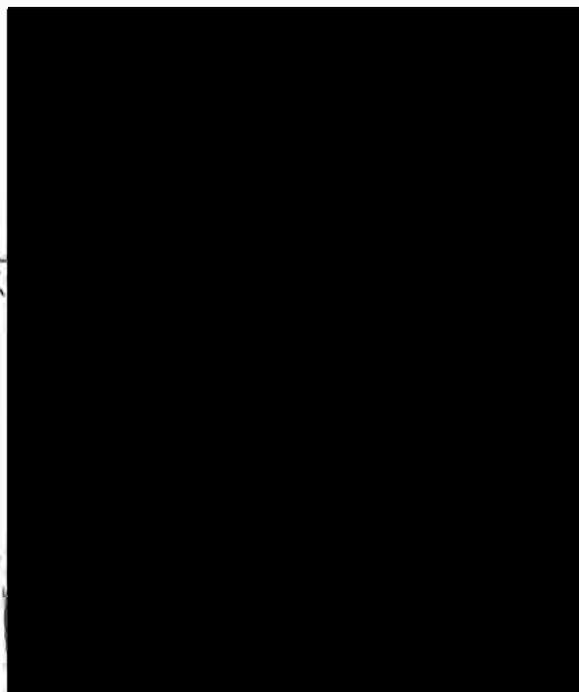


PLUS LUCIS



1/94

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



150. Geburtstag von
Ludwig Boltzmann

AUSTRON
Lehrplandiskussion
Der Meister optischer Geräte: Ernst Abbe
Physikalischer Mensch - menschliche Physik
Energiebilanz von Haushaltsgeräten
Ein Schwerpunktproblem
Freihandexperimente
Freiaugenexperiment
Denksportaufgaben
Frauen und Physik
Preise der ÖPG
Bücherecke
Fortbildung

ZBPH
26718000

Fortbildungswoche vom
28. 2. bis 4. 3. 1994

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 25,-, für Mitglieder S 15,- (ist im Mitgliedsbeitrag enthalten). Die jährliche Abonnementgebühr für Nichtmitglieder beträgt S 100,-

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 auch auf Diskette (MS-DOS, Windows oder Macintosh) einzureichen. Bevorzugtes Dateiformat: MS-Word.

Inhalt

Vorwort	1
Lehrplandiskussion	
Bemerkungen zum PC-Unterricht	2
Chemie an HAK	3
Betr.: Neue Lehrpläne für Physik und Chemie ab 1994/95	4
Anmerkungen zu den Beiträgen	4
Der notwendige Beitrag des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Umweltbildung	5
150. Geburtstag von Ludwig Boltzmann	
Zur Person Ludwig Boltzmanns	6
Symposium zum 150. Geburtstag von Ludwig Boltzmann	9
AUSTRON - Die Neutronenquelle der Zukunft	10
Für die Praxis	
Die Entkopplung von Akkommodation und Konvergenz	12
Physikalischer Mensch - menschliche Physik	16
Energiebilanz von Haushaltsgeräten	19
Ein Schwerpunktproblem	22
Freihandexperimente	24
Wissenschaft auf Briefmarken	
Der Meister optischer Geräte: Ernst Abbe	25
Fortbildung	
RIO FOLLOWUP	23
PFL Naturwissenschaften	27
Aktuelles	
Bericht des Arbeitskreises "Frauen und Physik" der ÖPG	28
R. U. Sexl-Preis der ÖPG, Prämierung von Fachbereichsarbeiten.....	30
Denksportaufgaben	30
Bücherecke	31

Umschlagbild: "Ludwig Boltzmann auf dem Fahrrad"

Es wurde ebenso wie die anderen Karikaturen von Karl Prziham (1878 - 1973), einem Schüler Boltzmanns und späterer Professor für Experimentalphysik an der Universität Wien, gezeichnet.

Der Druck dieser Ausgabe wird durch eine Subvention des BMWF gefördert.

Vorwort



Ist die Erde eine flache Scheibe?

Kürzlich hatte ich am selben Tag zwei Erlebnisse, die nur allzu gut zu einander paßten.

Zunächst ereilte mich ein Anruf einer mir unbekanntem Dame aus einer Bank mit einer - wie sie meinte - ungewöhnlichen Frage. Im Betrieb diskutiere man über Leute in USA, die das Raumschiff Erde auch heute noch für eine flache Scheibe hielten. Was es dazu zu sagen gäbe?

Die Anruferin glaubte sicher nicht an die Flachwelttheorie. Bedenklich erscheint mir jedoch, daß sie und ihre Kollegen von sich aus an kein Argument für die Kugelgestalt der Erde dachten. Dabei müßte nicht einmal an die altherwürdigen Argumente der Griechen erinnert werden, z.B. an Eratosthenes, der als erster aus einer astronomischen Beobachtung (der verschiedenen Zenitdistanz der Sonne zum Zeitpunkt der Sonnenwende an zwei Orten am selben Meridian) und einer terrestrischen Beobachtung (der bekannten Distanz der beiden Orte) den Umfang der Erde zu etwa 250000 Stadien (etwa 45000 km) bestimmte. Der Wetterbericht im Fernsehen mit seinen Aufnahmen der Erde aus dem Welt- raum zeigt uns Tag für Tag die Gestalt der Erde. Allerdings wird auch ein Besuch im IMAX-Kino die Zweifler genauso wenig überzeugen, wie Galilei die Astronomen seiner Zeit dazu bewegen konnte, durchs Fernrohr zu blicken und sich vorurteilslos eine Meinung zu bilden.

Die zweite Begebenheit konnte ich nur indirekt durch die Reaktionen und die Empörung der Kollegen genießen'. In einer akustischen Melange wurden im Kulturprogramm Ö1 Aussagen von Prof. Aichelburg über die Relativitätstheorie völlig unkritisch mit Behauptungen von Gegnern der Relativitätstheorie in einer Weise gemixt, daß die Meinungen der Vertreter des 'gesunden Menschenverstands' unwidersprochen im Raume stehen blieben.

Nun hat schon Max Planck gesagt, daß überholte Vorstellungen erst mit dem Tod ihrer Vertreter verschwinden, doch liegt die Lage hier etwas anders. Die Fachdisziplin ist längst zu anderen Themen übergegangen. Die Vorhersagen der Speziellen Relativitätstheorie wurden glänzend bestätigt, ihre sogenannten Paradoxien wurden als das erkannt, was sie sind: Konflikte unserer bisher in einer nichtrelativistischen Welt gewonnenen Erfahrungen mit den Vorhersagen einer relativistischen Theorie. Es wäre daher zweckmäßig, vor der Befassung mit Paradoxien Erfahrungen in einer relativistischen Welt zu suchen. Wie kann dies möglich sein?

Erfahrungen in einer relativistischen Welt

Konnte man noch vor kurzem die Effekte der Speziellen Relativitätstheorie als wichtig nur für bei hohen Geschwindigkeiten in der Nähe der Lichtgeschwindigkeit und daher für den Alltag als irrelevant ansehen, so trifft dies heute nicht mehr zu: Diese Effekte sind die

Grundlage zahlreicher Geräte im technischen und medizinischen Alltag.

Zunächst das GPS, das General Positioning System. Mit einem handteller großen Empfänger läßt sich aus den Zeitsignalen eines Netzes niedrig fliegender Satelliten die genaue Position auf der Erdoberfläche mit großer Präzision bestimmen. Der Empfangscomputer muß dabei sowohl die Effekte der Speziellen Relativitätstheorie (Zeitdilatation) wie auch der Allgemeinen Relativitätstheorie (Uhren im Schwerfeld) berücksichtigen. Doch auch die Mediziner nutzen Effekte der Speziellen Relativitätstheorie. Nicht nur im Kernkraftwerk und in der Sonne wird die praktische Bedeutung der Relation $E=mc^2$ demonstriert. Der Positronen-Emissions-Tomograph (PET-Scanner) beruht auf dem β^+ -Zerfall kurzlebiger Isotope und der anschließenden e^+e^- -Paar-Vernichtung innerhalb des menschlichen Körpers. Die registrierten γ -Quanten erlauben die Bestimmung des Ortes ihrer Emission.

Die Verleihung des Physik-Nobelpreises 1993 an Russel Hulse und Joseph Taylor würdigte eine weitere Evidenz für die Güte der Allgemeinen Relativitätstheorie. Sie wurden geehrt für den indirekten Nachweis von Gravitationswellen, d.h. für die Entdeckung des Energieverlusts eines Systems aus zwei Neutronensternen, die einander auf einer stark elliptischen Bahn 'umkreisen'. Wie eine veränderliche Ladungsverteilung elektromagnetische Wellen verursacht, ist eine veränderliche Massenverteilung Ursache von Gravitationswellen. Der damit verbundenen Energieverlust führt zu einer Verkürzung der Umlaufdauer, die nachgewiesen werden konnte. (Mehr darüber in PLUS LUCIS 2/94.)

Welche Folgerungen ergeben sich für den Unterricht?

In verstärktem Maße sollte die Frage "Woher wissen wir...?" gestellt werden. Die Schlüsselfakten sollten von jedem Schüler eingesehen und behalten werden. Nicht Einzelerklärungen von Fakten, sondern deren Einordnung in ein konsistentes Bild ergeben ein naturwissenschaftliches Weltbild, dessen Wert anerkannt wird.

Zu diesem Heft

Nachdem im Vorjahr drei volle Nummern erschienen sind, sollen in diesem Jahr - mit Ihrer Mithilfe - vier volle Nummern erreicht werden. Diese Ausgabe geht nicht nur an die Mitglieder der beiden tragenden Vereinigungen, sondern auch an etwa 1800 Schulen. Für die Mitglieder liegt das endgültige Programm der Fortbildungswoche bei (beachten Sie das zusätzliche Chemie-Praktikum von Mag. Obendrauf), an die Schulen ist es mit getrennter Post gegangen.

