlungsschriften und die Vermögensgebarung Einblick zu nehmen.

§7. Pflichten der Mitglieder.

Pflicht der Mitglieder ist:

1. Tätige Anteilnahme an den Arbeiten des Vereines.
2. Leistung eines Jahresbeitrages in die Vereinskasse mit Beginn des Vereinsjahres. Die Höhe dieses Beitrages bestimmt die Jahresversammlung durch einfache Stimmenmehrheit.

Ehrenmitglieder sind von geldlichen Leistungen an den Verein enthoben.

§8. Austritt aus dem Verein.

Im allgemeinen steht der Austritt aus dem Verein jedem Mitgliede zu jeder Zeit frei und es erlöschen damit auch dessen Rechte und Pflichten dem Verein gegenüber von selbst. Erfolgt jedoch die Austrittserklärung nach Beginn des Vereinsjahres, so enthebt sie nicht von der Leistung des Jahresbeitrages für das laufende Vereinsjahr.

§9. Streichung von Mitgliedern.

Der Vereinsleitung steht das Recht zu, Mitglieder, die den Satzungen zuwiderhandeln, von der Mitgliederliste zu streichen. Insbesondere erfolgt dies, wenn der Jahresbeitrag bis zum Rechnungsabschluß nicht beglichen wurde.

§10. Verwaltung des Vereines.

Diese obliegt:

1. Den Vereinsversammlungen.
2. Der Vereinsleitung.

§11. Vereinsversammlungen.

Die Vereinsversammlungen werden von der Vereinsleitung einberufen. Die erste Versammlung in dem mit 1. Oktober beginnenden Vereinsjahr gilt als Jahresversammlung. Dieser ist vorbehalten:

1. Der Bericht über die Tätigkeit des Vereines im abgelaufenen Jahre.
2. Die Entgegennahme der Jahresrechnung.
3. Die Entgegennahme des Berichtes der Rechnungsprüfer.
4. Die Wahl der Vereinsleitung und Bestimmung ihrer Mitgliederzahl.
5. Die Wahl der Rechnungsprüfer für das neue Vereinsjahr.
6. Die Festsetzung des Jahresbeitrages.

Jede andere Vereinsversammlung kann durch einen im Wege der Vereinsleitung eingebrachten Antrag zu einer Beschlußversammlung gemacht werden. Einer solchen obliegt die Fassung der sich im Laufe des Vereinsjahrs ergebenden Beschlüsse, sowie die Ernennung von Ehrenmitgliedern. Die Versammlungen sind bei jeder Zahl der erschienenen Mitglieder beschlußfähig. Stimmberechtigt sind nur die anwesenden Mitglieder. Die Beschlüsse werden mit unbedingter Stimmenmehrheit gefaßt. Erreicht keiner der Anträge die unbedingte Mehrheit, so erscheint bei der nochmaligen Abstimmung derjenige Antrag als angenommen, der die meisten Stimmen erhält. Über die Art der Abstimmung entscheidet die Versammlung. Ausgenommen von obigen Bestimmungen sind Beschlüsse über Satzungsänderungen und die Auflösung des Vereines. (Siehe §§14 und 15).

§12. Vereinsleitung.

Die Vereinsleitung die den Verein nach außen hin vertritt, besteht aus dem Obmann, mindestens je einem Obmannstellvertreter, Schriftführer und Kassenführer, dem Hauptschriftleiter der Vereinszeitschrift, ferner aus mehreren Beiräten. Sie wird von der Jahresversammlung auf ein Jahr gewählt. Eine Wiederwahl nach Ablauf des Jahres ist statthaft. Ergibt sich die Notwendigkeit einer Nachwahl, so kann dies in jeder Beschlußversammlung geschehen. Die Vereinsleitung versammelt sich zur Beratung und Beschlußfassung nach Bedarf. Sie ist bei Anwesenheit von vier Mitgliedern beschlußfähig. Für die Beschlüsse gelten die gleichen Bestimmungen wie für die Beschlußversammlung. Zur Gültigkeit einer Urkunde in Vereinsangelegenheiten ist die Unterschrift des Obmannes oder eines Mitgliedes der Vereinsleitung erforderlich.

