

PLUS LUCIS

1/97

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

Komet C/1995 O1: Hale-Bopp

Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Quantenphysik

Magnetfeldmeßgerät

Englisch als Arbeitssprache

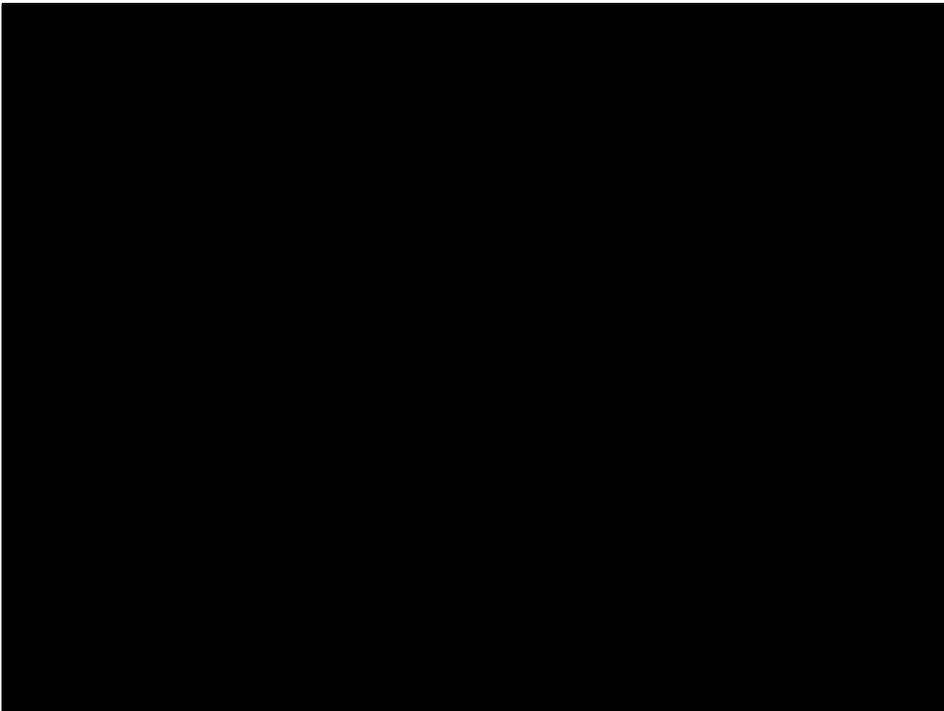
Ozon im Chemieunterricht

Tagungen und Lehrgänge

Freihandexperimente

Wellenoptik im Alltag

Bücherecke



**Physik
Chemie**

Impressum

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

Erscheint 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, Vereinsterna.

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: War es ein Gott, der ... 1

Reaktionen

Zeitung in der Schule 2

Fachdidaktik

Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht –
Anspruch und Realität 3

Kann man Atome sehen? –
Quantenphysik am Gymnasium in Form eines Leitprogramms 14

Astronomie

Der Komet C/1995 O1 (Hale-Bopp) ist da! 17

Astronomy Online 19

Für die Praxis

Ein Magnetfeldmeßgerät für den Schulversuch 21

Projekt Englisch als Arbeitssprache 23

Behandlung des Themas Ozon im Chemieunterricht
mit Hilfe anschaulicher Experimente 27

Phänomenologischer Unterricht an der Waldorfschule 32

Ankündigung

PFL – Universitätslehrgang Pädagogik und Fachdidaktik
für LehrerInnen - Naturwissenschaften 36

DPG-Fortbildungskurse für Physiklehrer 1997 37

Creativity in Physics Education 38

Freihandexperimente

Homöopathische Verdünnungsreihen
Nicht nur für Röntgenzwecke
Ein ppm – sichtbar gemacht
Wie lange sieht man rot? 40

Wellenoptik im Alltag
Ein Netzvorhang als Beugungsgitter
CD-ROM als Beugungsgitter 41

Bücherecke 42

Der greuliche Komet von 1577 über Nürnberg. Zeitgenössisches Flugblatt
(aus Günter Doebel: Johannes Kepler, Verlag Styria 1983)

War es ein Gott, der ...

... diese Zeichen schrieb? Dies fragte sich Ludwig Boltzmann in seinen *Populären Schriften* (Nachdruck bei Vieweg vor einigen Jahren - sehr lesenswert und amüsant!), als er über die Schönheit der Maxwell'schen Gleichungen philosophierte. Dies kam mir wieder in den Sinn, als ich Bemerkungen über die Notwendigkeit eines an den Sinnen orientierten Zugangs zur Physik las. Physik sei so abstrakt, so unpersönlich, von menschlichen Emotionen losgelöst, war da zu lesen. Wie weit stimmt dies, wie weit ist dies ein durch (falschen) Unterricht vermittelter Eindruck? Machen etwa die "Physiker" selbst eine Geheimwissenschaft aus dem, was sie tun - oder aus dem, was ihre Vorgänger getan haben?

Das Staunen Boltzmanns vor der kompakten Formulierung der Gesetze des Elektromagnetismus zeigt schon, daß Physik nicht *per se* unpersönlich sein kann. Das Staunen betrifft die Tatsache, daß es gelang, zunächst die Gesetzmäßigkeiten zu finden und sie nach einem langen Prozeß der verbesserten Formulierung in einem Geniestreich Maxwells in eine "endgültige" Form zu bringen. Die Geschichte der Physik, wenn sie nicht als bloße Aneinanderreihung von Entdeckungsdaten verstanden wird, zeigt die von Neugier, Nützlichkeitsdenken und Entdeckerstolz getriebene Entwicklung von Ideen und Vorstellungen. Wie Max Planck bemerkte, alte Ideen und Vorstellungen verschwinden nicht, weil sie allgemein akzeptiert werden, sondern weil ihre Vertreter sterben. Liest man über das Ringen zwischen Bohr und Einstein zu Interpretationsfragen der Quantenmechanik vor 60 Jahren, so spürt man Dramatik und Schmerz bei Verlust gewohnter Vorstellungen auch bei Revolutionären - und diese Diskussion ist noch immer nicht beendet: Wenn sich auch die Quantenphysik vollständig durchgesetzt hat, über ihre Interpretation wird immer noch diskutiert.

Ist also bereits die Entstehung physikalischen Wissens keineswegs ein Prozeß, der ohne Irrungen und persönliche Sichtweisen abläuft, sondern sehr stark von den geistigen Strömungen der Zeit abhängt, diese aber auch beeinflusst, so ist auch die Aufnahme von physikalischem Wissen kein vom Menschen losgelöster Prozeß. Boltzmanns Staunen ist ein Beispiel. Doch oft, wenn man sich eine neue physikalische Fachpublikation hernimmt, fragt man sich als Leser: Was bewegt den Verfasser zu dieser Untersuchung? Welches Umfeld begünstigt seine Arbeit? Welche Konsequenzen hat sie? Wie kommt man da drauf? Aber auch: Verstehe ich das richtig?

Bleibt eigentlich als einziger "objektiver" Bereich, die Archivierung und Codifizierung der Erkenntnisse. Aber auch hier zeigt sich bei schärferem Hinsehen, daß ihre Art von der Zeit, den Vorlieben der Autoren, den herrschenden geistigen Strömungen, dem verfügbaren mathematischen Apparat,... abhängt.

Ist daher ein Zugang über die Sinne, ein spielerischer Zugang ohne Mathematik von Anfang an, abzulehnen, nur Zeitvergeudung? Keinesfalls! Im Gegenteil, das Staunen, die Freude am Tun und an der sinnlichen Wahrnehmung sind erste Schritte, die den Zugang erleichtern können. Gefährlich - und zum Hinübergleiten in die heute florierende Esoterik verleitend - wäre es, dabei stehen zu bleiben. Gestaunt und Hypothesen gebildet über die Beschaffenheit der Welt haben bereits die Babylonier.

Ihr Weltbild ist überholt, und der Aufgang des Sirius führt auch nicht mehr zum Anschwellen des Nils.

Die moderne Naturwissenschaft ist natürlich auch eine Wissenschaft zur Beherrschung der Natur - mit der damit verknüpften Problematik Nach den Auswüchsen des Kernzeitalters stehen uns die Auswüchse des Genzeitalters erst bevor. Doch weder Kerntechnik noch Gentechnik sind absolut "böse" und abzulehnen. Aber erst durch die Möglichkeit zur Quantifizierung können wir das Ausmaß von Wirkungen angeben. Dumpfe Ängste um Elektrosmog und sorgloser Umgang mit viel größeren Risiken (z.B. Unfallrisiko) unterstreichen dies.

Der Komet ist da! In alten Zeiten wurde er als Mahnung Gottes verstanden und kündete Krieg und Verderben als Strafe für sündiges Leben. Doch nun sind Kometen mehr oder minder periodische Irrläufer im Planetensystem. Umso mehr erschreckt, daß sich Menschen heute von Kometen Wunder erhoffen und in kollektivem Selbstmord die Reise ins Universum anzutreten hoffen.

Es verwundert aber auch, wenn in falsch verstandenem Bildungsauftrag der ORF für Wunderwässer wirbt und das Produkt eines Lehrbeauftragten der Universität Salzburg für Ökopolitik zur besten Sendezeit ausstrahlt. Es stellt sich die Frage, welche Umsätze die dahinterstehenden Geschäftemacher mit der Unsicherheit ihrer Zeitgenossen machen.

Autonomiefrage für den naturwissenschaftlichen Unterricht?

Unter diesem Titel fand am 4.3.1997 eine Podiumsdiskussion in der Bundeswirtschaftskammer statt. Die Initiative und die zugehörige Presseaktivität sind sehr zu begrüßen. Die Diskussion selbst fand aber dann doch wieder nur im Insiderkreis statt. Die positiven Beispiele, z.B. die Beteiligung von fast 20% aller österreichischen Hauptschulen an dem von Dr. Ralf Becker (dem hier ein lautes Bravo zugerufen sei) organisierten Projektwettbewerb *Chemie und Waschen*, sind viel zu wenig bekannt. Statt dessen wird in der Öffentlichkeit - typischerweise am 1. April - diskutiert, ob nicht die Lehrergehälter von den Schülern festgelegt werden sollten.

Wie ein Beitrag zur Bewältigung der zugegebenermaßen in Zeiten eines verstärkten Wandels im Schulsystem schwieriger gewordenen Situation der Physik- und Chemielehrer ausehen kann, zeigt der im Vorjahr abgeschlossene erste Durchgang des Universitätslehrgangs *Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer - Naturwissenschaften*, der nächste Durchgang beginnt im Herbst 1997.

Fortbildungswoche 1997

390 Anmeldungen für Seminare und Exkursionen, weitere 70 Wiener AHS-Lehrer für den Chemiemittwoch - ein volles Haus von knapp nach der Eröffnung, die überraschenderweise Frau BM Gehrler vornahm, bis zum Abschlußfeuerwerk von Prof. Obendrauf. Gedankt sei hier allen Referenten und Organisatoren.

Da Fortbildung in allen Aspekten als Teil des lebensbegleitenden Lernens auch das Leben im Beruf erleichtert, sei auf weitere Angebote, die in diesem Heft beschrieben werden, hingewiesen.

Auf Ihre Beiträge zu den nächsten Heften wartet
Ihr Helmut Kühnelt

Zeitung in der Schule

In der letzten Ausgabe von Plus Lucis (3/96) wurde auf das Buch *Presstexte Umwelt und Chemie – für den Unterricht aufbereitet* von Norbert Lüdtke hingewiesen. Der Rezensent hob die motivierende Wirkung der Zeitungsartikel und ihre vielseitige Verwendbarkeit hervor, bedauerte aber die Beschränkung des Buches auf deutsche Zeitungen.

Zeitung in der Schule – Verein zur Förderung der Nutzung von Zeitungen in der schulischen Ausbildung in 1010 Wien, Schreyvogelgasse 3, verfolgt seit einiger Zeit genau dieses Ziel: Ausgewählte Zeitungsartikel aus österreichischen Tageszeitungen der letzten Wochen werden mit Inhaltsangabe, Hintergrundinformationen und Vorschlägen für Arbeitsaufgaben versehen. Achtmal pro Jahr erscheint eine solche Zusammenstellung unter der Bezeichnung *ZIS-aktuell*. Seit Herbst 1996 bringt der Informationsdienst auch Beiträge für Physik.

An vielen Schulen erhält ein ZIS-Kontaktlehrer kostenlos ein Exemplar zur Weitergabe an die Kollegen der verschiedenen Fächer.

Sollte an einer Schule noch kein Kontaktlehrer zur Verfügung stehen, so kann sich jederzeit ein Lehrer bei der Geschäftsführung von ZIS für diese Aufgabe melden (Tel. 01/5336178-20, Fax: 01/5336178-22) oder einfach vorerst ein Probeexemplar anfordern.

Vielleicht aber fühlt sich der Physiklehrer durch ein solches Angebot nicht wirklich angesprochen, wird die Beschäftigung mit Zeitungen im Unterricht doch eher mit Deutsch und den Fremdsprachen in Verbindung gebracht.

Die Physikbeiträge verfolgen das Ziel, Lehrern und Schülern aktuelle und für den Unterricht verwertbare Berichte aus verschiedenen Tageszeitungen zugänglich zu machen. Nur selten kann ein Lehrer täglich mehrere Tageszeitungen nach den sporadisch vorkommenden Artikeln mit naturwissenschaftlichem Inhalt durchforsten. Dennoch wäre ihre Verwendung im Unterricht sicher eine interessante Ergänzung: Sie bieten aktu-

elle Information abseits von Lehrervortrag und Schulbuch, in einer "Verpackung", wie sie dem interessierten Zeitungsleser auch noch Jahre nach seinem Schulbesuch begegnen. Eines unserer Ziele als Physiklehrer könnte es sein, daß diese Artikel dann nicht überblättert werden, sondern so wie Nachrichten aus Politik, Wirtschaft, Kultur oder Sport zumindest zur Kenntnis genommen werden. Daß sprachliche und inhaltliche Anforderungen je nach Zeitung sehr unterschiedlich sein können, ist nicht weiter verwunderlich, könnte aber ein Beitrag des Physikunterrichtes zur Medienkunde sein.

Nicht immer sind die Zeitungsberichte ohne Hintergrundinformation leicht verständlich.

Langes Suchen in Lexika und Fachbüchern aber verringert die Lust an der Verwendung im Unterricht. Hier bietet ZIS-aktuell in knapper Form Hinweise und Erläuterungen. Vorschläge für den Einsatz im Unterricht (Arbeitsaufgaben, kurze Arbeitsblätter) und Hinweise auf den Lehrplan runden das Angebot ab.

XXXXXXXXXXXXXXXX

Ph

C14-Methode mit dem Massenspektrometer



„VERA und die Isotope“
Tiroler Tageszeitung, 12./13.10. 1996

Inhalt:

Ein neues Massenspektrometer an der Universität Wien erlaubt den Nachweis geringster Mengen von Isotopen. Anwendungen in der Altersbestimmung von archäologischen Funden, bei der Analyse von Luftproben über die Ursache des Treibhauseffektes und bei der Fusionsforschung.

Hintergrundinformation:

Wegen ihrer unterschiedlichen Masse werden Isotope eines Elementes, aber auch Atome verschiedener Elemente in einem Magnetfeld auf Kreisbahnen mit unterschiedlichem Radius abgelenkt und können so nachgewiesen werden.

Bei der C-14-Methode (Radiokarbonmethode) wird aus der Aktivität dieses Kohlenstoffisotops im Vergleich zur Aktivität in lebenden Organismen auf die seit dem Tod vergangene Zeit geschlossen (Halbwertszeit).

Thematische Anknüpfungspunkte:

Lorentzkraft (Kraft auf geladene Teilchen in einem Magnetfeld), Massenspektrometer (7. Klasse)
Radioisotope - Halbwertszeit - C14-Methode (5. Klasse RG, 6. Klasse G bzw. 8. Klasse)

Arbeitsaufgaben:

- ⇒ Erkläre die Funktionsweise eines Massenspektrometers!
- ⇒ Welche Anwendungsbeispiele werden in dem Zeitungsartikel für ein solches Gerät angeführt?
- ⇒ Wozu dient die C-14-Methode und wie funktioniert sie?

Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Anspruch und Realität

Reinders Duit

Mit den Zielen für den naturwissenschaftlichen Unterricht hat es seine besondere Bewandnis. Auf der einen Seite fordert die Allgemeine Didaktik, daß alle Unterrichtsplanung vom Primat der Ziele auszugehen habe (Klafki, 1969), daß die Ziele den Zusammenhang aller Elemente der Unterrichtsplanung durchziehen müssen (Heimann, Otto & Schulz, 1969). Die Curriculumbewegung in den 70er Jahren hat ganz zu Recht als ein zentrales Prinzip herausgestellt, daß der gesamte Prozeß der Unterrichtsplanung unter allgemeinen Leitideen durchzuführen sei (Eigenmann & Strittmatter, 1972), die im Prozeß der Curriculumentwicklung gewissermaßen "kleingearbeitet" (Klafki, 1991) werden müssen. Auf der anderen Seite gibt es die Schulrealität, in der häufig nur schwer zu erkennen ist, welche allgemeinen Ziele beim Unterrichten eines bestimmten Inhalts verfolgt werden. Aspekte des Inhaltlichen dominieren und verdecken das über die Vermittlung eines kanonischen Inhalts der Naturwissenschaften Hinausgehende. Lehrpläne beginnen in der Regel mit einer Präambel, in der in feierlicher Form verkündet wird, welche Ziele der betreffende Unterricht hat und daß diese Ziele mit den nachfolgend aufgelisteten Inhalten verwirklicht werden sollen. Häufig stehen die Inhaltslisten (auch wenn sie recht ausführlich beschrieben sind) aber gewissermaßen allein, d.h. *wie* die allgemeinen Ziele mit diesen Inhalten realisiert werden können, bleibt offen. Es wird den Lehrern überlassen, die mit diesem Lehrplan zurechtkommen müssen, wie die allgemeinen Ziele zu realisieren sind. Als wir im Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel in den späten 60er und in den frühen 70er Jahren Curricula für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt und erprobt haben, so geschah das, der Curriculumbewegung der damaligen Zeit entsprechend unter allgemeinen Leitideen, die ganz systematisch "kleingearbeitet" wurden. Dennoch sagten uns einige an der Entwicklung beteiligte Lehrer, halb im Scherz, aber eben auch halb im Ernst: "Die Ziele? Die machen wir, nachdem wir die Inhalte klar ausgearbeitet haben".

Es ist unverkennbar, daß sehr häufig eine tiefe Kluft zwischen der Proklamation hoher allgemeiner Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht und der Unterrichtsrealität klafft. Mit anderen Worten, es gibt eine Tendenz zur Trivialisierung der allgemeinen Ziele, von den Proklamationen hinunter zur Unterrichtsstunde. Dafür gibt es gute Gründe. Zwei scheinen mir besonders wichtig zu sein. Erstens gehen die hohen, hehren Ziele bis zu einem gewissen Grade an dem vorbei, was in der Schulrealität, unter den Bedingungen der real existierenden Schule überhaupt zu leisten ist. Zweitens aber werden die Ziele, wie bereits erwähnt, nicht konsequent genug "kleingearbeitet", d.h. es wird nicht nachdrücklich und systematisch genug dafür Sorge getragen, daß die Lehrer erkennen können,

was über das Inhaltliche hinaus angestrebt wird und *wie* dies realisiert werden kann.

Im folgenden möchte ich mich mit beiden Aspekten beschäftigen. Dabei sollten die Erwartungen an diesen Beitrag nicht zu hoch angesetzt werden. Alles, was ich hier leisten kann, ist, einige mir wichtige Gesichtspunkte hervorzuheben und sie damit zur Diskussion zu stellen und eventuell einige Anregungen zu geben, wie die tiefe Kluft zwischen allgemeinen Zielen und der Realität der Schule überbrückt werden kann. Um Mißverständnisse zu vermeiden, will ich allerdings betonen, daß allgemeine Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts der pädagogischen Praxis immer voraus sein müssen. In anderen Worten, Schulpraxis benötigt ein "Idealbild", an dem sie sich orientieren kann, auch wenn sich dieses Idealbild nur bis zu einem gewissen Grade realisieren läßt. Die Feiertagsdidaktik der hohen Ziele hat durchaus ihren Wert für die graue Praxis des Alltags.

Zur Einstimmung: Ziele für die Naturlehre aus dem Jahre 1775

Aus der Frühzeit unserer Fächer stammen die Ziele, die Johann Lorenz Boeckmann seinem Buch "Naturlehre, oder: die gänzlich umgearbeitete malerische Physik" (Karlsruhe, 1775) voranstellt (zitiert nach Lind, 1996):

Vernünftige Wesen werden durch nichts so sehr zur Erlernung einer Wissenschaft gereizt, als wenn man sie überführt, wie wichtig, nützlich, und angenehm sie sey; Ich halte es daher für Pflicht etwas wenigens vom Nutzen der Naturlehre herzusetzen.

(1) *Sie lehret uns auf überzeugende Weise einen Gott kennen, der allmächtig, weise und gütig ist. Beyspiele und Beweis ist die ganze Natur.*

(2) *Sie vergrößert und erhöht unsere Einsichten und Kenntnisse.*

(3) *Sie erwecket durch so viele reizende Beobachtungen und Versuche das würdigste und reinste Vergnügen in unserer Seele. Man denke nur an die angenehmen Versuche mit dem Sonnen-Microscop, mit den Farben, mit der Electricier-Maschine, mit dem Magnet etc.*

(4) *Sie nimmt uns die kindliche Furcht und Aberglauben. Man denke an die Cometen, Irrwische, Nordlichter, Sympathien etc.*

(5) *Durch sie erreichen fast alle Künste und Handwerker ihren Grad der Vollkommenheit. Man überlege doch nur, ob nicht die ganze Verbesserung der Oeconomie, der Färbereyen, der Zubereitung des Leders und unzähliges anderes von der richtigen und gründlichen Kenntniss der Naturlehre ihren Ursprung nehmen muß. Wem dies nicht genug zur Aufmunterung ist, der ist nicht werth ein Mensch zu seyn.*

Prof. Dr. Reinders Duit, Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften, Universität Kiel, Olshausenstr. 62, D-24098 Kiel, Vortrag bei Seminar PFL-Naturwissenschaften in Bad Gleichenberg, April 1996

Ich denke, an diesem Beispiel wird deutlich, wie sehr Ziele sowohl von den kulturellen und gesellschaftlichen Gegebenheiten der betreffenden Epoche wie vom jeweiligen Stand der Wissenschaften bestimmt sind. Es ist hier zum Beispiel zu spüren, daß die Naturlehre (und das war vor allem die Physik) in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts auch etwas war, das in den Salons der Reichen und Besitzenden zur Unterhaltung diente (man denke an die damals so beliebten Experimente zur Elektrostatik) und folglich Spaß machte. Die uns heute so notwendig erscheinende Mathematisierung wurde in der Regel als weniger wichtig erachtet, weil, so der Autor eines Lehrbuchs aus dem Jahre 1772, Johann Christian Polycarp Erleben, die mathematischen Beweise für den Leser sehr ermüdend, langweilig und vermutlich unverständlich seien (zitiert nach Lind, 1996). Ein wichtiger Aspekt dieses Zielkatalogs ist der Nutzen der Naturlehre. Ohne Zweifel finden sich in diesem Katalog also Aspekte, die uns vertraut sind, die auch heute, vielleicht anders akzentuiert ausgedrückt, noch aktuell sind.

Sechzehn Gesichtspunkte zur Inhaltsauswahl

Häußler und Lauterbach (1976) haben ein in sich stimmendes System von Lernzielen erarbeitet, das Jung (in Bleichroth et al., 1991, S. 48) so kommentiert: "Weg von einer idealisierten Betrachtung der Physik als einem logischen System und einer aus rein rationalen Prozessen bestehenden Forschung, hin zu einer realistischen Betrachtungsweise, in der die Physiker als Menschen unter Menschen, eingebunden in soziale Beziehungen gesehen werden, mit menschlichen Motiven und Interessen. Die Autoren akzeptieren auch die enge Verflechtung zwischen Physik und Technik innerhalb des gesellschaftlichen Interessen- und Kräftespiels". Sie unterscheiden vier Bereiche:

A: Deutungsbereich Naturwissenschaft/Technik

B: Gesellschaftsbezogener Handlungsbereich

C: Umweltbezogener Handlungsbereich

D: Handlungsbereich Unterricht

Auf der Basis dieses Ansatzes leiten sie einen Katalog von Zielen ab, der dann pragmatisch in die Form der unten aufgeführten "16 Gesichtspunkte zur Inhaltsauswahl" überführt worden ist. Mit dieser pragmatischen Überführung sollte gesichert werden, daß die allgemeinen Ziele nicht abgehoben von den Inhalten des Unterrichts verbleiben. Praktisch wird so vorgegangen, daß ein in Rede stehender Inhalt systematisch daraufhin befragt wird, ob er geeignet ist, die aufgeführten Gesichtspunkte zum Tragen kommen zu lassen. In der Liste der Gesichtspunkte erkennt man viele, die sich in anderen Zielkatalogen auch finden. Sicher ist, daß der Katalog aus heutiger Sicht ergänzt werden könnte. Das soll hier nicht erörtert werden. Es geht mir lediglich darum, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie auf relativ einfache Weise die oben beschriebene Kluft zwischen allgemeinen Zielen und der Unterrichtsrealität verringert werden kann. Die 16 Gesichtspunkte haben sich sowohl bei der Entwicklung von Unterricht (s. Duit, Häußler & Kircher, 1981) wie bei der Lehrplanarbeit (*Empfehlungen zur Entwicklung von Lehrplänen für den Physikunterricht der Sekundarstufe I*, 1976) bewährt.

16 Gesichtspunkte zur Inhaltsauswahl

(aus Duit, Häußler & Kircher, 1981)

Ist der Inhalt geeignet,

- I grundlegende Begriffe und Gesetze aus der Naturwissenschaft zu erarbeiten?
- II für Naturwissenschaft und Technik wesentliche Denkweisen, Methoden, Darstellungsformen, Arbeitstechniken und Verfahren zu erklären?
- III die Grenzen, Vorläufigkeit und Einseitigkeit naturwissenschaftlicher Aussagen aufzuweisen.
- IV die Erschließung anderer inhaltlicher Bereiche zu erleichtern?
- V aufzuweisen, daß naturwissenschaftliche Erkenntnisse technisch verwertbar sind und daß technologischer Fortschritt die Naturwissenschaft vor neue Erkenntnisse stellen kann?
- VI die wechselseitige Verflechtung von Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und sozialer Lebenswelt aufzuweisen?
- VII die historische Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik und die jeweiligen Faktoren, die zu dieser Entwicklung geführt haben, aufzuzeigen?
- VIII durch Naturwissenschaft und Technik ermöglichte Fehlentwicklungen aufzuweisen, d.h. ist er ein kontroverses Thema unserer Zeit?
- IX zu demonstrieren, wie Naturwissenschaft und Technik unsere Umwelt verändert haben und wie man zur verantwortungsbewußten Mitgestaltung beitragen kann?
- X zu demonstrieren, wie heute naturwissenschaftliche Forschung und technische Entwicklung vollzogen oder beeinflußt werden können?
- XI dem Schüler Kenntnisse und Verhaltensgewohnheiten zur physischen und psychischen Gesunderhaltung zu vermitteln?
- XII dem Schüler Fähigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten zur unmittelbaren Lebensbewältigung zu vermitteln?
- XIII die natürliche und technische Umwelt begreifen zu helfen?
- XIV Neigungen, Interessen und Probleme der Schüler gemäß ihrer Lernerfahrungen zu berücksichtigen?
- XV selbstorganisiertes Lernen, kreatives Denken und selbständiges wie kooperatives Handeln anzuregen und zu ermöglichen?
- XVI selbständiges Experimentieren zu ermöglichen?

Physikalische Bildung für Heute und Morgen – Eine Delphi-Studie zur Bestimmung von Zielen des Physikunterrichts

Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollten in einem demokratischen Gesellschaftssystem eigentlich auf einem breiten Konsens beruhen. Das gilt für die in Lehrplänen der Schulpraxis gewissermaßen verordneten Ziele sehr häufig nicht. In der Tat sind konsensbildende Verfahren, die darüber hinaus auch wissenschaftlichen Ansprüchen genügen, sehr aufwendig. Im Bereich des Physikunterrichts hat das Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel in den 80er Jahren ein solches Konsensbildungsverfahren zur "wünschenswerten physikalischen Bildung" in Gang gesetzt (s. die Zusammenfassung von Ergebnissen in Häußler, Frey, Hoffmann, Rost & Spada, 1983). Für die anderen beiden

naturwissenschaftlichen Fächer liegt im deutschen Sprachraum keine ähnlich umfangreiche Studie vor. Mayer (1992) hat allerdings für den Bereich der "Formenkunde" im Biologieunterricht eine Delphi-Studie vorgelegt.

An der Physikstudie nahmen rund 100 Personen teil, die "mit physikalischer Bildung" befaßt waren, also Lehrer und Mitglieder von Lehrplankommissionen, Naturwissenschaftsdidaktiker, Allgemeindidaktiker, Angehörige der Bildungsverwaltung, Bildungspolitiker, Naturwissenschaftler, Ingenieure und schließlich Naturwissenschaftsjournalisten. In einer *ersten Runde* wurden die Teilnehmer aufgefordert, "Aussagen" zur physikalischen Bildung zu formulieren. Dabei war als Format vorgegeben, die einzelnen Aussagen nach den drei Kategorien zu gliedern, die Abb. 1 zeigt. Es kamen rund 500 Aussagen zusammen. Sie wurden von der Forschergruppe zu "Aussagenbündeln" zusammengefaßt und in einer *zweiten Runde* an alle Teilnehmer geschickt. Auf der Basis dieser Rückmeldungen wurden Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung erarbeitet, die dann den Teilnehmern in einer *dritten Runde* zur Einschätzung ihrer Relevanz vorgelegt wurden.

Situation/ Kontext/ Motiv	Die Menschheit ist durch die Fähigkeit zu technischen Großprojekten und den damit verbundenen, teilweise nicht absehbaren langfristigen Folgen/Einwirkungsmöglichkeiten, bzw. den damit verbundenen Mißbrauchsmöglichkeiten oder evtl. "Unglücksfällen" in einer neuen gewaltigen Dimension bedroht.
Gebiet	Dies betrifft z.B. die Energiewirtschaft, die Rüstung das Bauwesen, die Verkehrstechnik, Klimabeeinflussung, Überwachungssysteme... Man sollte deshalb entsprechende Gefährdungen und Mißbrauchsmöglichkeiten
Verfügbarkeit	kennenlernen, moralisch werten können und ständiges Interesse an diesen Fragen aufbauen.

Abb. 1: Beispiel für eine Aussage der Delphi-Studie (aus Häußler et al., 1983, 7)

Es ergaben sich als Konsens der beteiligten Gruppe die im folgenden aufgeführten 5 Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung.

Konzept A: Physik und Gesellschaft

Dieses Konzept physikalischer Bildung besteht darin, die enge Verflechtung naturwissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Entwicklungen zu erkennen und zu beurteilen, naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen und Neuerungen kritisch aufmerksam zu verfolgen und grob einzuordnen sowie Fehlentwicklungen und deren Folgen für die Umwelt zu verstehen und zu beurteilen. Dazu gehört auch kritisch-reflektiertes, verantwortungsbewußtes Handeln und die Bereitschaft, über anstehende Probleme zu diskutieren und die eigenen Einsichten in gesellschaftlich-politisches Handeln umzusetzen.

Konzept B: Physik im Alltag

Entsprechend diesem Konzept erleichtert physikalische Bildung, den Anforderungen des täglichen Lebens besser gerecht zu werden. Wissen über und Verstehen von Funktionsweisen technischer Objekte sowie die Verfügbarkeit entsprechender handwerklicher Fertigkeiten ermöglichen einerseits einen sachgerechten Umgang mit technischen Systemen und Geräten im Wohn- und Haushaltsbereich und führen andererseits zum Erkennen und Vermeiden von Gefahrenquellen und Unfällen.

Konzept C: Physik als Erlebnis

Dieses Konzept physikalischer Bildung geht davon aus, daß die Eindrücke, die der einzelne in seiner Auseinandersetzung mit der natürlichen und technischen Umwelt empfängt, auch Angst, Aversion, Faszination und spontanes Erleben umfassen. Physikalische Bildung bereichert und steuert die Einstellungen und Gefühle, mit denen der Mensch der Technik und der Natur gegenübersteht und fördert so die Entwicklung im emotionalen Persönlichkeitsbereich.

Daneben kann physikalische Bildung zur freiwilligen, zweckfreien und subjektiv als befriedigend empfundenen Beschäftigung mit Physik führen, aber auch verschiedene Interessen und Aktivitäten anregen, die zur sinnvollen Gestaltung von Freizeit führen.

Konzept D: Physik als Methode

Entsprechend diesem Konzept dient physikalische Bildung auch dem Tradieren bedeutender Bestandteile unseres naturwissenschaftlichen Bildungsgutes. Durch die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten (wie Wissen erwerben, Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten verstehen, Probleme lösen, Transfer bilden, rational Beurteilen) sowie naturwissenschaftlicher Denkmethode und Begriffsschemata wird der intellektuelle Bereich der Persönlichkeit gefördert. Zudem wird ein angemessenes Bild von der Welt und ihren Gesetzmäßigkeiten aufgebaut. Dies trägt zu einem aufgeklärten Bewußtsein bei und macht das menschliche Handeln von irrationalen Fehlhaltungen (wie z.B. Aberglaube, blinde Wissenschaftsgläubigkeit, Technikfeindlichkeit) unabhängiger.