Viel Erfolg im neuen Jahr wünscht Ihnen

Ihr Helmut Kühnelt

Bemerkungen zum PC-Unterricht

Josef Halmer

Der Beitrag von Gerhard Rath in der letzten Ausgabe von "Plus Lucis" veranlaßt mich, auch einige Bemerkungen zur Situation in der Hauptschule zu machen.

Die Kinder "sitzen" zu viel, sie müssen erkennen und verstehen (findet sich überall in der Definition von Lernzielen), aber gibt es überhaupt Erkennen ohne Tun? Kommt nicht das Wort "Begreifen" von "Greifen"? Welche Auffassung von Kognition liegt eigentlich der Schule zugrunde?

Es gibt mehrere Kognitionstheorien, aber die gängige Auffassung in der Schule scheint mir von der "stillschweigenden Annahme" auszugehen, daß Information etwas Substantielles ist, eine Sache, die von Ort zu Ort transportiert werden kann, etwas, das man in ein Ende einer Röhre einfüllt und am anderen Ende kommt es (idealerweise unverändert) wieder heraus (siehe H.v. Foerster, *Wissen und Gewissen*, F. Varela, *Der mittlere Weg der Erkenntnis*). Schon Piaget und Popper kritisierten diese Auffassung. Wahrscheinlich ist es falsch, daß die Sinnesorgane die Wahrnehmung im Sinne eines strengen Kausalnexus bestimmen, daß sie eine "Wahrnehmung der Welt, wie sie ist" liefern.

Aber diese Auffassung liegt offenbar dem Physikunterricht zugrunde. Es werden physikalische "Tatsachen" abgefüllt, wie Wein in Flaschen. Die Schüler werden auf sehr früher Stufe (11 - 14 Jahre) mit Abstraktionen geplagt. Martin Wagenschein spricht von unverdaulichem Wissenschaftsbrei. 12jährige werden konfrontiert mit Begriffen wie Elektronenwolke, Orbitale, Elektronenkonfiguration, etc. Man braucht nur in ein Lehrbuch für die 4. Klasse schauen. Elektronen und Elementarteilchen werden als "reale" Dinge wie Billardkugeln behandelt. Was antwortet man, wenn ein Schüler fragt, welche Farbe, welchen Geschmack denn ein Elektron habe?

Wo bleibt dabei die Handlungsdimension, die Schulung des Beobachtens an real am eigenen Leib erfahrenen Dingen? Woraus sollen sich weiterführende Fragen entwickeln? Was man wahrnimmt, hängt nämlich davon ab, wie man beobachtet. Die Antwort, die man auf Fragen bekommt, hängt wesentlich von der Art der Fragestellung ab. Lehren wir, wie man frägt?

Irgendwie erinnert mich das ganze an die vergangene Vision der Ernährung durch Pillen. 3 mal täglich eine Kraftpille, und die Versorgung des Körpers mit dem Lebensnotwendigen ist gewährleistet. Aber die Sache funktioniert nicht. Ähnliches wird aber auf der geistigen Ebene versucht. Es ist die Vorstellung tonangebend, es

komme auf (und nur auf) Ergebnisse an, die möglichst pur zu verabreichen seien (das ist vielleicht manchmal notwendig, aber sicher nicht hinreichend). Möglichst viel Wissen (Substanz, siehe oben), man absolviert in einer Stunde ein ganzes Forscherleben, ohne das lästige Beiwerk von Irrtümern und Zweifeln. Aber es geht auch in der Kognition nicht ohne "Ballaststoffe". Wagenschein schreibt in seinem Buch *Die pädagogische Dimension der Physik*: "Ein naturwissenschaftliches Ergebnis kann gar nicht verstanden werden ohne Kenntnis des Weges, der zu ihm führte." Schon Kerschensteiner nannte den Enzyklopädismus eine Seuche.

Was macht denn das Verstehen eines Fachs aus?

Noch einmal Wagenschein: "Verstehen ist die Fähigkeit, das Komplizierte einfach zu sehen (ohne es zu verfälschen) und in die Lebenswirklichkeit hinein zu nehmen." Daraus ergibt sich, was meiner Meinung nach zu tun wäre (auf der Unterstufe):

Zuerst das Einfache sehen und verstehen und es in der Wirklichkeit des Kindes verankern; kein "Wissenschaftsbrei", der gelernt wird. Die Kinder müssen selbst tun, dann lernen sie am effektivsten. Durch eigenständiges Experimentieren lernen die Kinder mehr, behalten mehr und haben mehr Freude.

Warum sind Experimente durch Kinder in der Schule selten anzutreffen?

Weil man glaubt, fertige Experimentiersets kaufen zu müssen, die natürlich meistens nicht in ausreichender Menge finanzierbar sind. Diese Sets sind oft wirklichkeitsfremd und aufwendig in der Wartung. Nachbestellungen sind in der Regel nur beim Hersteller möglich, fehlende Teile sind daher nicht sofort ersetzbar. Anleitungen für die Schüler sind oft zu kompliziert und müssen extra gekauft werden. Das wiederum führt zu frontalen Vorgesprächen und zu der Erwartung, daß alle Schüler in der gleichen Zeit die gleichen Experimente machen, das heißt zum Experimentieren im Chor.

Die eigens für die Schule entwickelten Geräte bleiben eingebunden im Erfahrungsraum Schule. Nach Schulschluß sind sie den Kindern unzugänglich. Die Experimente können nach Schulschluß nicht im Spiel wiederholt und erweitert werden.

Aus diesen Punkten ergeben sich die Voraussetzungen für ein Gelingen von Experimentalunterricht:

- Einfache Anleitungen, die ein selbständiges Arbeiten ermöglichen und Erklärungen durch den Lehrer weitgehend überflüssig machen.
- Materialien und Geräte müssen billig, leicht beschaffbar und robust sein.
- Ändern des Rollenverhaltens: aus einem Dirigenten muß ein Berater für Kleingruppen werden.

In der Fortbildungswoche des vergangenen Jahres war eine Dame aus Deutschland zu Gast, die sich dieses Themas angenommen hat und zahlreiche Anregungen

Josef Halmer
HS Gloggnitz
Karl Schwarzstraße 8
2632 Wimpassing

gegeben hat. Das Entmutigende war, daß es gilt, alles selbst zu tun. (Es handelt sich eben um Pionierarbeit.): Material beschaffen (einfaches, billiges aus Alltagswelt), Experimente planen und Anleitungen schreiben.

Ich versuche seit heuer, meinen Physikunterricht in der 3. Klasse nach den oben genannten Punkten auszurichten und habe eine große Hilfe gefunden: Es gibt im Verlag Freiarbeit in Lichtenau (Deutschland) eine Experimentierkartei, die die Arbeit wesentlich erleichtert. Auf stabilen, eingeschweißten Kartons stehen insgesamt 160 Experimentieranleitungen zur Verfügung, die einen Großteil des Lehrplans abdecken. Es bleibt zwar die Arbeit, das Material zu beschaffen, es so zu lagern, daß die Schüler schnellen Zugriff haben, die Experimente selbst einmal zu probieren, etc. Aber ich denke, wenn man mit dem herkömmlichen Unterricht unzufrieden ist, ist es die Mühe wert, es zu versuchen. Das benötigte Material besteht nur aus alltäglichen Dingen, die leicht zu beschaffen sind, und die Kosten sind verglichen mit herkömmlichen Experimentiersets sehr bescheiden.

Die 160 farbigen, folienkaschierten A4-Karteikarten gliedern sich in 20 Themengebiete zu je 8 Karteikarten. Die einzelnen Themengebiete der Experimentierkartei sind: Wasser, Maschinen, Flug, Elektrizität, Wetter, Schwimmen - Sinken - Schiffe, Luft, Das Sonnensystem, Kräfte, Wärme, Feuer, Körper und Sinne, Zeit und Uhr, Die Erde, Magnetismus, Im Weltraum, Bauwerke und Statik, Brücken und Fähren, Umweltsch(m)utz A + B .

Der Lehrer ist natürlich aufgefordert, eine Auswahl zu treffen, bzw. selbst weitere Karten zu entwerfen, je nach

Bedarf. Manche Aufgaben werden vielleicht zu "kindlich" erscheinen; die Karten stammen ursprünglich aus England, wo sie bereits in der Grundschule eingesetzt werden.

Zum Kennenlernen gibt es eine Auswahl von 12 Karteikarten (NATUR-BEGREIFEN Auswahl, ca. S 200) und eine Broschüre (NATUR-BEGREIFEN Broschüre, ca. S 20). Der gesamte Satz von 160 Karteikarten mit 4 Lehrerinformationsbänden kostet ca. S 5000.

Die Bezugsadresse:
AVA Österreich
Hohe Wies 15
6845 Hohenems
Tel.: 05576/5213

Ich möchte nochmal betonen, daß es meiner Meinung nach besser ist, in der Hauptschule grundlegende Fertigkeiten zu vermitteln als unverstandenen "Stoff" auswendig lernen zu lassen. Es ist nicht Aufgabe der Unterstufe "wissenschaftlich" zu sein, was den Lehrstoff angeht. Natürlich werden "solide" Kenntnisse angestrebt, aber gleichwertig daneben geht es um die Entwicklung von Fertigkeiten, die es dem Schüler ermöglichen, selbständig weiterzudenken und selbst weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

Die 4-stufige Skala

1. Probleme erkennen und begreifen
 2. Ergebnisse zusammentragen
 3. Interpretieren
 4. Schlußfolgerungen ziehen
- soll dazu der Leitfaden sein.

Gründe für ein Beibehalten der bisherigen Mindeststundenzahl im Fach Chemie an Handelsakademien und ähnlichen Lehranstalten

Erhard Hayer, Universität Wien

- Die Zahl von 4 Jahreswochenstunden ist bereits die unterste Grenze, um noch die Hochschulreife zu erlangen (s. Resolution der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien DZl 25168-92193 vom 25. 6. 93).
- Die für unsere Zukunft nötigen Entscheidungen in Umweltfragen erfordern Absolventen, die heute mehr denn je ein entsprechendes Grundlagenwissen in Chemie (wie auch in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Ökologie und Physik) aufweisen müssen.
- Eine ständige Weiterbildung in den sensiblen Fragen des Umweltschutzes ist heute notwendig, aber nur möglich, wenn schon in der Schule das nötige Wissensfundament gelegt wurde.