§13. Schiedsgericht.

Etwaige Streitigkeiten in Vereinsangelegeheiten sind durch ein Schiedsgericht zu schlichten. Zu diesem entsendet jede streitende Partei zwei Mitglieder, die ein fünftes als Obmann wählen oder durch das Los bestimmen. Gegen den Ausspruch des Schiedsgerichts ist eine Berufung unzulässig.

§14. Satzungsänderungen.

Satzungsänderungen können nur in einer Beschlußversammlung, zu der die in §4 unter 1 genannten Mitglieder unter Hinweis auf den Zweck der Beschlußversammlung wenigstens drei Tage vorher schriftlich eingeladen wurden, mit Zweidrittel Stimmenmehrheit der anwesenden Mitglieder vollzogen werden

§15. Auflösung des Vereines.

Die freiwillige Auflösung des Vereines kann nur in einer Beschlußversammlung, zu der die in §4 unter 1 genannten Mitglieder mindestens acht Tage vorher unter Bekanntgabe der Tagesordnung schriftlich eingeladen wurden, mit Zweidrittel Stimmenmehrheit der anwesenden Mitglieder erfolgen. Mit der gleichen Stimmenmehrheit entscheidet diese Beschlußfassung auch über die Verwendung des allenfalls vorhandenen Vereinsvermögens. Im Falle einer behördlichen Auflösung fällt dieses Vereinsvermögen einem Vereine zu, der sich innerhalb der nächsten drei Jahre bildet und sich die in den §§1-3 enthaltenen Bestimmungen zum Ziele setzt, nach Ablauf dieser Zeit dem Technischen Museum in Wien. XIV.

Bücher und Software

Erdbeben in Österreich

Christa Hammerl und Wolfgang Lenhardt

Leykam 1997, ISBN 3-7011-7334-1, 191 S.

"Was uns so wunderbar ergreift, ist die Enttäuschung von dem angeborenen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit ... der festen Erdschichten... Wenn nun urplötzlich der Boden erbebt,... Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen früheren Lebens..." schilderte 1843 Alexander von Humboldt sein Empfinden eines Erdbeben in Südamerika.

Die Autoren, eine Journalistin und ein Geophysiker, haben in einem leicht verständlichen handlichen Buch einiges Interessantes über Erdbeben zusammengestellt. Sie zeichnen dabei zunächst den Weg vom Mythos zur Wissenschaft, um dann auf die Plattentektonik und die Entstehung von Beben einzugehen. Wenn auch der Österreichische Erdbebendienst in seiner Geschichte ausreichend dargestellt wird – er wurde kurz nach dem Erdbeben von Laibach im Jahre 1895 gegründet -, so wäre eine etwas anschaulichere Darstellung insbesondere der heutigen Methoden der Bebenregistrierung für den technisch weniger bewanderten Leser nützlich.

Die Darstellung von Großbeben von Lissabon 1755 bis Kobe 1995 und von historischen Beben in Österreich von 1201 (Katschberg) bis 1972 (Seebenstein) lebt von zahlreichen Augenzeugenberichten und Bildern. Neidlos gibt sich der Leser zufrieden, daß selbst das verheerende "Beben von Villach" im Jahr 1348 nicht "hausgemacht" war, sondern mit großer Wahrscheinlichkeit sein Epizentrum in Friaul hatte. Doch wer weiß, daß jährlich durchschnittlich 16 Erdbeben in Österreich von der Bevölkerung wahrgenommen werden?

Zur Frage der Vorhersagbarkeit von Erdbeben scheint immer noch das "Gesetz von Richter" das beste zu sein: "Alle schweren Erdbeben ereignen sich innerhalb von drei Monaten einer Tag- und Nachtgleiche."

H. Kühnelt

Elementare Teilchenphysik

Helmut Hilscher

Vieweg-Verlag, 1996, Facetten. ISBN 3-528-06670-9, 282 S.