Konzept E: Physik und Beruf

Entsprechend diesem Konzept vermittelt physikalische Bildung Grundlagenqualifikationen für viele Berufe sowie einen Einblick in die technische Arbeitswelt und in von der Wissenschaft Physik geprägte Berufe (auch unter dem Aspekt der beruflichen Orientierung). Dabei stehen das Interesse, sich mit einem breiten Spektrum physikalischer Gebiete auseinanderzusetzen, sowie ein sachgerechter Umgang mit technischen Objekten im Vordergrund.

Diese fünf Konzepte haben sich in der Tat als konsensfähig erwiesen. Ähnliche Konzepte findet man zum Beispiel in Empfehlungen des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts aus dem Jahre 1983 zur Gestaltung von Physiklehrplänen. Allerdings wird dort das Konzept E "Physik und Beruf" nicht genannt. Dieses Konzept spielt auch in Lehrplänen für den Physikunterricht nur selten eine Rolle. Häußler (1992) hat die Lehrpläne der "alten" unserer Bundesländer analysiert und nur in drei von 20

Lehrplänen Hinweise auf die berufsvorbereitende Funktion des Physikunterrichts gefunden. In allen Lehrplänen dagegen wird die Physik als Wissenschaft (Konzept D) angesprochen, immerhin in 16 Lehrplänen wird die Bedeutung der Physik für die Gesellschaft (Konzept A) genannt.

Einige Informationen, welche Aspekte allgemeiner Ziele in der Unterrichtsrealität zum Tragen kommen, geben Ergebnisse einer umfangreichen Interessenstudie (Hoffmann et al., in Vorbereitung). Schülerinnen und Schüler der 9. Schulstufe wurden gefragt, wie häufig in den letzten Monaten die im folgenden genannten Aspekte im Unterricht zum Tragen gekommen waren. Sie gaben ihre Einschätzung auf einer Skala: 5 = sehr oft; 4 = oft; 3 = mittel; 2 = selten; 1 = nie.

Die folgende Tabelle zeigt die Mittelwerte:

Technische Anwendungen, die jetzt und zukünftig für uns alle von großem Nutzen sein können (Konzept A)	2.3
Technische Anwendungen, die mit großem Risiko für uns alle und unsere Umwelt behaftet sind (Konzept A)	2.3
Technische Geräte (Verkehrsmittel, Elektrogeräte), mit denen man häufig zu tun hat (Konzept B)	2.8
Vorgänge und Erscheinungen, die man in der Natur beobachten und erleben kann (Konzept C)	2.2
Beschreibung und Erklärung von physikalischen Versuchen, Vorgängen und Erscheinungen (Konzept D)	3.4
Naturgesetze, die es erlauben, bestimmte physikalische Größen exakt zu berechnen (Konzept D)	3.0
Die Art und Weise, wie in bestimmten physikalisch/technischen Berufen gearbeitet wird (Konzept E)	1.8

Es ist interessant zu bemerken, daß die Teilnehmer der Delphi-Studie eine andere Gewichtung der Ziele gegeben haben, als sie sich in den Lehrplänen und in den Aussagen der Schülerinnen und Schüler über die Unterrichtsrealität spiegeln (Abb.2). Dort liegen Aspekte, die dem Konzept A "Physik und Gesellschaft" zuzuordnen sind, vorn, während wissenschaftsimmanente Motivierung eine deutlich geringere Priorität gegeben wird. Dies erklärt sich wohl auch dadurch, daß an der Delphi-Studie nicht allein Personen teilgenommen haben, die Lehrpläne und Schulrealität bestimmen.

Durch die Aufspaltung von Aussagen in die drei Aspekte "Situation/Kontext/Motiv", "Gebiet" und "Verfügbarkeit" (s. Abb. 1) ist bei der Delphi-Studie vermieden worden, daß relativ allgemeine Ziele wie die fünf Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung unverbunden mit konkreten Situationen, in denen sie realisiert werden können, bleiben. Die Studie gibt vielmehr eine Reihe von Hinweisen, mit denen die Kluft zwischen hohem Anspruch und Unterrichtsrealität geschlossen werden kann. Die Konzepte sind vielfältig genutzt worden, um konkret Unterricht zu planen. Beispielsweise ruht ein Projekt für die Förderung von Mädchen im Physikunterricht auf den Resultaten der Delphi-Studie (s. dazu weiter unten).

Schlüsselprobleme unserer Gesellschaft und Ziele des naturwissenschaftlichen Unterricht

In der Debatte um ein zeitgemäßes Konzept einer schulischen Allgemeinbildung spielen seit einigen Jahren "Schlüsselprobleme" eine wichtige Rolle. Wolfgang Klafki, einer der Großen der deutschen geisteswissenschaftlichen Pädagogik, hat sich zu diesem Thema auch in Hinsicht auf den naturwissenschaftlichen Unterricht zu Wort gemeldet (Klafki, 1991). Auf einer Tagung zur "Gesellschaftlichen Verantwortung des Naturwissenschaftslehrers" hat er sein Konzept einer Allgemeinbildung, die sich an Schlüsselproblemen der heutigen und der zukünftigen Gesellschaften orientiert, zur Diskussion gestellt. Klafki geht es, wie er nachdrücklich betont, darum, das Programm der Aufklärung, das mit Kants berühmten Diktum des "Ausgangs des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit" angedeutet sei, fortzuschreiben, um die heutige Welt und die zukünftigen gravierenden Probleme, mit denen die Menschheit zu tun haben wird, zu bewältigen.

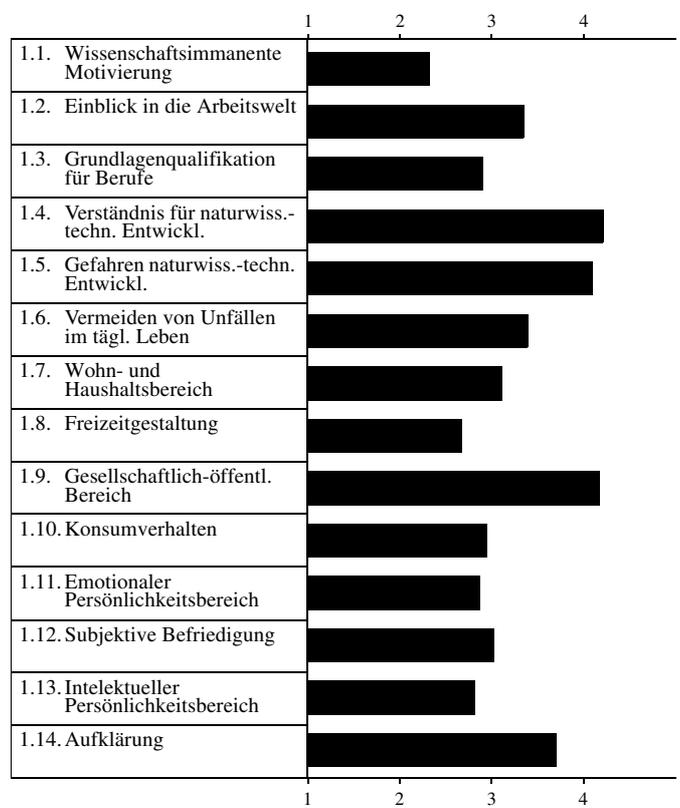


Abb. 2: Mittelwertprofil der Prioritäteneinschätzungen von Schülerinnen und Schülern für die Aussagenbündel zum Aussageelement "Situation/Kontext/Motiv" (Skala: 1 = sehr geringe, 5 = sehr hohe Priorität; nach. Häußler et al., 1983, 13)

Dies Programm kann, mit den Worten von Klafki (1991) wie folgt umrissen werden (Hervorhebungen von R.D.):

"Bildung muß m.E. heute als selbsttätig erarbeiteter und personal verantworteter Zusammenhang dreier Grundfähigkeiten verstanden werden:

- als *Fähigkeit zur Selbstbestimmung* jedes einzelnen über seine individuellen Lebensbeziehungen und Sinndeutungen zwischenmenschlicher, beruflicher, ethischer, religiöser Art;
- als *Mitbestimmungsfähigkeit*, insofern jeder und jede Anspruch, Möglichkeit und Verantwortung für die Gestal-

tung unserer gemeinsamen kulturellen, gesellschaftlichen und politischen Verhältnisse hat;

- als *Solidaritätsfähigkeit*, insofern der eigene Anspruch auf Selbst- und Mitbestimmung nur dann gerechtfertigt werden kann, wenn er nicht nur mit der Anerkennung, sondern mit dem Einsatz für diejenigen und dem Zusammenschluß mit ihnen verbunden ist, denen eben solche Selbst- und Mitbestimmungsmöglichkeiten aufgrund gesellschaftlicher Verhältnisse, Unterprivilegierung, politischer Einschränkungen oder Unterdrückungen vorenthalten oder begrenzt werden."

Als *Schlüsselprobleme* nennt Klafki die folgenden:

1. Friedensfrage
2. Umweltfrage
3. Gesellschaftlich produzierte Ungleichheit
4. Gefahren und Möglichkeiten der neuen technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien.
5. Zwischenmenschliche Verantwortung

Sowohl die oben genannten *Grundfähigkeiten* wie die *Schlüsselprobleme* leuchten unmittelbar ein, wenn auch jeder, je nach bildungspolitischem Standort, seine eigenen Schwerpunkte setzen wird. Es ist auch zu konstatieren, daß der naturwissenschaftliche Unterricht eine Reihe dieser Schlüsselprobleme in den letzten Jahren mit, so scheint es, zunehmender Intensität berücksichtigt hat. Dies gilt insbesondere für den Biologieunterricht, der sich unter den naturwissenschaftlichen Fächern besonders intensiv der Umweltfrage im Unterricht angenommen hat, dem aber auch die Friedensfrage seit längerem nicht fremd ist. Die Schulfächer Physik und Chemie stehen hinter dieser fächerübergreifenden Offenheit der Biologie noch zurück, wenngleich auch bei ihnen ein großes Engagement in der Umweltfrage, zur Zeit aber noch kaum in der Friedensfrage (s. dazu Westphal, 1992), zu erkennen ist. Insgesamt gesehen, sind diese Zielvorstellungen auf einer sehr hohen Ebene angesiedelt und infolgedessen interpretationsfähig und interpretationsbedürftig. Sie müssen, wie es Klafki im zitierten Beitrag selbst klar sagt, "kleingearbeitet" werden. Allerdings hat sich das in Bemühungen, die Schlüsselprobleme zu Leitlinien der Lehrplanarbeit zu machen, wie zum Beispiel im Land Schleswig-Holstein, als sehr schwierig erwiesen. Es gibt aus dieser Arbeit bislang sehr interessante Anregungen (s. Lehrplanrevision in Schleswig-Holstein, 1992), aber ein in sich geschlossenes Konzept eines auf den Schlüsselproblemen ruhenden Gesamtlehrplans liegt bis heute nicht vor. Wahrscheinlich sind die vielfältigen Brechungen, die hohe Ziele bei der Realisierung erfahren, in diesem Falle kaum zu bewältigen. Dennoch können die Überlegungen von Klafki Anregungen geben, zum Beispiel den Konsens der oben beschriebenen fünf Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung neu zu akzentuieren.

Interesse der Schülerinnen und Schüler an den naturwissenschaftlichen Fächern und am naturwissenschaftlichen Unterricht

Es gibt eine Reihe von Untersuchungen, in denen man Schülerinnen und Schüler gebeten hat, die Fächer zu nennen, die sie gerne und die sie weniger gerne mögen (s. zusammenfassend Krapp, 1996). Dabei ist im Prinzip immer herausgekommen,

daß die Physik und die Chemie, insbesondere bei den Mädchen, unbeliebt sind, während die Biologie als sehr beliebtes Fach eingeschätzt wird. Bei diesem Fach liegen die Beliebtheitseinschätzungen der Mädchen sogar vor denen der Jungen. Aufgeschreckt haben die Vertreter der Fächer Physik und Chemie auch die durch Abwahl offenkundig gewordene Abneigung gegen ihre Fächer. In den 70er Jahren wurde es den Schülerinnen und Schülern in Deutschland möglich, auf der gymnasialen Oberstufe im bestimmten Rahmen Fächer zu wählen oder eben abzuwählen. Die Biologie schnitt unter den naturwissenschaftlichen Fächern wieder besonders gut ab, rund 81% der Schülerinnen und Schüler wählten dieses Fach als Grund- oder Leistungskurs. Bei der Physik waren es dagegen nur 33%, bei der Chemie 40% (Weltner, 1979).

Sieht man sich die Interessenentwicklung im Verlaufe der Schulstufen 5 bis 10 an, so zeigt sich bei den beiden naturwissenschaftlichen "Problemfächern" (was das Interesse angeht), ein dramatischer Abfall, je länger die Schülerinnen und Schüler den entsprechenden Unterricht erhalten (Krapp, 1996). Dies gilt insbesondere für die Mädchen. Bei den Jungen sind die Interessenabfälle zwar ebenfalls vorhanden, aber für sie zählen Physik und Chemie nicht zu den unbeliebtesten Fächern, sondern nehmen dort eher eine mittlere Position ein. Auch bei der Biologie gibt es durchaus Interessenverluste über den genannten Zeitraum (Löwe, 1992), aber sie scheinen nicht so ausgeprägt zu sein wie bei den naturwissenschaftlichen Schwesterfächern. Es ist also unverkennbar, daß das Interesse an den "harten" naturwissenschaftlichen Fächern (dieses Schicksal teilt im übrigen auch die Mathematik) insbesondere bei den Mädchen sehr niedrig ist.

Um zu einem differenzierteren Bild von den Interessen der Schülerinnen und Schüler zu kommen, muß zunächst das *Fachinteresse*, also das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach (Biologie, Chemie oder Physik), vom *Sachinteresse* klar unterschieden werden. Es hat sich gezeigt, daß ein großes Interesse an der Sache keineswegs unmittelbar zu einem großen Interesse auch am Fach führt (Hoffmann et al., in Vorbereitung). Auch spielt beim Fachinteresse interessanterweise der erwartete allgemeine und auf einen angestrebten Beruf bezogene Nutzen z.B. im Falle von Physik kaum eine Rolle. Wenn also das Interesse an den Inhalten, den Sachen des Unterrichts groß ist, wenn also Schülerinnen und Schüler von den Inhalten begeistert sind, wenn überdies auch ein Nutzen davon erwartet wird, so bedeutet dies noch nicht, daß auch ein großes Interesse am Fach vorhanden ist. Eine wichtige Rolle spielt vielmehr, ob sich Schülerinnen und Schüler zum Beispiel das als schwierig erachtete Fach zutrauen, also das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit.

Beim Sachinteresse, also dem Interesse an den Inhalten, gilt es zunächst eine häufig zu findende Meinung zu korrigieren: Interessenunterschiede zwischen den verschiedenen Gebieten der Physik und Chemie sind nicht so groß, wie man annehmen könnte (Häußler, 1987a). Viel wichtiger ist es, in welchem Anwendungsbereich ein bestimmter kanonischer Inhalt (wie zum Beispiel der elektrische Stromkreis oder die Ausdehnung bei Erwärmung) erscheint und welche interessanten bzw. beliebten Tätigkeiten mit dem Erwerb dieser Inhalte im Unterricht verbunden werden. Kurz zusammengefaßt ist es interessensfördernd, wenn die naturwissenschaftlichen Inhalte auf Alltagssituationen oder den menschlichen Körper angewendet

davon die Rede gewesen, daß das Interesse im Verlaufe der Schulstufen 5 bis 10 stetig abnimmt. Das gilt für das Fach- wie das Sachinteresse. Aber es gibt durchaus unterschiedlich steile Abstiege und es gibt auch Bereiche, bei denen das Interesse sogar zunimmt. Abb. 3 zeigt die Interessenentwicklung für einige Aspekte. Abb. 4 faßt Ergebnisse der Untersuchungen von Häußler und Hoffmann (1995) zusammen. Diese Ergebnisse stammen aus einer groß angelegten Untersuchung zu Interessen an der Physik und am Physikunterricht. Die Resultate der für die anderen naturwissenschaftlichen Fächer vorliegenden Untersuchungen zeigen allerdings, daß diese Zusammenfassung im wesentlichen für alle naturwissenschaftlichen Fächer gilt.

- Die Anbindung der physikalischen Inhalte an alltägliche Erfahrungen und Beispiele aus der Umwelt der Schülerinnen und Schüler ist für beide interessensfördernd, für Mädchen jedoch nur, wenn sie dabei auf Erfahrung zurückgreifen können, die sie tatsächlich gemacht haben. (Negativbeispiel: Erfahrungen mit Werkzeugen oder Maschinen).
- Inhalte mit einer emotional positiv getönten Komponente, also etwa Phänomene, über die man staunen kann und die zu einem Aha-Erlebnis führen, werden generell als interessant empfunden. Mädchen sind dabei eher über die Sinne unmittelbar ansprechendes Erleben (z.B. Naturphänomene) erreichbar und weniger über erstaunliche technische Errungenschaften (Negativbeispiel: Leistung von Motoren)
- Das Interesse an der *gesellschaftlichen* Bedeutung von Physik ist generell relativ hoch: bei Mädchen um so höher, je älter sie sind und je deutlicher eine unmittelbare Betroffenheit angesprochen wird.
- Das Interesse an einem Bezug der Physik zum *menschlichen Körper* ist insbesondere bei Mädchen auffallend groß. Dazu gehören z.B. Anwendungen in der medizinischen Diagnostik und Therapie, Gefährdungen der Gesundheit und Erklärung der Funktionsweise von Sinnesorganen. Aber auch die Jungen interessieren sich dafür nicht weniger als z.B. für technische Anwendungen.
- Das Entdecken oder Nachvollziehen von *Gesetzmäßigkeiten um ihrer selbst willen* wird von Mädchen und Jungen als weniger interessant empfunden, insbesondere wenn es um eine quantitative Beschreibung (Formel!) geht. Das Interesse steigt, wenn ein *Anwendungsbezug* (s.o.) hergestellt wird, und dabei der Nutzen oder die Notwendigkeit einer Quantifizierung erfahren werden können.

Abb. 4: Zusammenstellung von Kontexten, in die physikalische Inhalte zur Steigerung des Sachinteresses eingebettet werden können (Häußler & Hoffmann, 1995, 113)

Abb. 3: Entwicklung von Interessen in den Schulstufen 5 bis 10 (Klassen 1 – 6; J=Jungen, M=Mädchen; nach Häußler & Hoffmann, 1990, S. 14 und 15).

werden, mit erstaunlichen Phänomenen verbunden sind oder ihre gesellschaftliche Bedeutung angesprochen wird. Was die Tätigkeiten angeht, so stoßen vor allem bei jüngeren Schülern das Bauen und Konstruieren, bei den älteren das Diskutieren und Bewerten auf großes Interesse. Dagegen wird jede Form von Berechnen oder etwas in einer Formel auszudrücken (also genau das, was im Physikunterricht traditionell eine große Rolle spielt) als uninteressant abgelehnt. Es ist oben bereits

Es ist das Anliegen des hier vorliegenden Beitrags, abzuklären, wie es um Möglichkeiten steht, wichtige allgemeine Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Realität des Unterrichts zum Tragen kommen zu lassen. Die Forschungslage zeigt, daß es derzeit um die Interessen der Schülerinnen und Schüler insbesondere im Bereich der Physik und Chemie nicht zum Besten steht. Allerdings ist die Lage wiederum auch nicht so dramatisch, wie sie bisweilen dargestellt wird – wenn die Möglichkeiten zur Interessenförderung, die sich in den zusammengestellten Befunden klar abzeichnen, tatsächlich genutzt werden. Um Mißverständnissen vorzubeugen, muß allerdings betont werden, daß es dabei nicht um vordergründiges Aufgreifen von Interessen geht, wie es manchmal solchen interessensfördernden Vorhaben unterstellt wird (Jung, 1995). Es

kann sich vielmehr nur darum handeln, vorhandene Interessenkeime zu nutzen und Interesse für Dinge, die aus Sicht der allgemeinen Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts wichtig sind, zu wecken und zu fördern. Es gibt dazu inzwischen eine Reihe von Vorhaben, insbesondere im Bereich der Physik, das Interesse zu fördern (s. Häußler & Hoffmann, 1990; 1995; Faißt et al., 1994). Daß dabei besonderes Augenmerk auf die Förderung der Mädchen gelegt wird, versteht sich von selbst. Häußler und Hoffmann (1995) haben in einem umfangreichen Modellversuch Unterricht entwickelt und erprobt, der sich an den in Abb. 4 genannten Gesichtspunkten orientiert. Sie haben die im Lehrplan vorgegebenen Themen konsequent in einen interessenfördernden Kontext gesetzt. Beim Thema "Schallerzeugung und Schallausbreitung" haben sie z.B. den Unterricht um den Bau von Musikinstrumenten und um das Lärmproblem ("Wir messen Lärm") herum aufgebaut. Das traditionell schwierige und unbeliebte Thema "Kräfte und Geschwindigkeiten" haben sie im Kontext "Wir untersuchen den Fahrradhelm" behandelt. In ganz entsprechender Weise haben Duit, Häußler, Lauterbach, Mikelskis und Westphal (1991, 1993) traditionelle Lehrplanthemen in einem neuen Lehrbuch für die Schulstufen 5 bis 10 bearbeitet. Allerdings haben sie bislang noch keine Untersuchung zum Erfolg dieses Lehrbuchs durchgeführt. Im Falle des Modellversuchs von Häußler und Hoffmann (1995) hat es sich gezeigt, daß der geplante Unterricht tatsächlich interessenfördernd war. Die Förderung der Mädchen hat sich dabei nicht als Nachteil für die Jungen erwiesen. Im Gegenteil, auch sie profitierten von einer solchen Orientierung. Es wird damit die Meinung von Wagenschein (1965, 350) bestätigt, der bereits vor 30 Jahren das zentrale Problem, um das es hier geht, klar erkannt hat. Er schreibt: "Ich habe im Koedukationsunterricht immer die Erfahrung gemacht: wenn man sich nach den Mädchen richtet, so ist es auch für die Jungen richtig; umgekehrt aber nicht."

Vorstellungen und Lernen

Unzählige Forschungsarbeiten (s. die Bibliographie von Pfundt & Duit, 1994) haben in den vergangenen beiden Jahrzehnten gezeigt, daß Schülerinnen und Schüler bereits mit tief in Alltagserfahrungen verankerten Vorstellungen zu den Phänomenen und Begriffen in den naturwissenschaftlichen Unterricht kommen, um die es dort gehen soll. In der Regel stimmen diese vorunterrichtlichen Vorstellungen mit den zu lernenden naturwissenschaftlichen Vorstellungen zumindest in einigen zentralen Aspekten nicht überein. Da die vorunterrichtlichen Vorstellungen den einzigen Rahmen bilden, der den Schülerinnen und Schülern zur Interpretation des vom Lehrer oder vom Lehrbuch Präsentierten zur Verfügung steht, verstehen sie häufig das Präsentierte nicht in gleicher Weise, wie es eigentlich gemeint war. Tiefgreifende Lernschwierigkeiten sind die Folge. Es kann kein Zweifel daran bestehen, daß der naturwissenschaftliche Unterricht in der Schule in aller Regel nur relativ bescheidenen Erfolg hat, die Schülerinnen und Schüler zu den wissenschaftlichen Vorstellungen so weit zu leiten, wie es von Lehrplanmachern, Lehrbuchautoren und Lehrern eigentlich beabsichtigt war (s. dazu zusammenfassend Duit, 1993a, 1995).

Vielen mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht Befassten sind die wichtigsten Befunde dieser Forschungsrichtung in-

zwischen wohl vertraut, es genügt deshalb hier, an einige wichtige Ergebnisse kurz zu erinnern. Zunächst seien einige Vorstellungen, die zu Lernschwierigkeiten führen, aus den Gebieten Biologie, Chemie und Physik kurz beschrieben.

Vor allem jüngere Schüler haben zum Beispiel einen ganz anderen Begriff vom "Tier" als die Biologie. Für sie zählen vor allem die ihnen vertrauten Tiere, also vorwiegend Haustiere zu dieser Kategorie. In die biologische Klassifikation wachsen sie nur langsam und mühsam hinein (Bell, 1981). *Vererbung und Evolutionslehre* sind Gebiete, auf denen es den Schülern sehr schwer fällt, die biologischen Vorstellungen zu übernehmen (Wandersee, Good & Demastes, 1995). So werden häufig Gene und Merkmale nicht hinreichend unterschieden und Vererbung überwiegend als direkte Weitergabe erworbener Eigenschaften (im Lamarkschen Sinne) gedeutet. Anpassung wird als individuelle Reaktion auf (veränderte) Umweltbedingungen gesehen. Ebenso wird Selektion als Veränderung an Individuen verstanden und nicht als Häufigkeitsverschiebung von Anlagen innerhalb einer Population. Mit anderen Worten: viele Schülerinnen und Schüler verstehen die Rolle der Variabilität von Merkmalen innerhalb einer Population, also die Bedeutung der genetischen Vielfalt nicht. Die Rolle des Zufalls in Selektionsprozessen bleibt vielen Lernenden verschlossen. Es scheint, daß hier tief verankerte teleologische Vorstellungen eine Rolle spielen.

Im Chemieunterricht und im Physikunterricht hat das *Teilchenmodell* (also die Vorstellung, alle Dinge beständen aus kleinen Teilchen, die sich unablässig bewegen) einen zentralen Platz. Aber Schüler haben eine Reihe von Schwierigkeiten, dieses Modell zu verstehen (Duit, 1992; Driver & Scott, 1994). Der "naive" Blick auf die Welt um sie herum favorisiert eine Kontinuumsvorstellung. Teile dieser Vorstellung behalten die Schüler bei, wenn sie über den Aufbau aller Dinge aus Teilchen erfahren. Es gibt in ihren Vorstellungen nach dem Unterricht über das Teilchenmodell viele "Vermischungen" zwischen Teilchen- und Kontinuumsvorstellungen (Jung, 1992, nennt solche Vermischungen "Hybridvorstellungen"). So bereitet es vielen Schülerinnen und Schülern keine logischen Probleme, sich vorzustellen, daß aus einer als Kontinuum gedachten Wasserportion beim Verdampfen Gasteilchen entstehen. An einer weiteren Stelle zeigt sich der Einfluß einer tief sitzenden Alltagserfahrung: die meisten Schülerinnen und Schüler, die sich auf die Vorstellung, die Teilchen würden sich unablässig bewegen, einlassen, gehen von einem statischen Modell aus. Die Vorstellung, die Teilchen würden sich unablässig bewegen, widerspricht den Alltagserfahrungen. Dort kommt jede Bewegung nach einiger Zeit zur Ruhe, es sei denn sie wird immer wieder angetrieben. Schließlich zeigt sich in diesem Bereich, daß Unterricht zu Vorstellungen führen kann, die so nicht beabsichtigt waren. In der Regel wird nämlich im Unterricht versucht, den Schüler die "Welt der Teilchen" dadurch anschaulich klar zu machen, daß Vergleiche mit den Dingen der Alltagswelt herangezogen werden. Das unterstützt aber die Vorstellungen vieler Schülerinnen und Schüler, die den Teilchen selbst die Eigenschaften zuordnen, die eigentlich erklärt werden sollten. So sind für viele Schülerinnen und Schüler Schwefelatome gelb. Wärme wird so gedeutet, daß die Teilchen selbst warm werden.

Wandersee, Mintzes und Novak (1993) haben in einem Handbuchartikel die wichtigsten Befunde der Forschungen zu den Schülervorstellungen wie folgt zusammengefaßt:

1. Die Lernenden kommen in den naturwissenschaftlichen Unterricht mit einer Reihe von alternativen Vorstellungen zu Naturdingen und -vorgängen hinein.
2. *Diese alternativen Vorstellungen gibt es in allen Altersgruppen (von der Primarstufe bis hinauf zur Universität), bei allen Fähigkeitsgruppen der Lernenden, bei Mädchen und Jungen gleichermaßen und in allen Kulturen.*

Es sei angemerkt, daß selbstverständlich mit dem Alter die Häufigkeit bestimmter alternativer Vorstellungen abnimmt, aber man findet eben doch zum Beispiel auch auf der Universität noch bei einer großen Zahl von Lernenden Vorstellungen, zum Beispiel zum Kraftbegriff, die weit von naturwissenschaftlichen Vorstellungen entfernt sind. Ebenso zeigt es sich, daß die Häufigkeit von alternativen Vorstellungen bei Lernenden mit größeren intellektuellen Fähigkeiten seltener auftreten. Aber auch in dieser Gruppe findet man die alternativen Vorstellungen in der Regel in erstaunlich hohem Maße.

3. Alternative Vorstellungen sind "hartnäckig", sie lassen sich durch konventionellen naturwissenschaftlichen Unterricht nur schwer verändern.
4. Die alternativen Vorstellungen erinnern häufig an frühere historische Entwicklungsstufen.
5. Die alternativen Vorstellungen haben ihre Ursache in persönlichen Erfahrungen beim Umgang mit den Dingen der Welt (z. B. durch Beobachtungen, Sinneseindrücke, Handeln), in der Kultur und Sprache, in der die Lernenden aufwachsen, aber auch im vorangegangenen naturwissenschaftlichen Unterricht.
6. Lehrer haben gar nicht selten ähnliche alternative Vorstellungen wie ihre Schüler.
7. Das vorunterrichtliche Wissen der Schülerinnen und Schüler interagiert häufig mit dem Wissen, das im Unterricht präsentiert wird auf eine Weise, die so nicht beabsichtigt war.

Ein großes Problem ist dabei, daß dieses "Fehlgehen" der unterrichtlichen Bemühungen dem Lehrer nicht einmal bewußt wird.

8. Neue Unterrichtsansätze, die sich an der Idee des "Konzeptwechsels" orientieren, haben sich in der Regel als effektiv erwiesen.

Es ist also festzuhalten, daß der naturwissenschaftliche Unterricht in aller Regel weniger erfolgreich ist, als es bislang angenommen worden ist. Die Defizite zeigen sich freilich erst dann, wenn man auf *Verstehen* Wert legt und nicht auf das Reptieren von auswendig gelerntem Faktenwissen und das mehr oder weniger routinemäßig beherrschte Einsetzen der richtigen Werte in die richtigen Formeln. Dem naturwissenschaftlichen Unterricht gelingt es meist nur, die ihm Anvertrauten ein (kleines) Stück des Weges zu den wissenschaftlichen Vorstellungen zu führen. Häufig verfügen Schüler am Ende des naturwissenschaftlichen Unterrichts nur über "Hybridvorstellungen". Abschied zu nehmen ist von der Idee, der naturwissenschaftliche Unterricht könnte die "falschen" alternativen Vorstellungen der Schüler auslöschen und durch die richtigen

naturwissenschaftlichen Vorstellungen ersetzen. Es hat sich gezeigt, daß dieses nicht funktioniert. Ein realistisches Ziel ist es vielmehr, die Schüler zu überzeugen, daß in bestimmten Situationen, die intuitiven, alternativen Alltagsvorstellungen scheitern und daß dort die naturwissenschaftlichen Vorstellungen eine konsistentere und überzeugendere Orientierung bieten. Zu beachten ist, daß viele alternative Vorstellungen ja nicht falsch sind, sie bieten schließlich der übergroßen Mehrheit der naturwissenschaftlichen Laien eine Weltorientierung, die ausreicht, in der Welt um sie herum ausreichend gut zu rechtzukommen.

Wie auch beim Forschungsgebiet zu Interessen der Schülerinnen und Schüler ist man bei Forschungen zu Vorstellungen nicht dabei stehen geblieben, einen beklagenswerten Zustand genau aufzuklären und zu beschreiben. Es gibt vielmehr eine Reihe von neuen Unterrichtsansätzen und neuen Ideen, wie Lernen der Naturwissenschaften verbessert werden kann, die berechtigte Hoffnung geben, daß naturwissenschaftlicher Unterricht für Schülerinnen und Schüler befriedigender und effektiver gemacht werden kann (zu Trends der Forschung s. Duit, 1993b; zu den neuen Perspektiven von Konzeptwechselansätzen Duit, 1996; zu neuen Unterrichtsansätzen Duit, 1993a, 1995; Themenhefte März 1993 und Mai 1994 der Zeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht in Physik* sowie Labudde, 1993). Allerdings muß vor allzu großen Erwartungen gewarnt werden. Viele Lernschwierigkeiten liegen gewissermaßen in der Natur der Sache Lernen der Naturwissenschaften. Die physikalische Sicht zum Kraftbegriff zum Beispiel ist der Alltagssicht sehr fremd. Man kann in solchen Fällen nicht erwarten, daß es mit bestimmten methodischen Tricks oder dergleichen gelingt, Lernen der Naturwissenschaften ganz einfach zu machen. Ohne erhebliche geistige Anstrengungen der Schülerinnen und Schüler wird es nicht gehen. Schülerinnen und Schülern muß also einsichtig gemacht werden, daß sich diese Anstrengung lohnt und daß sie in der Lage sind, etwas zunächst unverständlich Erscheinendes tatsächlich zu durchschauen.

Was bleibt vom naturwissenschaftlichen Unterricht nach einigen Jahren?