- Eine der großen Schwierigkeiten der heutigen Zeit besteht darin, daß das interdisziplinäre Gespräch nicht möglich ist, weil die Voraussetzungen, nämlich die Kenntnis der jeweiligen Fachsprache und entsprechende Grundlagen fehlen.
- Ein Warenkundeunterricht ohne entsprechende Grundkenntnisse der Chemie (und mehr lassen sich in 4 Jahreswochenstunden auch nicht vermitteln) kann zu keinem Verständnis des Lehrstoffes führen, sondern bestenfalls zu einem Auswendiglernen des Merkmals, der in Kürze wieder vergessen ist.
- Die Vielfalt von Chemikalien, mit denen in allen möglichen Zubereitungen der Konsument jetzt schon (und bei einem Beitritt Österreichs zur EG noch in verstärktem Maße) in Kontakt kommt, erfordert, daß der Kommerzialist zumindest Grundbegriffe der Chemie versteht.

Betr.: Neue Lehrpläne für Physik und Chemie ab 1994/95

Ich beziehe mich auf Ihren Lehrplanentwurf in Plus Lucis 2/93. Ich finde es sehr erfreulich, daß Physik und Chemie in Themenfelder gegliedert werden sollen. Auch das Wiederaufgreifen einzelner Teilbereiche in den nächsten Schulstufen, was zum Teil ja bereits der Fall ist, halte ich für äußerst wichtig.

Das größte Problem in Ihren Lehrplanvorschlägen bereitet mir jedoch das Lernziel "Selbsttätigkeit der Schüler durch Schülerexperimente". Ich weiß, daß dieses Lernziel eines der wichtigsten sein sollte, um den Physikunterricht auch praxisnah zu gestalten. Aber wie soll man mit 22 - 30 Schülern und wenig Material dieses Ziel erreichen? Warum mutet man einem PC-Hauptschullehrer zu, alleine eine "Horde" von Schülern beim Experimentieren zu beaufsichtigen, wo in Hauswirtschaft, GZ Leibeserziehung oder Werken derart große Gruppen undenkbar wären? Meiner Meinung nach ist ein PC-Unterricht ohne Versuche kein richtiger Unterricht, jedoch fühle ich mich, wie bereits angedeutet, bei der Durchführung von Schülerexperimenten überfordert. Da Schülerexperimente sowohl für Schüler als auch für Lehrer eine Bereicherung sein sollten, plädiere ich entweder für Teamteaching speziell in PC bzw. Teilung von Klassen über 15 Schülern. Durch den großen Niveauunterschied der Schüler in den Realienfächern in der Hauptschule (1. - 3. Leistungsgruppe!) kann der sinnvolle Einsatz des Schülerexperimentes, auf dem ja der Physikunterricht motivierend aufgebaut werden sollte, nur durch Senkung der Schülerzahlen in PC (speziell in den Hauptschulen) gewährleistet werden. Ich möchte Sie daher sicherlich im Namen vieler Kollegen bitten, für eine unbedingte Senkung der Schülerzahlen der Schülerzahlen im PC-Unterricht einzutreten. Nur so kann man weg von einem quantitativen zu einem qualitativen Unterricht.

Bitte berücksichtigen Sie auch bei der Erstellung des Lehrplans für die 3. bzw. 4. Klasse, daß Schüler der 4. Klasse Hauptschule mit 4 PC-Stunden pro Woche überfordert sind. (Im Vergleich dazu haben sie 3 Englischstunden!)

Ulrike Wieder, Leonding

Anmerkungen zu den Beiträgen von Halmer und Wieder

Ohne die Diskussion zu Lehrplanentwurf und den allgemeinen Problemen des naturwissenschaftlichen Unterrichts "von oben" beeinflussen oder vorschnell beenden zu wollen, möchte ich kurz Stellung beziehen.

Herr Halmer hat recht, daß die Kinder zu viel "erkennen und verstehen" müssen, ohne vorher gehandelt zu haben. Sie haben zu wenig angefaßt - sowohl materielle Objekte als auch Problemstellungen, und daher nicht "begriffen". Im gegenwärtigen Lehrplanentwurf scheint unter den Lernzielen das "Erkennen und Verstehen" zu dominieren, die Handlungsaspekte scheinen zu kurz zu kommen. Dies ist das Dilemma, wenn sowohl möglichst kurze, überschaubare Formulierungen und möglichst wenig Einschränkungen der Lehrer gefordert sind. Jedoch ist nach Ansicht der Mitglieder der Lehrplangruppe das Erkennen und Verstehen als Ziel zu sehen, das in einem handlungsorientierten, schülerzentrierten Unterricht angestrebt werden soll. Dies wird in den "Didaktischen Grundsätzen" und in den "Intentionen" ausgeführt. Die allzu oft vernachlässigte Handlungsdimension und die von Vielen als notwendig und fachbedingt angesehene "Wissenschaftlichkeit" des Physikunterrichts führt ja - wie zahlreiche Untersuchungen im Ausland zeigen - zu raschem Verlust des Interesses der meisten Schüler an Physik. Jedoch, auch wenn eine rollende Kugel auf der schiefen Ebene wissenschaftlich aussehen mag, ein Matchboxauto ist eine bessere Näherung für den ominösen Massenpunkt. Auch Herrn Halmers Hinweise zur Lehrerrolle treffen sich mit den Erkenntnissen der didaktischen Forschung im Ausland, im Inland gibt es immer noch Erziehungswissenschaftler, für die der Frontalunterricht (und die damit verbundene Lehrerrolle) die einzig vorstellbare Form des Mathematik- und Physikunterrichts ist.

Frau Wieder weist auf die Gruppengrößen und die Niveauunterschiede hin. Einen Vorschlag dazu hat kürzlich Prof. Steinbauer (Pädak Wien-Strebersdorf) gemacht: Nach Erarbeiten des Basiswissens eines Lehrplankapitels könnten aus 2 Parallelklassen zwei Gruppen gebildet werden; die Gruppe der Begabten erarbeitet Erweiterungsstoff, die andere füllt die Lücken im Basiswissen. Sicherlich ist auch das Fortbildungsangebot für Gruppentechniken zu verstärken, und eine Gruppenteilung bei Schülerexperimenten ist nur allzu berechtigt. Ein Umschichten der vierten PC-Stunde in die 3. Klasse ist im Rahmen der Schulautonomie wohl möglich, doch würde das "Monsterfach" PC gleich an "Schrecken" verlieren, wenn in der Regel je 2 Stunden Physik und Chemie gehalten würden. Andererseits erlaubt das große Kontingent bei Doppelstunden mehr Flexibilität bei größeren Themenbereichen, und gibt die Möglichkeit zu fächerübergreifendem Arbeiten und vor allem zu selbständiger Schülerarbeit.

H. Kühnelt

Der notwendige Beitrag des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Umweltbildung

Wie läßt sich Umweltbildung an der Schule vermitteln?

Im folgenden ist eine gemeinsame Erklärung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (MNU), der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie (DBG), der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV), der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), der Gesellschaft für Informatik (GI), des Verbandes Deutscher Biologen (VDBiol), der Arbeitsgemeinschaft Fachdidaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik (AFNM), der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) und der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM) im Wortlaut abgedruckt.

Die globale Bedrohung unseres Ökosystems ist in das Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt und zu einer zentralen Aufgabe der politischen Gestaltung auf allen Ebenen geworden. Analysen und Warnungen unserer wissenschaftlichen Gesellschaften haben dazu beigetragen, die Probleme in ihren wechselseitigen Bedingungen sowie die Vernetzung naturwissenschaftlicher, technischer, ökonomischer und demographischer Zusammenhänge zu erkennen

Auch die Schulen griffen dieses Problem in den letzten Jahren verstärkt auf. Die bisherigen Erfahrungen zeigen jedoch, daß die Umweltbildung in der Schule noch nicht den erforderlichen Standard erreicht hat, denn Umweltbildung ist nur auf einer breiten naturwissenschaftlichen Basis der Fächer Biologie, Chemie und Physik möglich.

Die unterzeichnenden Gesellschaften und Verbände fordern eine verstärkte Umweltbildung. Sie erwarten von den Kultusbehörden und von den Schulen nachhaltige Anstrengungen, damit die heranwachsende Generation von den Gefährdungen des Lebensraumes und von den entsprechenden Handlungsoptionen Kenntnis erhält und Möglichkeiten kennenlernt, wie sie selbst zur Erhaltung unserer natürlichen Lebensgrundlagen beitragen kann.

Leitlinien

Dieser Bildungsauftrag läßt sich nur erfüllen, wenn sichergestellt wird, daß folgende Leitlinien berücksichtigt werden:

- Die naturwissenschaftlichen Fächer sowie Mathematik und Informatik liefern grundlegende Informationen und Methoden, die für Umweltbildung notwendig sind.
- Die spezifischen Kompetenzen und die Eigenständigkeit der einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer sowie der Mathematik und der Informatik ergänzen sich und führen so zu einem fachübergreifenden Verständnis komplexer Zusammenhänge. Die Umweltaspekte müssen von allen Unterrichtsfächern kooperativ und aufeinander abgestimmt behandelt werden.
- Schule muß aufzeigen, daß jeder einzelne von Umweltveränderungen selbst betroffen ist und als Staatsbürger und Konsument Mitverantwortung

trägt und Einfluß nehmen kann. Ziel ist es dabei, nicht nur ökologisches Wissen zu vermitteln, sondern auch Einstellungen und Verhaltensnormen zu entwickeln.

Um die Zusammenhänge naturwissenschaftlicher, technischer, ökonomischer und demographischer Entwicklungen zu verstehen und ihre Konsequenzen zu beurteilen, ist es notwendig, sich intensiver als bisher mit vernetzten Systemen zu befassen. Dafür sind gleichermaßen Basiswissen und Methoden aus den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern erforderlich sowie der Dialog mit anderen Fächern.