Helmut Hilscher hat jahrelang als experimenteller Physiker auf den Gebieten Kern- und Teilchenphysik gearbeitet. Er lehrt nun als Professor für Physikdidaktik an der Universität Augsburg. Auf dieser Basis versucht er – wie er schreibt – einen "Spagat zwischen Populär- und Fachwissenschaft" und möchte die Ergebnisse und offenen Probleme, insgesamt auch die Faszination eines Zweiges der Physik, dem Leser, und hier besonders dem Physiklehrer nahe zu bringen.

In drei großen Kapiteln behandelt Hilscher das Standardmodell der Teilchenphysik, Symmetrien und die Weltformel, und die Verbindung zwischen Teilchenphysik und Kosmologie. Dabei steuert der Autor einen schwierigen Kurs: Welche Voraussetzungen dürfen vom Leser erwartet werden? Reichen Grundkenntnisse der klassischen Physik, der Relativitätstheorie und der Quantentheorie? Was heißt dabei Grundkenntnisse? So manche Rechnung, die der Autor vorführt, dient eingestandenermaßen nur der Stringenz der Argumentation und kann nach der Lektüre wieder vergessen werden. Schwierigere mathematische Exkurse sind in eigenen Kästen gut aufgehoben. Andererseits werden aber auch wichtige physikalische Techniken wie etwa Feynman-Graphen in Kästen abgehandelt – und natürlich später vielfach verwendet. Der Rezensent muß hier seinen Zweifel anmelden, wie weit in einer so kompakten Darstellung eine Mathematisierung sinnvoll ist. Es können trotz allem Bemühen viele Resultate nur mitgeteilt werden!

Lassen wir solche Bedenken außer Betracht, was bleibt? Sehr viel! Hilscher zeichnet ein sehr plastisches Bild der Grundlagen unseres Wissens über die Bausteine der Materie. Dabei legt er großen Wert auf die Beantwortung der Frage, woher wir etwas wissen, und beschränkt sich nicht auf die Mitteilung von Ergebnissen. Der Bogen spannt sich von den Eigenschaften der Quarks bis zu den gegenwärtigen Vorstellungen zur Kosmologie und deren Probleme.

Als Ergänzung zu den leichter lesbaren, "populären" Büchern, etwa jenes von Ledermann und Schramm ("Vom Quark zum Kosmos") oder Waloscheks "Neuere Teilchenphysik – einfach dargestellt") kann Hilschers "Elementare Teilchenphysik" empfohlen weden.

H. Kühnelt

Historische Versuche der Physik, nachgebaut und kommentiert

Manfred Achilles

Edition Wötzel, Frankfurt am Main 1996, 2. rev. und erw. Auflage, ISBN 3-925831-14-2, 191 S., 84 Abb., DM 29,90.

In 20 Kapiteln behandelt M. Achilles, kürzlich in den Ruhestand getretener Physikdidaktiker an der TU Berlin, berühmte Physiker und "ihre" Versuche. Das Spektrum reicht von Newtons Zerlegung des Sonnenlichts (1672) bis zum Feldektronenmikroskop von Erwin Müller (1937), dessen Darstellung besonders lebendig wurde, da der Verfasser seine Lehramtsprüfungsarbeit bei Prof. Müller zu diesem Thema anfertigte. Der Schwerpunkt liegt dabei nicht in der Biographie der Forscher, die eher knapp dargestellt wird, sondern im keineswegs musealen, sondern funktionsentsprechenden Nachbau der Originalexperimente.

Es werden neben den bereits genannten behandelt: Fahrenheit und das Thermometer, die Photometrie Lamberts, Prevost und die "Reflexion der Kälte", Lichtenbergs Figuren, Volta (Galvanismus), Malus und die Polarisation des Lichtes anGlasoberflächen, Frenels Zonenkonstruktion, Örsteds Grundversuch, Ampères Stromwaage. Seebeck und die Thermoelektrizität, Ohms Drehwaage, Weber und Gauß als Erfinder der Telegraphie, Helmholtz und die physikalische Physiologie, W. v. Siemens (dynamoelektrisches Prinzip), Lord Kelvins Präzisionsexperimente und der elektrostatische Generator, Pohls Farbzentren, Geiger und der Spitzenzähler, sowie ausführlich ein Potpourri von Maxwells Versuchen.