Die Meinung ist weit verbreitet, vom naturwissenschaftlichen Unterricht bleibe kurze Zeit nach dem Unterricht nichts mehr übrig, der Unterricht gehe auf lange Sicht gewissermaßen spurlos an den Schülerinnen und Schülern vorbei. Diese Meinung ist falsch, sie hält den empirischen Untersuchungen, die es zu diesem Thema gibt, nicht stand (s. z.B. Fensham, 1975; Hyman, Wright & Reed, 1975; Roberts & Sutton, 1984; Häußler, Hoffmann & Rost, 1986). Es scheint vielmehr so zu sein, daß sich etwa in den ersten drei Jahren nach Abschluß des betreffenden Unterrichts ein durchaus beachtlicher Abfall des Wissens ergibt, daß dann aber der Wissensstand weitgehend stabil bleibt (Häußler, 1987b). Selbstverständlich ist es von der Art des Wissens abhängig, ob es auf lange Zeit erhalten bleibt. So scheint Wissen, das der Lernende mit eigener geistiger Anstrengung aufgebaut hat und das überdies mit anderen Wissensteilen vernetzt ist, länger behalten zu werden als gewissermaßen lediglich auswendig gelernte isolierte Fakten. Das Gedächtnis darf im übrigen nicht als passiver Speicher gesehen werden, in dem Wissen aufbewahrt wird. Vielmehr ist das Gedächtnis ein dynamisches System. Es gibt zum Beispiel Be-

funde, daß einmal gespeichertes naturwissenschaftliches Wissen sich im Verlaufe der Zeit deutlich umstrukturiert. In einer Untersuchung von Hoffmann et al. (1995) zeigte es sich zum Beispiel, daß Transferleistungen in Biologie und Physik mit der Zeit sogar ansteigen können.

Die umfangreichste Studie zum langzeitlichen Behalten naturwissenschaftlichen Wissens ist von Häußler, Hoffmann und Rost (1986) durchgeführt worden. 800 Erwachsene nahmen an dieser Untersuchung teil. Sie befaßte sich mit dem physikalischen Wissen, u.a. zu den Bereichen Elektrizität und Energie. Für den Zusammenhang, um den es im vorliegenden Beitrag geht, seien die folgenden Ergebnisse hervorgehoben. So war das theoretische Wissen über Energie, über das die Befragten verfügten, signifikant vom Umfang des Physikunterrichts abhängig: je mehr Physikunterricht eine Person hatte, desto mehr wußte sie im Mittel später über Energie. Aber es gab keinen Zusammenhang zwischen dem Umfang des Unterrichts über Energie und dem späteren Wissen über Energie. Kurz gesagt, großes Wissen über ein bestimmtes Thema, zum Beispiel Energie, resultiert nicht notwendig aus viel Unterricht über dieses Thema. Physikunterricht scheint eine allgemeinere Wirkung auf das spätere Wissen zu haben. Dies läßt sich als Argument für das Prinzip des exemplarischen Lernens bzw. wider die Stofffülle ins Feld führen. Viel wichtiger als die Vermittlung eines breiten Stoffangebots erscheint es nach der hier herangezogenen Studie zu sein, daß die Schülerinnen und Schüler eine positive Einstellung zur Physik und das Vertrauen erwerben, Physik verstehen zu können. Dann nämlich, so scheint es, erwerben sie auch die Bereitschaft, Informationen über Physik in den Massenmedien zu beachten und zu verarbeiten.

Wissen und Handeln

"Es ist wohl ein unausgesprochener Glaubenssatz eines jeden Pädagogen, daß erworbenes Wissen, solides und durchdachtes Wissen – sei es im Leben oder in der Schule erworben – nicht nur zum richtigen Handeln befähigt, sondern dazu auch motiviert. Wozu unterrichten wir denn unsere Kinder und Jugendlichen, wenn sie dadurch nicht in die Lage versetzt werden, Probleme ihres eigenen Lebens, gesellschaftliche und globale Probleme zu bewältigen und vielleicht besser zu bewältigen als wir es tun? Probleme können nun mal nur durch aktives Handeln gelöst werden. Trotz der scheinbaren Eindeutigkeit dieses Glaubenssatzes ist das Verhältnis von Wissen und Handeln schillernd." (Rost, 1992, 141).

In der Tat wird in manchen der weiter oben vorgestellten allgemeinen Ziele unterstellt, daß naturwissenschaftliches Wissen zum Handeln führt, zum Beispiel Wissen um naturwissenschaftliche und andere Aspekte des Umweltschutzes zu umweltgerechtem Verhalten. Aber im Grunde ist es eine alltägliche Erfahrung, daß Wissen nicht notwendig zum richtigen Handeln führen muß. Alle Raucher zum Beispiel wissen sehr wohl, wie gefährlich ihre Sucht ist. Wider besseres Wissen zu handeln, ist aber nicht allein Sache von Rauchern, sondern Erfahrung eines jeden, der ehrlich mit sich ist.

Es gibt eine Reihe von Untersuchungen zum Zusammenhang von Wissen und Handeln im Bereich des umweltgerechten Handelns. Hines, Hungerford und Tomera (1987) haben sechzehn diesbezügliche Studien dahingehend zusammengefaßt, daß es nur recht kleine Zusammenhänge (kleine Korrelatio-

nen) zwischen Umweltwissen und tatsächlichem Umweltverhalten gibt. Eine Studie, die am IPN durchgeführt worden ist (Langeheine & Lehmann, 1986) kommt zum gleichen Ergebnis. Hier gab es kaum Zusammenhänge zwischen Umweltwissen und umweltgerechtem Verhalten, wie zum Beispiel Energiesparen im täglichen Leben, oder Sammeln und Trennen von Müll, um wertvolle Stoffe und Energie zu sparen. Umweltgerechtes Verhalten wurde vielmehr von einer Variablen stark bestimmt, die man als "Erfahrungen mit der Pflege von Lebewesen in der Kindheit und Jugend" (ev. angeleitet von den Eltern) bezeichnen könnte. In anderen Worten, wer sich in der Kindheit und Jugend um ein Lebewesen gekümmert hat, verhält sich mit größerer Wahrscheinlichkeit umweltgerecht als jemand, dem diese Erfahrungen fehlen. Umweltwissen dagegen allein führt nicht zu einer deutlich erhöhten Bereitschaft, sich auch umweltgerecht zu verhalten.

Die psychologische Forschung, die sich bemüht, den Zusammenhang zwischen Wissen und Handeln aufzuklären, bietet zur Zeit noch erstaunlich wenig konsistente Deutungen an (Rost, 1992), die für den naturwissenschaftlichen Unterricht genutzt werden können. Sie gibt allerdings den wichtigen Hinweis, daß das Handeln, das von den Zielen aus gesehen erwartet wird, im Unterricht auch geübt werden muß. Mit anderen Worten, zählt Handeln (z.B. im Bereich des Umweltschutzes) zu den Zielen des Unterrichts, darf der Unterricht sich nicht auf das für das Handeln relevante Wissen beschränken, sondern muß Handeln möglichst authentisch einüben.

Zusammenfassung

Naturwissenschaftliches Wissen und Denken beeinflusst unser heutiges Leben tiefgreifend, insbesondere durch eine Technik, die auf diesen Erkenntnissen basiert. War bisher die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in der Technik vor allem eine Domäne der Physik und Chemie und war demzufolge auch Technikfeindlichkeit bzw. eine gewisse Distanz zur Technik vor allem mit Anwendungen dieser Fächer verbunden (man denke an die vehementen Diskussionen um Kernkraftwerke und Umweltverschmutzungen durch die chemische Industrie), so hat inzwischen die Biologie ebenfalls ihre Unschuld verloren. Gentechnik und Genmanipulation sind auf dem Wege zu Schlüsseltechniken der modernen Welt. Orientierung in der heutigen Welt wie in der zukünftigen noch stärker von Technik dominierten Welt ist ohne eine gewissen Grundeinsicht in naturwissenschaftliches Wissen und Denken nicht möglich. Zu den zentralen Schlüsselproblemen der Zukunft gehören solche, die auf Erkenntnisse und Einsichten angewiesen sind, die nur im naturwissenschaftlichen Unterricht vermittelt werden können.

Der naturwissenschaftliche Unterricht ist heute indes nur im eingeschränktem Maße in der Lage, solche Einsichten und Erkenntnisse tatsächlich zu vermitteln. Es ist aus einer großen Anzahl von Untersuchungen bekannt, daß Schülerinnen und Schüler die im Unterricht vermittelten Inhalte nicht oder nur eingeschränkt verstehen und folglich nicht oder nur eingeschränkt erlernen. Der naturwissenschaftliche Unterricht, so ist zu konstatieren, erreicht die in Präambeln von Lehrplänen niedergelegten Ziele und wohl auch die bescheideneren Ziele, die erfahrene Lehrerinnen und Lehrer mit ihrem Unterricht verbinden, in aller Regel nicht oder doch nur in geringerem Ausmaß. Das im Unterricht vermittelte Wissen erweist sich

weiterhin in aller Regel nur in eingeschränktem Maße als geeignet, gesellschaftliches bzw. umweltgerechtes Handeln anzuregen. Der Physik- und Chemieunterricht, wie er gegeben wird, trifft überdies nur auf sehr eingeschränktes Interesse. Insbesondere viele Mädchen wenden sich vom Physik- und Chemieunterricht ab. Nach wie vor sind Frauen in Berufen, die mit Physik, Chemie und Technik zu tun haben, weit, unterrepräsentiert.

Ein wichtiger Grund für die skizzierten Schwierigkeiten scheint darin zu liegen, daß der naturwissenschaftliche Unterricht sich erstens auf das betreffende Bezugsfach, also die Biologie, die Chemie und die Physik, zu starr konzentriert und zweitens relative unflexible Schemata der Vermittlung von Biologie, Chemie und Physik heranzieht. Die Bedeutung der Naturwissenschaften für die heutige und zukünftige Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler wird den Betroffenen nicht klar. Die dominierenden Lehrmethoden erlauben eigenständiges Lernen nur in sehr eingeschränktem Maße. Das vom Lehrer (oder Lehrbuch) angebotene naturwissenschaftliche Wissen wird von den Schülerinnen und Schülern nicht als etwas empfunden, das sie betrifft. Kurz, die Schülerinnen und Schüler werden im Unterricht nicht im ausreichenden Maße als eigenständige Persönlichkeiten mit ihren jeweiligen Sichtweisen, Interessen, Neigungen und Einstellungen ernst genommen.

Es gibt eine Reihe von Bemühungen, den naturwissenschaftlichen Unterricht so zu verändern, damit er seinen in den Präambeln verkündeten hohen Zielen besser gerecht werden kann. Dabei handelt es sich um Initiativen auf verschiedenen Ebenen, von der Initiative einzelner Lehrerinnen und Lehrer bis zur Verhandlung über solche Reformen im Rahmen der Bildungspolitik. Diese Bemühungen lassen sich bei aller Unterschiedlichkeit der jeweiligen Standpunkte so charakterisieren, daß es darum gehen muß, einerseits die *starre Konzentration auf die jeweiligen naturwissenschaftlichen Inhalte zu überwinden* und andererseits *Methoden selbstbestimmten Lernens eine bessere Chance zu geben*.

Die folgenden Gesichtspunkte können als Rahmen für die Planung des naturwissenschaftlichen Unterrichts dienen. Nicht jeder Gesichtspunkt muß notwendig in jeder Unterrichtsstunde zum Tragen kommen, aber *jede* Unterrichtseinheit sollte Beiträge zu allen Gesichtspunkten enthalten. In der langfristigen Planung sollten die Gesichtspunkte gleichgewichtig zum Tragen kommen. Selbstverständlich sind diese Gesichtspunkte wieder relativ "hoch" angesiedelt, d.h. es handelt sich gewissermaßen um "Feiertagserklärungen". Aber in den vorangegangenen Abschnitten ist auf Literatur verwiesen worden, aus der sich viel Konkretes entnehmen läßt, wie diese Gesichtspunkte in die Realität des Unterrichts umgesetzt werden können.

Interesse

- an Interessen anknüpfen
- Interessen wecken und fördern
- insbesondere an Interessen von Mädchen anknüpfen, ihr Interesse wecken und fördern

Verstehen

- an Alltagsvorstellungen anknüpfen

- bei der Planung der Lernwege sich an den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und nicht vorwiegend an fachlichen Aspekten orientieren
- dem Verstehen den Vorzug vor dem Wiedergeben von Definitionen und Formeln geben

Über das Fachliche hinaus

- Verbindungen des behandelten Inhalts mit anderen Inhalten herstellen; die Bedeutung dieses Inhalts im Rahmen der anderen im Unterricht vermittelten Inhalte herausstellen – innerfachliche Integration anstreben
- Verbindungen zu Inhalten anderer Fächer, die mit dem behandelten Inhalt zu tun haben, herstellen – überfachliche Integration anstreben
- Verbindungen zur Technik herstellen
- Bedeutung eines Inhalts für die Technik, einschließlich kritischer Sicht der betreffenden Technik
- Bedeutung eines Inhalts für das Verstehen von Umweltproblemen
- Bedeutung eines Inhalts im gesellschaftlichen Raum
- Bedeutung eines Inhalts für die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler

Über das Inhaltliche hinaus

- Lernen von Naturwissenschaften durch Lernen über Naturwissenschaften ergänzen
- ein angemessenes "Bild" von den Naturwissenschaften entwickeln

Selbständiges Lernen

- neue Organisationsformen des Unterrichts z.B. Projektunterricht und offener Unterricht anregen
- Möglichkeiten, selbständigen Lernens in eher traditionellen Organisationsformen wie im Gruppenunterricht fördern

Lernen und Verstehen fördernde Unterrichtsbewertung

- Unterrichtsbewertung weniger als Instrument einer abschließenden Einordnung sondern eher als Hilfe für die Förderung des Lernens und Verstehens sehen

Literatur

- Bell, B. (1981). When an animal is not an animal. *Journal of Biological Education* 15, 213-218.
- Bleichroth, W., Dahncke, H., Jung, W., Kuhn, W., Merzyn, G. & Weltner, K. (1991). *Fachdidaktik der Physik*. Köln: Aulis.
- Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (1983). *Empfehlungen zur Gestaltung von Physiklehrplänen*. MNU 36, Heft 2.
- Driver, R. & Scott, P. (1994). Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zum Teilchenmodell. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 42, Mai 1994, 24-31.
- Duit, R. (1992). Atomistische Vorstellungen bei Schülern. In H. Fischler (Hrsg.), *Quantenphysik in der Schule*. Kiel: IPN, 201-214.
- Duit, R. (1993a). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 41, 4-10.
- Duit, R. (1993b). Research on students' conceptions -- developments and trends. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca: Cornell University (Zugang per Computerdiskette oder Internet), (abgedruckt auch in Pfundt & Duit, 1994, a.a.O.)
- Duit, R. (1995). Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. *PLUS LUCIS*, Heft 2, 11-18.

- Duit, R. (1996). Ansätze zum Konzeptwechsel. In R. Duit & Ch. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel: IPN, 143-160.
- Duit, R., Häußler, P. & Kircher, R. (1981). *Unterricht Physik*. Köln: Aulis.
- Duit, R., Häußler, P., Lauterbach, R., Mikelskis, H. & Westphal, W. (1991). Das Schulbuch: Lehrbuch oder Lernbuch? In K.H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Vorträge der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Weingarten, September 1990. Alsbach: Leuchtturm, 102-110.
- Duit, R., Häußler, P., Lauterbach, M., Mikelskis, H. & Westphal (1993). *Physik – Um die Welt zu begreifen*. Ausgabe Physik/Chemie Orientierungsstufe Niedersachsen, Bühl, Frankfurt/M.: Konkordia, Diesterweg, 1993. Ausgabe Physik 5/6 Nordrhein-Westfalen, Bühl, Frankfurt/M.: Konkordia, Diesterweg, 1993 (Ausgaben Physik 7/8 und 9/10, 1995, 1996).
- Eigenmann, J. & Strittmatter, A. (1972). Ein Zielebenenmodell zur Curriculumkonstruktion (ZEM). In K. Aregger & J. Isenegger (Hrsg.), *Curriculumprozeß*. Basel: Beltz.
- Empfehlungen zur Entwicklung von Lehrplänen für den Physikunterricht der Sekundarstufe I. Beschlossen in Bad Hersfeld. (1976). Kiel: IPN.
- Faißt, W., Häußler, P., Hergeröder, C., Keunecke, K.-H., Kloock, H., Milanowski, I. & Schöffler-Wallmann, M. (1994). *Physik-Anfangsunterricht für Mädchen und Jungen*. IPN-Materialien. Kiel: IPN.
- Fensham, P.J. (1975). Long term effects of science education at school. *Research in Science Education*, 11-20.
- Häußler, P. (1987a). Measuring students' interest in physics – design and results of a cross-sectional study in the Federal Republic of Germany, *International Journal of Science Education* 9, 79-92.
- Häußler, P. (1987b). Langzeitwirkungen von Physikunterricht. *physica didactica* 14, Heft 4, 5-18.
- Häußler, P. (1992). Physikalische Bildung als Menschenbildung: Wunsch und Wirklichkeit. In P. Häußler (Hrsg.), *Physik und Menschenbildung*. IPN Schriftenreihe 130. Kiel: IPN, 105-140.
- Häußler, P. & Lauterbach, R. (1976). Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts. Zur Begründung inhaltlicher Entscheidungen. Weinheim: Beltz.
- Häußler, P., Frey, K., Hoffmann, L., Rost, J. & Spada, H. (1983). Physikalische Bildung für heute und morgen – Ergebnisse einer curricularen Delphi-Studie. Beilage zu *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 12.
- Häußler, P., Hoffmann, L. & Rost, J. (in Zusammenarbeit mit Lauterbach, R.) (1986). Zum Stand der physikalischen Bildung Erwachsener – Eine Erhebung unter Berücksichtigung des Zusammenhangs mit dem Bildungsgang. IPN Schriftenreihe. Kiel: IPN.
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1990). Wie Physikunterricht auch für Mädchen interessant werden kann. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 38, Themenheft "Mädchen im Physikunterricht", März 1990, 12-18.
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaften* 23, Heft 2, 107-126.
- Heimann, P., Otto, G. & Schulz, W. (1969). *Unterricht, Analyse und Planung*. Hannover: Schroedel.
- Hines, J.M., Hungerford, H.R. & Tomera, A.N. (1987). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: a meta-analysis. *The Journal of Environmental Education* 18, 1-8.
- Hoffmann, L., Häußler, P., Bündler, W., Nentwig, P. & Haft-Peters, S. (1995). Chancengleichheit für Mädchen und Jungen im Physik- und Chemieanfangsunterricht – Konzeption und Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs. Kiel: IPN.
- Hoffman, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (in Vorbereitung). Die IPN – Interessenstudie Physik. Planung, Durchführung und erste Ergebnisse. Kiel: IPN.
- Hyman, H.H., Wright, Ch.R. & Reed, J.S. (1975). *The enduring effects of education*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker. In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften*. Kiel: IPN.
- Jung, W. (1995). Hat der Physikunterricht eine Zukunft? Überlegungen zum Verhältnis von Physik und Technik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 1, 5-14.
- Klafki, W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In H. Roth & A. Blumental (Hrsg.), *Auswahl. Didaktische Analyse*. Hannover: Schroedel.
- Klafki, W. (1991, Juni). Zur Behandlung von Schlüsselproblemen unserer Gesellschaft und zur Verantwortung des Lehrers. Referat auf der Tagung des Hessischen Instituts für Lehrerfortbildung in Weilburg zum Thema: Die gesellschaftliche Verantwortung des Naturwissenschaftlers.
- Krapp, A. (1996). Psychologische Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens: Untersuchungsansätze und Befunde zur Motivation und zum Interesse. In R. Duit & Ch. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel: IPN, 37-68.
- Labudde, P. (1993). *Erlebniswelt Physik*. Bonn: Dümmler.
- Langeheine, R. & Lehmann, J. (1986). *Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewußtsein*. Kiel: IPN.
- Lehrplanrevision in Schleswig – Holstein. Die Ministerin für Bildung, Wissenschaften, Kultur und Sport des Landes Schleswig-Holstein. (1992). Kiel.
- Lind, G. (1996). Der Physikunterricht an den deutschen Gymnasien vom Beginn des 18. bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. *Arbeitspapier des Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel*.
- Löwe, B. (1992) *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Band 9. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Mayer, J. (1992). *Formenvielfalt im Biologieunterricht*. IPN Schriftenreihe 132. Kiel: IPN.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Kiel: IPN.
- Roberts, W. & Sutton, C.R. (1984). Adults' recollections from school chemistry – facts, principles and meaning. *Education in Chemistry*, May 1984, 82-85.
- Rost, J. (1992). Das Verhältnis von Wissen und Handeln aus kognitionstheoretischer Sicht. In P. Häußler (Hrsg.), *Physik und Menschenbildung*. IPN Schriftenreihe 130. Kiel: IPN, 141-154.
- Wandersee, J.H., Good, R. & Demastes, S. (1995). Forschung zum Unterricht über Evolution: Eine Bestandsaufnahme. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 1, 43-54.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. & Novak, J.D. (1993). Research on alternative conceptions in science and mathematics. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan Publ.
- Wagenschein, M. (1965). *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken*. Stuttgart: Klett.
- Westphal, W. (1992). *Kriegsgegnerischer Physikunterricht – ein fachspezifischer Beitrag zur Friedenserziehung in Schule und Hochschule*. P. Häußler (Hrsg.), *Physik und Menschenbildung*. IPN Schriftenreihe 130. Kiel: IPN, 54-74.
- Weltner, K. (1979). Wahlverhalten der Oberstufenschüler in den naturwissenschaftlichen Fächern. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 27, 102-104.

Kann man Atome sehen? – Quantenphysik am Gymnasium in Form eines Leitprogramms

Hans Peter Dreyer

Quantenphysik am Gymnasium - ist das sinnvoll? Und soll dies auch gleich noch in einer anderen Unterrichtsform geschehen? – Auf diese berechtigten und weitreichenden Fragen wird hier keine Antwort gegeben. Ich möchte nur berichten, welche Ziele wir für eine kurze Unterrichtssequenz zur Quantenphysik gewählt haben, welchen Weg wir vorschlagen und was Schülerinnen und Schüler davon halten, wenn sie mit einem ETH-Leitprogramm individuell arbeiten.

In der deutschsprachigen Schweiz stehen für den Physikunterricht in den Klassen 10, 11 und 12 meist je zwei Lektionen pro Woche zur Verfügung. (Daß es in unserem föderalistischen Staatenbund 26 divergierende Systeme gibt, versteht sich von selbst. Es wird Sie auch nicht überraschen, daß die Gymnasien sich in einer Phase mit tiefgreifenden Reformen befinden.) Umfragen zeigen, daß die Mehrheit der Maturanten unsere Schulen verläßt, ohne im Physikunterricht etwas über Quanten gelernt zu haben. Für Ärztinnen, Ingenieure und Naturwissenschaftler ist das nicht schlimm: die Universität wird nachholen. Aber die zukünftigen Juristen und Philologinnen, Psychologinnen und Sozialwissenschaftler: sie werden die Welt nur vom Standpunkt der Newtonschen Physik betrachten können. Ein Blick in den Bereich, in dem das vertraute Prinzip von Ursache und Wirkung sich auflöst, gehört – scheint uns – zur Allgemeinbildung.

Angestrebte Ziele

Die Absicht des Lehrmittels ist es zu zeigen, daß im Bereich des Mikrokosmos die Newtonsche Mechanik das Verhalten der Natur nicht korrekt beschreibt. Die jungen Leute sollen erkennen, daß "der gesunde Menschenverstand" oft nicht ausreicht und daß nicht überall Anschaulichkeit verlangt werden kann. Was sie im Physikunterricht gelernt – und oft mühsam verstanden – haben, ist nicht der Weisheit letzter Schluß. Indem der Unterschied zur klassischen Physik bewußt wird, realisieren die Lernenden den Aspektcharakter der Physik, und sie erhalten ein Beispiel dafür, daß wissenschaftliche Aussagen falsifizierbar sein müssen. Zwei weitere Ziele, die auch erstrebenswert scheinen mögen, können in der kurzen Zeit nicht anvisiert werden: Das Feld der quantitativen Experimente, beispielsweise mit dem Wasserstoffspektrum, bleibt brach. Es gelingt auch nicht, eine Brücke zum Chemieunterricht zu bauen. Meist werden dort die Elektronen in den Orbitalen zu ganz neuartigen Dingen, die – aus der Sicht der Schüler/innen – mit den Partikeln der Kathodenstrahlröhren außer dem Namen nichts Gemeinsames haben. Wir haben die Quantenphysik in drei Kapitel unterteilt. In jedem taucht die charakteristische Naturkonstante h in einem neuen Zusammenhang auf: Bei Energie und Impuls der Photonen, mit der de Broglie-Wellenlänge und in der Unschärferelation. Dreimal wird die im Titel gestellte Frage etwas genauer beantwortet, indem nacheinander

das Lichtmikroskop, das Elektronenmikroskop und das Tunnelmikroskop "unter die Lupe genommen" werden. Doch die vier neuen Gleichungen, zu denen auch quantitative Übungsaufgaben gelöst werden, und die technischen Einzelheiten der Apparate, mit denen man ein Auflösungsvermögen in atomaren Dimensionen anstrebt, sind nur Mittel zum Zweck: Zentral ist der Wechsel von den klassisch sich ausschliessenden Konzepten "Welle" und "Teilchen" zum Neuen, das möglichst konsequent als "Quantenobjekt" bezeichnet wird, und das sowohl Wellen- als auch Teilchenaspekt besitzt.

Einstieg in die Quantenphysik

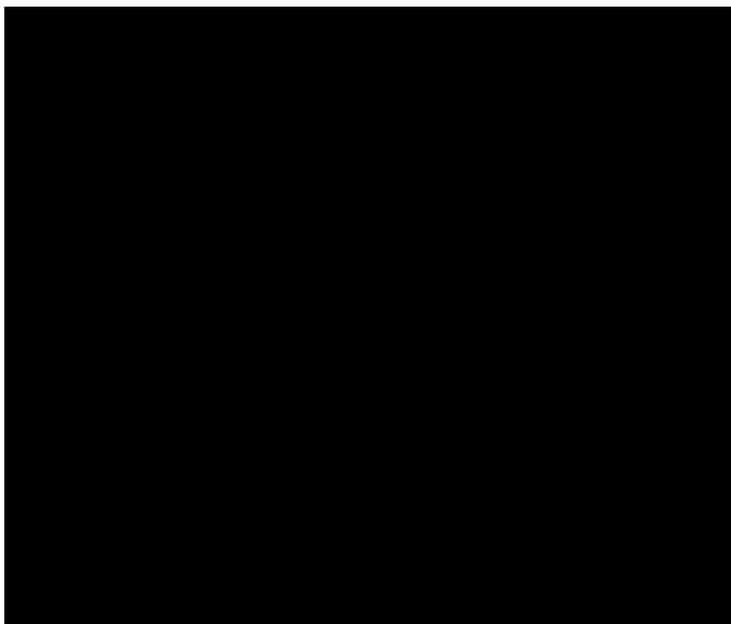
Ausgehend von der historischen Frage "Teilchen oder Welle?" wird im ersten Kapitel vorerst die Wellennatur des Lichts vertieft. Sie erlaubt es, die Grenzen des Auflösungsvermögens eines Lichtmikroskops zu eruieren. Nebenbei taucht die Wahrscheinlichkeitsverteilung auf: beim Spritzen von Farbtröpfchen durch einen Doppelspalt. Die Quantisierung von Energie und Impuls der elektromagnetischen Strahlung wird anhand des Schweifs der Kometen nahegelegt. Das verursacht keine große Erschütterung, seit die Medienschaffenden angefangen haben, überall Quantensprünge zu riechen. Meist sind Lichtquanten ohnehin schon in Biologie (Photosynthese) und Chemie (Spektroskopie) aufgetaucht. Anders im zweiten Kapitel: Jedermann ist davon überzeugt, daß Elektronen Teilchen sind. Wenn das "experimentum crucis" (Beugung von Elektronen an einer dünnen Graphitschicht) destruktive Interferenzen zum Vorschein bringt, ist man vorerst ratlos. So etwas kann man nur verstehen, wenn man bereit ist, den Elektronen eine Wellenlänge zuzuordnen! Die Tragfähigkeit von de Broglies Konzept muß nun bei anderen Objekten geprüft werden. Autos dürfen offenbar weiterhin als "gewöhnliche" Teilchen betrachtet werden, Neutronen anscheinend nicht. Doch das Auflösungsvermögen heutiger Elektronenmikroskope wird nicht durch die de Broglie-Wellenlänge begrenzt. "Ist ein Quantenobjekt eine Welle oder ein Teilchen?" Die jungen Menschen drängen auf eine eindeutige Entscheidung. – "It is like neither," antwortet jedoch Feynman. Die Synthese, die wir mit der Unschärferelation anbieten, befriedigt kritische Geister nur teilweise – und veranlaßt sie hoffentlich zu weiteren Studien. Heisenbergs Beziehung ermöglicht nicht nur die Existenz der Atome zu retten, sondern auch das Tunneln von Elektronen zu verstehen. Das moderne Raster-Tunnel-Mikroskop, das überraschende Bilder von atomaren Strukturen liefert, erweitert zum Schluß den Bereich der Dinge, die Laien verständlich sind. Denjenigen Schüler/innen, die rasch fertig sind, bietet das Leitprogramm Zusatzmaterial an. Die drei sogenannten Addita zur Quantenphysik sind äußerst unterschiedlich:

1. Ein – auch mathematisch – anspruchsvoller Versuch, bereits im Gymnasium eine Brücke von der Physik zum Atombau und der chemischen Bindung zu bauen: Daß un-

Hans Peter Dreyer, Fachdidaktik Physik, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich, e-mail: dreyer@itp.phys.ethz.ch

ser Versuch in allen Teilen geglückt ist, kann nicht behauptet werden.

2. Ein Vorschlag, unter Benützung eines populärwissenschaftlichen Buchs, etwa über die verschiedenen Interpretationen der Quantenphysik zu lernen: Was erstaunlich viele Jugendliche – oft aus esoterischen Schriften – als wissenschaftliche Gewißheit zu kennen meinen, ist ja unter den Fachleuten noch umstritten.
3. Eine Arbeitsanleitung um das Plancksche Wirkungsquantum mit einem Satz von Leuchtdioden mit erstaunlicher Genauigkeit innerhalb von rund 3 Lektionen selber zu messen.



Arbeiten mit einem Leitprogramm

Wie läuft der Unterricht mit einem Leitprogramm ab? Grundsätzlich arbeiten die Schüler/innen einzeln und in individuellem Tempo mit den schriftlichen Unterlagen. Wann und wo: dieser Spielraum muß von der Lehrkraft zu Beginn eindeutig festgelegt werden. Nur mit außerordentlicher Disziplin können mehr als 12 Lernende eine ganze Lektion im Klassenzimmer ruhig und ertragreich bearbeiten. Neben der Bibliothek bieten sich auch leere Schulzimmer und Aufenthaltsräume an, das erlaubt problemlos Gespräche. Bei jüngeren Schüler/innen wird man eine strengere Präsenzkontrolle aufrechterhalten: beispielsweise zu Beginn und am Schluß der Lektion. Ältere – besonders wenn sie mit Leitprogrammen vertraut sind – schätzen eine längere Leine. Mißbrauch tritt dann nicht auf, wenn ganz klare "Deadlines" für die Kapiteltests und für die schriftliche Schlußprüfung angesetzt und eingehalten werden. Die Schülerinnen und Schüler lernen mit dem Lerntext, aus Buchabschnitten, mit Medien, bei der Durchführung der Experimente und beim Schreiben einer Zusammenfassung. Sie kontrollieren sich anhand von Übungen und Kontrollfragen selber, denn die Lösungen sind jedem Kapitel beigegeben. Die Arbeit ist so bemessen, daß in durchschnittlichen Klassen 90% der Gymnasiast/innen in der Unterrichtszeit und mit normalem Hausaufgabenanteil nach 12 Lektionen das Ziel erreicht. Für die Problemfälle muß die Lehrperson individuelle Lösungen suchen und anbieten. Regelmäßige Kontrollen ergeben sich

durch die Kapiteltests, die bei kleinen Klassen mündlich abgenommen, bei größeren aber schriftlich durchgeführt werden. Sie geben Aufschluß darüber, ob wichtige Elemente des Kapitels verstanden worden sind. Meist ist das der Fall, und die Lernenden können voranschreiten. Gelegentlich muß ein Teil nochmals bearbeitet, selten durch die Lehrkraft vollständig erklärt werden. Grundsätzlich ist es möglich, daß die Kapiteltests auch von Tutor/innen abgenommen werden, die das Material vorher durchgearbeitet haben. Allerdings müssen sie nicht nur physikalisch und pädagogisch talentiert sein; sie müssen in dieser Rolle von der Klasse akzeptiert werden und sich wohl fühlen. Schließlich ist es auch zweckmäßig, stichprobenweise bei der Durchführung der Experimente dabeizusein. Sie müssen an einem geeigneten Ort während etwa 4 Lektionen zugänglich sein. Immer wieder gibt es kleinere und größere Nachjustierungen; gelegentlich auch Reparaturen. Besonders bei den Experimenten bietet sich oft eine zwanglose Gelegenheit zu einem Gespräch, manchmal auch mit persönlichem Inhalt.

Erfahrungen in der Praxis

Wir glauben, daß wir durch diese Arbeitsweise zwei Fähigkeiten fördern, die im lehrerzentrierten Unterricht oft vernachlässigt werden: Die Schülerinnen und Schüler sind weitgehend selber für ihren Lernprozeß verantwortlich. Die in kurzen Abständen folgenden Kontrollfragen und Übungen zeigen ihnen sofort, ob Konzentration und Sorgfalt ausreichend waren. Hier können sie sich nicht hinter dem Rücken des Klassenprimus verstecken. Sie müssen auch Motivation und Ausdauer selber entwickeln: Die Lehrkraft, die sie mit einer Mischung aus Humor und Zwang, mit Medien und Tricks bei Lernlaune hält, agiert nicht. Einer der von uns befragten Schüler meinte nach den Erfahrungen mit dem ersten Leitprogramm: "Vorteil: Man muß nur soviel arbeiten, wie man will. Nachteil: Man müßte mehr arbeiten, als man will."