Empfehlungen

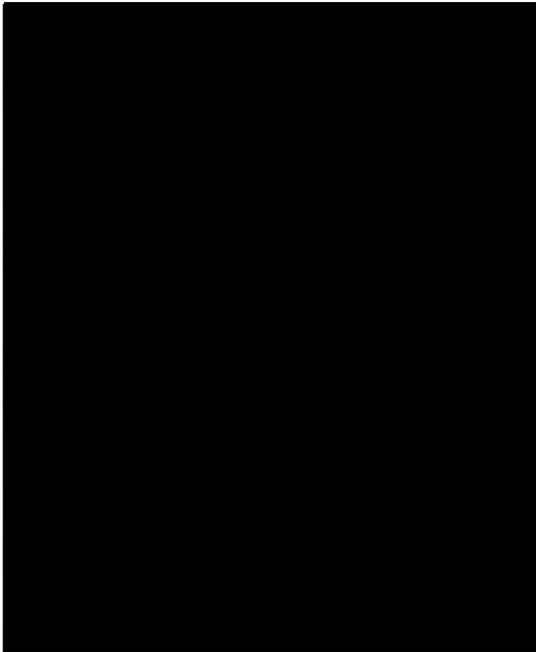
Umweltbildung zu vermitteln ist eine neue Aufgabe. Die Schule kann diese Aufgabe nur lösen, wenn angemessene Rahmenbedingungen geschaffen werden.

- Zur Umweltbildung müssen alle Schulformen während der gesamten Schulzeit beitragen.
- Die mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen und die fachübergreifenden Inhalte müssen durch die Lehrpläne in den Fächern Biologie, Chemie, Physik und Informatik verbindlich festgelegt werden. Dabei sind praktische Arbeiten der Schülerinnen und Schüler vorzusehen.
- Die Lehrerbildung muß dafür Sorge tragen, daß die Lehrerinnen und Lehrer auf die Vermittlung der Umweltbildung vorbereitet werden. Dazu müssen Studien- und Prüfungsordnungen ergänzt werden. Die Lehrerfortbildung ist auszubauen, um die bereits im Dienst befindlichen Lehrkräfte entsprechend zu qualifizieren.
- Die notwendige Grundlegung naturwissenschaftlicher Kenntnisse setzt adäquate Ausstattung der Schule mit Sachmitteln voraus. Die laufenden Sachmittel für den naturwissenschaftlichen Unterricht sollen wenigstens 5% des Personaletats betragen.
- Speziell in den Klassenstufen 5 bis 10 müssen für die Fächer Biologie, Chemie und Physik insgesamt mindestens 15% der Unterrichtszeit zur Verfügung stehen. Die Mathematik muß in ausreichendem Umfang durchgehend unterrichtet werden. Informatik ist zumindest im Wahlpflichtbereich vorzusehen.

(aus Physikalische Blätter 12/93)

Die Persönlichkeit Ludwig Boltzmanns

Dieter Flamm



Ludwig Eduard Boltzmann wurde am 20. Februar 1844 in Wien geboren. Es war dies die Nacht vom Faschingsdienstag auf Aschermittwoch. Diesen Umstand bezeichnete Boltzmann selbst einmal scherzhaft als vermutliche Ursache seines wechselnden Gemütszustandes, der oft von höchster Freude unmittelbar in tiefste Traurigkeit umschlagen konnte. Sein Vater war "k.k. Cameral-Consipist" in der kaiserlichen Finanzverwaltung und seine Mutter, geborene Pauernfeind, stammte aus Salzburg. Obwohl Boltzmanns Vater und dessen Vorfahren, die aus Königsberg (in der Neumark) und Berlin stammten, evangelisch waren, wurden Ludwig Eduard und seine beiden jüngeren Geschwister im katholischen Glauben seiner Mutter erzogen. Boltzmann war ein überaus fleißiger und frommer Schüler. Er ging regelmäßig zur Beichte und Kommunion. Einmal wurde er dabei wahrscheinlich infolge strengen Fastens ohnmächtig.

Auch in späteren Jahren betonte er stets, daß sein Weltbild der Religion nicht widerspricht. Gleichzeitig stand er aber jedem Mißbrauch der Religion kritisch gegenüber. So schreibt er in seiner Antrittsvorlesung über die *Prinzipien der Mechanik* [1]: "Der Gott, von dessen Gnade die Könige regieren, ist das Grundgesetz der Mechanik." Nach einem Exposé über die naturwissenschaftlichen Grundlagen des menschlichen Körper- und Seelenlebens betont er aber auch die Grenzen des naturwissenschaftlichen Weltbildes, indem er sagt [2]: "Dasselbe wird nur dort anzuwenden sein, wo es hingehört... Damit entfällt auch der Einwand, der wohl vielleicht

gegen meine Ausführungen erhoben werden wird, daß dieselben der Religion zuwiderliefen. Nichts ist verkehrter als die auf ganz anderer ungleich festerer Basis ruhenden religiösen Begriffe mit den schwankenden subjektiven Bildern in Verbindung zu bringen, welche wir uns von den Außendingen machen. Ich wäre der letzte, der die vorgebrachten Ansichten aufstellte, wenn sie irgend eine Gefahr für die Religion bergen würden. Aber ich weiß gewiß, daß die Zeit kommen wird, wo jedermann einsieht, daß dieselben für die Religion ebenso irrelevant sind, wie die Frage, ob die Erde still steht oder sich um die Sonne bewegt."

Die Familie Boltzmann übersiedelte nach Linz, als der Vater dorthin versetzt wurde. Mit Ausnahme eines Jahres war Ludwig Boltzmann stets Klassenprimus am Linzer Gymnasium. Schon in der Mittelschule trat sein Hang zur Naturwissenschaft hervor. Er legte ein großes Herbarium an und sammelte Käfer und Schmetterlinge. Später, als Professor für Experimentalphysik in Graz, galt er auch bei Fachleuten als großer Pflanzenkenner.

Als fünfzehnjähriger Gymnasiast verlor Ludwig Boltzmann seinen Vater. Seine Mutter wendete ihr kleines Vermögen auf, um dem Sohn die bestmögliche Ausbildung zu geben. So erhielt Boltzmann beispielsweise Klavierunterricht von Anton Bruckner. Die Stunden fanden allerdings ein abruptes Ende. An einem regnerischen Tag legte Bruckner seinen nassen Mantel zur Bestürzung von Boltzmanns Mutter auf ein Bett. Der Zwischenfall bewirkte, daß Bruckner nicht mehr kam. Boltzmann aber bereitete die Musik zeitlebens viel Freude. Später pflegte er mit Freunden Kammermusik zu spielen und er nahm noch im vorgeschrittenen Alter Klavierstunden, um seinen Sohn begleiten zu können. Noch größeren Einfluß als die Musik haben nur die Werke Schillers auf Boltzmann ausgeübt. Er schreibt darüber im Vorwort der *Populären Schriften* [3]: "Durch Schiller bin ich geworden, ohne ihn konnte es einen Mann mit gleicher Bart- und Nasenform wie ich, aber niemals mich geben. Wenn ein zweiter einen Einfluß von gleicher Größenordnung auf mich ausgeübt hat, so ist es Beethoven."

Nach der Matura am Linzer Gymnasium immatrikulierte sich Boltzmann im Jahre 1863 an der Universität Wien, wo er Mathematik und Physik studierte. Das Physikalische Institut war erst 14 Jahre zuvor von Christian Doppler gegründet worden. Von seinen Lehrern schätzte Boltzmann besonders Josef Stefan. In einer Rede anlässlich der Enthüllung des Stefan-Denkmales an der Wiener Universität sagte er [4]: "Als ich (noch Universitätsstudent) in vertrauten Umgang mit Stefan trat, war sein erstes, daß er mir Maxwells Abhandlungen in die Hand gab, und da ich damals kein Wort Englisch

Ao. Univ.-Prof. Dr. Dieter Flamm, Institut für theoretische Physik, Universität Wien. Dieser Aufsatz ist ein Nachdruck aus *Ludwig Boltzmann Gesamtausgabe*, Bd. 8 (hrsg. v. R.U. Sexl)

verstand, noch eine englische Grammatik dazu; ein Lexikon hatte ich von meinem Vater überkommen."

Und über Stefans Institut [5]: "So ist das damals in Erdberg untergebrachte physikalische Institut ein Beweis, daß in schlechten Räumen Bedeutendes geleistet werden kann, ja, Erdberg blieb mir mein ganzes Leben hindurch das Symbol ernster, durchgeistigter experimenteller Tätigkeit. Als es mir in Graz gelungen war, in das dortige physikalische Institut einiges Leben zu bringen, nannte ich dasselbe scherzweise Klein-Erdberg. Nicht räumlich klein, meinte ich, es war vielleicht doppelt so groß, als Stefans Institut; aber den Erdberger-Geist hatte ich noch lange nicht hineingebannt. Noch in München, als die jungen Doktoranden zu mir kamen und gerne gearbeitet hätten, nur wußten sie nicht, was? dachte ich: da waren wir in Erdberg doch andere Leute. Heute stehen die schönsten Apparate herum, und man denkt nach, was man damit anfangen könne. Wir hatten immer genug Ideen; unsere Sorge war nur, woher die Apparate nehmen. Wenn es damals gelang, mit kleinen Mitteln viel zu leisten, bitte ich aber daraus nicht den Schluß zu ziehen, daß man emsigen Forschern immer recht unzureichende Mittel zur Verfügung stellen solle."

Boltzmanns erste wissenschaftliche Veröffentlichung im Jahre 1865 behandelt eine Anwendung von Maxwells Theorie des Elektromagnetismus. Später hat Boltzmann ein zweibändiges Lehrbuch über diese Theorie geschrieben und noch viele weitere Anwendungen behandelt. Aber schon die zweite Veröffentlichung Boltzmanns im Jahre 1866 "Über die mechanische Bedeutung des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie" leitet eine Reihe von theoretischen Arbeiten ein, die einen Schwerpunkt im wissenschaftlichen Schaffen Boltzmanns bilden.