Die angegebenen Bauanweisungen laden zum Selbstbau ein. Was dem Autor hoch anzurechnen ist: die Einordnung der hi-

storischen Versuche in die Physikgeschichte, die Erläuterung der Schlüsselinnovation im jeweiligen Experiment gegenüber den Vorläufermodellen, und die zahlreichen Abbildungen. Wegen des Computersatzes ist das Büchlein preisgünstig geworden.

H.K.

Chemische Grundversuche ohne Umweltbelastung

Reinhard Demuth, Manfred Schenzer, Margot Janzen

Aulis Verlag Deubner & Co KG, ISBN 3-7614-1772-1, DM 39,-

Rund 120 Grundversuche aus den verschiedenen Bereichen der Chemie sind mit R- uns S-Sätzen sowie Gefahrensymbolen ausführlich beschrieben. Die organische Chemie wird gut abgedeckt, die anorganische und allgemeine Chemie ist leider mit nur zwei Kapiteln (Redoxreaktionen und Komplexchemie) unvollständig bzw. überhaupt nicht vertreten.

Die Zielsetzung der Autoren, nur Versuche zu beschreiben, bei denen keine Sonderabfälle entstehen, ist sicherlich lobenswert. Wer allerdings eines der Standardwerke für Schulversuche zur Hand nimmt und selbst eine ökologisch orientierte Auswahl trifft, ist genauso gut (und vollständiger) beraten.

Jeder Versuch ist auf einer Seite abgedruckt, die auch als Kopiervorlage für Schülerversuche gedacht ist. Leider sind die Gefahrensymbole meist die einzigen Illustrationen der Versuchsbeschreibungen.

In Summe ein Buch, das zwar keine besondere Motivation zu Versuchen vermittelt, das aber als Grundausstattung für eine Chemie-Handbibliothek durchaus geeignet ist.

Franz Neufingerl

Software

DIVA – Digitale Videoanalyse

CD-ROM. Bezugsquelle: Prof. Dr. Hilscher, Didaktik der Physik, Univ. Augsburg, Schillstraße 100, D-86169 Augsburg, http://www.physik.uni-augsburg.de/did/diva.htm
Preis öS 240 (inkl. Porto)

GALILEO – Analyse digitaliserter Bewegungen

Autor: Peter Krahmer (Celtis-Gymnasium in Schweinfurt). Bezug über Internet: http://physik.uni-wuerzburg.de/~pkrahmer oder http://www.thp.univie.ac.at/~vfpc/software.htm.
Preis: Spende DM 20 zugunsten einer Schule in Sri Lanka.

Die Analyse von Bewegungen mittels Videoanalyse ist in vielfältiger Weise möglich. Die nun relativ preisgünstigen Videodigitalisierungskarten für PCs erlauben die Komprimierung der Videodaten und ihre Wiedergabe als Film oder in Einzelbildschaltung wesentlich bequemer als dies mit dem Videorekorder (auch mit Jog-Shuttle) möglich ist. Im folgenden werden zwei Programme mit ähnlicher Zielsetzung vorgestellt:

An der Abteilung Didaktik der Physik der Universität Augsburg wurde im Rahmen einer Zulassungsarbeit für das Lehramt das Computerprogramm DIVA zur Analyse von Bewegungen entwickelt, die als digitalisierte Videoclips im AVI-Format vorliegen. Es kann Bild für Bild der Ort eines beliebig gewählten Punktes eines bewegten Objekts mit Mausklick registriert werden und daraus nach Einmessen einer Skala sowohl graphisch als Orts-Zeit-Diagramme dargestellt, als auch als EXCEL-Datenblatt abgespeichert werden, so daß auch v-t- und a-t-Diagramme erstellt werden können. EXCEL und WORD können aus dem Programm aufgerufen werden. Als Startausrüstung befinden sich auf der CD-ROM 61 Videoclips mit den zugehörigen Meßdaten, so daß auch eine Verwendung des Programms ohne eigene Videoaufnahmen möglich ist. Diese reichen von Auto-Crashtests über das Anfahren und Bremsen von Fahrzeugen über einen Volltreffer beim Boxen zu Bungee-Jumping und dem hüpfenden Astronauten auf dem Mond.

Die Installation ist problemlos unter Windows95. Für das rasche Laden der Filme im Unterricht empfiehlt sich ein CD-Laufwerk mit mindestens 6-8-facher Geschwindigkeit.

GALILEO von Peter Krahmer zeigt den erfahrenen Physiklehrer und begeisterten Informatiker am Werk. Neben den oben beschriebenen Fähigkeiten des Programms sind zusätzlich mathematische Modelle einprogrammiert, so daß in die aufgenommenen Diagramme Modellkurven gelegt werden können. Die zugehörigen Parameter (z.B. die Fallbeschleunigung am Mond) können mit Schiebereglern eingestellt werden, bis Übereinstimmung erreicht ist.

COREL ChemLab – A Realistic, Interactive Chemistry Lab on CD-ROM

Writing with White Phosphor

Eine neue CD für den Chemieunterricht

Ein Versuch, den wohl kein Lehrer mehr im normalen Unterricht seinen Schülern vorführen wird. Aber eine CD für Computer macht es möglich, daß solche gefährlichen Experimente

auf dem PC beliebig oft nachvollzogen werden können. Es handelt sich um die Schulsoftware "COREL ChemLab – A Realistic, Interactive Chemistry Lab on CD-ROM".

Sound und Text sind (leider?) in Englisch verfaßt. Ob dies für ihn von Vor- oder Nachteil ist, muß der Benutzer selbst entscheiden. Doch hinter diesem Programm steckt viel mehr: Sinnvoll angewendet, kann es den Chemieunterricht unterstützen und eine wertvolle Einführung in die Grundlagen der Laborpraxis geben. Denn das Programm führt den Schüler in ein zweidimensionales Labor, das er nach eigenen Wünschen gestalten kann. Dort lassen sich verschiedene Experimente zu den Themen Säure-Base-Titration, Physikalische Chemie, Kinetik und Gasgesetze durchführen. Jedes Experiment wird Schritt für Schritt erklärt. Als Beispiel sei die Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base erwähnt. Alles geschieht wie in Wirklichkeit: Die Säure wird in ein Becherglas gegossen, dieses unter die Bürette gestellt, eine pH-Elektrode in die Lösung getaucht und anschließend Natronlauge zugetropft. Der Graph der pH-Titration wird sofort mitgezeichnet und kann auf Wunsch ausgedruckt werden. Verschiedene Säuren und Basen stehen zur Auswahl, die Geräte sind sehr realistisch dargestellt und lassen sich nach einiger Übung einfach handhaben.

Ein *interaktives Periodensystem* zeigt die wichtigsten Elementeigenschaften und eine kurze historische Einführung, die auch Information über die Herkunft des Elementnamens liefert. Weiters erfährt man die Elektronenkonfiguration sowie die häufigsten Isotope und das Vorkommen des ausgewählten Elements auf "Mausklick". Ein Quiz mit 3 verschiedenen Schwierigkeitsgraden rundet die Beschäftigung mit dem Periodensystem ab. In einem Punkt ist diese Computer-Simulation der Wirklichkeit allerdings weit voraus: Wohl jeder Experimentator wäre manchmal froh über ein "Undo break beaker".

Eine relativ große Zahl von Molekülen (750) kann mit einem *3D-molecule-viewe*r von allen Seiten betrachtet werden und im gewünschten Ausmaß "gezoomt" werden. Kurze, kommentierte Videosequenzen, darunter auch der genannte Versuch mit Phosphor, zeigen einige Experimente, die normalerweise nie im Schulalltag durchgeführt werden können. Leider läßt die Bildqualität der Videosequenzen etwas zu wünschen über.