Die zweite Fähigkeit ist das Arbeiten mit schriftlichen Unterlagen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Sie ist für eigenständige Forschungstätigkeit an den Hochschulen unumgänglich. Oft ist sie vorher überlebenswichtig, wenn die Qualität der Anfängervorlesungen, das Betreuungsverhältnis und die Selektionshürden – mild ausgedrückt – nicht optimal sind. Dann hilft nur das Arbeiten mit einem guten Lehrbuch. Doch wird üblicherweise dem Studium von naturwissenschaftlicher Literatur an den allgemeinbildenden Schulen eine sehr geringe Bedeutung zugemessen, zumindest im Vergleich zur Lektüre von Belletristik. Mit den Leitprogrammen lernen die Schüler/innen langsam und sorgfältig zu lesen, Schwierigkeiten zu registrieren und zu beheben, und nicht auf Redundanz zu hoffen. Untersuchungen über langfristige Effekte haben wir keine. Hingegen besitzen wir von über 20 Lehrkräften und über 200 SchülerInnen teilweise detaillierte und meist positive Rückmeldungen. Kritisiert wird die Papierflut und die relativ geringe Zahl der Experimente. Uns scheint, daß die intensive Arbeit rund 70 Seiten A4 rechtfertigt. Die Anzahl Experimente muß aus verschiedenen Gründen klein gehalten werden: Verfügbarkeit an den Schulen/Kosten, Zeitaufwand, Platzbedarf...

Überwiegend wird die Arbeit mit Leitprogrammen sowohl von den Schüler/innen als auch von den Lehrpersonen positiv beurteilt: Weniger als 5% der befragten Schüler möchten dieser Unterrichtsform nicht mehr begegnen. Die meisten wün-

schen ein Leitprogramm pro Semester, also etwa 25% der Unterrichtszeit. Begrüßt werden das individuelle Tempo, das Gefühl, als erwachsene Person betrachtet zu werden, die Abwechslung im Lernstil und - als Überraschung für uns - mehr Gelegenheiten für sachbezogene, aber doch persönliche Gespräche zwischen Lernenden und Lehrenden. Bemerkenswert ist auch, daß niemand glaubte, schlechtere Zensuren zu erhalten. Vorwiegend Schüler/innen, die sonst nur knapp genügend sind, äußern den Eindruck, dank dieser Unterrichtsform eine bessere Note erreichen zu können. Einleuchtend ist unsere Erfahrung, daß das Arbeiten nach schriftlichen Unterlagen gelernt werden muß. Günstig ist eine schrittweise Einführung in lehrerunabhängiges Arbeiten und ein Start mit einem kürzeren Leitprogramm.

Zur Entstehungsweise

Karl Frey, Professor für allgemeine Didaktik an der ETH Zürich, hat das Projekt "Leitprogramme" lanciert und Mittel freimachen können. Fachdidaktiker, Praktikumslehrer und eine ganze Reihe von Lehrerstudent/innen schrieben die Unterlagen. Eine Reihe von Kolleg/innen an den Gymnasien erprobten sie und lieferten das unentbehrliche Feedback aus der Praxis. Die meisten Materialien haben den Erprobungs- und Korrekturzyklus mehr als dreimal durchlaufen. Die gelegentlich ermüdenden Arbeiten wären ohne ein größeres Team undenkbar. Namentlich erwähnen möchte ich hier meine Kollegen Werner Vogel und Martin Zraggen, die drei Leitprogramme für den Physikunterricht entwickelt haben. Insgesamt liegen sieben Leitprogramme zur Physik vor: "Vom Dampfkochtopf zum Turbo-Diesel" (zum 2. Hauptsatz der Thermodynamik), "Treibhaus 'Erde'" (zu den Strahlungsgesetzen und zum Treibhauseffekt), "Strom aus Licht" (Photovoltaik), Radioaktivität, Überlagerung von Geschwindigkeiten, Kreisbewegung. Die Unterrichtsform läßt sich natürlich auch in anderen Disziplinen anwenden: ETH-Leitprogramme gibt es ebenfalls für Biologie, Chemie, Geographie, Mathematik und Informatik. Obwohl der Zweck dieses Artikels nicht Verkaufsförderung sondern Anregung zur Imitation ist, will ich erwähnen daß die Leitprogramme zum Selbstkostenpreis (plus Verpackung und Porto) erhältlich sind:

- in einem stabilen Plasticumschlag, einseitig, auf weißem Papier 120 g, als Kopiervorlage mit dem Recht, Klansätze herzustellen
- mit Spiralhefter gebunden, doppelseitig auf Umweltschutzpapier, für die Bibliothek.

Interessierten Lehrkräften sende ich gerne Bestellscheine. Voraussichtlich werden die Leitprogramme zur Photovoltaik und zur Überlagerung von Bewegungen ab Herbst 1996 frei auf dem WWW als Word 5.1 für Macintosh-Dokumente unter folgender Adresse erhältlich sein:

<http://educeth.ethz.ch:8084/>

Die übrigen Leitprogramme werden vermutlich erst nach einer Überarbeitung in einigen Jahren auf dem Internet zugänglich werden.

Der Komet C/1995 O1 (Hale-Bopp) ist da!

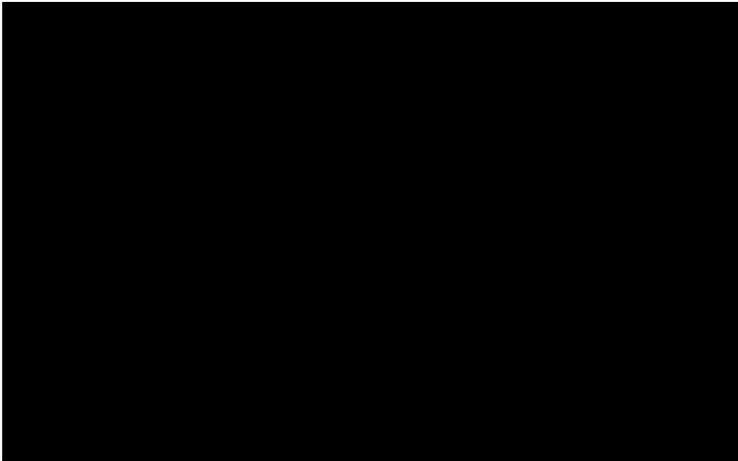
Zur Ergänzung der in den Zeitungen abgedruckten Informationen und Abbildungen bringen wir hier eine Zusammenstellung von Informationen und einigen interessanten Graphiken. Die neuesten Informationen können über die folgenden Internetadressen gelesen werden:

<http://www.univie.ac.at/Astronomie/>,

<http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/pressreleases/>,

<http://www.eso.org/comet-hale-bopp/>.

Entdeckung: Am 23. Juli 1995 entdeckten zwei Astronomen praktisch gleichzeitig, jedoch von einander unabhängig, ein verschwommenes Objekt nahe dem Kugelsternhaufen M70 im Sternbild Schütze. Alan Hale, ein ausgebildeter Astronom, der in Neu Mexiko lebt, gehört zu den eifrigsten Beobachtern von Kometen, von denen er bereits über 200 gesehen hat. Thomas Bopp, ein Amateur aus Phoenix, Arizona, gelang seine Entdeckung bei einer Sternen-Party in der Wüste.

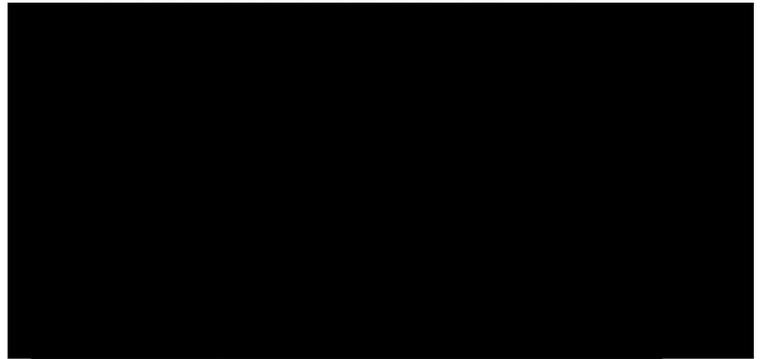


Die Nachricht, die vom Central Bureau for Astronomical Telegrams verbreitet wurde, weckte große Erwartungen: Bereits zur Zeit der Entdeckung, als der Komet noch 7,16 AE von der Sonne entfernt war, war er bei einer absoluten Helligkeit von 10-11 mit kleinen Teleskopen beobachtbar; im März 1997 strahlte er heller als Wega, der fünftellste Stern (relat. Helligkeit $m = -0,03$) aber schwächer als Sirius ($m = -1,5$). Jedenfalls gehört er zu den lediglich vier Kometen, die seit 1400 mit einer absoluten Helligkeit $M < 0$ beobachtet wurden.

Die beste Beobachtungszeit ist in unseren Breiten der frühe Abend, bald nach Sonnenuntergang. Aufgrund eines Winkelabstands zur Sonne von derzeit (8.4.) 40° , Ende Mai von 23° ist er in Richtung NW bis zu 2 1/2 Stunden sichtbar, ab Juni allerdings nur mehr (mit Ferngläsern) auf der Südhalbkugel beobachtbar.

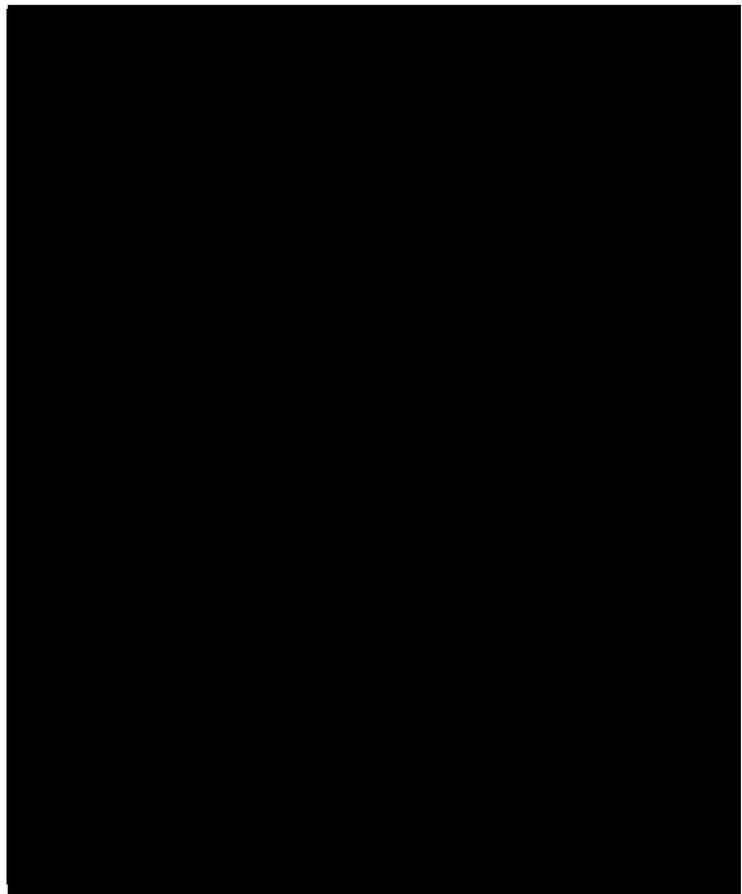
Die Bahn des Kometen steht praktisch senkrecht zur Erdbahn und kreuzt die Erdbahn nicht. (Es sind daher keine Meteoritenschauer zu erwarten, die beim Durchqueren von Kometenschweifresten auftreten.) Den geringsten Abstand zur Sonne erreicht Hale-Bopp am 1. April mit 0,91 AE, der Erde kommt er nie näher als 1,31 AE. Damit verglichen verursachte der vorjährige Komet Hiyakutake mit einem Minimalabstand zur Erde von 0,1 AE am 25.3.96 fast eine Kollision. Die Bahndaten konnten mit guter Genauigkeit bestimmt werden: Man

nimmt an, daß der letzte Besuch des Kometen vor 4200 Jahren erfolgte, und daß sich unter dem Einfluß von Jupiter seine Bahn so geändert hat (Passage im Abstand 0,77 AE im April 1996), daß er in etwa 2400 Jahren wiederkehren wird. (Nach dem 3. Keplerschen Gesetz heißt dies, daß sein Aphel bei etwa 360 AE liegt, etwa dem 12-fachen Radius der Neptunbahn; Neptun: Umlaufsdauer 165 Jahre, Sonnendistanz 30 AE; das Aphel des Halleyschen Kometen liegt bei etwa 35 AE.)



Bahn des Kometen im inneren Sonnensystem

Hale-Bopp wird dadurch besonders interessant, daß noch kein langperiodischer Komet beobachtet wurde, der der Sonne so nahe kam. Man erwartet einen Kometen, dessen Gas- und Staubemissionen in Sonnennähe nicht nur ein spektakulärer Anblick sein sollten, sondern Aufschluß über die Zusammensetzung dieser Wanderer durch das Sonnensystem liefern sollten.



Größe und Rotation des Kerns. Ein Durchmesser des Kometenkerns von 40 km erscheint plausibel (Halley-Komet: 8x15 km). Der Kern scheint sich mit einer Periode von 12 Stunden zu drehen. Spannend ist auch, ob der Kern durch die Gezeitenkräfte in Sonnennähe zerbricht. Auch durch die starke Aktivität des Kometen, das intensive Abströmen von Staub und Gas, könnte zu inneren Spannungen führen, die ihn zerbrechen lassen.

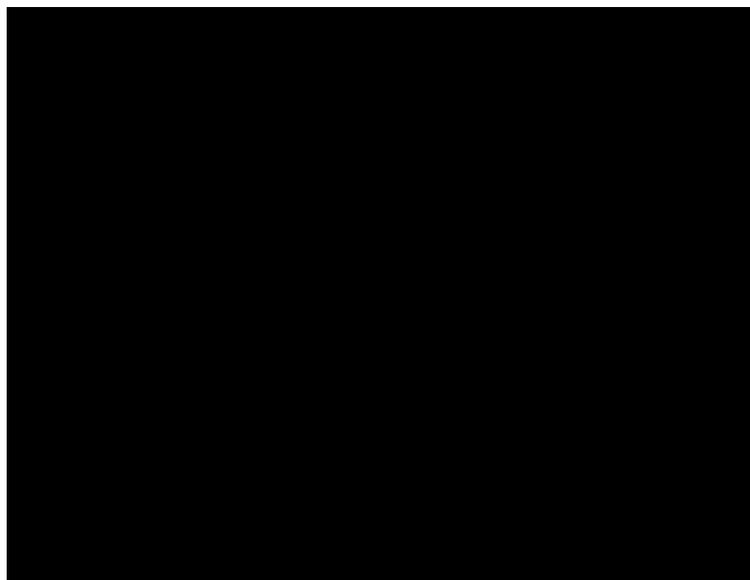
Beobachtungen mit dem Infrarot-Observatorium, dem Satelliten ISO, geben Aufschluß über die Temperatur des Staubschweifs. In einer Sonnenentfernung von 700 Mill. km betrug sie -120°C , bei 420 Mill. km war die Staubwolke bereits -50°C warm. Den Beitrag von ISO zur Kometenforschung charakterisiert Prof. Lemke (MPI Heidelberg): "... wir haben ein Thermometer, das uns die Fieberkurve des Kometen bei seiner Annäherung an die Sonne liefert. Während die Temperatur ansteigt, verdampfen nacheinander verschiedene Sorten von Eis und hinterlassen verschiedene chemische Signaturen im IR-Spektrum. Wir können auch den mineralischen Staub analysieren, der sich aus dem Kometen löst... nur mit ISO gelingt dies."

Bereits bei einer Sonnenentfernung von 4 AE wurde die Emission von OH, CN und C_2 beobachtet, ab 1,2 AE wurden HCO^+ , SO, OCS, CO^+ spektroskopisch nachgewiesen.

Nicht alle Kometen haben (zwei) Schweife, einen ionisierten Gasschweif und einen Staubschweif. Der Gasschweif ist meist schwächer als der Staubschweif und eher bläulich, wodurch er mit dem freien Auge oft schlecht erkennbar ist. Die Emission kommt durch Fluoreszenz zustande, indem die Partikel mit dem Sonnenwind wechselwirken und ihre Energie im kurzwelligen Bereich wieder abstrahlen. Dieser Schweif zeigt von unter dem Einfluß des Strahlungsdrucks von der Sonne der Sonne weg. Im Gegensatz dazu folgt der oft lang auseinander gezogene Staubschweif dem Kometen auf seiner Bahn und reflektiert das Sonnenlicht. Der Staubschweif entsteht durch Sublimation von Eis und Emission von Staub unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung. Dieser Schweif ist bereits mehrere 10 Mill. km lang. Am eindruckvollsten ist im Augenblick die Coma, die den Kometenkern umgebende dünne "Atmosphäre" aus verschiedenen Gasen.

Das Umschlagbild dieses Heftes ist dem Buch von Günter Doebel *Johannes Kepler* (Verlag Styria 1983, ISBN 3-222-11457-9) entnommen. Es zeigt die Darstellung des Kometen von 1577 über der Stadt Nürnberg in einem zeitgenössischen Flugblatt. Während der Hund unbeeindruckt sitzt, blicken die Menschen fassungslos gegen Himmel. Dazu muß man wissen, daß Kometen als Vorboten von Katastrophen, Kriegen, Seuchen gesehen wurden, daß bereits 1572 und 1576 Kometen zu sehen waren, dieser aber weit eindrucksvoller war. Seine absolute Magnitude betrug etwa $-1,8$. So ist es verständlich, daß die Menschen in Angst versetzt wurden. Johannes Kepler (1571-1630) sah als Kind diesen Kometen. Später schrieb er über diesen Kometen: "... er größer und greulich ist, dann andre vil vor ime gewesen". Denselben Kometen beobachtete Tycho Brahe. Noch ohne Fernrohr konnte er durch Messung der Parallaxe nachweisen, daß dieser Komet mindestens soweit wie der Planet Venus von der Erde entfernt sein mußte - ein Schlag gegen die Idee der Kristallsphären der Planeten und Fixsterne. Kepler beschrieb genau den Kometen, der im Herbst 1607 als "Haarstern" zu sehen war. Er erkannte, daß der Kometenschweif durch die Einwirkung der Sonne verursacht wird. Der Schweif sei also keine brennende Fackel, sondern leuchtende Kometenmaterie. 1682 erschien wieder ein Komet, den der englische Astronom und Director der Sternwarte in Greenwich, Halley, als jenen erkannte, den Kepler 75 Jahre zuvor beobachtet hatte. Halleys Verdienst ist es, die Periodizität der Kometen erkannt zu haben, seine Vorhersage der Wiederkehr des Kometen 1758 bestätigte ihn.

Helligkeit von Himmelsobjekten, Magnitude: Man unterscheidet die scheinbare, auch visuelle Helligkeit (m), also jene, mit der wir auf der Erde einen Himmelskörper sehen, und die absolute (M). Letztere ist die gedachte visuelle Helligkeit des Himmelskörpers, wenn er sich in Sonnenabstand befände. Dies hat natürlich nur Sinn bei Objekten des Planetensystems, denn der hellste Stern am Nachthimmel, Sirius, mit $m = -1,5$, würde im Sonnenabstand als Riesenstern den Himmel ausfüllen. Für m wird eine logarithmische Skala verwendet, einem Unterschied in m um 1 entspricht ein Unterschied der Lichtintensität von 2,5.



Österreichs Beteiligung am weltgrößten Astronomie-Ereignis im World Wide Web

Ilse Bartosch und Peter Habison



"Astronomy On-Line" - eine Initiative der ESO

Im Juni 1996 informierte die Europäische Südsterne (ESO) in ihrer Presseausendung über ein geplantes internationales Astronomie Projekt, welches im Rahmen der "Vierten Europäischen Woche der Wissenschaft und Technologie" im November 1996 stattfinden sollte. Das Projekt verfolgte die Idee, Schulklassen, Amateurastronomen und alle an Astronomie Interessierte in einem einzigartigen, noch nie da gewesenen, internationalen Astronomieprojekt am World Wide Web zusammenzuführen. In den einzelnen europäischen Ländern sollten sich Arbeitsgruppen bilden, junge Leute für Astronomie begeistert und eine Zusammenarbeit von teilnehmenden Gruppen angeregt werden.

Das Projekt wächst

Nach Initiative der ESO in Zusammenarbeit mit der European Association for Astronomy Education (EAAE) und zugesagter Unterstützung der Europäischen Union entwickelte sich Astronomy On-Line (AOL) sehr rasch. Ein internationales Komitee unter Leitung von Richard West definierte die Richtlinien und übernahm die zentrale Koordination. Die ESO stellte ihre leistungsfähigen Computer zur Verfügung und ein Team aus der Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit programmierte die internationale Homepage. In allen teilnehmenden Ländern wurden nationale Komitees gebildet, welche die Aufgabe hatten, das Programm in den einzelnen Ländern zu bewerben, Teilnehmer zu motivieren, zu unterstützen sowie die technischen Voraussetzungen für einen reibungslosen nationalen Ablauf des Projektes zu schaffen.

Die internationale Homepage entwickelte sich rasch zum Herzstück des Programmes. Die Teilnehmer treffen einander am "Marktplatz der Astronomie", auf dem sich die verschiedensten "Geschäfte" befinden. Das Angebot erstreckt sich von astronomischen Übungsaufgaben über Gruppenkommunikation und Gemeinschaftsprojekten zu astronomischen Beobachtungen an professionellen Teleskopen und der Publikation der gewonnenen Ergebnisse.

Eine österreichische AOL-Homepage entsteht

Eine der Aufgaben des österreichischen Komitees war die Erstellung der nationalen AOL-Homepage und die Bereitstellung von Netzwerkressourcen. In Zusammenarbeit mit der Universität Wien und dem Österreichischen Astronomischen

Verein wurde von Netsphere Austria und der Kuffner-Sternwarte die nationale Homepage erstellt. Sie präsentierte die Aktivitäten der teilnehmenden österreichischen Gruppen und deren Ergebnisse. Aufgrund der zu erwartenden hohen Aktivität am Netz mußte eine Spiegelung der internationalen Homepage auf den lokalen Server in Wien vorgenommen werden. Die Maßnahme stellte sich in der Aktionswoche, der sogenannten "Hot Week", als äußerst vorteilhaft heraus, da die Belastung der internationalen Netzwerkverbindungen extrem zunahm und eine Datenübertragung von der ESO in Garching nach Wien zwecklos erschien.

Der große Erfolg

Ab Oktober 1996 nahm die Anzahl der teilnehmenden Gruppen stark zu und Astronomy On-Line wurde zum weltgrößten Astronomie-Ereignis am World Wide Web. Ursprünglich nur für Europa konzipiert, beteiligten sich schließlich 713 Gruppen aus 39 Ländern der ganzen Welt an den zahlreichen Astronomie-Ereignissen im WWW. Aus Österreich waren 14 Gruppen mit dabei. Die "heiße Phase" von AOL vom 18.-22. November 1996 wurde ein überragender Erfolg. Über 100.000 Anfragen pro Tag hatten die Computer in Garching während dieser Zeit zu verarbeiten. Am "Marktplatz der Astronomie" tummelten sich Tausende Interessenten, schickten E-Mails um die Welt, reichten Beobachtungsprogramme an professionellen Observatorien ein oder erfreuten sich an einer astronomischen Schatzsuche. Die Aktivitäten und Ergebnisse der österreichischen Gruppen sind auf der Österreich Homepage zusammengestellt:

<http://www.netsphere.co.at/astronomyonline/>

Die internationalen Seiten findet man unter:

<http://www.eso.org/astronomyonline/>

Schulklassen aktiv beteiligt

In Österreich nahmen drei Schulklassen aktiv an AOL teil. Es waren dies die Klasse 6b des Kepler Gymnasiums in Graz, welche im Rahmen des Projektes eine sehr schöne Homepage erstellte, eine fünfte Klasse des Rainergymnasiums in Wien und die Klasse 6a des BRG XX, ebenfalls in Wien. Hier ein kurzer Bericht über Motivation, Durchführung und Ergebnisse der Klasse 6a des BRG XX zu Astronomy On-Line:

Astronomie via Internet

Zu Beginn des Schuljahres 1996/97 kristallisierte sich im Physikunterricht heraus, daß viele SchülerInnen großes Interesse an Astronomie besitzen. Der Vorschlag, den Unterricht in diesem Gebiet der Physik zu intensivieren und einen Teil auf der Kuffner-Sternwarte abzuhalten, wurde begeistert aufgenommen.

Mag. Ilse Bartosch unterrichtete am BG-BRG-BORG XX, 1200 Wien.
Dipl. Ing. Peter Habison ist Leiter der Kuffner-Sternwarte Wien, Johann Staud-Straße 10, 1160 Wien

men. Das Projekt Astronomy On-Line schien eine ideale Ergänzung und Alternative zu klassischer Fernrohrbeobachtung und Vorträgen. Wie sich später herausstellte war es auch ein ausgezeichnetes Schlechtwetterprogramm, denn zahlreiche Wolken und Nebel erlaubten an nur einem von sieben Projekttagen (verteilt über Oktober und November) astronomische Beobachtungen.

Zu Beginn machten sich die SchülerInnen mit dem Programm vertraut und "surften" intensiv im Netz. Im Laufe des Projektes wählten sie Themen, die sie dann mit Hilfe von Astronomy On-Line bearbeiteten. Eine Gruppe interessierte sich für Sternentwicklung und vor allem für Schwarze Löcher, eine andere für Weltraumfahrt. Eine dritte Gruppe widmete sich kosmologischen Themen und stieß bei ihrer Suche nach Information immer wieder auf den Begriff des Doppler-Effekts. Sie entschlossen sich, zunächst den physikalischen Hintergrund zu erarbeiten und beschäftigten sich anschließend mit den vielfältigen Möglichkeiten des Doppler-Effekts als astrophysikalischer Meßmethode. Via E-Mail nahmen sie Kontakt mit der Astro-AG aus Koblenz auf, die im Rahmen von AOL eine Beobachtung der Bahngeschwindigkeit der Erde durch Messung der Dopplerverschiebung im Spektrum des Sternes Regulus planten. Auch jene SchülerInnen, die sich mit Schwarzen Löchern auseinandersetzten, erhielten durch Kommunikation mit einer Gruppe namens "Event Horizon" in Rosenheim wertvolle Informationen über diese exotischen Objekte des Universums.

Beobachtende Astronomie

Astronomische Beobachtungen mit dem Fernrohr sind aufgrund der klimatischen Bedingungen in Österreich leider Glückssache. An einem Vormittag im Oktober gelang es, mit dem Refraktor der Kuffner Sternwarte Sonne und Venus zu beobachten - und natürlich war die partielle Sonnenfinsternis am 12. Oktober ein Höhepunkt des Projektes. Die SchülerInnen beobachteten die Sonne nicht nur durch berußte Gläser und fotografierten sie, sondern führten auch eine systematische Beobachtung zur Bestimmung des Maximums der Verfinsternung durch. Die gewonnenen Ergebnisse wurden via E-Mail zur ESO geschickt und im "Newspaper" von Astronomy On-Line publiziert.

Reflexion des Projekts

Folgender Kommentar einer Schülerin drückt wohl am besten aus, was mit AOL gelang:

"Ich hatte endlich die Möglichkeit, mich vertiefend mit einem Thema zu beschäftigen, das mich wirklich interessiert und das somit meinem Wissensdrang entspricht und auch gerecht wurde."

Das Ausbrechen aus dem Schulalltag, die angenehme Atmosphäre und intensive Betreuung auf der Sternwarte hob die Lernmotivation bei einem großen Teil der Klasse. Die SchülerInnen lernten, den Computer als Informations- und Kommunikationsmedium zu verwenden und waren zum ersten Mal damit konfrontiert, Englisch als Fachsprache einzusetzen. Die beobachtende Astronomie kam durch das schlechte Wetter bedingt sicherlich zu kurz. Dafür wurde die Klasse durch die Beobachtung der Sonnenfinsternis jedoch mehr als entschädigt. Internet-Surfing und astronomische Schatzsuche boten überdies einen Einblick in die Welt der Astronomie. Am Ende jedes Projekttages informierten die einzelnen Gruppen

einander in Kurzreferaten über den Stand ihrer Arbeit. Die Mehrzahl der SchülerInnen stellten ihre Ergebnisse in zum Teil ausgezeichneten Projektmappen zusammen.

Astronomy On-Line geht weiter

Nach dem überragenden Erfolg des gesamten Projektes wurde der Wunsch laut, das gesamte

AOL-Netzwerk und das damit verbundene astronomische Bildungspotential auch in Zukunft weiter nutzen zu können. In vielen Ländern initiierte das Projekt den Aufbau einer modernen

Internet-Infrastruktur in Schulen und astronomischen Arbeitsgruppen. Derzeit werden zwei Varianten der Weiterentwicklung von AOL diskutiert: Erstens die Einbindung in ein EU-Projekt namens "Thematic Network", welches Astronomy On-Line längerfristig einen entsprechenden Rahmen bieten könnte und zweitens die Fortführung in Zusammenhang mit der "Fünften Europäischen Woche der Wissenschaft und Technologie" im Herbst 1997.

Das Weiterbestehen von Astronomy On-Line in den kommenden Jahren scheint somit gesichert. Alle an Astronomie und Astrophysik interessierte Lehrer laden wir herzlichst ein, mit ihren Klassen an diesem Projekt teilzunehmen. Für Informationen und Fragen stehen Ihnen die Autoren jederzeit gerne zur Verfügung.



*Sonnenfinsternis vom 12. Oktober 1996
Schülerinnen der Bundeserziehungsanstalt 1030 Wien, Boerhavegasse,
beim Beobachten der partiellen Sonnenfinsternis.
(Photo: Dr. Ilse Fabian)*

Ein Magnetfeldmeßgerät für den Schulversuch

Wolfgang Grabmer und Heinz Krenn

Mancher Physiklehrer, der über eine eher mangelhaft ausgestattete Sammlung im Physik-Kustodiat der Schule verfügt, würde seinen Unterricht gerne mit einer größeren Anzahl an anschaulichen Experimenten bereichern. In der Regel fehlen jedoch die nötigen finanziellen Mittel für die experimentellen Ausstattungen, wie sie von Lehrmittelfirmen bezogen werden können. So ist der Lehrer auf eigene Ideen – Stichworte "Freihandversuche", "Physik auf dem Küchentisch" – angewiesen, wenn es ihm ein Anliegen ist, Physik nicht nur mit Kreide und Overhead-Folien zu unterrichten. Eine am Institut für Halbleiterphysik der Universität Linz angefertigte Lehramtsdiplomarbeit hatte den Aufbau eines einfach herzustellenden, jedoch hochempfindlichen Magnetometers zur Aufgabe. Die Arbeit sollte jenem Lehrer eine Hilfestellung sein, der mit einem geringen Budget ansprechende und interessante physikalische Versuche durchführen will.

Das Herzstück des Magnetometers besteht einerseits aus einem Kernmaterial mit magnetischer Hystereseigenschaft und verwendet andererseits eine geeignete Elektronik zur Bestimmung des den Kern magnetisierenden Magnetfeldes. Das Prinzip der Magnetfeldsonde wurde vom deutschen Physiker Friedrich Förster erfunden, dem zu Ehren sie auch *Förstersonde* genannt wurde. Er hatte entdeckt, daß die Magnetisierungsschleife bestimmter weichmagnetischer Materialien nicht streng symmetrisch am Oszillogramm ausgebildet waren. Zunächst führte er diesen Effekt auf eine unsymmetrische Verstärkung zurück, erkannte aber schließlich, daß der wahre Grund im Einfluß des Erdmagnetfeldes lag. Diese Erkenntnis führte zur Entwicklung hochempfindlicher *Flux-Gate-Magnetometer*.



Abb. 1: Der gesamte Versuchsaufbau des Magnetometers.
Oben: Netzgerät, unten links: Magnetometerelektronik mit Anzeige,
unten rechts: Stab- und Ringkernsonde.

Eine einfache Variante dieses Meßprinzips, wie es auch für den Physikunterricht aufbereitet werden kann, wird hier vorgestellt.

Mag. Wolfgang Grabmer, Doz. Dr. Heinz Krenn,
Institut für Halbleiterphysik, Universität Linz, 4040 Linz-Auhof

Experimente mit dem Magnetometer

Mit dem im Rahmen der Diplomarbeit konstruierten Magnetometer kann eine Meßgenauigkeit von 30 nT erreicht werden. Das entspricht ca. 1/1000 des Erdmagnetfeldes, das zugleich auch den maximalen Meßbereich darstellt. Damit ergeben sich auch weitere Möglichkeiten für die experimentelle Verwendung des Magnetometers.

Am interessantesten ist es vorerst, genaue statische Messungen des Erdmagnetfeldes durchzuführen, insbesondere die Bestimmung der magnetischen Inklination, die in unseren Breiten einen – für Schüler, doch wohl auch für manchen Lehrer – erstaunlich hohen Wert in der Größenordnung von 65° besitzt (siehe Abb. 2).