1866 wurde Boltzmann zum Doktor der Philosophie promoviert. Bereits ein Jahr später, d.h. 1867, habilitierte er sich und wurde Assistent am Physikalischen Institut Stefans. Enge Freundschaft verband ihn mit Josef Loschmidt, der als erster die Größe der Moleküle berechnete. Über eine Diskussion mit Loschmidt berichtet Boltzmann im Nachruf auf Loschmidt [6]: "Ein andermal fingierte er winzige intelligente Wesen, welche imstande waren, die einzelnen Gasmoleküle zu sehen, mit irgendeiner Vorrichtung, die langsamen von den schnellen zu trennen, und so, wenn alles Geschehen in der Welt aufgehört hatte, neue Temperaturdifferenzen zu schaffen. Bekanntlich wurde dieselbe von Loschmidt nur in ein paar Zeilen einer Abhandlung angedeutete Idee viel später in Maxwells Wärmetheorie vorgebracht und dann vielfach besprochen. Ich wollte sie aber schon damals nicht gelten lassen und wandte dagegen ein, daß, wenn alle Temperaturungleichheiten aufgehört hätten, auch keine intelligenten Wesen sich mehr bilden könnten. In einem Keller von durchaus gleichförmiger Temperatur, sagte ich, kann keine Intelligenz bestehen. Als wäre es heute, so sehe ich Stefan vor mir, der unserem lebhaften Streite schweigend zugehört hatte und nun lakonisch bemerkte: "Nun weiß ich, warum Ihre Versuche mit den großen Glasrohren im Keller so kläglich gescheitert sind"."

Boltzmann und Loschmidt besuchten auch gemeinsam Vorstellungen des Burgtheaters und der Hofoper. Darüber erzählt Boltzmann folgende Anekdote [7]: "Da ich schon damals meine Versuche mit aus Schwefelkristallen geschliffenen Kugeln plante und niemand solche schleifen konnte, schlug er mir vor, selbe mit ihm beim Warten vor dem Einlaß des Burgtheaters zu schleifen, wobei er noch von dem in Verwendung kommenden Schwefelkohlenstoff eine abwehrende Wirkung auf das andrängende Publikum hoffte."

Mit allerhöchster Entschließung vom 17. Juli 1869 wurde Boltzmann bereits mit 25 Jahren von Kaiser Franz Joseph zum ordentlichen Professor für Mathematische Physik an der Universität Graz ernannt. In dieser Grazer Zeit, nämlich im Jahr 1872, erschien Boltzmanns berühmte Arbeit über seine Transportgleichung und das H-Theorem. In derselben Arbeit führt Boltzmann fast dreißig Jahre vor Plancks Strahlungsformel diskrete Werte für die kinetische Energie der Moleküle ein.

Anläßlich eines Ausflugs der Grazer Lehrerbildungsanstalt im Jahre 1872 lernte Boltzmann seine zukünftige Frau Henriette von Aigentler kennen, mit der er sich im Jahre 1875 verlobte. Im Jahre 1873 war Boltzmann als Professor der Mathematik an die Universität Wien zurückgekehrt.

Boltzmann war damals schon so bekannt, daß ihm Lehrstühle an verschiedenen ausländischen Universitäten angeboten wurden. Im Jahre 1876 ging er als Professor für Experimentalphysik und Direktor des neuen Physikalischen Instituts nach Graz. Hier verbrachte er 14 glückliche Jahre. 1877 fand er das Boltzmannsche Prinzip, das den fundamentalen Zusammenhang zwischen der Entropie und der thermodynamischen Wahrscheinlichkeit des Zustands eines physikalischen Systems ausdrückt und 1884 bestimmte er die Entropie der Strahlung eines schwarzen Körpers.

Die vielen Experimente machten die Grazer Experimentalphysikvorlesung sehr zeitraubend. Zudem war das letzte Jahr in Graz durch den Tod seines ältesten Sohnes Ludwig getrübt. Daher nahm Boltzmann im Jahr 1890 einen Ruf als Professor für Theoretische Physik an der Universität München an. Hier konnte er sich nun ganz der theoretischen Physik widmen. Aber auch die Münchner Gesellschaft sagte Boltzmann zu. Einmal in der Woche traf er sich mit Kollegen im Hofbräuhaus. Zu dieser Runde zählten die Mathematiker Dyk und Pringsheim, die Physiker Lommel und Sohnke, der Chemiker Bayer, der Astronom Seeliger und der Kältetechniker Linde.

Der einzige Nachteil der Münchner Professur war, daß der Bayrische Staat seinen Professoren damals keine Pension zahlte. Dies mag wohl der gewichtigste Grund gewesen sein, warum Boltzmann im Jahre 1894 nach dem Tode Stefans dessen Nachfolge in seiner Heimatstadt Wien antrat. Aber die Wiener Studenten enttäuschten seine Erwartungen. Er schreibt darüber im Vorwort zu den *Vorlesungen über die Prinzipien der Mechanik* [8]: "Im zweiten Theile der Gastheorie häuften sich die

nothwendigen Einschaltungen über Mechanik so, dass sie erst einen ganzen Paragraph, dann einen Abschnitt auszufüllen schienen und ich mich zuletzt entschloss, ein ganzes Buch daraus zu machen, indem ich noch ein Vorlesungsheft hinzunahm, das ich in den vorigen Ferien für Vorlesungen über Mechanik im folgenden Wintersemester ausgearbeitet hatte. Als ich mir aber mein Auditorium betrachtete, glaubte ich die ganze Methode desselben mit einer einfacheren vertauschen zu sollen. Dafür nahm ich den Inhalt des betreffenden Heftes, damit doch meine Mühe nicht ganz verloren sei, in das vorliegende Buch auf, welches ich also als Vorlesungen bezeichnen konnte, die ich an der Wiener Universität nicht gehalten habe."

Außerdem wurde ein Jahr nach Boltzmann Ernst Mach, ein erbitterter Gegner der Atomistik, an die Universität Wien berufen. Nun sah sich Boltzmann gezwungen, sein Lebenswerk, die statistische Mechanik, auch an seiner Heimatuniversität zu verteidigen. Auch war die Gesellschaft der Reichshauptstadt nicht so offen und unkompliziert wie in München oder Graz. So kommt es, daß Boltzmann nach zwei Jahren um seine Rückkehr nach München ansuchte. Der Lehrstuhl war zwar unbesetzt geblieben, aber die Mittel wurden inzwischen für die Rente der Witwe eines Universitätsprofessors aufgewendet. Der Münchner Lehrstuhl wurde erst 1906 auf Betreiben Röntgens wieder besetzt und zwar mit Arnold Sommerfeld.

1900 folgte Boltzmann einem Ruf nach Leipzig, wo der physikalische Chemiker Wilhelm Ostwald ein großes Forschungszentrum eingerichtet hatte. Aber der Wechsel von Wien nach Leipzig war für Boltzmann wie ein Schritt vom Regen in die Traufe. Ostwald war ein scharfer Gegner der Atome und berief sich auf die Naturphilosophie Ernst Machs. Er glaubte sogar, die Entropie eliminieren und alles Naturgeschehen aus der Energie ableiten zu können, weshalb er seine Richtung Energetik nannte. Schon auf der Naturforschertagung in Lübeck im Jahre 1895 mußten Boltzmann und Felix Klein die kinetische Theorie gegen die von Helm und Ostwald vertretene Energetik verteidigen. Arnold Sommerfeld berichtet über diese Debatte [9]: "Der Kampf zwischen Boltzmann und Ostwald glich, äußerlich und innerlich, dem Kampf des Stiers mit dem geschmeidigen Fechter. Aber der Stier besiegte diesmal den Torero trotz all seiner Fechtkunst. Die Argumente Boltzmanns schlugen durch. Wir damals jüngeren Mathematiker standen alle auf der Seite Boltzmanns."

Auch die sächsische Lebensweise sagte Boltzmann nicht zu, und so kehrte er 1902 wieder auf seinen Lehrstuhl in Wien zurück. Inzwischen war Mach aus Gesundheitsgründen in den Ruhestand getreten und 1903 übernahm Boltzmann zusätzlich zu seiner Lehrtätigkeit aus theoretischer Physik einen Lehrauftrag aus Naturphilosophie. In seiner Antrittsvorlesung zur Naturphilosophie sagte er [10]: "Mach hat selbst in so geistreicher Weise ausgeführt, daß keine Theorie absolut wahr, aber auch kaum eine absolut falsch ist, daß vielmehr jede Theorie allmählich vervollkommen werden muß, wie die Orga-

nismen nach der Lehre Darwins. Dadurch, daß sie heftig bekämpft wird, fällt das Unzweckmäßige allmählich von ihr ab, während das Zweckmäßige bleibt, und so glaube ich, Prof. Mach am besten zu ehren, wenn ich in dieser Weise zur Weiterentwicklung seiner Ideen, soweit es in meinen Kräften steht, das Meinige beitrage."

Die philosophischen Gedanken von Mach und Boltzmann hatten großen Einfluß auf den sogenannten Wiener Kreis. Boltzmann war der Meinung, Daß auch der menschliche Geist durch die Wechselwirkung mit der Außenwelt geprägt wird. Er sagte [11]: "Im nie ruhenden Kampf ums Dasein wird nur der Sieger bleiben, der möglichst congruent mit der Außenwelt denkt. Nicht der menschliche Geist zwingt und meistert die Natur, nein die Dinge da draußen außer mir modeln fortwährend an meinem Denkvermögen. Mein Kopf ist so lange gegen mich, bis er endlich nach langen Irrfahrten so denken gelernt, daß das geistige Abbild in mir dem Wirklichen außer mir entspricht. Dieser Prozeß des Denkanpassens dauert, seitdem überhaupt gedacht wird und wird dauern, so lange denkende Wesen existieren. Die Ergebnisse dieser Denkanpassung vererben sich und bekommen, je länger sie dauern, eine desto zwingendere Gewalt. So entsteht eine Art von Überzeugung, die sich bis zum Gefühle des Axioms verdichten kann."