Im *Gas Lab* werden die Gasgesetze überprüft. "Umweltsünden" läßt das Programm in keinem einzigen Arbeitsbereich zu. Ein prägnanter Text warnt den Unvorsichtigen und bietet Lösungsvorschläge zur ökologisch richtigen Entsorgung gefährlicher Chemikalien an.

Eine Enttäuschung ist das sogenannte *Textbook*. Es beschreibt die theoretischen Grundlagen der Experimente. Inhaltlich ist es sehr gut für Oberstufenschüler geeignet und bietet keinen Grund zur Kritik. Aber grafisch ist gerade der Softwareschmiede, von der das bekannte Zeichenprogramm CorelDraw stammt, etwas Fürchterliches passiert. Offensichtlich lieblos wurde aus einem Buch eingescannt, wahrscheinlich mit einer ungeeigneten Auflösung. Die Folge sind schrecklich anzusehende Buchstaben, die nur mühsam zu entziffern sind. Es empfiehlt sich, diese Passagen nicht am Bildschirm zu lesen, sondern gleich auf Papier auszudrucken.

Das Programm ChemLab will das Experiment im Chemieunterricht nicht ersetzen. Es gibt auch nicht vor, "real" zu sein. Damit steht es im Gegensatz zum sogenannten "Chemiecomputer" österreichischer Prägung, dessen Einsatz eine konträre Philosophie fordert: Mit dem Analog-Digitalwandler werden "echte" Meßdaten dem Computer zugeführt, der sie danach auf dem Bildschirm präsentiert. Dabei wird die Ansicht (der im Prinzip nicht widersprochen werden kann) vertreten, daß analog den Bedingungen in Industrie und Forschung auch in der Schule der Computer aus der experimentellen Praxis nicht mehr wegzudenken ist. Es wird als selbstverständlich vorausgesetzt, daß alles, was am Monitor geschieht bzw. gesehen wird, "real" sei.

Doch für den Schüler bleibt von dieser "Realität" nur sehr wenig. Einige Glasgefäße, vielleicht ein Rührwerk und eine Bürette, sowie einige Drähte werden vom Lehrer als "Versuchsgefäß" definiert. Elektrische Leitungen führen nun in eine Kiste, die ScienceBox oder ChemBox oder so ähnlich heißt, und dort werden - wenn der Lehrer nicht lügt oder nicht selbst betrogen wird - die analogen Signale in digitale Impulse für den nachfolgenden Computer umgewandelt. Dann gehen wieder andere Leitungen entweder direkt zu einem Bildschirm oder über den Umweg einer Splitbox auch zu einem Fernseher. Dieses dort erscheinende Bild als "reales Experiment" zu akzeptieren, verlangt schon sehr viel Gutgläubigkeit vom Schüler!

Unserer Ansicht nach sollten zuerst möglichst alle Versuche vom Schüler selbst durchgeführt werden. Durch sein eigenes Handeln soll er das Wesen des Vorganges begreifen, erfassen und steuern können! Hat er dies getan, so kann vertieftes kognitives Verständnis gerade durch die oftmalige Wiederholung auch von virtuellen Experimenten nach bekannten Gesetzen erzielt werden. Und genau dieses Verfahren bietet sich bei der insgesamt zeitsparenden Verwendung des Schulprogramms "COREL ChemLab" an. Es ist ein ehrliches Spiel, das Wissen und Kenntnisse schafft, mit viel Liebe zum Detail. So kann z.B. der, der nicht in einem "normalen" Labor arbeiten möchte, vor dem Hintergrund eines tropischen Sonnenuntergangs oder in einem Zukunftslabor weiter experimentieren. Bleibt nur zu wünschen, daß diesem Programm noch viele dieser Art folgen werden.

Robert Hölzl, Hans Scholda