Die Bestimmung des Erdmagnetfeldes wie auch das Ausmessen von in Schulen oft vorhandenen Helmholtzspulen werden mit einer stabförmigen Sonde durchgeführt. Die Stabsonde (siehe Abb. 1) wirkt dabei als "Vektorsensor", da nur ein in Längsrichtung anliegendes Magnetfeld zu einem Signal beiträgt. Durch Drehung der Stabsonde auf maximales Signal kann dann neben dem Betrag auch die Richtung des Magnetfeldes bestimmt werden.

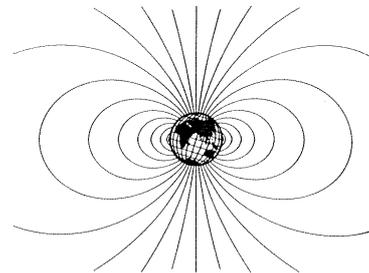


Abb. 2 Der Feldlinienverlauf des Erdmagnetfeldes

Eine zweite, ringförmige Sonde erlaubt auch das modellhafte Lesen von Magnetkarten. Wird die Stabsonde zu einer Ringsonde gebogen, so kann sie bei geeigneter Wahl eines Luftspalts im Sondenkern (typisch 0,2 mm) als Modell eines statischen Lesekopfs für Magnetkarten-Codes verwendet werden.

Das Funktionsprinzip der Sonde

Das "Herz" der Magnetfeldsonde besteht aus einer dünnen Folie einer amorphen Metallegierung $[(\text{Co,Fe})_{70}(\text{Mo,Si,B})_{30}]$ mit einer sehr steilen "weichmagnetischen" Hystereseschleife (Abb. 3). Am Markt erhältliche Ringbandkerne bestehen aus einer derartigen magnetisierbaren Folie und können zu diesem Zweck leicht abgewickelt werden.

Ein durch eine Vormagnetisierungsspule fließender zeitlich periodischer (z. B. dreiecksförmiger) Strom würde ohne eingeschobenen Folienkern nach dem Induktionsgesetz in einer darübergewickelten Induktionsspule eine zeitlich rechteckförmige Spannung induzieren. Durch die Sättigung des Kernmaterials hat dieses Rechteckssignal jedoch Ausbuchtungen, die

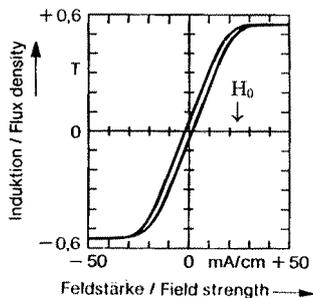


Abb. 3 Die Hysteresekurve des verwendeten Kernmaterials

sich je nach Stärke eines äußeren überlagerten Magnetfeldes verschieben (Abb. 4).

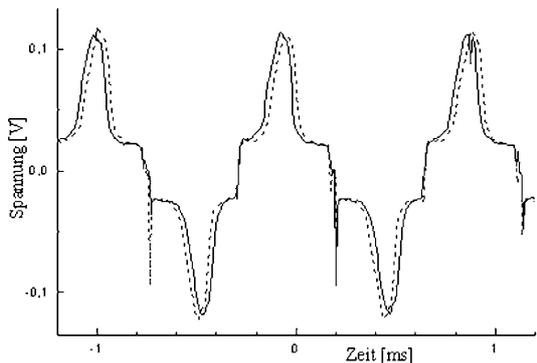


Abb. 4 Verschiebung der Induktionsspannung bei versch. äußeren Magnetfeldern (- - - und —)

Diese Verschiebung kann durch eine geeignete Elektronik gemessen und damit auf die Stärke des Magnetfeldes geschlossen werden.

Die Elektronik

Es wurde in dieser Arbeit zur Aufgabe gestellt, daß der Aufbau der Elektronik für jeden (Lehrer) verständlich und nachvollziehbar dargestellt werden soll: Ein Oszilloskop gehört zum Inventar jeder Physksammlung, und die zu beschaffenden Bauteile sind billig und ohne Schwierigkeiten zu erwerben. Es soll auch die Möglichkeit gegeben werden, daß alle Physiklehrer, die durch mangelnde Ausbildung beim Experimentieren mit Elektronik eher Zurückhaltung üben, durch diese Arbeit einen gewissen Zugang finden und praktische Erfahrungen sammeln können, ohne aufwendige Literatur studieren zu müssen, die weit vom Schulniveau wegführt.

Die Elektronik wurde mit diskreten Bauelementen realisiert, damit sich nicht die angewandte Methode der Signalverarbeitung in einem Chip verbirgt, was den didaktischen Wert vermindern würde: Außer drei Operationsverstärkern werden nur Transistoren, Dioden, Widerstände, Kondensatoren etc. verwendet (siehe Schaltplan Abb. 5).

Ein astabiler Multivibrator (MV) erzeugt ein 2-kHz-Rechtecksignal. Dieses wird in der Frequenz durch ein T-Flip-Flop auf 1 kHz herabgeteilt. Ein nachgeschalteter Integrator erzeugt ein in Verstärkung (R_7) und Pegel (R_8) verstellbares Dreieckssignal, welches über die Vormagnetisierungsspule L_1 der Stabsonde die eingeschobene Folie ("Sensor") magnetisiert. Die Induktionsspule L_2 detektiert ein Signal gemäß Abb. 4. Dabei wurde die Methode des Zerhackerverstärkers (auch Lock-in-

oder Chopperverstärkers genannt) gewählt. Sie ist neben dem Sensorprinzip für die hohe Empfindlichkeit des Meßgerätes verantwortlich.

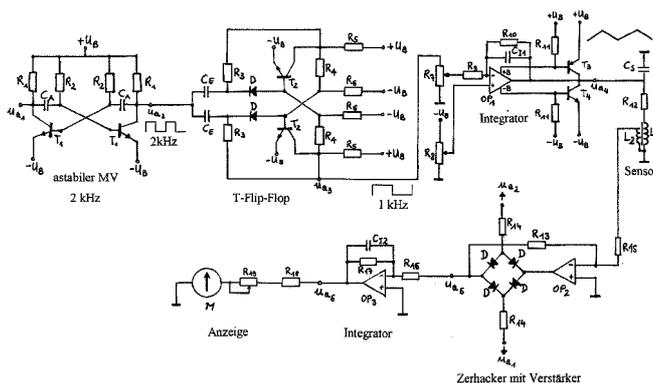


Abb. 5 Schaltplan der Elektronik

Zerhackerverstärker werden nicht nur in diesem speziellen Fall eines Magnetometers verwendet, sondern haben eine breite Anwendung in alltäglichen Geräten wie im Rundfunkempfänger oder in der Fernsehfernsteuerung. Dabei wird das Meßsignal phasenempfindlich mit der Referenzspannung U_{a2} (2-kHz-Rechteckspannung) gleichgerichtet. Der Diodenzehacker ist in Längsrichtung nur durchlässig, wenn in Querrichtung eine positive Spannung U_{a2} anliegt. Da die Öffnung des Zerhackers doppelt so rasch (2 kHz) erfolgt wie das Signal (1 kHz) selbst, wird nur die Phase $0^\circ - 90^\circ$ und die Phase $180^\circ - 270^\circ$ der Signalspannung durchgeschaltet. Bei symmetrischem Spannungsverlauf (Abb. 4 gestrichelt) heben sich die über eine Periode integrierten Spannungsanteile im nachgeschalteten Integrator auf. Bei Verstimmung der Symmetrie des Signals im äußeren Magnetfeld (Abb. 4 ausgezogene Kurve) bleibt ein Restsignal übrig, welches dann statisch angezeigt wird. Dieses ist ein Maß für das unbekannte Magnetfeld.

Abb. 6 zeigt den Aussteuer- und Linearitätsbereich der Magnetfeldsonde. Bei einer Spannungsempfindlichkeit eines Anzeigeinstrumentes von ca. 1 mV können 30 nT (= 1/1000 des Erdmagnetfeldes) aufgelöst werden.

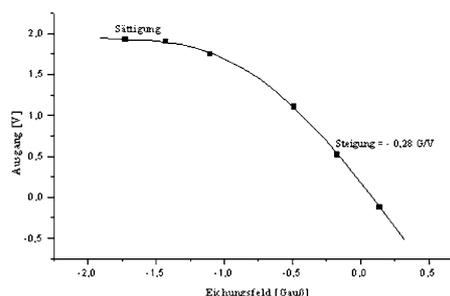


Abb. 6 Aussteuer- und Linearitätsbereich der Magnetfeldsonde

Anmerkung – Internet: Zum Nachbau des Magnetometers kann die Diplomarbeit mit dem vollen Titel *Methoden der schmalbandigen Verstärkung für den Aufbau eines empfindlichen Magnetometers im Schulversuch* im Internet unter der Adresse

<http://doppler.thp.univie.ac.at/~vfpc> in einer ungekürzten Version aufgerufen werden.

Projekt Englisch als Arbeitssprache an der HTBLuVA Graz-Gösting



Norbert Kraker

An der Höheren Technischen Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt Graz-Gösting wird seit dem Schuljahr 1995/96 ein innovativer Unterrichtsversuch, das Projekt *Englisch als Arbeitssprache in Naturwissenschaft und Technik* umgesetzt. Das Projekt ist an der Abteilung für Elektrotechnik im Zweig Energietechnik und Leistungselektronik im Aufbau.

Projektziele und deren Umsetzung

Mit diesem Modell wird versucht, einen neuen Standard in der Techniker/innenausbildung zu setzen. Die Informationsgesellschaft stellt höhere Anforderungen an die Schule. Neue Prioritäten und andere Formen der Zusammenarbeit prägen heute die Arbeitswelt. Mehr denn je sind *Schlüsselqualifikationen* – Flexibilität, eigenständiges und verantwortungsbewusstes Handeln, vernetztes Denken, Teamfähigkeit, Sprachkompetenz – gefragt. Weiterhin bleibt als Basis einer qualifizierten HTL-Ausbildung das fundierte *technische Fachwissen*.

Die tiefgreifende Auseinandersetzung mit diesen Bildungszielen führte das Lehrer/innenteam zu einer neuen Form einer fächerübergreifenden Zusammenarbeit, bei der die Fremdsprache Englisch als Arbeitssprache eingesetzt wird. Zur Erreichung einer erhöhten Sprachkompetenz wird den Schülerinnen und Schülern ein Angebot von zwei zusätzlichen Englischstunden pro Woche ermöglicht. In den anderen Gegenständen werden leicht erfaßbare Lehrinhalte mit Englisch als Arbeitssprache wiederholt und vertieft.

Die Physik hat sich in diesem Modell als Bindeglied zwischen der Fremdsprache und den technischen Fachgegenständen etabliert. Während die Physik Phänomene und grundsätzliche Zusammenhänge erklärt, werden diese in der Technik angewendet. Gerade in unserer Zeit spielen Zusammenhänge und vernetzte Systeme eine große Rolle.

Im technischen Schulwesen ist ein Teilziel der Sprachausbildung die Beherrschung des ETP (Englisch for Technical Purposes). Der Idealfall ist die Verbindung von Sprache und Handeln – task oriented approach. Daher wird die Fremdsprache gezielt bei der Durchführung und Beschreibung von Experimenten eingesetzt.

Die fächerübergreifende Zusammenarbeit führt zu Projekten mit naturwissenschaftlich-technischen Fragestellungen, wobei die Präsentationen der Projekte stets mit Englisch als Arbeitssprache erfolgen.

Mag. Norbert Kraker ist Lehrer an der HTBLuVA Graz-Gösting für Physik und angewandte Physik, Mathematik und angewandte Mathematik, EDV; Leiter der AG Physik an HTL in Steiermark, Leiter des Projektes Englisch als Arbeitssprache in Naturwissenschaft und Technik an der HTBLuVA Graz-Gösting, Lehrbeauftragter am Wirtschaftsförderungsinstitut in Graz, Lehrbuchautor

Fortbildung

Seit November 1994 findet die kontinuierliche Ausbildung von Nicht-Anglisten in Englisch statt. Diese Fortbildung ist durch die kompetente und hilfreiche Unterstützung des PI-Steiermark ermöglicht worden. Der Seminarstart erfolgte mit 12 Teilnehmerinnen und Teilnehmern; derzeit besuchen im Schnitt 18 Lehrerinnen und Lehrer die Seminarreihe. Aufgrund der großen Teilnehmerzahl mußte eine komplexe Seminarstruktur entwickelt werden, so etwa sind – je nach Themenstellung – Teilungen nach unterschiedlichen Kriterien erforderlich.

Ziel ist es, das Spektrum *aller Fachgruppen* auch für die folgenden Jahre durch unser Team abzudecken:

- Naturwissenschaften
- Allgemeinbildung
- fachtheoretischer Unterricht
- fachpraktischer Unterricht

Ein wesentlicher Punkt ist die Teilnahme von mittlerweile 4 Anglistinnen und Anglisten an diesem Seminar, wodurch zwei wichtige Ziele erreicht werden können:

- Optimale Sprachbetreuung der Nicht-Anglisten.
- Auseinandersetzung der Anglisten mit naturwissenschaftlich-technischen Problemstellungen.

Die schulinterne Fortbildung wird *einmal pro Monat* durchgeführt. Die kontinuierliche Seminartätigkeit ist eine Säule dieses Projektes. Die genannten Zielsetzungen sollen vertieft und ausgebaut werden, wobei das Seminargeschehen immer mehr von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern selbst getragen werden wird; die Steuerung und Hilfestellung durch das kompetente Anglistenteam ist dabei unerlässlich.

Unterrichtsbeispiel

Die folgende Einheit dient im 2. Jahrgang als Vorbereitung für das Kapitel Federschwingung. Dabei wird die Anleitung zur experimentellen Erarbeitung eines physikalischen Problems gezeigt. Dieses Unterrichtsbeispiel entstand unter Mitarbeit der Englischprofessorin Mag. Margit Plösch.

Literatur

- [1] Kraker – Paill, *Physik, HTL Band 1*, Verlag E. Dorner
- [2] Pople, *Physics*, Oxford University Press
- [3] Lewis, Foxcroft, *Physics*, Longman Science
- [4] Cackett, Lowrie, Steven, *Higher Core Physics*, Oxford University Press
- [5] Breithaupt, *Key Science Physics*, Stanley Thornes (Publishers) Limited

Investigation of the extension of a loaded spring

1. Skills to be practised

- Carrying out simple experiments
- Following instructions carefully
- Setting up and using equipment properly
- Measuring length changes accurately
- Presenting reading in a table
- Drawing a graph
- Working out results from a graph
- Drawing conclusions from the experiment
- Stating a law

2. Pre-exercises

For the investigation to be carried out you will have to be familiar with the following terms and their definitions. What do you think, which term goes with which definition? Your teacher will help you.

elastic limit – load – newton – extension – unstretched length – weight – spring constant

Forces can change motion or shape of an object. The is the unit of force.
. is the force of gravity of an object.

The stretching force is called

The constant of proportionality k is called the
. k (the stiffness of the spring). It can be determined by measuring the increase in the length of the spring.

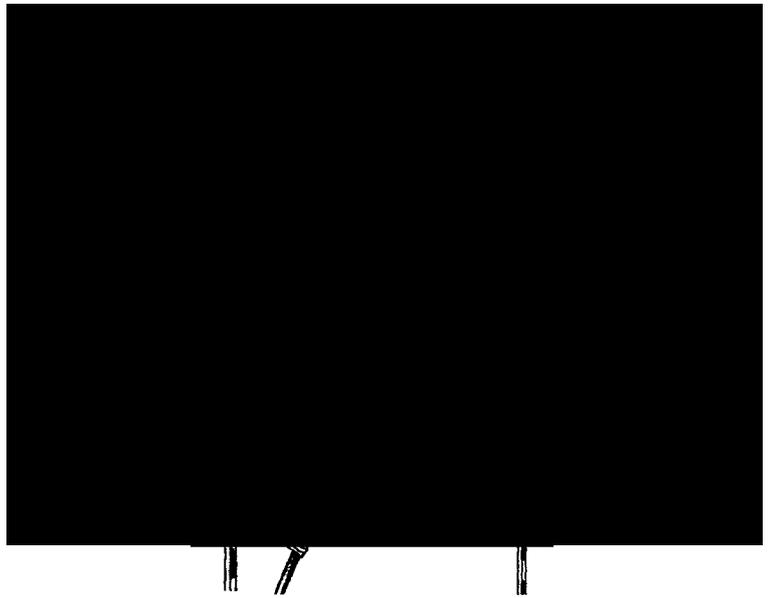
The of a spring is its original length, that is when no mass is hanging from the spring.

The is the difference between the stretched length of a spring and its original unstretched length.

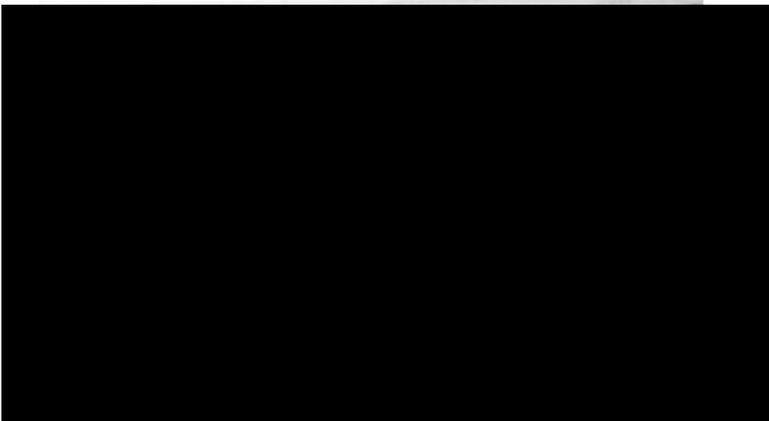
The of the spring is a point beyond which the spring does not go back to its original length when the load is removed. The spring ends up longer than before.

3. Basic information

A pole vaulter uses the elasticity of the pole to jump over the bar. When a force acts on the pole, its shape changes. When this material is released the sportsman is catapulted into the air, potential energy is changed into kinetic energy. The pole goes back to its original shape. Materials which behave in this way are *elastic*.



If a piece of Plasticine is pressed and then released, it doesn't return to its original shape. Materials which behave in this way are *plastic*.



This car did not return to its original shape when the deforming force was removed. A bumper on a car is elastic – provided it isn't bent too far. Given too much force, it passes its elastic limit and stays out of shape. The elastic properties of a material depend on the arrangement and bonding of the atoms in the material.

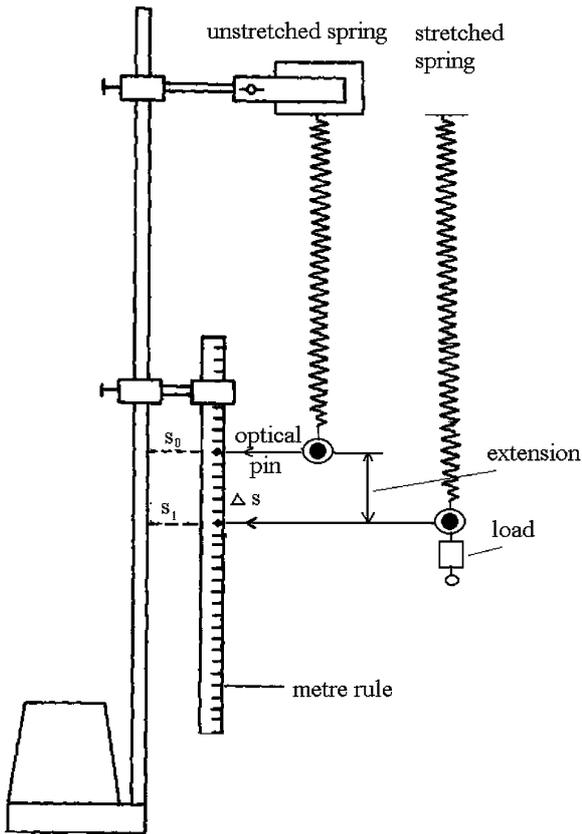
4. Experiment

We will do an experiment to find the relationship between the extension of a spring and the stretching force. The spring is stretched in stages by hanging masses from one end. The stretching force is called the load. The difference between the stretched length of a spring and its unstretched length is called the extension.

For this experiment we need the following apparatus and equipment:

- spring (30cm – 60cm),
- hanger,
- six 50g masses,
- metre rule,
- optical pin (laser diode),
- stand, clamps, bosses.

5. Task



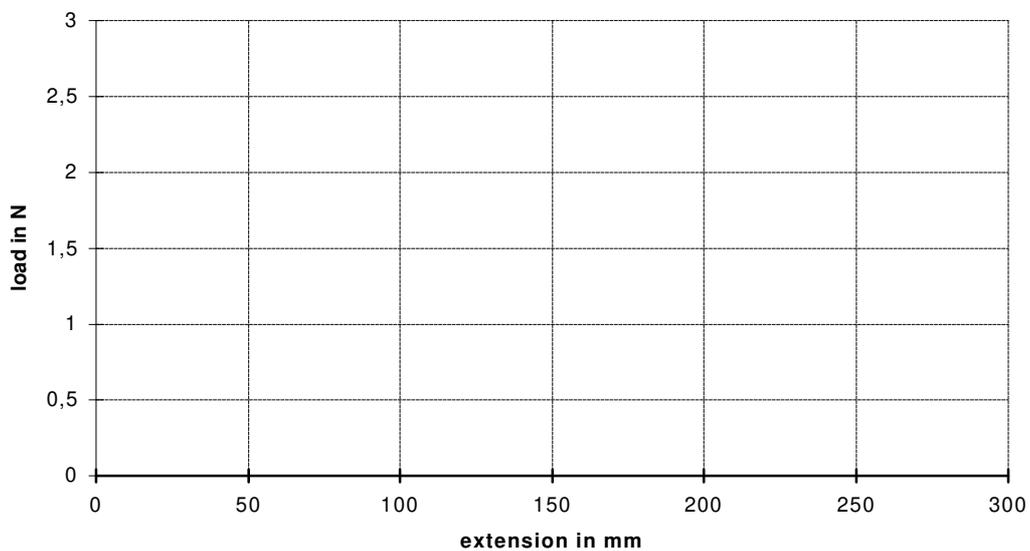
Perform the experiment according to the given instructions:

- Make sure that the spring is firmly held at its upper end. The optical pin – in our case a laser diode – is fixed in a special holder at the lower end of the spring.
- The optical pin indicates the initial length of the spring on the metre rule. Draw a line on this point of the metre rule. From this reference point increase the mass in steps of 50 g and record the reading on the metre rule. The mass of the optical pin need not be taken into account.
- Put the results in a table. Calculate the load.
- Plot a graph of load (y-axis) against extension (x-axis).

You may use a computer for the table and the graph.

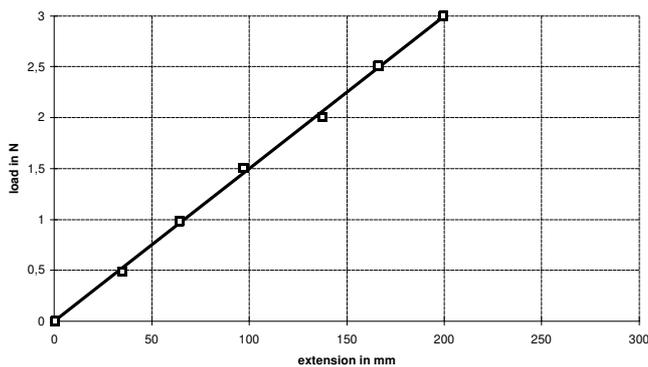
- Interpret the results you obtained.
- Find the relationship between the stretching force and the load.

mass in g	extension in mm	load in N
0		
50		
100		
150		
200		
250		
300		



6. Findings

To investigate the relationship between physical quantities it is helpful to draw a graph.



mass in g	extension in mm	load in N
0	0	0,00
50	36	0,49
100	66	0,98
150	98	1,47
200	140	1,96
250	166	2,45
300	202	2,94

The table of readings

When plotting a graph, plot the variables as measured. There will be a deviation of experimental points from the straight line. The straight line should pass symmetrically between the points.

Performing an experiment includes errors. There are two types of them:

- Errors which relate to the precision with which an instrument can be read.
- Errors which are due to faulty equipment or incorrect experimental technique.

Conclusion

As long as the elastic limit of a spring of a natural length s_0 is not exceeded, the extension Δs is proportional to the stretching force. k is the constant of proportionality.

$$F = k \cdot \Delta s \quad (\text{Hooke's law})$$

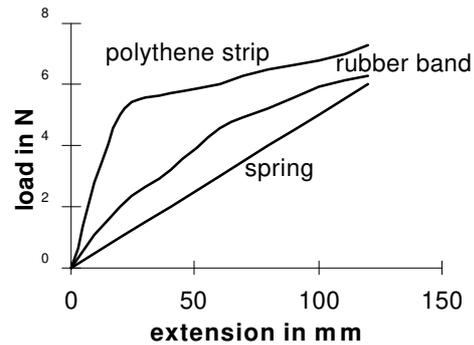
k is called the spring constant, it is a measure for the stiffness of the spring.

This relationship, called Hooke's law, was noted in the mid-seventeenth century by the British physicist Robert Hooke, a contemporary of Isaac Newton.

If you hang something **from** the hook of a *spring balance*, the spring inside the balance stretches. The heavier the weight, the more the spring stretches and the further down the scale the pointer moves. Spring balances actually measure weight. Many spring balances, however, have scales marked in mass units like grams or kilograms.

Now we investigate how easily different materials stretch, when a weight hangs from them.

In the following figure the measurements are plotted on a graph, as acting force against acting extension.



Hooke's law refers only to springs. Other materials are said to obey Hooke's law if the extension is proportional to the stretching force.

7. Pole vaulters in nature

Only the owner of a performing flea circus seems to have any time for fleas. But spare a thought for the flea and its amazing capabilities.

When the space shuttle takes off, it accelerates at about three times the acceleration due to gravity, that is at $3g$. The flea easily beats that. When it leaps in the air, it can accelerate nearly fifty times as much, that is to say, 150 times its own length.

But why is this possible?

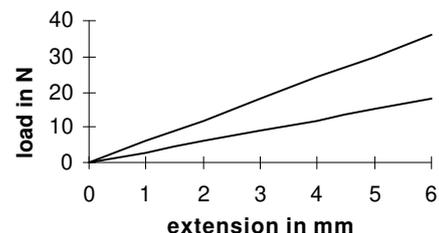
When a flea wants to jump it squeezes some tremendously elastic material which is just above its hind legs. When this material is released the flea is catapulted into the air.

The flea uses up its own energy every time it jumps. So, it needs to refuel, perhaps on a passing cat, by feeding on its blood.

If you could jump 150 times your own height, how high would you jump?

8. Problems

1. The following diagram shows the graphs of two different springs. Which of the two springs has the greater stiffness? Determine the spring constants of the springs?



2. Two similar springs with a spring constant of 250N/m are available.

- What is the extension of one spring when a force of 5N is applied?
- Join the two springs in series. How does each spring stretch when a load of 5N is attached to the bottom end?
- Join the two springs in parallel. How does each spring stretch when a load of 5N is attached to the bottom end?

Behandlung des Themas Ozon im Chemieunterricht mit Hilfe anschaulicher Experimente

Ilka Parchmann, Bettina Kaminski, Ute Mester, Antje Paschmann

1. Einleitung

"Es geht um den Treibhauseffekt, also das Ozonloch, das durch das CO₂ aus den Schornsteinen verursacht wird."

[NDR-Frühreporter, 16.03.1995]

Aussagen wie diese sind in der Bevölkerung und damit auch in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler weit verbreitet sind. Aufgabe eines zeitgemäßen Chemieunterrichts sollte es sein, verständliche Erklärungen für Phänomene zu liefern, die den Schülern in ihrem täglichen Leben begegnen. Eines dieser schwer verständlichen Themen ist die Ozonproblematik. Ein Pressespiegel (z.B. [1]) verdeutlicht die sehr unterschiedlichen und damit häufig verwirrenden Darstellungen zum Thema Ozon. Um die durch Ozon bzw. das Fehlen von Ozon verursachten Zusammenhänge zu verstehen, ist eine getrennte Betrachtung der Rolle des Ozons in der Ozonschicht, also der Stratosphäre und des bodennahen Ozons in der Troposphäre sinnvoll. Dafür sollte im Unterricht der Stoff Ozon mit seinen wichtigsten Eigenschaften vorgestellt und sein natürliches Vorkommen sowie die Verteilung in der Atmosphäre erörtern werden. Einige Experimente, die die Behandlung des Themas Ozon erleichtern, werden im folgenden vorgestellt.

2. Herstellung von Ozon im Chemieunterricht

Für die Untersuchung der Eigenschaften von Ozon ist es notwendig, über eine in der Schule leicht durchzuführende Möglichkeit der Ozondarstellung zu verfügen. Die "Entdeckung" einer solchen Möglichkeit gelingt mit Hilfe eines "History Lifts" in die Zeit der Entdeckung des Ozons. So wurde der Stoff Ozon erstmals von C. F. Schönbein im Jahre 1840 bewußt entdeckt, beschrieben und benannt. Der Name Ozon kommt vom griechischen Wort οζόν und bedeutet riechen oder duften. Schönbein entdeckte diesen eigenartig riechenden Stoff nicht nur nach heftigen Gewittern in der Natur, sondern ebenfalls in seinem Labor:

"Was mich betrifft, so bin ich sehr geneigt anzunehmen, daß die riechende Substanz, welche den Blitz entbindet, ganz dieselbe ist, welche durch die Elektrizität unserer Maschinen und die bei der Elektrolyse des Wassers entbunden wird..." [2]

Damit ist eine Möglichkeit dargestellt, mit der auch in der Schule mit Gerätschaften des Chemieunterrichts Ozon gewonnen werden kann: die Elektrolyse von Wasser bzw. Säure. Diese Methode wurde in der Vergangenheit bereits häufiger beschrieben, so u.a. von [3,4]. Ein Vorteil der hier vorgeschlagenen, von Kaminski entwickelten Apparatur ist einerseits die aufgrund der großen Stromdichte sehr hohe Ausbeute an Ozon, andererseits der Ausschluß einer Gefährdung durch Ozon (u.a. Verdacht auf krebserzeugendes Potential). In der von uns benutzten, geschlossenen Apparatur wird das Ozon vollständig im Kolbenprober aufgefangen, ein direkter Kontakt der Schüler mit Ozon wird vermieden.

Versuch 1: Herstellung von Ozon durch Elektrolyse [5]

Geräte und Chemikalien: 400 ml-Becherglas, 2 Platinelektroden, Glasrohr (Ø ca. 2,5 cm, Länge entsprechend der Platinelektrode), zweifach durchbohrter Gummistopfen, möglichst mit Teflonband umwickelt, gewinkeltes Glasrohr, Gleichspannungsquelle (0...40 V), Verbindungsschnüre, Kolbenprober, ggf. weitere Bechergläser, Waschflaschen mit Fritte, Schwefelsäure, w(H₂SO₄) = 30% (ätzend, C)

Durchführung: Die Apparatur wird laut Abb. 1 aufgebaut. Man verbindet die Elektroden mit der Gleichspannungsquelle und zwar die Platinelektrode im Glasrohr mit dem Pluspol, die andere mit dem Minuspol. Nun elektrolysiert man bei einer Spannung von 20 – 25 V, die Stromstärke beträgt etwa 5 A.

Das Anodengas wird direkt mit dem Kolbenprober aufgefangen, dabei sollte man durch vorsichtiges Ziehen am Kolbenprober immer einen leichten Unterdruck im Glasrohr erzeugen. Nach Beendigung der Elektrolyse kann man mit dem Anodengas die Untersuchungen auf Ozon durchführen.

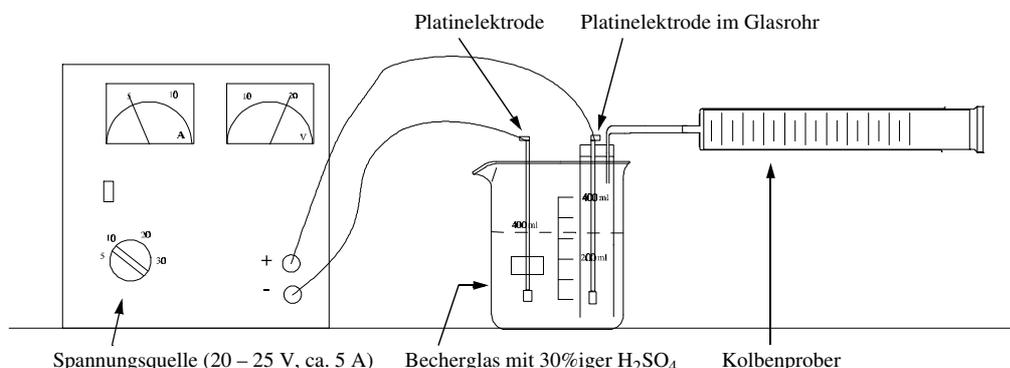
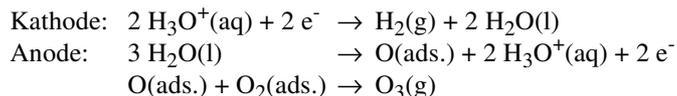


Abb.1: Herstellung von Ozon durch Elektrolyse

Ilka Parchmann, Bettina Kaminski, Ute Mester, Antje Paschmann,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Didaktik der Chemie,
Postfach 2503, D-26111 Oldenburg

Ergebnis und Auswertung: Das Anodengas enthält je nach Versuchsbedingungen (z.B. Temperatur) bis zu 1% Ozon. Dabei laufen – vereinfacht – folgende Reaktionen ab:

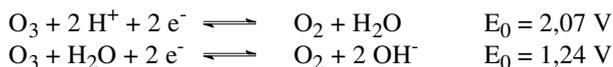


Als Nebenprodukt entsteht weiterhin Peroxodischwefelsäure.