Boltzmann bezeichnet sich selbst als philosophischen Realisten. Er schreibt [12]: "Die psychischen Vorgänge sind mit gewissen materiellen Vorgängen im Gehirne identisch (Realismus)." Zur objektiven Existenz der Naturvorgänge sagt er [11]: "Wir müssen nämlich des festen Glaubens sein, daß unabhängig von unserem Dasein, auch wenn gar kein Mensch existiert, ein bestimmter Zusammenhang der Naturvorgänge stattfindet. Sonst wäre jede Naturwissenschaft unmöglich."

Obwohl er alle Erscheinungen, soweit dies möglich ist, auf Wechselwirkungen von Atomen und Molekülen zurückzufahren suchte, war er stets bereit, für Ideale einzutreten. Im Nachruf auf Loschmidt erzählt er [13]: "Ein österreichischer Staatsmann machte sich einmal mir gegenüber über die Einseitigkeit der deutschen und speziell der österreichischen Gelehrten lustig. Er führte das bekannte Beispiel des Sinologen Pfitzmaier an, der anno 1870 vom deutsch-französischen Kriege erst durch die Lektüre einer chinesischen Zeitung Kenntnis erhalten haben soll. Ich weiß nicht, ob das wahr ist, aber wenn, so hatte Pfitzmaier einen großen Vorgänger in Archimedes, der auch, in seine Kreise vertieft, die Eroberung von Syrakus unerhörte. Gewiß, wir werden dies in unserem Interesse bedauern. Große Männer sollten auch im öffentlichen Leben nicht feiern. Aber gerade gegenwärtig, wo mehr denn je jede Partei nur für materielle Interessen kämpft, tut die ideale Gestalt eines Mannes wohl, der seine materiellen Interessen vergißt; und so soll uns die Erinnerung an solche Männer stählen im Kampfe, der heutzutage ausschließlicher denn je auf den Schultern der Männer der Kunst und Wissenschaft ruht, in dem Kampfe für das Ideale!"

Seinem Leitspruch [8]

*Bring vor, was wahr ist;
Schreib so, dass es klar ist
Und verficht's, bis es mit dir gar ist!*

getreu kämpfte Boltzmann für die Richtigkeit seiner Ideen. Wie sehr er sich in diesem Kampfe verlassen fühlte, zeigt sein Vorwort zum 2. Band der *Gastheorie* [14]: "Es wäre daher meines Erachtens ein Schaden für die Wissenschaft, wenn die Gastheorie durch die augenblicklich herrschende ihr feindselige Stimmung zeitweilig in Vergessenheit gerieth, wie z.B. einst die Undulationstheorie durch die Autorität Newton's. Wie ohnmächtig der Einzelne gegen Zeitströmungen bleibt, ist mir bewusst. Um aber doch, was in meinen Kräften steht, dazu beizutragen, dass, wenn man wieder zur Gastheorie zurückgreift, nicht allzuviel noch einmal entdeckt werden muss, nahm ich in das vorliegende Buch nun auch die schwierigsten, dem Mißverständnisse am meisten ausgesetzten Theile der Gastheorie auf und versuchte davon wenigstens in den Grundlinien eine möglichst leicht verständliche Darstellung zu geben."

Nicht nur die Ablehnung seines Lebenswerkes durch zahlreiche Zeitgenossen, sondern auch seine schlechte Gesundheit machte Boltzmann zu schaffen. Er litt an schwerem Asthma und sein Sehvermögen hatte so stark nachgelassen, daß er eine Vorleserin anstellen mußte. Die drei Reisen in die Vereinigten Staaten und die außerordentlich große Lehrverpflichtung hatten seine Kräfte aufgerieben.

Es ist die Tragik von Boltzmanns Leben, daß er den glänzenden Sieg seiner Ideen nicht mehr erlebt hat. Er verließ diese Welt, als noch um die Entscheidung gerungen wurde. Während eines Urlaubs in Duino bei Triest schied er am 5. September 1906 freiwillig aus dem Leben.

Literatur

- [1] L. Boltzmann, *Populäre Schriften*, J. A. Barth, Leipzig 1905, S. 317.
- [2] Referenz [1], S. 324.
- [3] Referenz [1], S. V.
- [4] Referenz [1], S. 96.
- [5] Referenz [1], S. 100.
- [6] Referenz [1], S. 231.
- [7] Referenz [1], S. 237.
- [8] L. Boltzmann, *Vorlesungen über die Principe der Mechanik, I. Theil*, J. A. Barth, Leipzig 1897, S. V.
- [9] A. Sommerfeld, *Wiener Chemiker Zeitung*, Jahrg. 47, Nr. 3/4 (1944) S. 25.
- [10] Referenz [1], S. 339.
- [11] L. Boltzmann, *Antrittsvorlesung zur Naturphilosophie*, (1903 unveröffentlicht).
- [12] Referenz [1], S. 239.
- [13] Referenz [1], S. 180.
- [14] L. Boltzmann, *Vorlesungen über Gastheorie, II. Theil*, J.A. Barth, Leipzig 1898, S. V.

Symposium zum 150. Geburtstag von Ludwig Boltzmann

Aus Anlaß des 150. Geburtstages von Ludwig Boltzmann findet am Institut für Theoretische Physik ein internationales Symposium zum Thema "Boltzmanns Erbe im Denken der Modernen Physik" statt. Ein Detailprogramm kann am Institut angefordert werden. Hier sei auf die Vorträge in deutscher Sprache hingewiesen.

Mittwoch, 23.2.1994, 19 Uhr:

P. Schuster - Die Prinzipien der biologischen Evolution und der Zweite Hauptsatz

Freitag, 25.2.1994, 14-18.30:

W. Stiller - Ludwig Boltzmann und die Entwicklung der chemischen Kinetik

H. Posch - Numerische Simulation von Vielteilchensystemen im Gleichgewicht und Nichtgleichgewicht

E. Oeser - Boltzmann und die evolutionäre Erkenntnistheorie

D. Flamm - Leben und Werk Ludwig Boltzmanns.

Ort: Großer Hörsaal des Instituts für Experimentalphysik der Universität Wien, Strudlhofgasse 4, 1090 Wien, 1. Stock

AUSTRON - Die Neutronenquelle der Zukunft

Meinhard Regler und Michaela Schreilechner

Gerade die technologiepolitische Position Österreichs war in letzter Zeit vermehrt Gegenstand von kritischen Analysen. Immer wieder wird auf den Rückstand Österreichs in der Forschung und Technologiepolitik hingewiesen. AUSTRON, das geplante internationale Großforschungszentrum an einer Neutronenspallationsquelle, könnte das Niveau in der österreichischen F&E-Landschaft nun deutlich erhöhen.

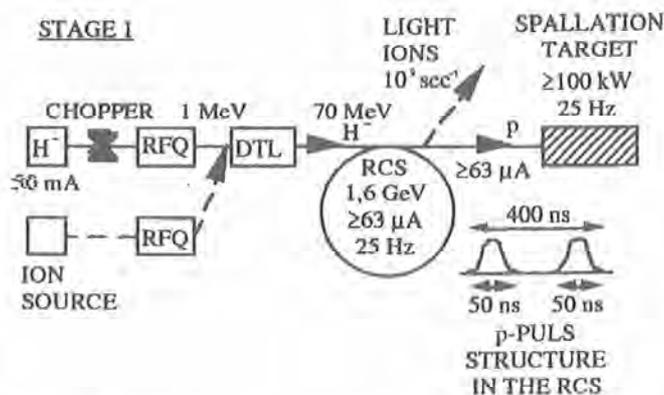
Die österreichische Bundesregierung hat in ihrer Regierungserklärung beschlossen, die Errichtung internationaler Großforschungszentren in Österreich zu fördern. AUSTRON ist einer der aktivsten Bewerber um die Errichtung eines internationalen Großforschungszentrums. Die ersten Spezifikationen bezüglich der Leistungsmerkmale und Kosten für dieses Zentrum wurden in einer Arbeitswoche im CERN im Oktober 1991 erarbeitet. An diesem Treffen nahmen 30 renommierte Wissenschaftler in Vertretung von 50 europäischen Instituten teil. Gastgeber war Prof. C. Rubbia, Nobelpreisträger der Physik und CERN-Direktor. Bei einem Nachfolgemeeting in Bratislava wies Prof. Meinhard Regler, der geistige Vater von AUSTRON und nunmehrige Projektleiter, dann darauf hin, daß mit unwesentlichen Mehrkosten bei AUSTRON auch Leichtionen beschleunigt werden können, womit man im Bereich der Hadronkrebstherapieforchung unmittelbar an ein Schwerpunktprogramm der EG anschließen kann. "Wissenschaftler werden von einem solchen Forschungszentrum angezogen wie die Motten vom Licht", meint der Rektor der Technischen Universität Wien, Prof. Peter Skalicky. Er ist auch Vorsitzender der Studiengruppe AUSTRON, die diesen internationalen "Think Tank" in Österreich errichten will und quasi als Aufsichtsrat fungiert. Die Pläne dafür sind schon weit fortgeschritten, denn die Bundesregierung hat versprochen, ein Drittel der anfallenden Errichtungskosten (rund eine Milliarde Schilling) zu übernehmen, wenn die AUSTRON-Planungsgruppe die restlichen zwei Drittel aus Finanzierungen mit dem Ausland erbringen kann. Nun wird seit einem internationalen Workshop im Mai 1993 in der Wirtschaftskammer Wien fieberhaft an der Detailplanung und der Internationalisierung gearbeitet. Zu diesem Zweck wurden in bemerkenswerter Schnelligkeit zwei Planungsbüros errichtet: eines am Atominstitut der Österreichischen Universitäten und das andere am CERN in Genf.

Dr. Martin Schuster, wissenschaftlicher Leiter des AUSTRON-Planungsbüros Wien und Neutronenphysiker, ist überzeugt, daß dieses Projekt vor allem für öster-

reichische Jungakademiker besonders interessant ist: "Die Benutzer einer gepulsten Neutronenspallationsquelle sind neben den Physikern und Grundlagenforschern vor allem auch Materialwissenschaftler, Biologen, Chemiker und Mediziner. Auf all diesen Gebieten tun sich neue, zukunftsweisende Forschungszweige auf, die mit AUSTRON verstärkt behandelt werden können. Die Anwendung der Neutronenstreuung hat der Wissenschaft in letzter Zeit bereits zu elementaren Erkenntnissen verholfen wie zum Beispiel die Klärung der Lage der Sauerstoffatome in Hochtemperatursupraleitern."

Wie funktioniert eine gepulste Neutronenspallationsquelle? Sie funktioniert im Prinzip ähnlich wie eine Röntgenröhre. Statt Elektronen werden Protonen auf hohe Energie beschleunigt und treffen dann auf eine Zielscheibe aus Metall (Target). Dadurch werden die Atomkerne des Targetmaterials so hoch angeregt, daß Neutronen "abdampfen" - diesen Vorgang nennt man Spallation. Das größte Element einer Spallationsquelle ist der Teilchenbeschleuniger.

Der AUSTRON-Beschleunigerkomplex:



RFQ ... Radio Frequency Quadrupol
DTL ... Drift Tube Linac
RCS ... Rapid-Cycling Synchrotron

Bei AUSTRON wurde dieser Komplex in bewährter Hochtechnologie konzipiert. Damit ist es möglich, AUSTRON schnell, kostengenaue, sicher und den vorgegebenen Leistungsmerkmalen entsprechend zu errichten. Die Neutronenausbeute ergibt einen mittleren thermischen Neutronenfluß von $\sim 7 \cdot 10^{12}$ n/s cm^2 , der thermische Spitzenfluß wird $\sim 9 \cdot 10^{15}$ n/s cm^2 betragen, damit liegt man weltweit in führender Position. Das AUSTRON-Büro am CERN unter der erfahrenen Leitung des Briten Dr. Phil Bryant übernimmt die exakten Berechnungen für den erwähnten Beschleunigerteil. Das zweite Herzstück der Anlage, das Target und seine Umgebung, wird durch Verträge mit dem Forschungs-

Prof. Meinhard Regler, AUSTRON Projektleiter, Institut für Hochenergiephysik der österr. Akademie der Wissenschaften
Mag. Michaela Schreilechner, AUSTRON Planning Office

zentrum Seibersdorf und der Technischen Universität Graz geplant.

Anfang November 1993 hat das AUSTRON-Projektteam seine Prefeasibility-Study herausgegeben, in der die Arbeiten der ersten sechs Monate dokumentiert werden. Neben den Planungsstudien der Physiker finden auch schon volkswirtschaftliche und sicherheitstechnische Überlegungen Erwähnung. Für die Internationalisierung des Projektes wurden vom AUSTRON-Team schon einige Reisen unternommen, unter anderem in die Schweiz, in die BRD, nach Ungarn, zur EG nach Brüssel und auf die britische Insel.

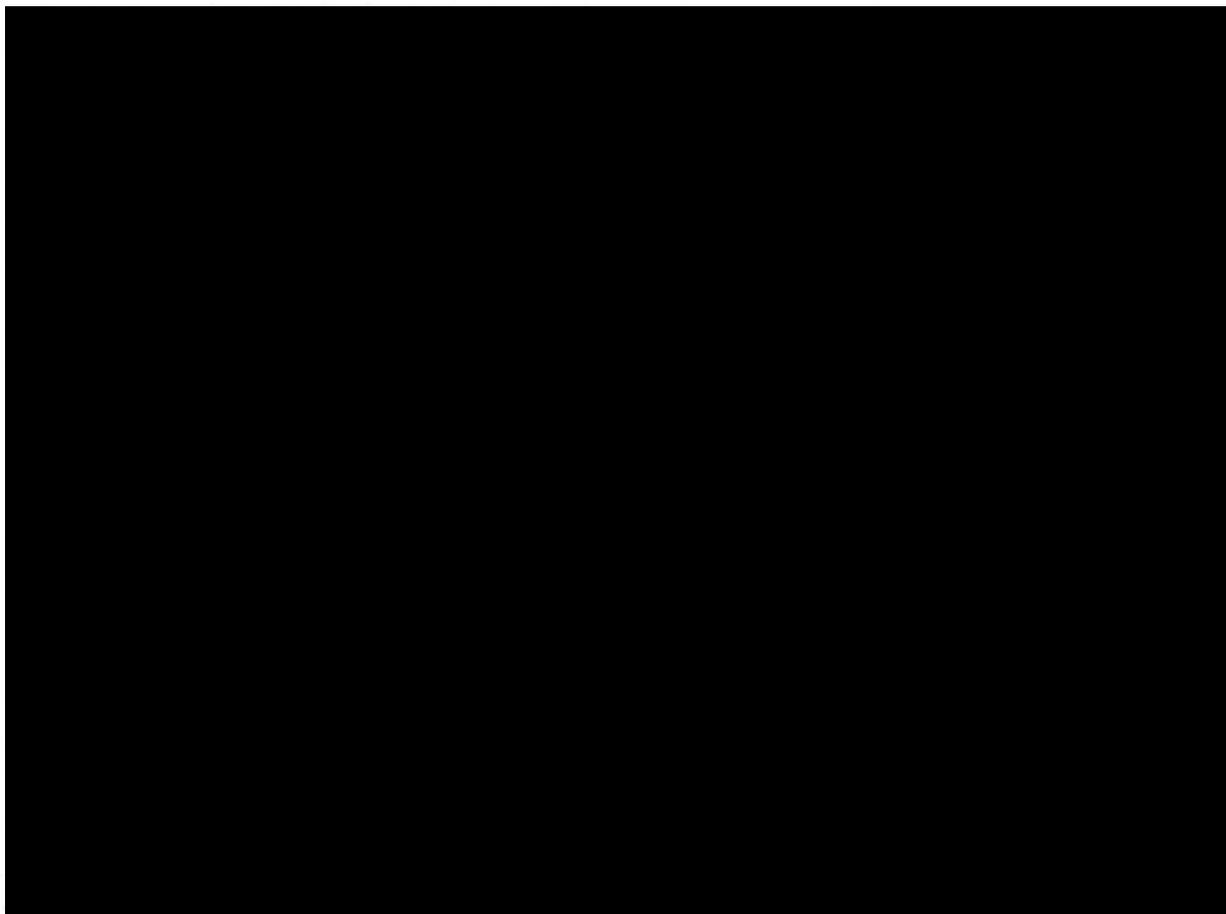
Die Zeichen der Zeit stehen für das Projekt trotz Rezession gut, "denn es besteht in Europa, um nicht zu sagen weltweit, ein Mangel an Neutronenmeßplätzen" gibt Prof. Regler zu bedenken. Österreich sollte sich daher diese einmalige Chance nicht entgehen lassen. Dieser Meinung sind auch die 25 renommierten Experten des International Scientific Council, das am 28. Oktober 1993 zum ersten Mal in Wien zusammentraf, um die Prefeasibility-Study offiziell abzusegnen. Prof. Albert Furrer, Chairman des AUSTRON-Council und Vorstand des Laboratoriums für Neutronenstreuung am Schweizer Paul Scherrer Institut, bekräftigte die Österreicher in

ihrer Idee. Begeistert zeigten er und seine Direktoren-Kollegen sich vor allem von den Fortschritten der Planung der Spallationsquelle. Der Standort für das Forschungszentrum ist aber noch nicht geklärt, erste Bewerbungen gibt es von Seibersdorf und der Stadt Wiener Neustadt, die eine "civitas nova" plant.

In der wissenschaftlichen Welt ist man sich nun ziemlich einig, daß AUSTRON "das richtige Projekt zur richtigen Zeit" ist, in Österreich müssen nun die Politiker diese Chance wahrnehmen.

Nähere Information über das geplante Großforschungszentrum unter:

AUSTRON-Planungsbüro
c/o Atominstutit der Österreichischen Universitäten
Schüttelstraße 115
A-1020 Wien
Tel.: +43-1-72701-297
Fax: +43-1-728922



Die Entkopplung von Akkommodation und Konvergenz

Betrachtung von Stereobildpaaren ohne optische Hilfsmittel Ein Freiaugenexperiment

Franz Josef Natschläger

Vor einiger Zeit verblüffte in der Sendung "Wetten daß" ein Mann das Publikum durch die Fähigkeit, bei einem Doppelbildrätsel die Unterschiede in den Bildern in wenigen Sekunden herausfinden zu können. Solche Bilderrätsel sind in vielen Zeitungen zu finden. Leicht sind die Bildunterschiede dann zu ermitteln, wenn bei einem Bild ganze Linien oder Flächen fehlen. Wesentlich schwieriger ist die Angelegenheit aber, wenn sich Linien oder Flächen nur in Länge oder Größe unterscheiden. Bei fünf oder mehr Fehlern benötigt man im zweiten Fall sicher einige Minuten.

Die Person, die in der oben angesprochenen Sendung alle Fehler in wenigen Sekunden fand, arbeitete mit einem hochinteressanten physikalischen Prinzip, der in der Überschrift bereits angesprochenen Entkopplung von Akkommodation und Konvergenz der Augenachsen. Jeder Mensch, der zwei intakte Augen besitzt und damit die Fähigkeit zum räumlichen Sehen und zur Tiefenwahrnehmung hat, kann mit etwas Training dieses Verfahren erlernen. Ich habe es der Fotozeitschrift Color Foto (April 78 - Artikel über die Betrachtung von Stereobildpaaren ohne optische Hilfsmittel) entnommen und erläutere es auch meinen Schülern bei der Behandlung der Geometrischen Optik (Oberstufe und Unterstufe).

Etwa 20 Prozent der Schüler einer Klasse schaffen diese Entkopplung noch in derselben Unterrichtsstunde, bis zur nächsten Physikstunde kommen dann erfahrungsgemäß noch einige dazu, die sich diese Fähigkeit zu Hause aneignen. Die Begeisterung, wenn es zum erste Mal klappt, ist meist sehr groß und wird von einem starken "Aha-Erlebnis" begleitet.