3. Eigenschaften von Ozon

Eine neben dem charakteristischen Geruch sehr wesentliche Eigenschaft des Ozons ist seine starke Oxidationswirkung (s.u.).

Potentiale von Ozon [6]:



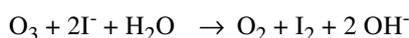
Ozon ist neben Fluor das stärkste Oxidationsmittel überhaupt. Auf dieser Oxidationswirkung beruhen etliche, z.T. schon früh entdeckte Nachweismethoden für Ozon, die bekannteste ist die Kaliumiodidmethode. Sie wurde bereits von Schönbein im Jahre 1844 beschrieben und für halbquantitative Ozonmessungen in der Atmosphäre verwendet [7]. Sie kann auch im Schulversuch sehr einfach qualitativ durchgeführt werden.

Versuch 2: Oxidation von Iodidionen zu Iod durch Ozon

Geräte und Chemikalien: Porzellanschale, Filterpapier, Pinzette, ggf. Waschflasche mit Fritte, Silikon Schlauch, Kolbenprober mit Anodengas aus Versuch 1, Kaliumiodidlösung, w(KI) ca. 5%, ggf. KI-Stärkepapiere oder KI-Stärke Lösung.

Durchführung: Einige Milliliter des Anodengases werden auf ein mit Kaliumiodidlösung getränktes Filterpapier geleitet. Alternativ kann das Gas durch eine Waschflasche geleitet werden, in der sich dieselbe Lösung befindet.

Ergebnis und Auswertung: Das Filterpapier bzw. die Lösung in der Waschflasche verfärben sich sofort braun, die Iodidionen werden zu Iod oxidiert.



Das KI-Verfahren wurde bis vor einigen Jahren in der Bundesrepublik Deutschland als offizielles Meßverfahren für bodennahes Ozon benutzt, indem man ein definiertes Luftvolumen durch eine KI-Lösung leitete und die Iodkonzentration titrimetrisch mit Natriumthiosulfat bestimmte. Dieses Verfahren hat sich allerdings als fehlerhaft herausgestellt, da die Iodidionen ebenfalls mit anderen oxidierend wirkenden Stoffen in der Atmosphäre, so z.B. NO₂, reagieren. Da NO₂ als Vorläufersubstanz von Ozon (s.u.) immer dann in der Atmosphäre vorkommt, wenn auch Ozon vorhanden ist, liefert ein solches

Meßverfahren zwangsläufig zu hohe Werte. Das Problem kann weitestgehend umgangen werden, wenn die jeweilige Lösung auf einen bestimmten pH-Wert gepuffert wird, wie z.B. von Rumpel vorgeschlagen [8], das Verfahren wird dadurch jedoch sehr viel aufwendiger. Alternativ kann die Oxidationswirkung von Ozon durch die Reaktion mit gelbem Blutlaugensalz (Oxidation des Eisens, Bildung des roten Blutlaugensalzes) [5], mit Mn²⁺-Salzen (Oxidation zu MnO₂) oder PbS (Oxidation zu PbSO₄) demonstriert werden [9].

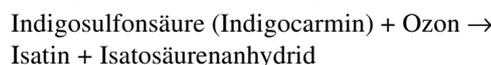
Eine weitere bedeutsame Eigenschaft von Ozon ist die Ozonisierung von Doppelbindungen in organischen Molekülen. Hierauf beruhen u.a. die Entfärbung von Farbstoffen, aber auch die Zerstörung von Gummi. Die Entdeckung und Nutzung der Entfärbung verschiedener Farbstoffe durch Ozon war ebenfalls schon im 19. Jahrhundert bekannt. So wird z.B. eine verdünnte Lösung eines Universalindikators durch das Anodengas aus Versuch 1 vollständig entfärbt. Noch interessanter ist allerdings die Reaktion mit dem blauen Farbstoff Indigo-carmin, die im folgenden Experiment demonstriert wird.

Versuch 3: Entfärbung von Indigo-carmin durch Ozon

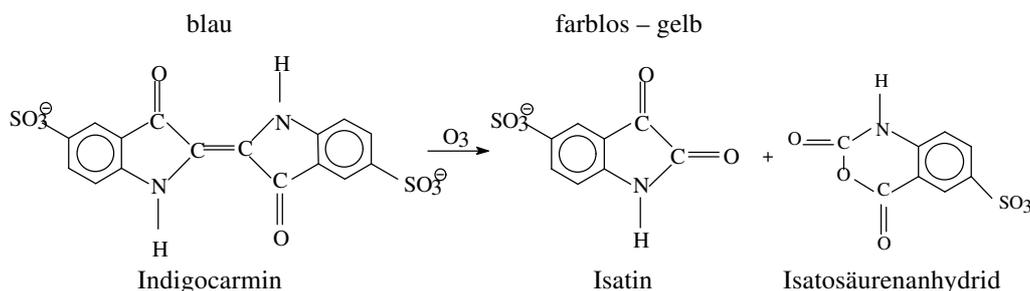
Geräte und Chemikalien: Waschflasche mit Fritte, Silikon-schlauch, Kolbenprober mit Anodengas aus Versuch 1, Indigo-carminlösung, w(C₁₆H₈N₂Na₂O₈S₂) = 0,0005 – 0,001%

Durchführung: Man leitet das Anodengas durch etwa 50 ml der Indigo-carminlösung. Die Waschflasche mit der Lösung wird dabei leicht geschüttelt.

Ergebnis und Auswertung: Die blaue Lösung kann durch 20 – 100 ml (je nach Konzentration des Ozons) des Anodengasgemisches vollständig entfärbt werden. Die Doppelbindung im Indigo-carminmolekül wird ozonisiert, als Endprodukt entsteht das hellgelbe Isatin (Gleichung vereinfacht nach [10]) (s.u.):



Diese Reaktion ist deswegen von besonderem Interesse, weil sie ebenfalls als einfache Meßmethode für bodennahes Ozon genutzt werden kann. Wie von uns durchgeführte Untersuchungen gezeigt haben, bestehen relevante Querempfindlichkeiten wahrscheinlich nur hinsichtlich anderer, hoch reaktiver Peroxide (z.B. Peroxyacetylnitrat, PAN). Diese haben einen ähnlichen Entstehungsmechanismus in der Atmosphäre wie Ozon, außerdem eine vergleichbare Wirkung auf Organismen. Ihre Konzentration in der Atmosphäre ist allerdings sehr gering, so daß diese Querempfindlichkeit vermutlich zu vernachlässigen ist. (Nähere Angaben zu diesem von uns seit drei Jahren durchgeführten Verfahren sind in [11] nachzulesen. Weiters wurde es als "Jugend forscht"-Projekt von Ebel et al. in Chemie in der Schule, 43 (1996) 6, beschrieben.)



Dieses Verfahren ist innerhalb bestimmter Fehlergrenzen (bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cong \text{ca. } 10 \text{ ppb}$) gut geeignet, um auch in der Schule bodennahes Ozon zu messen. Die zur Zeit an offiziellen Ozonmeßstellen praktizierte Methode der UV-Photometrie ist für die Schule aufgrund des großen apparativen Aufwandes sicherlich nicht geeignet. Sie kann allerdings, wie bereits von Kremer und Fritz vorgeschlagen, qualitativ demonstriert werden, indem man ein ozonhaltiges Gas, z.B. aus Versuch 1, zwischen eine UV-Handlampe ($\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$) und einen mit einem Fluoreszenzindikator behafteten Dünnschichtchromatographieschirm bläst. Man erkennt "rosafarbende Wölkchen", die durch die UV-Absorption des Ozons entstehen, da dann die Fluoreszenz auf dem Schirm nicht mehr angeregt werden kann [5, 12, 13].

Eine weitere sehr eindrucksvolle Methode zur Demonstration der Ozonisierung organischer Moleküle an deren Doppelbindungen ist die Zerstörung von Gummi. So müssen Gummischläuche, die mit Ozon in Kontakt kommen, bereits nach sehr kurzer Zeit ausgewechselt werden. Eindrucksvoller zur Demonstration dieser Reaktion von Ozon mit Gummi ist jedoch der folgende Versuch.

Versuch 4: Zerstörung von Gummi durch Ozon

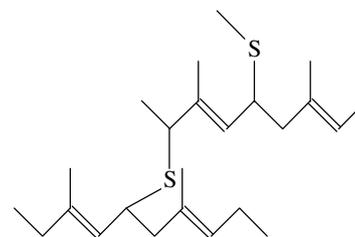
Geräte und Chemikalien: Luftballon, möglichst dünnwandig und prall aufgeblasen, Kolbenprober mit Anodengas aus Versuch 1

Durchführung: Man bläst das ozonhaltige Gas direkt auf den Luftballon.

Ergebnis und Auswertung: Ein dünner und prall aufgeblasener Luftballon platzt augenblicklich, sobald er mit Ozon in Kontakt kommt. Qualitativ bessere Ballons verlieren schon nach kurzer Zeit deutlich an Luft. Die Doppelbindungen im Gummi werden von Ozon gespalten (s.u.).

Die durch Ozon verursachten Verfärbungen an Blättern beruhen vermutlich ebenfalls auf der oxidierenden bzw. der ozonisierenden Wirkung auf Zellwände oder Zellinhaltsstoffe.

Zur Ermittlung der in Abb. 3 dargestellten Ozonverteilung in der Atmosphäre wird neben den photometrischen Verfahren noch eine weitere Methode angewandt: die Chemilumineszenz.



Gummi, vulkanisiert (Ausschnitt)

zenz. Grundlage dieses Verfahrens ist die Aussendung von Strahlung, die als Folge einer Reaktion mit Ozon von Stoffen wie Rhodamin B oder Eosin emittiert wird [14]. Im Schulunterricht kann diese Leuchterscheinung ebenfalls eindrucksvoll demonstriert werden, siehe dazu auch Brandl und Tausch [15].

Versuch 5: Chemilumineszenz durch Ozon [13]

Geräte und Chemikalien: 2 Kolbenprober, 250ml-Rundkolben, doppelt durchbohrter Stopfen, mit Teflonband umwickelt, 2 gewinkelte Glasrohre, Schlauchmaterial aus Silikon, ggf. Magnetrührer mit Rührkern, Anodengas aus Versuch 1, gesättigte Eosin- oder Fluoresceinlösung in Ethanol (abs.)

Aufbau: siehe Abb. 2

Durchführung: Man leitet das Anodengas aus Versuch 1 mehrmals über die Eosin- oder Fluoresceinlösung. Der Raum ist während des Versuches unbedingt abzudunkeln. In der Regel ist der Effekt deutlicher zu erkennen, wenn die Lösung während des Herüberleitens gerührt wird.

Ergebnis und Auswertung: Das Anodengas erzeugt eine deutliche, rötlich bis grüne Fluoreszenz über der Lösung, diese ist sogar bei einem mehrmaligem Herüberleiten noch sichtbar. Mit reiner Luft tritt dagegen kein Leuchten auf. Der genaue Mechanismus der durch Ozon angeregten Chemilumineszenz ist nach Brandl und Tausch [15] noch nicht bekannt.

Dieses Experiment ist im Hinblick auf die Gesundheitsgefährdung durch Ozon ebenfalls unproblematisch, da das Ozon nicht entweichen kann.

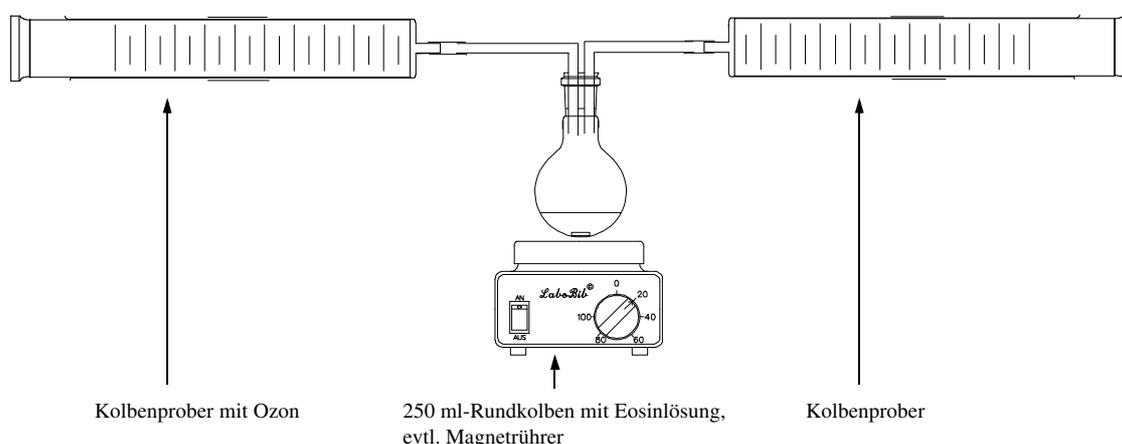


Abb.2: Ozoninduzierte Chemilumineszenz

4. Ozon in der Atmosphäre

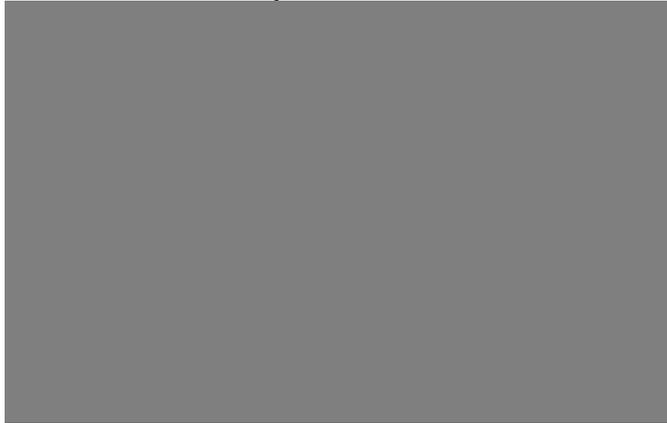


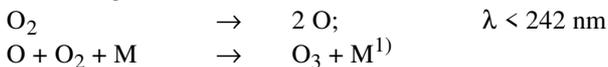
Abb.3: Ozonverteilung in der Atmosphäre [14]; Die Einheit "D" steht für "Dobson-Unit", definiert als $1D \equiv 10^{-3} \text{ cm} \times \text{atm}$. Würde man die gesamte Masse einer Ozonsäule in der Atmosphäre (durchschnittlich 300DU) unter Normalbedingungen auf eine Schicht zusammenpressen, so wäre diese Schicht nur 3mm dick!

Abb. 3 zeigt die Ozonverteilung in der Atmosphäre. Dabei erkennt man ein deutliches Maximum in der Stratosphäre, in etwa 20 – 50 km Höhe über der Erde. Hier liegt die sogenannte Ozonschicht. Um in der Schule deren Zustandekommen zu demonstrieren, sind teure UV-Lampen notwendig, die eine sehr kurzwellige Strahlung ($<220 \text{ nm}$) emittieren. Nur diese ist in der Lage, molekularen Sauerstoff zu spalten. Entsprechende Apparaturen sowie Versuchsvorschriften sind von Kremer und Fritz und von Tausch entwickelt und beschrieben worden [12, 16]. In der Stratosphäre sowie in den jeweiligen Versuchsaapparaturen kommt es zur Bildung und zum Abbau von Ozon nach folgendem Mechanismus:

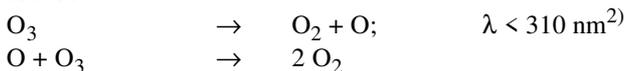
Chapman-Mechanismus in der Stratosphäre

(verändert nach [17]):

Ozonbildung:



Ozonabbau:



Auf dieser Absorption von UV-Strahlung durch Ozon beruht die Schutzwirkung der Ozonschicht, ein Vordringen der energiereichen UV-Strahlung zur Erde wird verhindert.

¹⁾ M symbolisiert einen beliebigen Stoßpartner, der zur Energieabfuhr notwendig ist, da das Ozon andernfalls sofort wieder zerfallen würde.

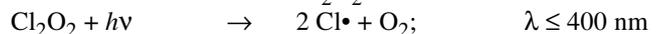
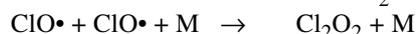
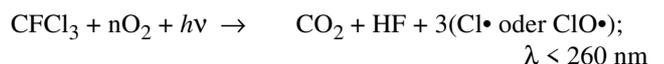
²⁾ Nur durch Einwirkung dieser kurzwelligen Strahlung entsteht der reaktive Singulett-Sauerstoff, während eine Ozonspaltung auch durch längerwelligere Strahlung möglich ist.

Dieser Mechanismus aus Ozonauf- und -abbau wurde 1930 von dem Engländer Sydney Chapman postuliert [17]. Später entdeckten u.a. die letztjährigen Nobelpreisträger Sherwood Rowland, Mario Molina und Paul Crutzen weitere ozonzerstörende Reaktionen in der Atmosphäre, so beispielsweise die mit Stickstoffoxiden. Diese mit Ozon reagierenden Substanzen sind zum Teil natürlichen Ursprungs, andererseits aber auch von Menschen freigesetzt. Insbesondere der Ozonzerstörung durch Chlorradikale aus FCKWs, die aufgrund von meteorologischen Bedingungen hauptsächlich über der Antarktis stattfindet, ist in den letzten Jahren in ihrer Bedeutung erkannt worden (z.B. [18]).

Diese ozonabbauenden Reaktionen in der Stratosphäre, also unter dem Einfluß von UV-Strahlung, können in der Schule mit Hilfe der Apparate von Kremer/Fritz oder Tausch demonstriert werden. Einfacher und vor allem kostengünstiger ist die von uns vorgeschlagene Variante (Versuch 6, nach [13]). Hier wird zunächst das reine Ozon-Sauerstoffgemisch aus Versuch 1 in einem Quarzglasrohr für ca. 20 Minuten mit einer UV-Handlampe ($\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$) bestrahlt (siehe Abb. 4).

Eine Messung der Ozonkonzentration vor und nach der Bestrahlung, z.B. mit der Indigocarminmethode, zeigt eine geringfügige Abnahme der Konzentration aufgrund des oben genannten Ozonabbaus durch UV-Strahlung. Wiederholt man den Versuch anschließend, nachdem man dem Gasgemisch einen FCKW oder auch N_2O zugesetzt hat, so erkennt man nun eine deutliche Abnahme der Ozonkonzentration. Qualitativ kann dieser Ozonabbau mit Hilfe der Chemilumineszenz (siehe Versuch 5) gezeigt werden. Das Gasgemisch vor dem Bestrahlen, aber auch das Gasgemisch nach dem Bestrahlen ohne Zusatz eines ozonabbauenden Stoffes verursachen eine deutliche Chemilumineszenz. Nach der Reaktion des Ozons mit einem FCKW oder N_2O unter UV-Bestrahlung ist dagegen keine Leuchterscheinung sichtbar (Nähere Angaben siehe [13]). Es finden vermutlich – ähnlich wie in der Atmosphäre – die folgenden Reaktionen statt:

Ozonabbau durch FCKW (verändert nach [17]):



usw.

Für das Vorkommen von Ozon in der Troposphäre muß es eine andere Erklärung geben, da die zur Sauerstoffspaltung not-

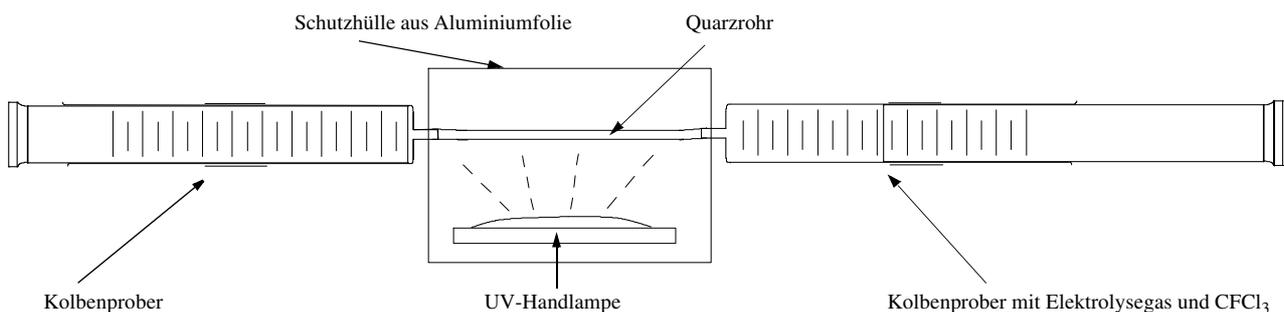
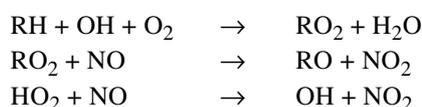


Abb. 4: Ozonabbau durch FCKW unter dem Einfluß kurzwelliger UV-Strahlung [13]

wendige kurzweilige UV-Strahlung den Erdboden u.a. durch die Absorptionsfähigkeit des Ozons nicht erreicht. Schüler vermuten oftmals, daß das "Ozon vom Himmel fällt", weil Ozon schwerer ist als Luft. Diese Diffusion aus der Stratosphäre in die Troposphäre wird jedoch schon durch die deutliche Temperaturabnahme unter der Ozonschicht weitestgehend unterbunden. Auch würde der größte Teil des Ozon aufgrund seiner Reaktivität in der Troposphäre abreagieren, bevor es den Erdboden erreicht. Da also auf diesem Wege nur ein geringer Teil des Ozons zum Erdboden gelangt, muß es direkt in Bodennähe einen Mechanismus der Ozonbildung geben. Auch hier ist die Sonnenstrahlung beteiligt. Durch längerwelligere UV-A-Strahlung kann Stickstoffdioxid gespalten werden, wobei ebenfalls atomarer Sauerstoff entsteht, der zur Ozonbildung führt (verändert nach [17]):



Diese Ozonbildung wird durch weitere Luftverunreinigungen, z.B. Kohlenwasserstoffe, die Stickstoffmonooxid über mehrere Reaktionsschritte zum Stickstoffdioxid aufoxidieren, verstärkt, vereinfacht nach:



Da es sich um eine lichtabhängige Gleichgewichtsreaktion handelt, kommt es ohne die notwendige UV-Strahlung zum schadstoffkatalysierten Ozonabbau nach



So wird auch verständlich, warum im Jahresmittel häufig die Ozonkonzentrationen in sogenannten Reinluftgebieten, insbesondere in Höhenlagen aufgrund der stärkeren Sonneneinstrahlung, höher sind als in den Ballungszentren. In Ballungszentren führen hohe Schadstoffkonzentrationen (NO_2 , KW u.a.) bei intensiver Sonnenstrahlung oftmals zu extrem großen Ozonkonzentrationen. Diese werden jedoch gegen Abend auch sehr schnell durch andere Schadstoffe (z.B. NO) wieder fast vollständig abgebaut. Weiterhin kommt es natürlich zu einem Transport von Schadstoffen, so daß auch in den umgebenden Gebieten eine, allerdings deutlich geringere Ozonbildung stattfindet. Der Abbau ist hier jedoch aufgrund fehlender Reaktionspartner sehr unvollständig, so daß sich das Ozon über das Jahr hin akkumuliert (s.u.).

Tab.1a: Jahresmittelwerte für Ozon in Hannover/Linden und auf dem Wurmberg/Braunlage [19]

Station	1991	1992	1993	1994
Hannover/Linden	40	50	46	49
Wurmberg/Braunlage	87	91	87	91

Tab.1b: Jahreshöchstwerte für Ozon in Hannover/Linden und auf dem Wurmberg/Braunlage [19]

Station	1991	1992	1993	1994
Hannover/Linden	221	271	220	291
Wurmberg/Braunlage	279	266	212	235

5. Anmerkungen zum Unterricht

Die hier vorgestellte Fülle von Experimenten mit unterschiedlichem Aufwand und Schwierigkeitsgrad erleichtert eine anschauliche Behandlung der Ozonthematiken im Unterricht. So ist es möglich, mit jüngeren Schülerinnen und Schülern lediglich auf einem phänomenologischen Niveau den Stoff Ozon sowie seine Eigenschaften, Bedeutung und Wirkung vorzustellen und ggf. seine Konzentration in Bodennähe zu messen. Mit älteren Schülern können dann die Reaktionen, insbesondere die unter dem Einfluß von UV-Strahlung, im Detail besprochen werden.

Wir danken Herrn Prof. Jansen für die Unterstützung der Arbeit und die permanente Bereitschaft zur konstruktiven Diskussion.

Literatur

- [1] Haupt, P.: *Die Chemie im Spiegel einer regionalen Tageszeitung*, Bd. 1-4, Oldenburg 1987-1996
- [2] Schönbein, C.F.: *Beobachtungen über den bei der Elektrolyse des Wassers und dem Ausströmen der gewöhnlichen Elektrizität aus Spitzen sich entwickelnden Geruch*; in: J.C. Poggendorff (Hrsg.): *Annalen der Physik und Chemie*, Bd. 50, Leipzig: Verlag J.A. Barth, 1840; S.632
- [3] Reinboldt/Schmitz-DuMont: *Chemische Unterrichtsversuche*, Dresden u. Leipzig: Th. Steinkopff, 1948
- [4] Boeck, H.: *Chemische Schulexperimente*, Bd. 3, Frankfurt: Harri Deutsch, 1978
- [5] Kaminski, B.: *Ozon durch Elektrolyse von Schwefelsäure*, CHEMKON 2/96 (1996) S. 85f
- [6] Weast, R.C. (Ed.): *Handbook of Chemistry and Physics*, 56th ed., Cleveland: CRC-Press, 1975
- [7] Schönbein, C.F.: *Über die Erzeugung des Ozons auf chemischem Wege*; Basel, 1844, S. 103ff
- [8] Rumpel, K.-J. et al.: *Ozon-Meßverfahren*; in: PdN-Ch. 2/45 (1996), S. 14ff
- [9] Blume, R. et al.: *Ozon aus der Elektrolyse von Schwefelsäure*; in: PdN-Ch. 2/45 (1996), S. 35ff
- [10] Grosjean, D. et al.: *Ozone Fading of Natural Organic Colorants: Mechanism and Products of the Reaction of Ozone with Indigos*; in: *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 22, No. 3, 1988; S. 292ff
- [11] Parchmann, I. et al.: *Das Indigocarminverfahren – eine schulrelevante Meßmethode für bodennahes Ozon*; in: CHEMKON, im Druck
- [12] Fritz, H, Kremer, M.: *Die Ozonproblematik im fächerverbindenden Unterricht*, Tuttingen 1992
- [13] Parchmann, I. und Paschmann, A.: *Abbau von Ozon durch FCKW oder N₂O*; in: MNU, im Druck, 1996
- [14] Feister, U.: *Ozon – Sonnenbrille der Erde*, Leipzig: Teubner, 1990; S. 25
- [15] Brandl, H. und Tausch, M.: *Lichtbeteiligung bei chemischen Reaktionen*, MNU im Druck; und pers. Mitt.
- [16] Tausch, M. et al.: *Ozon – der andere Sauerstoff*, PdN-Ch 1/42 (1993) 26ff
- [17] Graedel, T.E.; Crutzen, P.J.: *Chemie der Atmosphäre*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford, 1994
- [18] Rowland, F.S.: *Der Abbau des stratosphärischen Ozons durch Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe*; in: *Angew. Chemie*, 108 (1996), S. 1909ff
- [19] Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen: Ozonkonzentrationen in Niedersachsen 1984-1994; S.15

Phänomenologischer Unterricht an der Waldorfschule

Klaus Podirsky

Phänomenologischer Unterricht, schülerzentrierter Unterricht ist eine Forderung, die sich aus der Analyse von Vergangenheit und Gegenwart der Unterrichtspraxis und ihren Folgen ergibt (siehe z.B.: Rainer, Brämer [1]); daß es dabei im grundsätzlichen wiederum sehr unterschiedliche Ansätze gibt, soll dieser Beitrag beleuchten.

Anhand eines didaktisch oft bearbeiteten Themas – des Hebels – soll versucht werden zu verdeutlichen, was die Waldorfpädagogik damit meint, und inwiefern sich dieses Anliegen nochmals differenziert von anderen, phänomenologischen Ansätzen, z.B. auch jenem von Martin Wagenschein. Er geht vom Werkzeug aus – von der Zange [2]. Ich wähle bewußt exemplarisch dieses Beispiel, um einen wichtigen Aspekt zu verdeutlichen, der etwas Charakteristisches der Waldorfpädagogik und ihrer Fragenart darlegt: Was bedeutet es, wenn gesagt wird, es gehe darum, in offenen Begriffen zu arbeiten, nicht in definitorischen; in Begriffen, die selbst eine innere Entwicklung in sich tragen – wie die Schüler auch – und die ein situatives Verstehen ermöglichen [3].

Der oft besprochene, und damit von mir "klassisch" genannte methodisch-didaktische Ansatz für den Lehrer lautet:

Wie führe ich zum Hebelgesetz?

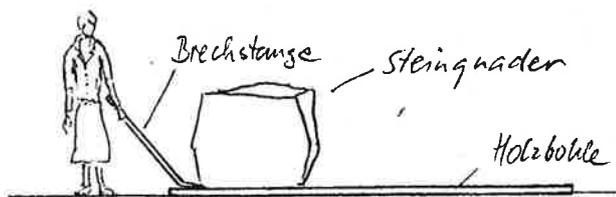
In der Waldorfpädagogik stellt sich die Frage anders:

Wie führe ich zu einem Begreifen der inneren Zusammenhänge, die ich letztlich gedanklich im Hebelgesetz fassen kann, um damit praktisch zu arbeiten..

Der bewußt knapp gehaltene – vornehmlich graphisch dargestellte – Versuchsgang wird im nachhinein besprochen. Etymologisch stammt das Wort "Hebel" von "heben" ab. Es liegt daher nahe, von einem Gerät auszugehen bei den ersten Versuchen, das auch Hebe-Leistungen vollbringt: z.B. der Brechstange.

Frage: "Wie kommt man damit den lastenden Kräften der Welt bei?"

Versuchsreihe ①



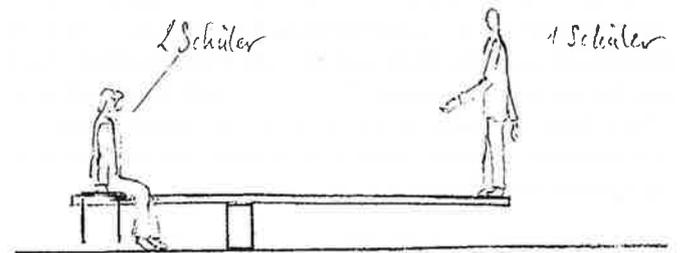
Zu Versuch 1: Ein schwerer Steinquader liegt am Ende einer Holzlatte; was den kräftigen Buben nicht gelingt, macht ein zartes Mädchen mit abgewinkelter Brechstange (Kistenöffner)

Dipl. Ing. Klaus Podirsky ist Mitverfasser des Physik-Lehrplans der Österreichischen Waldorfschulen und war neun Jahre als Oberstufenlehrer an der Rudolf-Steiner-Schule Wien-Mauer tätig.

– auch dann noch, wenn einige Kinder auf dem Stein stehen: Der Steinquader wird hochgehoben, weggekippt.

Erkenntnis: Die Stange muß irgendwie so angesetzt werden, daß der menschliche Arm eine Verlängerung erhält, und – auf die Länge kommt es an!

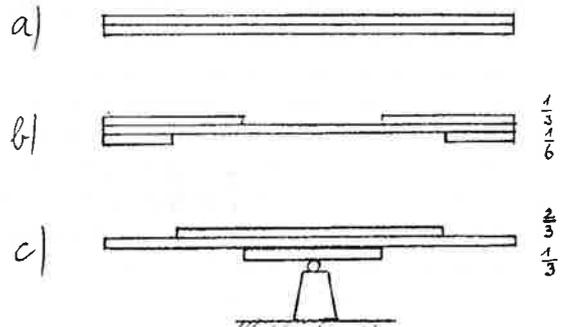
Versuchsreihe ②



Zu Versuch 2: Ein langer Balken wird über einen Holzklotz gelegt und greift unter eine Bank, worauf zwei Schüler sitzen. Man probiert die Hebellänge aus, damit ein Schüler mit seinem Gewicht (alle drei wiegen etwa gleich viel), die beiden anderen anheben kann. Die Schüleranzahl auf der Bank wird variiert und erneut der Gleichgewichtszustand herzustellen versucht. Die Frage stellt sich, ob man auf diese Weise die Kräfte ins Unermeßliche steigern könnte; welche Eigenschaft müßte dazu das Material haben? Was geht überhaupt im Inneren der Stange vor sich, steht sie überall unter der gleichen Spannung? Wie erzeugt sie aus sich diese Kraftvermehrung?

Versuchsreihe ③

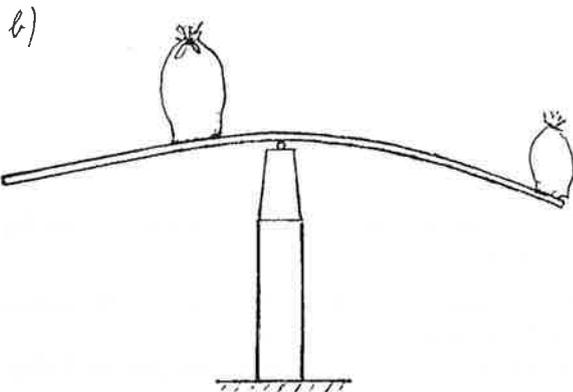
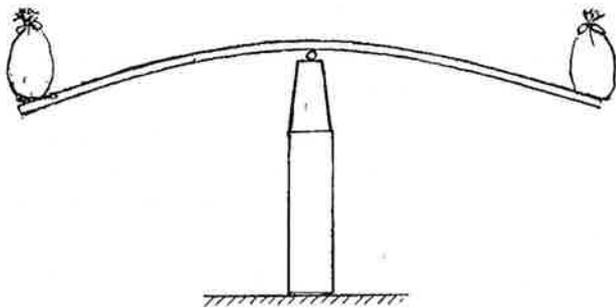
Abordnung:



Zu Versuch 3: Die nächste Versuchsreihe greift diese Fragen auf. Drei unterschiedlich zusammengeleimte, aber gleichlange Hebelstangen werden mit gleicher Last belastet. Während a) bedrohlich knackt und b) bricht, biegt sich die Stange bei c), trägt aber die Last. An der Biegeform zeigt sich zweierlei unmittelbar. Erstens weist die Krümmung darauf hin, daß die

Biegung über dem Auflagepunkt am stärksten ist und zum Ende jeweils abnimmt; zweitens, daß beim Biegen das Material verschiedenen Spannungen ausgesetzt ist: in den oberen Schichten werden die Fasern gedehnt – sie stehen unter Zug, in den unteren Schichten werden sie gestaucht – sie stehen unter Druck. Die Hebelstange in c) trägt die Last also dadurch, daß das Material – die Holzfasern – sowohl die Zug- als auch die Druckspannungen aushält ohne zu reißen oder zu bersten. *Innere Kräfte* – "Formkräfte" werden bei diesem Versuch benutzt, um die *äußeren Kraftwirkungen* (Last) von der einen Seite zur anderen zu übertragen.

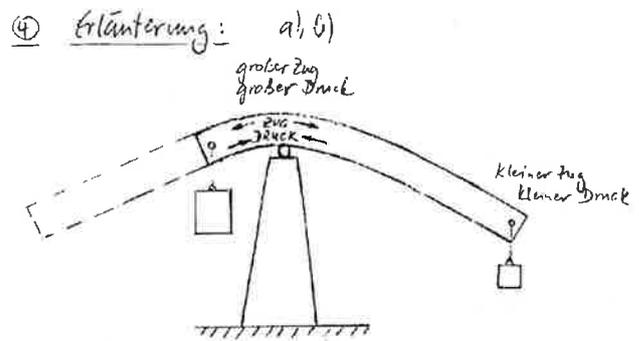
Eine weitere Überlegung führt zum Versuch 4:



Zu Versuch 4: Von zwei gleich schweren Kartoffelsäcken, welche im gleichen Abstand vom Auflagepunkt einander die Waage halten (a), wird der eine – linke – durch einen etwa dreimal so schweren (b) ersetzt, welcher nahe am Drehpunkt wieder Gleichgewicht herstellt. Am *inneren Spannungszustand nahe des Auflagepunktes* hat sich durch das Auswechseln des Gewichtes (links) nichts geändert, da das unveränderte rechte Gewicht die Waage hält und auch die Biegeform am Auflagepunkt unverändert bleibt.

Erkannt wird, daß die großen Zug- und Druckspannungen im Hebelbalken nahe dem Auflagepunkt immer in gleicher Größe vorhanden sind, auch wenn gar nicht das große Gewicht nahe der Mitte belastet wird (b), sondern nur weiter außen das kleinere (a). Zur Mitte hin steigen die Gewichte, die man auflegen kann. Somit ähnelt die vom Hebelende zum Drehpunkt zunehmende *Steigerung äußerer Kraftmöglichkeiten* der *inneren Spannungssteigerung* vom Hebelende zur Mitte.

Versuch 4-Erläuterung:



Das pädagogische Ziel und der Weg dieses Versuchsganges kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Der Schüler soll dazu geführt werden, sich in die inneren Spannungen der wirklichen Dinge einfühlen zu können. Dies führt zum Erleben aller Sinne, nicht nur des Denkens und seiner Abstraktionen anhand von Maß, Zahl, Linie, welche der reinen Bewegungslehre (Phronomie) zugrunde liegen. Das mathematisch an sich klare Hebelgesetz zu vermitteln schult hingegen lediglich den vom Erleben gesonderten Intellekt. So aber kann der Schüler mitempfinden: Was würde ich fühlen unter der dort herrschenden Spannung, wenn ich selbst das Holz dieses Balkens wäre. Er ist somit *nicht nur* intellektuell denkerisch angesprochen, sondern auf allen Ebenen, mit seinem *Eigenbewegungssinn*, *Gleichgewichtssinn* und *Lebenssinn* [4, 5]. Rudolf Steiner spricht in seiner Sinneslehre von insgesamt 12 Sinnen. Mit dem *Eigenbewegungssinn* nehmen wir nicht nur den Bewegungszustand unseres eigenen Leibes wahr (die über das Knie gelegte, gerundete Handinnenfläche gibt uns z.B. Information über die Rundung des Knies, nicht der Tastsinn!), sondern auch z.B. über die Augenbewegung, den Bewegungszustand, die Formen der Welt; mit dem *Gleichgewichtssinn* nicht nur den Gleichgewichtszustand unseres Leibes, sondern in Bezug zur Außenwelt gesetzt, auch den Gleichgewichtszustand, Horizontale, Vertikale, etc. der Gegenstände im Raum um uns (deshalb ist es ja auch sinnvoll, sich aufrecht ins Gleichgewicht zu stellen, um besser feststellen zu können, ob ein Bild "gerade" hängt); und mit dem *Lebenssinn* nehmen wir – unter anderem – nicht nur Leichte und Schwere, Verspannungen in unserem Körper wahr, sondern wiederum in unserer Umgebung; in diesem Fall im verschieden belasteten, teilweise auch berstenden Holzbalken, wenn wir uns dieser Wahrnehmung erlebend zuwenden [6].

Zunächst also werden Bewegungszustand, Gleichgewicht-, Spannungs- und Kraftzustände der Experimente innerlich – eher dumpf, wie alle Willensprozesse – mitvollzogen; Biegen und Brechen intensiv miterlebt und gefühlsmäßig nach den Versuchen charakterisierend besprochen und letztlich mit Vorstellungen – z.B. den örtlichen Spannungen im Holz – denkerisch gesättigt. So wird letztlich der ganze Mensch angesprochen. Das Einbeziehen des Gefühls, seine Differenzierung und Versachlichung ist nicht nur – vor allem aber – in zunehmendem Maß im Alter von 7-14 Jahren unerlässlich.

Damit ist im Unterrichtsablauf das Entscheidende des Angestrebten eigentlich erreicht: Man ist im Unterricht vorgestoßen zu einer größenmäßigen Regel – je näher eine Kraft am Drehpunkt ansetzt, desto größer darf sie sein, ohne daß sich die Spannungsverhältnisse, die Gleichgewichtsverhältnisse, die

Bewegungsverhältnisse qualitativ, von ihrer Charakteristik betrachtet, ändern.

Die Mitteilung des "Hebelgesetzes" als mathematische Formulierung, um damit auch rechnerisch umgehen zu können, ist – so sie nicht sowieso bereits einigen Schülern in ihren "denkerischen Schoß" fiel – noch eine letzte, abstrakte Beigabe und nur noch das "Pünktchen auf dem I", was den pädagogischen Aspekt betrifft.

Selbstverständlich wird dann mit diesem "Hebelgesetz" auch noch gerechnet und man geht in weiteren Versuchen eventuell zur Waage über, wo von der Anwendung her, nun auch pädagogisch betrachtet, der innere Zustand des Hebelarms ohne Bedeutung ist: nur noch die Zahlenwerte der angehängten Gewichte zählen.

Das Ende der Mechanikepoche in einer 7. Klassenstufe (12-13-Jährige) ist damit sicherlich noch nicht erreicht – aber das Ende dieser Ausführungen, obwohl noch vieles, das Thema umfassend und erweiternd, gesagt werden müßte.

Ich hoffe, es ist durch diese Darstellung möglich geworden, Gespräche anzuregen zu grundsätzlichen Fragen und ansatzweise zu verdeutlichen, in welcher unterschiedlicher Art "Verstehen" eines Sachzusammenhanges aufgefaßt werden kann: und inwiefern bereits der methodische Ansatz zu sehr andersgearteten Aspekten des Verstehens und der Begriffe herleitet. Denn das Hebelgesetz in seiner allgemein bekannten, gesetzlichen Abstraktion: "Kraft mal Kraftarm ist Last mal Lastarm" konstituiert weder diesen oben besprochenen, mechanischen Weltzusammenhang, noch macht es ihn uns wirklich verständlich, sondern lediglich handhabbar. Die damit verbundene

Problematik scheint mir die gleiche wie in jeder anderswo angewandten, zum Gesetz oder Modell hinzielenden Didaktik. Denn Verallgemeinern bedeutet noch nicht, etwas für ein tieferes Verstehen der Welt beigetragen zu haben. Das aber muß Aufgabe im genannten naturwissenschaftlichen Unterricht sein, um Verantwortung im Jugendlichen für die Welt anzulegen, denn nur ein wirkliches Verstehen schafft dafür die rechte Verbindung mit der Welt.

(Der Verf. bietet ab Herbst 97 am PI der Stadt Wien eine Lehrveranstaltung "Begriffsbildung in der Oberstufe am Beispiel Optikunterricht in einer Abschlußklasse" an.)

Literatur

- [1] Redaktion SOZNAT (Hrsg.): *Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Gegenperspektive*, Agentur Pedersen; Braunschweig 1982, S. 82-84
- [2] Martin Wagenschein: *Die pädagogische Dimension der Physik*, Westermann Verlag, S. 91 ff
- [3] Siehe hierzu auch: Peter Buck, Manfred v. Mackensen: "Naturphänomene erlebend verstehen", *Didaktik der Naturwissenschaften* 14, Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln, 1989
- [4] R. Steiner: *Die zwölf Sinne des Menschen*, Dornach 1921, in G.A. 206
- [5] Th. Göbel: *Die Quellen der Kunst - Lebendige Sinne und Phantasie*, Philosophisch-Anthroposophischer Verlag 1982

Wasser

Experimentierausstellung im WUK

4. Mai bis 6. Juni 1997

Die Besucher werden selber entdecken, experimentieren, Vorstellungen und Phantasien entwickeln, reflektieren, Zusammenhänge erfahren und herstellen. Die *Experimentierwerkstatt* hat die Schau geplant und ausgeführt, organisiert wird sie vom Veranstaltungsbüro im WUK, Bereich KinderKultur. Die Experimentierausstellung richtet sich an Kinder und Jugendliche ab ca. 7 Jahren.

Insgesamt werden 12 "Angreif-Objekte" aufgestellt:

die **Strömungswanne**, in der die Bewegung des Wassers beobachtet werden kann;

ein **Modell des Wasserkreislaufs** zum Beobachten und Eingreifen;

die **Wassermusik**, bei der die Stimme das Wasser in Bewegung bringt;

eine **Flußlandschaft**;

die Station **Sedimentation**, an der man die Schwingungen des Wassers studieren kann;

die Station **Wassernetz**, in der die Kapillarkraft des Wassers Bilder zeichnet;

die **Wasserhaut-Architektur**, das Spiel der Wasserhautformen in Drahtgerüsten;

der **Wasserspiegel**, tanzende Reflexe spiegeln das Licht; Tropfenmetamorphosen, die "inneren" Wasserbewegungen bei Zugabe von Farbe;

die **Wabenzellen**, hier geht es um Wasser und Wärme - was mit Temperaturunterschieden im Wasser passiert;

Abrinnbilder, Fließbewegungen des Wassers zeichnen Muster in den Sand;

der **Strudelwirbel**, wie er entsteht und wie er wirbelt.

Eröffnung: Sonntag, 4. Mai 1997 um 16:00 Uhr durch Univ.-Prof. Dr. H. Pietschmann

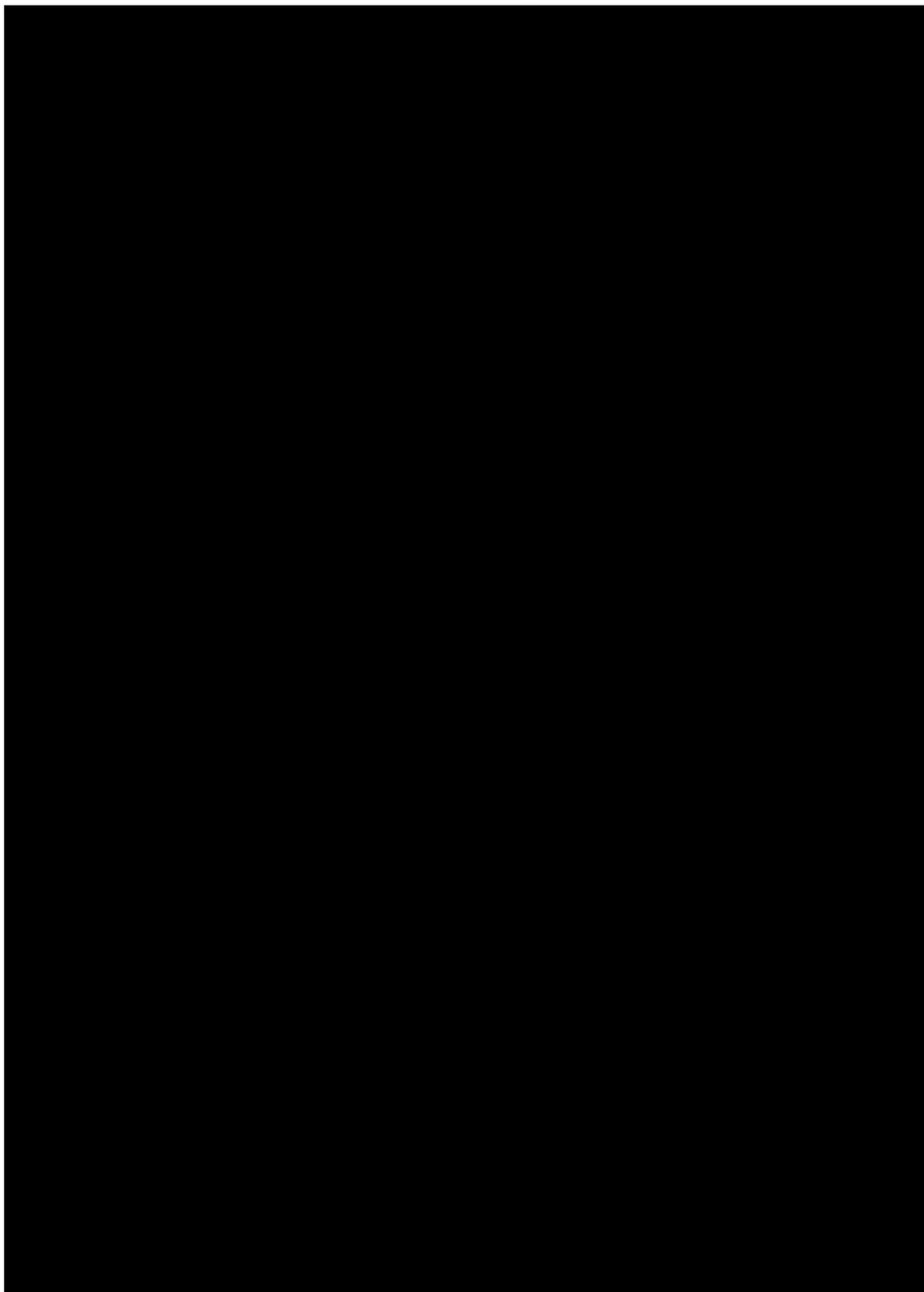
Ausstellung: 4.5.-6.6.1997, Mo-Fr von 8 - 17 Uhr, sonn- und feiertags von 10 - 17 Uhr. Eintritt S 50 (3 Betreuer pro Gruppe frei). Anmeldung von 14.-25.4.97: 40121-70 (10-12 Uhr, 14-18 Uhr).

Aktionsführungen: Mo-Fr (ausg. feiertags): 8.00, 9.30, 11.00, 14.00, 15.30.

Ort: WUK Museumsräume, Währingerstr. 59, 1090 Wien
Information bei: Mag. Gudrun Schweighofer-Wienerberger,
Tel.: 40121-49

Das originelle Geschenk zu besonderen Anlässen

Die Wetterkarte von damals



Bis 31. 12. 1994 wurden die Wetterkarten der **Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik** per Hand gezeichnet.

Für jeden Tag Ihrer Wahl seit 1865 können Sie zu günstigen Preisen eine Farbkopie erhalten.

Bestellungen über den Verein bei gleichzeitiger Überweisung des Rechnungsbetrags auf das Vereinskonto Bank Austria 612424903

Bestellschein – Wetterkarten

Hiermit bestelle ich

.... Stück Wetterkarten (1950 - 1994) vom __. __. 19__	A4-Format zu ÖS 245,- <input type="checkbox"/>	A3-Format zu ÖS 315,- <input type="checkbox"/>
.... Stück Wetterkarten (1900 - 1949) vom __. __. 19__	zu ÖS 350,- <input type="checkbox"/>	zu ÖS 410,- <input type="checkbox"/>
.... Stück Wetterkarten (1865 - 1899) vom __. __. 18__	Originalformat	zu ÖS 750,- <input type="checkbox"/>
.... Stück Älteste Wetterkarte von Österreich	Originalformat	zu ÖS 1800,- <input type="checkbox"/>

Zutreffendes bitte ankreuzen! Preise zuzüglich einmaligen Portospesen von ÖS 30,-

Name:

Adresse:

Universitätslehrgang Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen - Naturwissenschaften

Wenn Sie

- an Ihrer beruflichen Weiterbildung interessiert sind,
 - Ihre Kompetenzen in pädagogischer, fachdidaktischer und schulorganisatorischer Hinsicht weiterentwickeln wollen,
 - den eigenen Unterricht erforschen und Neues erproben möchten,
 - bereit sind, die dabei gemachten Erfahrungen zu dokumentieren und anderen zugänglich zu machen,
 - interessiert sind, wie andere KollegInnen Innovationen an Schulen durchführen,
 - fachübergreifende Aspekte in Ihrem Unterricht stärker betonen wollen
 - mit KollegInnen und Wissenschaftlern über unterrichtliche und schulische Fragen reflektieren wollen und/oder
 - sich vom Schulalltag nicht unterkriegen lassen wollen,
- dann sollten Sie die weiteren Informationen genauer ansehen!

Im Herbst 1997 beginnen zweijährige PFL-Lehrgänge für

- Englisch als Arbeitssprache,
- Geschichte und Sozialkunde, Bildnerische Erziehung und Musikerziehung
- Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik).

Sie werden vom Interuniversitären Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF) durchgeführt und von Unterrichts- und Wissenschaftsministerium unterstützt.

Jeder PFL-Lehrgang dauert 4 Semester und besteht aus einer Abfolge von 3 Seminaren (davon eines in den Sommerferien), 5 Regionalgruppentreffen und aus praktischer Arbeit in der Schule. Pro Semester ist eine Lehrgangsgebühr von S 1000,- zu entrichten. Die Fahrt- und Aufenthaltskosten werden großteils bezahlt, um Sonderurlaub muß selbst angesucht werden.

PFL-Naturwissenschaften dient der Weiterentwicklung der Qualität naturwissenschaftlichen Unterrichts. Der Lehrgang ist interdisziplinär und stellt eine Verbindung zwischen den naturwissenschaftlichen Disziplinen Biologie, Chemie und Physik, den zugehörigen Fachdidaktiken und den pädagogischen Ansätzen der Aktionsforschung her.

Das Leitungsteam besteht aus:

Univ.-Prof. Dr. Günther Bonn (analyt. Chemiker, Universität Innsbruck)

Univ.-Doz. Dr. Walter Hödl (Zoologe, Universität Wien)

Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt (Physiker, Universität Wien)

Univ.-Prof. Dr. Peter Posch (Erziehungswissenschaftler, IFF und Universität Klagenfurt)

Mag. Helga Stadler (Physikdidaktikerin, Universität Wien)

Dr. Thomas Stern (AHS-Lehrer, IFF Wien, Koordination).

Das individuelle berufliche Selbstverständnis und der persönliche Zugang zu den Naturwissenschaften und ihrer Vermittlung sind Ausgangspunkte des Lehrgangs. Ziel ist die Weiterentwicklung der persönlichen Stärken und die Erweiterung der fachdidaktischen und pädagogischen Kompetenzen. Hauptaktivitäten der Teilnehmer sind: Entwicklung, Durchführung und Untersuchung anspruchsvoller Lernformen; Erarbeitung

und Anwendung von Qualitätskriterien für naturwissenschaftlichen Unterricht; die Dokumentation dieser Arbeit in Form schriftlicher Studien.

Der Lehrgang beginnt mit Seminar I, das von 12.10.97 (Sonntag Abend) bis 17.10.97 (Freitag mittag) in Badgastein stattfinden wird.

PFL - in inhaltlicher Sicht

Unterrichtliche und schulische Arbeit ist eine interessante und zugleich höchst komplexe Tätigkeit. Sie erfordert mehr als fachliches Wissen und pädagogisches und didaktisches Repertoire, um Schülerinnen und Schüler bei der Erarbeitung von Fähigkeiten und Wissen zu unterstützen. In den PFL-Lehrgängen wird versucht, dieser Komplexität gerecht zu werden. Dies gelingt oft am besten, wenn man konkrete praktische Situationen zum Ausgangspunkt von Weiterentwicklung nimmt. Vier Dimensionen werden dabei als Merkmal von Professionalität im Lehrberuf angesehen:

Bereitschaft und Kompetenz zu

- experimentierender, konstruktiver und zielgerichteter Arbeit (Aktion)
- (selbst)kritischer, das eigene Tun hinterfragender Arbeit (Reflexion)
- eigeninitiativer und selbst bestimmter Arbeit (Autonomie)
- kommunikativer, kooperativer und öffentlich wirksamer Arbeit (Vernetzung).

Teilnehmeräußerungen zu diesen Punkten:

1. Aktion

"Besonders geschätzt habe ich die Fülle inhaltlicher Anregungen, die ich im Gegensatz zu vielen anderen Fortbildungsangeboten nicht (nur) über den Kopf, sondern (auch) über das eigene Erleben erfahren habe."

2. Reflexion

"Durch diese Art der Reflexion des eigenen Unterrichts bin ich selbstbewußter geworden. Ich weiß genauer, was ich will und auch kann, kann gegenüber KollegInnen anders auftreten und habe mehr Spaß am Unterricht, ..."

3. Autonomie

"... war ich früher viel eher ein Konsument bei diversen Seminaren ... Ich habe es vor allem sehr gut gefunden, daß das dritte Seminar jetzt weitgehend von den Teilnehmern selbst gestaltet wurde ..."

4. Vernetzung

"Ich habe gelernt, daß es wichtig ist, Gleichgesinnte zu suchen, sich auszutauschen, und daß sich daraus neue Möglichkeiten ergeben."

Weitere Auskünfte und Anmeldung (bis 30.4.97) bei:

Frau Waltraud Rohrer, IFF, Sterneckstr. 15, 9020 Klagenfurt, Tel.: 0463/2700-737 (Fax -759).

e-mail: waltraud.rohrer@uni-klu.ac.at

DPG-Fortbildungskurse für Physiklehrer 1997

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) führt, unterstützt von dem Förderverein für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU), auch im kommenden Sommer im Physikzentrum Bad Honnef Fortbildungsveranstaltungen für Physiklehrer durch. Die Veranstaltungen sollen die Lehrerfortbildungsprogramme der Länder fachlich ergänzen und dazu beitragen, den Informationsfluß zwischen Schule, Forschung und Arbeitswelt zu verbessern. Wie in den Vorjahren werden die Vorträge ergänzt durch Diskussionsveranstaltungen und z.T. Praktika mit dem Ziel, die wissenschaftlichen Kenntnisse im Schulunterricht umzusetzen. In diesem Zusammenhang werden die Teilnehmer eine Reihe von Materialien zur Verwendung im Unterricht erhalten. Für den Sommer 1997 sind die beiden folgenden Veranstaltungen geplant:

Kurs 1: Licht, Schatten und Farbe in der Umwelt 30. Juni bis 4. Juli 1997

Direktoren: **Prof. Dr. H.-J. Schlichting**, U/GH Essen und **Prof. Dr. M. Vollmer**, FH Brandenburg

Warum ist der Himmel blau, sind Wolken weiß und der Regenbogen farbig? Was verursacht die zeitlose Schönheit tanzender Polarlichter und die zerstörerische Kraft von Blitzen? Welche Informationen lassen sich aus Beobachtungen und Messungen der Farben von Atmosphäre, Meeren, Gewässern und biologischen Systemen gewinnen? Wodurch kommt die Vielfalt der Farb- und Schattenspiele in der unbelebten Natur zustande? Und wie lassen sich alle diese Erscheinungen im Unterricht einsetzen, um alltäglich erlebte Physik motivierend zu vermitteln?

Vorträge, Experimente und Diskussionen in großer und kleiner Runde werden ausreichend Gelegenheit bieten, sich mit dem faszinierenden Thema "Licht, Schatten und Farbe in der Umwelt" auseinanderzusetzen.

Beiträge:

Farbe und Gehirn

Optische Erscheinungen der Atmosphäre: eine Einführung

Schulexperimente zur atmosphärischen Optik

Computersimulationen zu optischen Phänomenen der Atmosphäre

Leuchtende Nachtwolken, Polarlichter

Gewitter

3-dimensionale Untersuchungen der Atmosphäre durch Licht

Kartierung von Substanzen im Meer durch Analyse der Wasserfarben

Licht und Farbe in Sedimenten und biologischen Systemen

Farben der unbelebten Natur: Minerale, Edelsteine und Gläser

Goethes Farbenlehre (Abendvortrag)

Besser sehen im Infrarot mit Thermographie

Schattenspiele - überraschende Versuche mit Licht und Schatten nicht nur für die Mittelstufe

Von Sonnentälern, Sonnenschwertern und anderen Lichtphänomenen im Alltag

Farbige Schatten als Einstieg in die Farbenlehre

Interferenzerscheinungen im Alltag

Farbenlehre im Unterricht

Kurs 2: Röntgenphysik 7. bis 11. Juli 1996

Direktoren: **Prof. Dr. G. Schmahl**, U Göttingen und **Prof. Dr. J. Sahlm**, TU Berlin

Röntgenstrahlung kommt im Themenkanon des schulischen Unterrichts bei der Behandlung der Atomphysik vor. Das entspricht auch ihrer Bedeutung in der Physikgeschichte, in der Untersuchungen an

und mit Röntgenstrahlen wesentliche Quellen für neue Erkenntnisse über den Aufbau der Atome und die Struktur der Materie waren. Die Anwendungsgebiete der Röntgenstrahlen begannen mit der Medizin und Materialuntersuchung und sind seit ihrer Entdeckung vor mehr als 100 Jahren immer zahlreicher geworden. Sie reichen heute von der Medizin über die Analyse physikalischer, chemischer und biologischer Strukturen bis zur Astronomie und Archäologie.

Der Kurs Röntgenphysik soll den Teilnehmern einerseits einen Einblick in das vielfältige Spektrum der heutigen Anwendungen vermitteln. Zum anderen sollen Möglichkeiten einer experimentellen Behandlung in der Schule diskutiert werden. Die Teilnehmer werden Gelegenheit zum eigenen Experimentieren haben.

Beiträge:

Eigenschaften der Röntgenstrahlen

Entdeckung der Röntgenstrahlen

Röntgenröhren

Synchrotronstrahlung

Schulexperimente zur Röntgenspektroskopie und Röntgenabsorption

Experimente mit energiereicher elektromagnetischer Strahlung

Röntgenlaser

Röntgendiagnostik in der Medizin

Strahlenbiologie und Strahlentherapie

Besuch des Deutschen Röntgenmuseums in Remscheid-Lennep

Röntgenstrahlen in der Kristallographie

Röntgenkristallographie in der Biologie

Röntgenoptik

Röntgenastronomie

Röntgenmikroskopie

Röntgenstrahlen in Anthropologie und Archäologie

Die jährlich stattfindenden Kurse dieser Physikscheule für Lehrer werden von der DPG initiiert und getragen. Die beiden Kurse finden im Physikzentrum Bad Honnef für jeweils etwa 50 Teilnehmer statt. Die Kursgebühren betragen **DM 400,-** pro Kurs. Sie beinhalten die Kosten für Unterkunft und volle Verpflegung im Physikzentrum, jeweils von Montagmittag bis einschließlich Freitagmittag. Zusätzlich entstehen den Teilnehmern Nebenkosten für Kursmaterialien, Kopien etc. in Höhe von **DM 50,-**. Die Unterbringung der Kursteilnehmer erfolgt im Physikzentrum Bad Honnef, zum Teil in Doppelzimmern. Es besteht die Möglichkeit, am Sonntag vor dem jeweiligen Kurs anzureisen. Für Physiklehrer, die DPG- oder MNU-Mitglied sind und die zu diesen Kursen keinen Zuschuß aus öffentlichen Mitteln von Schulämtern, Landesministerien o.ä. erhalten, steht ein begrenzter DPG-Fond zur Förderung der Lehrerfortbildung zur Verfügung. Aus diesen Mitteln kann ein Zuschuß zu den Aufenthalts- und Fahrtkosten (DB II. Klasse unter Ausnutzung von Tarifermäßigungen) gezahlt werden. Die Höhe der einzelnen Zuschüsse richtet sich nach dem Volumen der Antragstellung, beträgt aber maximal 50% der o.g. Kosten. Die bewilligten Zuschüsse werden während des jeweiligen Kurses im Physikzentrum ausgezahlt. Die Anträge auf Förderung sollten mit der Bewerbung zur Teilnahme gestellt werden. **Bewerbung zur Teilnahme** (eventuell mit Antrag auf Förderung) formlos **bis zum 30. April 1997** an:

Dr. Joachim Debrus, Physikzentrum Bad Honnef, Hauptstraße 5, D-53604 Bad Honnef, Fax: 02224/9232-50, e-mail: debrus@snhonnef1.pbh.uni-bonn.de (ab 2/97: debrus@pbh.de)

Bei mehr als 50 Bewerbern wählt das Organisationskomitee (wissenschaftliche und örtliche Tagungsleitung) die Teilnehmer aus. Die Teilnehmer erhalten ihre Teilnahmebestätigung Mitte Mai 1997. Die aktuellen Programme können im Internet auf der www-Seite des Physikzentrums unter <http://www.pbh.uni-bonn.de/pbh1f97.htm> abgerufen werden.

Creativity in Physics Education

International
Conference of
Physics Teachers

18-24 August 1997
Sopron, Hungary

創造的物理教育

Alkotó Fizikatanítás

物理教育中的创造性

In Cooperation with

International Union for Pure and Applied Physics,
International Centre for Theoretical Physics of UNESCO
Japanese Association of Physics Teachers,
Chinese Physical Society,
Hungarian Ministry of Education and Culture,
Hungarian Academy of Sciences

Organized by

Roland Eötvös Society, Fő utca 68, Budapest H-1371

The 20th century is almost over. Our children, our students will be citizens of the 21st century. The school has to educate the students for a world which is not known for us. The technology of the 21st century will be created by our students. Therefore the science education in schools cannot be satisfied if the student only memorize the classical information and skills. The school has to be future sensitive, responding to the interest of the young people, to show the power of science in shaping our future. Our students have to learn the respect of reality, the orientation in an unknown environment, and creative use of the laws of Nature. The goal of this conference will be discussing these new duties of school education, by paying respect to different cultures, different approaches.

Official languages on the conference will be Chinese, English, Japanese (and Hungarian), interpretation (multilingual transparencies etc.) will be organized by the participating groups.

Preliminary Outline of the Programme

Paul Black (London University): The centenary of the electron
Kai-Hua Zhao (Peking University): Chinese culture, science, school

Humitaka Sato (Kyoto University): Japanese culture, science, school

George Marx (Budapest University): Hungarian culture, science, school

Sophia Fei (Hawaii, USA): Intercultural comparison of schools

Zoltan Báthory (Hungarian Ministry of Education): Achievements

Kai-Hua Zhao (Beijing): The International Physics Olympiads

Herbert Pietschmann (Vienna University): End of the era of science?

Hiroshi Masuko (Tokyo): Actual problems in Japanese schooling

Workshop of creative experiments - organized by Hiroshi Kawakatsu (Nagoya)

Workshop of creative computer programming - organized by Kechengqin (Beijing)

Workshop of creative problem solving - organized by Peter Gnädig (Budapest)

Esther Tóth (Budapest): Nuclear demonstration in school

Laszlo Holldonner (Sopron): Electronic demonstration in school

Yun Ying (Nanjing): Demonstration of educational videotapes
Optional excursion to the lab of International Atomic Energy Agency

Excursion to the 1000 years old Monastery School in Pannonhalma

Round table discussion about the polycultural vision of the future

Participation, Accommodation

Participation cost will be 250 USD, including accommodation for 6 nights (in two-bedrooms with shower at Hotel Maroni), meals, excursion, conference proceedings, group transfer from and to Wien/Schwechat Airport. Those who are interested in single bed room with higher comfort for extra charge, are asked to indicate their interest. Information of any kind may be obtained from the members of the Organizing Committee. The economic housing offer can be offered only for a limited number of participants.

Please, post or fax (0036-1-2660206) your participation form or send an e-mail to marx@hercules.elte.hu at your earliest convenience but not later than February.

Für österreichische AHS- und BHS-Lehrer hat das BMUK eine finanzielle Unterstützung zugesagt.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts

Aufruf zum Beitritt

Der Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts lädt alle Fachkolleginnen und Fachkollegen, die noch nicht dem Verein angehören, zum Beitritt ein. Der Mitgliedsbeitrag beträgt derzeit S 150,- für Studenten ohne eigenes Einkommen S 30,-. Anmeldungen können jederzeit erfolgen.

Sie sichern sich dadurch eine frühzeitige Verständigung über die Fortbildungswoche mit ihrem vielfältigen Angebot. Gerade die Praktika sind meist sehr schnell ausgebucht. Der Termin wird den Mitgliedern bereits im Herbst mitgeteilt. Das Mitteilungsblatt kann aus Kostengründen regelmäßig natürlich nur an Mitglieder versandt werden. Wir hoffen, daß es sich auch durch Ihre Mitarbeit zu einem nützlichen Hilfsmittel für den Physik- und Chemieunterricht entwickelt.

Der Verein umfaßt gegenwärtig als Mitglieder über 1100 Chemie- und Physiklehrer an Hauptschulen, AHS und BHMS aus ganz Österreich.

Der Verein wurde 1895 gegründet. Er verfolgt laut Satzung den Zweck, "den physikalischen und chemischen Unterricht aller Schularten in wissenschaftlicher und didaktischer Hinsicht zu vervollkommen." Dies soll erreicht werden u.a. durch "Vorträge, Vorführung und Besprechung von Apparaten und Versuchen, Studiengänge, Herausgabe einer Vereinszeitschrift, Lehrgänge für die Weiterbildung,...". Pflicht der Mitglieder ist die "tätige Anteilnahme an den Arbeiten des Vereins und die Leistung des Jahresbeitrages mit Beginn des Vereinsjahres."

Beitrittserklärung

Ich erkläre meinen Beitritt zum Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, werde die Vereinsziele unterstützen und werde den Mitgliedsbeitrag regelmäßig entrichten.

Name:

Titel:

Schuladresse:

e-mail:

Wohnanschrift:

Straße:

PLZ und Ort:

Datum:

Unterschrift:

Bitte senden an:

Verein zur Förderung des phys. u. chem. Unterrichts
z. Hdn. Prof. Dr. Helmut Kühnelt
Institut für Theor. Physik
Strudlhofgasse 4
1090 Wien

Freihandexperimente

Homöopathische Verdünnungsreihen

Werner Rentzsch

Nicht nur für Röntgenzwecke

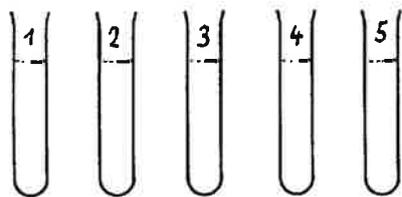
Material: Reagenzglasständer, 5 Reagenzgläser, Pipettierhilfe, Meßpipette, Gummistopfen für Reagenzglas, Spritzflasche, Permanentschreiber, 10% Schwefelsäure (1 mol/l), 18% Bariumchloridlösung (1 mol/l)

Durchführung: Die 5 Reagenzgläser werden in den Reagenzglasständer gestellt. In das 1. Reagenzglas füllt man 20 ml Schwefelsäure und markiert die Füllhöhe mit dem Permanentstift. Auch die anderen vier Reagenzgläser werden in der gleichen Höhe mit einer Markierung versehen (Lineal anhalten).

Nun entnimmt man dem 1. Reagenzglas mit der Meßpipette 2 ml Schwefelsäure, gibt sie in das 2. Reagenzglas und füllt mit Wasser bis zur Markierung auf. Man verschließt mit dem Gummistopfen und vermischt durch Schütteln. In gleicher Weise verfährt man bis zum 5. Reagenzglas.

Jetzt füllt man mit gereinigter Pipette in jedes Reagenzglas 1 ml Bariumchloridlösung und beobachtet.

Bariumchloridlsq.

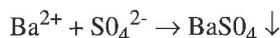


Schwefelsäure

1/10 1/100 1/1000 1/10000 1/100000

Auswertung: Vom ersten bis zum letzten Reagenzglas entsteht eine immer schwächer werdende Trübung.

Aus Schwefelsäure und Bariumchlorid bildet sich das fast unlösliche Bariumsulfat.



Die beschriebene Reaktion ist sehr empfindlich; die Trübung ist bis zu einer Verdünnung von 1 : 100 000 zu erkennen.

Hinweise:

- *Vorsicht:* auch verdünnte Schwefelsäure zerstört Textilien; nicht mit dem Mund pipettieren – Bariumchloridlösung ist giftig.
- Aufgrund seiner geringen Löslichkeit ist Bariumsulfat im Gegensatz zu Bariumchlorid ungiftig und wird daher als Röntgenkontrastmittel zur Untersuchung des Magen-Darm-Kanals verwendet. Eine Verwechslung der beiden Bariumverbindungen im Spital ist fatal und letal. Das ver-

wendete Bariumsulfat muß chemisch rein sein. Bei Bariumvergiftungen tritt der Tod durch Atemlähmung ein.

Ein ppm – sichtbar gemacht

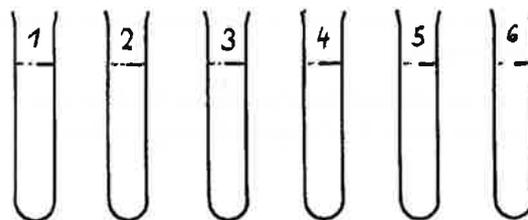
Material: Reagenzglasständer, 6 Reagenzgläser, Spatel, Meßpipette, Pipettierhilfe, Gummistopfen, Spritzflasche, Waage, Permanentschreiber, weißes Papier, Kaliumpermanganat oder 1%ige Kaliumpermanganatlösung

Durchführung: In das 1. Reagenzglas füllt man 20 ml Kaliumpermanganatlösung und markiert die Füllhöhe mit dem Permanentstift. Bei den anderen Reagenzgläsern wird in gleicher Höhe eine Markierung angebracht.

Nun entnimmt man dem 1. Reagenzglas 2 ml Lösung, gibt sie in das 2. Reagenzglas und füllt bis zur Markierung mit Wasser auf. Man verschließt mit dem Stopfen und vermischt durch Schütteln. Ebenso verfährt man bei den anderen Reagenzgläsern.

Jetzt hält man ein Stück weißes Papier hinter die Reagenzgläser und vergleicht die Farbintensität der Lösungen.

Kaliumpermanganatlsq.



1/100 1/1000 1/10000 1/100000 1/1000000 1/10000000

Auswertung: Die Farbe wird immer schwächer. Im 6. Reagenzglas erscheint die Lösung farblos.

Im 5. Reagenzglas beträgt die Konzentration 1 : 1 000 000; das entspricht 1 ppm – 1 part per million.

Hinweis: Statt eine 1%ige Lösung herzustellen, kann man in das 1. Reagenzglas auch ganz einfach eine Spatel Kaliumpermanganat geben und mit Wasser auf 20 ml auffüllen. Verwendet man viel Stoff, kann sogar noch das 7. Reagenzglas eine schwache Färbung aufweisen.

Wie lange sieht man rot?

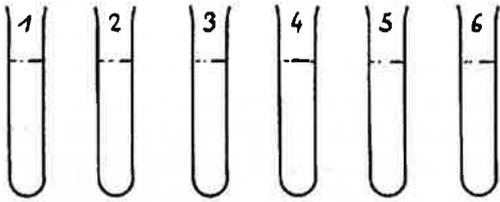
Material: Reagenzglasständer, 6 Reagenzgläser, Spatel, Meßpipette, Tropfpipette, Pipettierhilfe, Gummistopfen, Spritzflasche, Waage, Mensur, Permanentschreiber, weißes Papier, Natriumhydroxid oder 1%ige Natronlauge, Phenolphthaleinlösung

Durchführung: In das 1. Reagenzglas füllt man 20 ml Natronlauge und markiert die Füllhöhe mit einem Permanentstift. Bei den anderen Reagenzgläsern wird in gleicher Höhe eine Markierung angebracht.

Nun entnimmt man dem 1. Reagenzglas 2 ml Lauge, gibt sie in das 2. Reagenzglas und füllt bis zur Markierung mit Wasser auf. Man verschließt mit dem Stopfen und vermischt durch Schütteln. Bei den anderen Reagenzgläsern verfährt man ebenso.

Jetzt hält man ein Stück weißes Papier hinter die Reagenzgläser und tropft Phenolphthaleinlösung in die Reagenzgläser und achtet auf die Färbung.

Phenolphthaleinlösung



Natronlauge

1/100 1/1000 1/10000 1/100000 1/1000000 1/10000000

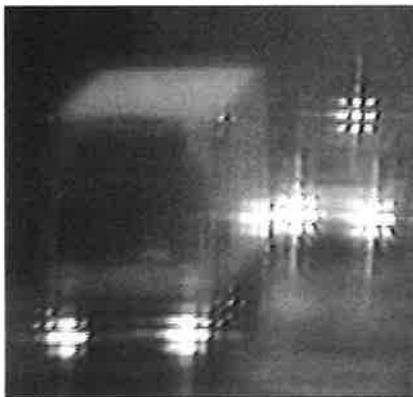
Auswertung: Es entstehen verschieden kräftige Rotfärbungen. Bis zum wievielten Reagenzglas die Rotfärbung zu beobachten ist, hängt von der Konzentration der Natronlauge im 1. Reagenzglas ab.

Hinweis: Als einfache Abwandlung der drei beschriebenen Versuche kann auch in einem Reagenzglas eine sehr konzentrierte Lösung einer Lebensmittelfarbe hergestellt werden. Dann verfährt man wie vorher beschrieben.

Wellenoptik im Alltag

Helmut Kühnelt

Ein Netzvorhang als Beugungsgitter



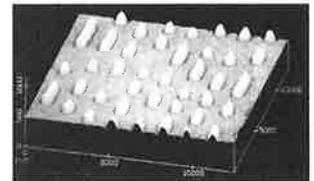
Wer hat noch nie abends durch einen feinen Netzvorhang die Lichter der Straße betrachtet? Obige Abbildung entstand als Videoaufnahme im Gästehaus des CERN, der also nicht nur Beschleunigerphysik zu bieten hat. Für eine halbquantitative Untersuchung eignet sich ein feiner handelsüblicher Gaze-Vorhang (z.B. mit ca. 3 Fäden pro Millimeter) oder ein nicht zu dichter Regenschirmstoff. Zweckmäßigerweise klemmt man ein Stück Stoff glatt gezogen in ein Diarähmchen – bei 80 cm Breite lassen sich so mit einem Meter Vorhangstoff 10 Schulklassen mit Beugungsgittern versorgen. Betrachtet man damit eine weiße Punktlichtquelle (z.B. eine durch den Reflektorrand fast vollständig abgedeckte Halogenlampe), so sieht man sehr gut das farbige Beugungsbild des Kreuzgitters. Blickt man gleichzeitig auf ein mit ausgestrecktem Arm gehaltenes Lineal, so gelingt es, den scheinbaren Abstand der Beu-

gungsmaxima und dadurch ihren Winkelabstand abzuschätzen. Mit dem genannten Vorhangstoff ergibt sich eine scheinbare Größe des Beugungsbildes von 1,5 mm auf dem 75 cm entfernten Lineal, daher ein Winkel von $\sin \alpha = 0,0015/0,75 = 0,002$. Aus der Bedingung für das erste Beugungsmaximum ($d \sin \alpha = \lambda$, $d = 0,33 \text{ mm} \pm 20\%$) ergibt sich λ zu 670 nm, etwa 25% größer als dem Maximum des sichtbaren Lichts entspricht – für die bescheidenen Mittel ein sehr gutes Resultat!

Für eine quantitativ bessere Bestimmung der Größenordnung der Lichtwellenlänge eignet sich ein Laserzeiger als monochromatische Lichtquelle. Durchstrahlt man das Beugungsgitter und läßt das Beugungsbild auf eine entfernte Wand fallen, läßt sich der Abstand der Beugungsmaxima bequem ausmessen und die Wellenlänge des roten Laserlichts folgt sofort daraus. Dreht man das Diarähmchen so, daß der Laserstrahl nicht mehr senkrecht auf die Stoffebene trifft, so verkleinert sich die effektive Gitterkonstante (ein Trick, den bereits 1925 Arthur Compton zur Beugung von Röntgenstrahlen an optischen Gittern verwendete) und die Beugungsmaxima rücken auseinander – eine eindrucksvolle Demonstration der quantenphysikalischen Unschärferelation.

CD-ROM als Beugungsgitter

Das BMUK empfiehlt den Einsatz geeigneter CD-ROM im Unterricht. Aus der Warte des Physikers sind auch didaktisch schlechte CD-ROMs und Musik-CDs unterrichtsgerecht: als Beugungsgitter mit einer



Gitterkonstanten von $d = 1,6 \mu\text{m}$ (s. Abb.). Damit ergeben sich größere Beugungswinkel als mit dem Vorhangstoff. Bei senkrechtem Einfall ergibt sich für das erste Beugungsmaximum $d \sin \alpha = \lambda$, wobei α vom einfallenden Strahl gerechnet wird. Für sichtbares Licht ergeben sich daher Winkel für das erste Beugungsmaximum von 16° (bei 400 nm) und 32° (bei 760 nm) – mit dem Laserpointer maßen wir 24° . An der kurzwelligen Grenze lassen sich 3 Beugungsmaxima beobachten, bei streifendem Einfall entsprechend mehr, an der langwelligen Grenze jedoch nur eines.

Vergleicht man das Beugungsbild eines Temperaturstrahlers mit einem kontinuierlichen Spektrum mit dem einer Leuchtstofflampe (Energiesparlampe), so wird wohl den meisten Beobachtern bald ein Unterschied auffallen: Das weiße Licht der Leuchtstofflampe wird aus 3 oder 4 Phosphoren gewonnen (die durch UV zum Leuchten angeregt werden), dies schlägt sich in einem diskreten Spektrum nieder. Leuchtdioden erweisen sich – für den Physiker keineswegs überraschend – als praktisch monochrom.

Da man für das CD-Spektrometer durchwegs mit einem Achtel einer CD auskommt, lassen sich für alle Schüler einer Klasse aus Ausschuß-CDs kostengünstig Beugungsgitter herstellen, lediglich das Zerschneiden der CDs ist mühsamer als beim Vorhangstoff.

Die Teilnehmer an der Eröffnungssitzung der 51. Fortbildungswoche konnten beide Arten von Beugungsgittern nach Hause tragen. (Gaze ist gegen Kostenersatz und Angabe der gewünschten Menge beim Förderverein erhältlich.)

Bücherecke

Längengrad

Dava Sobel

Berlin-Verlag, Berlin 1996, ISBN 3-8270-0214-1

In dem in Amerika zu Bestseller-Ehren gelangten Buch von Dava Sobel *Längengrad* wird ein unter Physikern viel zu wenig bekanntes Kapitel aus der Geschichte der Naturwissenschaften behandelt: die Bestimmung der geographischen Länge auf hoher See. Während man schon zu Columbus' Zeiten die geographische Breite aus der Tageszeit und dem Sonnenstand oder der Höhe bekannter Sterne über dem Horizont bestimmen konnte, wäre man bei der Bestimmung der geographischen Länge auf einen sehr genauen Uhrenvergleich angewiesen gewesen: Die geographische Länge ergibt sich bekanntlich aus der Zeitdifferenz zwischen der Ortszeit an Bord eines Schiffes und der Uhrzeit im Heimathafen oder einem anderen Ort von bekannter Länge. Überall auf der Welt entspricht ein Grad geographischer Länge einem Zeitunterschied von vier Minuten. Eine Bestimmung dieser Zeitdifferenz auf monatelangen Seereisen mit den sich aufsummierenden Gangungenauigkeiten war aber bis weit in die Epochen der Pendeluhr hinein völlig ausgeschlossen. Alle großen Entdecker von Vasco da Gama bis zu Nunez de Balboa, von Magellan bis zu Sir Francis Drake – "sie alle gelangten mehr oder weniger zufällig zu den Orten, die sie erreichten, durch Kräfte, die man glücklicher Fügung oder der Gnade Gottes zuschrieb." Dieser unhaltbare Zustand erreichte seinen traurigen Höhepunkt am 22. Oktober 1707, als vier heimkehrende Schiffe der englischen Flotte durch einen Navigationsfehler bei den Scilly Islands zerschellten und fast 2000 Mann ihr Leben verloren.

Diese Tragödie veranlaßte das englische Parlament 1714 im berühmten Longitude Act einen sagenhaften Preis von 20 000 Pfund, nach heutigen Begriffen mehrere Millionen Dollar, auszusetzen für "eine praktikable und nützliche Methode" zur Bestimmung der geographischen Länge. Und hier setzt das Buch an, nämlich bei dem Leben des John Harrison (1693 – 1776), jenes genialen englischen Uhrmachers, der in einem Akt beispielhafter Besessenheit in über fünfzigjähriger Arbeit sich anheischig machte, dieses auch von einem Isaac Newton für unreal hoch gesteckt gehaltene Ziel zu erreichen.

Dabei standen ihm in den Königlichen Astronomen von Greenwich mächtige Gegner gegenüber, die das Längengradproblem auf rein astronomische Weise lösen wollten – entweder mittels der Jupitermonde oder der "Monddistanzen", d.h. über den Zeitvergleich einer Sternbedeckung durch den Mond an einem Ort am Nullmeridian (das mußte damals noch nicht Greenwich sein!) und dem Ort des Schiffes. Harrison setzte hingegen ausschließlich auf die Entwicklung immer genauerer Schiffschronometer und der Kampf zwischen diesen beiden Methoden nimmt den weitaus größten Teil des Buchs ein.

Nach einigen Gesellenstücken, die es bereits auf eine Ganggenauigkeit von 1 Sekunde pro Monat brachten (während die besten Uhren der damaligen Zeit noch durchschnittlich 1 Minute pro Tag falsch gingen), machte sich Harrison ab 1730 an den Bau seiner berühmten Serie von vier immer genaueren, weil praktisch reibungsfreien Schiffsuhrn H-1, H-2, H-3 und

schließlich der berühmten H-4 im Taschenformat. Was der fünfte Königliche Astronom von Greenwich, Nevil Maskelyne, ein fanatischer Anhänger der Methode der Monddistanzen, deren Berechnung er sein ganzes Leben widmete, sich einfallen ließ, um den Siegeszug dieser unglaublich präzisen Schiffschronometer zu verhindern, das lese man in dem Buch nach. Von Ausnahmen wie dem berühmten Astronomen Halley abgesehen führte Harrison zeit seines Lebens einen einsamen Kampf gegen das wissenschaftliche Establishment. Die Lager und Hemmungsflächen der H-4 sind übrigens aus Diamanten und Rubinen. Harrison hat nie verraten, wie er sie geschliffen hat. Dadurch bestand die H-4 ihre Probefahrt in die Karibik und verlor in 81 Tagen auf See nur 5 Sekunden!

Doch die Längenkommision weigerte sich, den hohen Preis auszuzahlen, und erklärte, die erzielte Ganggenauigkeit der Uhr sei reiner Zufall gewesen. Erst nach dem hohen Lob, das James Cook nach seiner zweiten Weltumsegelung der Uhr von Harrison gespendet hatte, und einer persönlichen Intervention bei König Georg III. war es 1773 so weit: Harrison erhielt im Alter von 80 Jahren doch noch das Preisgeld!

Als John Harrison 1776 starb, genoß er unter Uhrmachern den Ruf eines Märtyrers. Bald nach dem großen Erfolg der H-4 verlegten sich die Uhrmacher scharenweise auf den Bau von Schiffschronometern, und vor allem in England entwickelte sich ein boomender Industriezweig. Einige Historiker behaupten sogar, daß Harrisons Erfindung die englische Vorherrschaft über die Ozeane erleichtert und letztlich zur Schaffung des britischen Empire geführt habe. Welche Widrigkeiten am Beginn dieses Siegeszuges zu überwinden waren, das lohnt sich nachzulesen.

Mag. Manfred Wasmayr

Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts

H. Muckenfuß

Berlin: Cornelsen, 1995. 358 S.

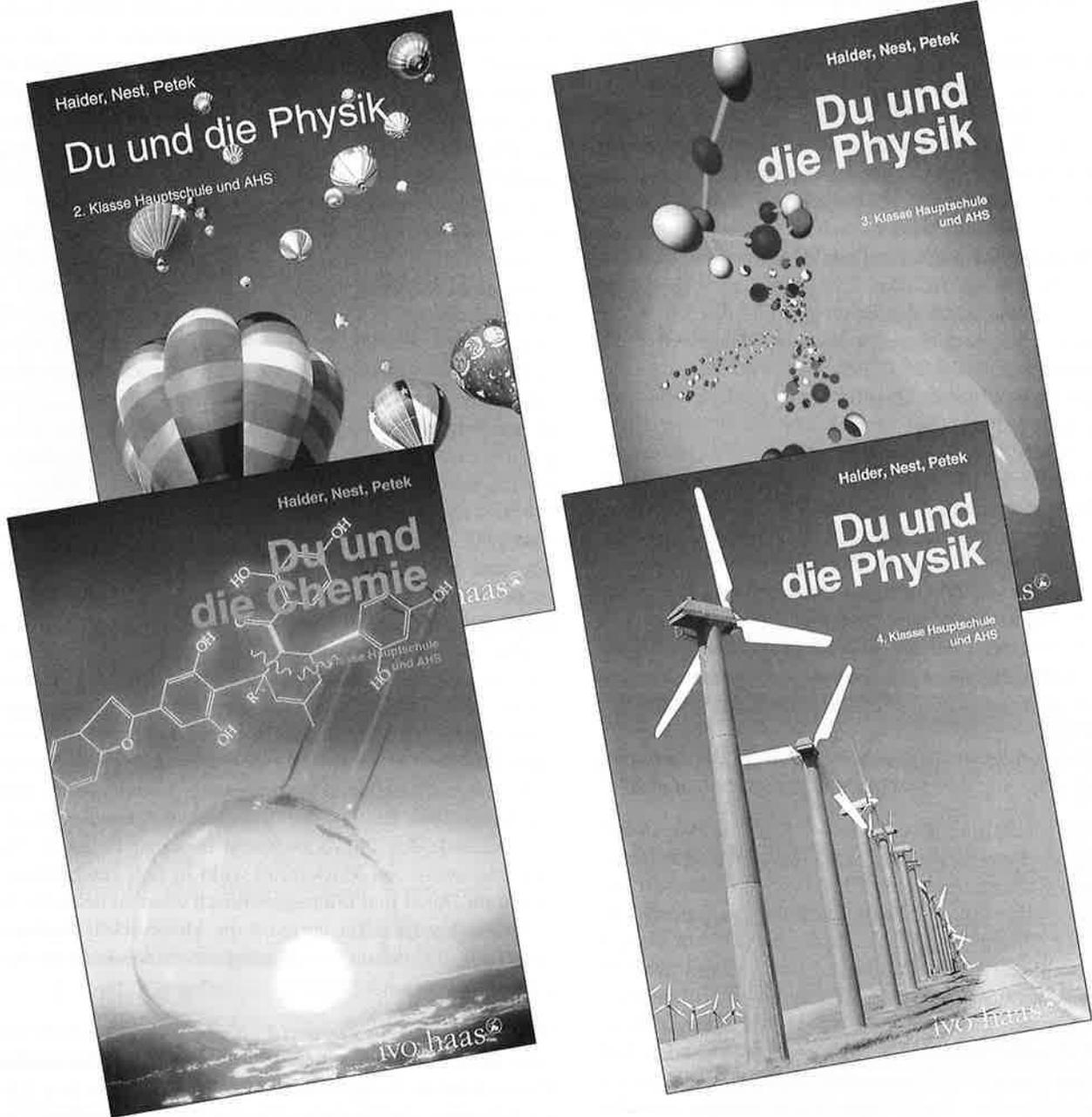
Naturwissenschaftlicher Unterricht, insbesondere aber Physikunterricht, befindet sich in einer bildungspolitisch betrachtet schwierigen Situation. Vor allem mangelnde Akzeptanz, unbefriedigende Ergebnisse hinsichtlich der gewünschten Lernerfolge und sich verändernde gesellschaftliche Anforderungen an die Schule haben dazu geführt, daß der Physikunterricht teils beträchtlich reduziert, teils – unter gleichzeitiger Einführung neuer integrativer Fächer – gänzlich aufgelöst wird. Derartige Entscheidungen werden vielfach schulintern getroffen und beruhen im allgemeinen nicht auf erziehungswissenschaftlich oder fachdidaktisch fundierten Erkenntnissen, sondern auf zufälligen lokalen Gegebenheiten. Bildungspolitisch bedeutet dies, daß Konfliktfelder an die Schule verlegt, die Verantwortung an letztere delegiert wird.

Vor diesem – so der Autor mit Recht – bildungspolitisch chaotischen Hintergrund wendet sich das vorliegende Buch zugleich auch an die Lehrer und Lehrerinnen. Es soll ihnen als Reflexionshilfe dienen, ist aber auch als eindringlicher Appell zugunsten eines konservativen (nämlich Werte bewahrenden),

Die Reihe ist komplett!

„Du und die Physik“ – „Du und die Chemie“

Arbeitsbücher für Hauptschulen und AHS, 2. bis 4. Klasse



„Endlich Physik- und Chemiebücher, die den Bedürfnissen meiner Schülerinnen und Schüler wirklich entsprechen: Sie sind einfach und klar“ – so lautet der Grundtenor der Rückmeldungen, die wir von Kolleginnen und Kollegen aus der Praxis bekommen.

Überzeugen auch Sie sich von den **Vorteilen** und der **Praxistauglichkeit** des Lehrwerks!

Fordern Sie mit diesem Kupon Ihr persönliches **Prüfexemplar** an! Sie erhalten es umgehend und **kostenlos**!

LIEBER LERNEN!
ivo haas 

Ja, schicken Sie mir ein Prüfexemplar von
(bitte Zutreffendes ankreuzen)

- „Du und die Physik 2“
- „Du und die Physik 3“
- „Du und die Physik 4“
- „Du und die Chemie 4“

Name:

Adresse:

Bitte einsenden an: Verlag Ivo Haas, 5013 Salzburg,
Saalachstraße 36

wenn auch unter verändertem Blickwinkel betrachteten Fachunterrichts zu verstehen.

Zunächst unterzieht Muckenfuß die vorhandenen empirischen Befunde einer kritischen Analyse und formuliert daraus thesenhaft Schlußfolgerungen, insbesondere die Behauptung, daß sich die Akzeptanz des Unterrichtsfachs über curriculare Strukturen verändern ließe. (Die an vielen Stellen geäußerte Kritik am IPN Kiel bestätigt eher die Bedeutung dieses Instituts. Nur dort, wo überhaupt relevante Forschungsergebnisse vorliegen, ist eine Auseinandersetzung mit diesen möglich.) Einen Großteil des Buches widmet der Autor den "Determinanten" des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Ursachen für die Schwierigkeiten des Physikunterrichts sind seiner Meinung nach einerseits wissenschaftstheoretischer und wissenschaftshistorischer, andererseits bildungstheoretischer und gesellschaftspolitischer Art. Das Bild des heutigen Physikunterrichts sei geprägt durch das Spannungsfeld des auf "Menschenbildung" hin gerichteten individualpädagogisch reduzierten Bildungsideals der deutschen Klassik auf der einen und der "inhaltlich-materialen Qualifizierung" auf der anderen Seite. Die Konzentration auf letztere habe die Funktionalisierung der Aus-Bildung seitens partikularer – etwa nationaler und wirtschaftspolitischer – Machtinteressen (wie sie u. a. in den Bildungsprogrammen der USA deutlich werden) zur Folge. Wissenschaftstheoretisch sieht Muckenfuß in der Physik selbst eine "unpädagogische Dimension", in der "Mensch und Weltsicht dem Reduktionismus anheimfallen". Der reduktionistische Ansatz der Wissenschaft widerspiegeln sich im Unterricht auf mehreren Ebenen – in der Fachsprache, im Experiment, im Außerachtlassen von "lebensbedeutsamen Kontexten" – und verbinde sich schließlich mit der Wertfreiheit des Bildungsideals der deutschen Klassik. Wertfrei wird zu wertlos, wie Muckenfuß eindringlich formuliert, die Beschäftigung mit Physik erscheine somit nicht sinnvoll, sondern sinnlos.

Vor diesem Hintergrund versteht Muckenfuß Physikunterricht schließlich als Ort des Aufbaus von "Orientierungswissen". (Der Begriff Orientierungswissen deckt sich nach seinem Verständnis weitgehend mit Wagenscheins Funktionszielen.) Es sei dabei der Orientierungsfunktion des Unterrichts Vorrang vor der Qualifizierungsfunktion einzuräumen, und zwar so, daß "diese Akzentuierung des Unterrichts die Qualifizierungsaufgabe (in veränderter Form) miteinschließt". Physikunterricht als Fachunterricht vermöge auch die grundlegenden Ziele des fächerübergreifenden Unterrichts durchaus zu integrieren, Lebensbedeutsamkeit müsse nicht zu Lasten systematischer Ordnung gehen. Der Unterricht soll so gestaltet werden, daß "einerseits Sinn konstituiert, andererseits Handlungsbereitschaft und Kompetenz gefördert werden". Die Legitimierung seines "Entwurfes einer zeitgemäßen Didaktik" vollzieht sich zunächst nicht im Wege der Explikation am konkreten Beispiel, sondern im Aufzeigen der Schwächen bisheriger Entwürfe; insbesondere werden Wagenscheins Vorstellungen vom genetischen Lernen und Klafkis Idee des exemplarischen Lernens an "epochaltypischen Schlüsselproblemen" ausführlich diskutiert. Im letzten Kapitel folgen schließlich Vorschläge für die curriculare Struktur eines naturwissenschaftlichen Unterrichts, der durch "Lernen im sinnstiftenden Kontext den Aufbau von Orientierungswissen" erreichen will. Ein letzter und umfangmäßig vergleichsweise kleiner Abschnitt versucht noch an Beispielen zu zeigen, wie diese Vorschläge zu

konkretisieren wären. (Ein Sachwortregister wäre beim Durcharbeiten des Buches hilfreich gewesen.)

Die Bedeutung des Werks liegt für mich als Lehrerin nicht im Lösungsansatz – dieser erscheint in der vorliegenden Fassung weder neu (auch der Autor selbst betont, daß es nicht seine Absicht sei, Neues zu konstituieren, sondern bereits Vorhandenes zu festigen und theoretisch abzusichern), noch vom theoretischen Ansatz her überzeugend –, sondern in der umfassenden und genau ausgeführten Darstellung und gründlichen Diskussion der Gesamtproblematik. Die Auseinandersetzung komprimiert sich letztlich in sich in der aktuellen Bildungslandschaft widerspiegelnden Spannungsfeld zwischen linearem und komplexem Lernen, zwischen Fachsystematik und Lebensbedeutsamkeit. Die im gegenwärtigen Unterrichtsgeschehen sichtbaren Antinomien werden zwar durch dieses Buch nicht aufgelöst, wohl aber einer differenzierteren Betrachtungsweise zugänglich gemacht. Muckenfuß bezieht hinsichtlich dieses Spannungsfelds eindeutig Stellung. Er wendet sich gegen alle bisherigen Alternativen zum fachsystematischen Unterricht, insbesondere gegen (zu früh einsetzendes) fächerübergreifendes und projektorientiertes Lernen sowie gegen das exemplarische Lernen im Sinne Klafkis und gegen genetisch-forschendes Lernen im Sinne Wagenscheins (dem Muckenfuß vorwirft, in idealistischer Weise einen fließenden Übergang zwischen Wissenschaft und Unterricht zu postulieren, statt die grundsätzliche Differenz zu sehen). Muckenfuß ist der Überzeugung, daß auch Fachunterricht die Ziele des Projektunterrichts abdecken kann und warnt davor, das seiner Auffassung nach übergeordnete Unterrichtsziel, die Darstellung des Denkgebäudes Physik, aufzugeben. Das Begreifen dieses Denkgebäudes sei Voraussetzung für systematische Orientierung und sinnhaftes Lernen. Lebensbedeutsamkeit dürfe nicht zu Lasten inhaltlicher Systematik gehen, es handle sich nicht um Alternativen, sondern um Komponenten desselben Unterrichts. Die Auflösung nach einer der beiden Richtungen gefährde den Physikunterricht in seiner Existenz. Diese Argumentation von Muckenfuß wirkt in sich geschlossen, ist genau im Detail und bildungspolitisch ernst zu nehmen. Aufschlußreich wäre dafür übrigens die Mitberücksichtigung der langjährigen Erfahrungen mit integrativen Ansätzen im angelsächsischen Bereich gewesen.

Was sich insgesamt ergibt, ist einerseits eine fundierte kritische Reflexion des heutigen Stands der (deutschsprachigen) Physikdidaktik, darüber hinaus eine Fülle an Gedanken, Ideen, ein Erkennen von Zusammenhängen, die als Grundlage weiterer Überlegungen dienen können. Die von Muckenfuß vorgelegte Auflösung der dialektischen Spannung überzeugt freilich weder theoretisch noch, was die genannten Beispiele angeht, zur Gänze. Fraglich bleibt, ob die Komplexität des Problems und die Vielzahl der zum Teil einander widersprechenden Ansprüche an Unterricht eine Lösung schlechthin ermöglichen. Dennoch ist eine auf genauer Kenntnis der vorhandenen empirischen Ergebnisse beruhende kritische Reflexion des Ist-Zustandes unter voller Anerkennung der Komplexität des Gesamtproblems, wie der Autor sie uns mit diesem Buch verfügbar macht, grundlegende Voraussetzung für die Verbesserung gegenwärtiger Zustände, wenn man diese als Resultat eines dialektischen Prozesses von Reflexion und Handeln begreift.

Helga Stadler