In den folgenden Ausführungen möchte ich die physikalischen Grundlagen genauer erläutern:

Wenn Sie jetzt Ihre unmittelbare Umgebung betrachten, dann erledigt das Sehzentrum im Gehirn im Moment folgende zwei Tätigkeiten ganz automatisch:

- Ein Gegenstand, der sich in einer anderen Entfernung als die Zeitschrift Plus Lucis befindet, wird nur dann scharf gesehen, wenn die Ziliarmuskulatur die Wölbung der Augenlinse so verändert, daß auf der Netzhaut ein scharfes Bild entsteht. Bei Gegenständen im Nahbereich wird die Brechkraft der Linse durch eine

stärkere Wölbung erhöht, bei größeren Bildentfernungen wird die Linse gedehnt und damit die Brechkraft vermindert. Diese Veränderung der Brechkraft der Linse zur Anpassung an verschiedene Gegenstandsentfernungen heißt Akkommodation.

- Gleichzeitig mit der Akkommodation werden unsere Augenachsen auch exakt auf den betrachteten Gegenstand ausgerichtet. Die beiden Pupillen und das beäugte Objekt bilden immer ein Dreieck und der Winkel zwischen den beiden Augenachsen ist umso kleiner, je weiter der Gegenstand entfernt ist. Die Ausrichtung der Augenachsen auf das Objekt heißt Konvergenz.

Bereits einige Wochen nach der Geburt funktioniert bei Menschen mit intaktem Sehsinn die Kopplung von Akkommodation und Konvergenz problemlos. Damit Babys einen Gegenstand mit einem Griff fassen können, müssen sie diese Fertigkeit besitzen. Um aber bei einem Bildersuchrätsel in wenigen Sekunden alle Fehler angeben zu können oder ein Stereobildpaar ohne Stereoskop betrachten zu können, muß diese Kopplung aufgehoben werden. In der Theorie funktioniert das ganz einfach:

Sie akkomodieren mit Ihren Augenlinsen auf die Ebene, in der sich das Bildpaar befindet (etwa 30 cm), die Augenachsen konvergieren aber viel weiter vorne. Wenn Sie nämlich auf Ihre Nasenflügel blicken, konvergieren die Strahlen bereits vor der Ebene, in der sich das Bildpaar befindet. Dadurch sehen Sie nicht zwei Bilder sondern vier, und zwei dieser vier Bilder, nämlich je ein linkes und ein rechtes Bild, projizieren Sie anschließend genau übereinander. Sie betrachten dann nur mehr drei Bilder, und auf das mittlere Bild kommt es an. Es beinhaltet die linke und die rechte Ansicht eines Stereobildpaares oder auch das linke und das rechte Bild eines Suchrätsels. Im ersten Fall sehen Sie ein räumliches Bild ohne Stereoskop, im zweiten Fall haben Sie in ganz kurzer Zeit alle Bildunterschiede gefunden.

Die Linien oder Flächen, welche in beiden Bildern völlig ident sind, bilden eine sogenannte "ruhige Ansicht". Dort wo aber Unterschiede in den Bildern vorhanden sind, sieht das linke Auge etwas anderes als das rechte Auge, vereinigt in "einem" Bild. An diesen Stellen flimmern die Linien oder Flächen. Ich erkläre mir das dadurch, daß unser Gehirn, das ja alle Bilder zufriedenstellend "erklären" möchte, bei der Bildpriorität permanent zwischen rechtem und linkem Auge hin- und herschaltet. Dieses Verfahren ist so sensibel, daß damit sogar eventuelle unerwünschte und zufällig verteilte Drucker-

Franz Josef Natschläger
Kollegium Aloisianum
Freinbergstr. 32, 4020 Linz

schwärzpunkte in Bildpaaren erfaßt werden. Wenn Sie einen Bildfehler mit einem Stift markieren wollen, verschwindet das mittlere Bild sofort, weil Sie zum Kennzeichnen Ihre Augenachsen wieder auf die Bildebene ausrichten müssen. Merken Sie sich daher die Fehler und führen Sie die Markierung erst später durch.

In der Praxis werden Sie die Erfahrung machen, daß man zwar rasch das mittlere Bild erzeugen kann, es aber einige Mühe erfordert, dieses mittlere Bild auch scharf zu sehen. Erst dann war die Entkopplung von Akkommodation und Konvergenz erfolgreich. Ein Übergenuß von alkoholischen Getränken führt übrigens auch zu dieser Entkopplung (Doppelbilder). Wegen der damit verbundenen Beeinträchtigung des Gehirnes und insbesondere der Konzentrationsfähigkeit ist diese Methode allerdings nicht empfehlenswert.

Im folgenden möchte ich einige Tips zum Erlernen der Entkopplung geben. Halten Sie einen der zwei Daumen etwa 15 cm vor Ihre Nase und betrachten ihn genau. Alle Gegenstände, die sich hinter dem Daumen befinden, sind dann - blicken Sie bitte weiterhin auf den Daumen - unscharf und doppelt. Obwohl Sie auf den Daumen akkomodieren, und dort die Augenachsen konvergieren, ist das Sehfeld natürlich wesentlich größer, und es können auch gleichzeitig andere Gegenstände auf der Netzhaut erfaßt werden. Sie sind doppelt, weil Ihre Augenachsen beim Daumen konvergieren und dahinter auseinanderlaufen. Unschärf sind sie, weil die Linsenkrümmung genau der Distanz zum Daumen angepaßt wurde.

Im Pariser Museum La Vilette habe ich an einer Wand zwei verschiedene Bilder nebeneinander gesehen. Das linke Bild enthielt einen Vogelkäfig, das rechte Bild einen Papagei. Der Betrachter wurde aufgefordert, ohne Demontage der Bilder den Papagei in den Käfig zu stecken. Dies gelingt, wenn man z.B. wie oben erwähnt einen Daumen vor die Nase hält, auf ihn fokussiert und dann den Raum hinter dem Daumen betrachtet.

Sie können dies im Bildpaar 1 am Ende des Artikels selbst erproben. Variieren Sie die Entfernung Daumen-Nasenspitze so, daß Sie im Hintergrund drei Bilder sehen und sowohl Plus genau über Lucis steht als auch ÖPG nur einmal sichtbar ist. Wenn Sie sogar die Schrift noch deutlich lesen können, dann sind Sie bereits am Ziel angelangt, und in diesem Fall möchte ich Ihnen herzlich gratulieren.

Sollten Sie hier Schwierigkeiten haben, können Sie zwischen die beiden Bilder ein Stück Pappkarton geben. Damit ist es z.B. für das linke Auge unmöglich, das rechte Bild zu sehen, was vielleicht manchen Betrachter irritiert. Achten Sie darauf, daß beide Bilder gut ausgeleuchtet werden und kein unerwünschter Schatten auf die Bilder fällt.

Bildpaar 2 stellt ein Suchrätsel dar. Im rechten Bild sind fünf zusätzliche Linien oder Flächen eingezeichnet, die, wie mir meine Kinder demonstrierten, auch ohne Entkopplung von Akkommodation und Konvergenz in wenigen Sekunden ermittelt werden können. Versuchen

Sie es trotzdem mit der Entkopplungsmethode, und besorgen Sie sich auch Bildbeispiele aus Tageszeitungen, um das Verfahren zu perfektionieren.

Die Bildpaare 3 und 4 zeigen, wie mit wenigen Linien bereits einfache Stereobildpaare erzeugt werden. Den Drehkegelstumpf sieht man im linken Bild mehr von der rechten Seite, daher ist die kleinere Kreisfläche oberhalb der Grundfläche, und man sieht die Außenfläche des Kegels. Bei der quadratischen Pyramide ist es gerade umgekehrt. Hier verläuft die Spitze nach hinten und man sieht die "Innenfläche" der Pyramide. Sollten Sie bei einem der Körper die andere Ansicht oder gar abwechselnd beide Varianten sehen, dann reicht die Physik zur Erklärung nicht mehr aus. Vermutlich sind komplizierte biophysikalische oder neurologische Vorgänge im Gehirn dafür verantwortlich. Wenn Sie das dritte Bild nicht scharf sehen können, helfen Ihnen sicher die im folgenden beschriebenen optischen Hilfsmittel, mit denen Sie zudem einige interessante Experimente ausführen können.

Bereits 1866 hat Hermann von Helmholtz das Stereoskop entwickelt. Es handelt sich dabei um ein optisches Gerät, welches aus zwei Linsen besteht. Jede Linse ist so gebaut, daß sie ein Bild sowohl vergrößert (Sammellinsenfunktion) als auch etwas seitlich verschiebt (Prismenfunktion). Man nennt derartige Linsen sogenannte Linsen-Prismen Systeme.

Betrachtet man nun ein Stereobildpaar durch das Helmholtz-Stereoskop, dann erzeugen die Sammellinsen zwei virtuelle, aufrechte und vergrößerte Bilder, während die Prismen diese Bilder am gleichen Ort übereinanderlagern. Die Linsen sind also für die Akkommodation zuständig, die Prismen für die Konvergenz. Modernere Varianten von Stereoskopen sind die in Kaufhäusern und Spielzeuggeschäften erhältlichen Viewmaster.

Mit minimalem Aufwand können Sie sich selber ein Stereoskop herstellen, bei dem zur Erzielung eines Raumbildes keine Entkopplung von Akkommodation und Konvergenz nötig ist. Kaufen Sie sich im Fotohandel zwei Diabetrachter, die nur aus einer Linse, einem Plastikgehäuse und einer Mattscheibe bestehen (z.B. Agfa-Gucki). Die Kosten dafür sind minimal, etwa 30 S pro Stück. Nehmen Sie Ihren Fotoapparat und ein Stativ und verwenden einen Diafilm. Fotografieren Sie z.B. Ihre Schule, und zwar wie folgt: Machen Sie zuerst das linke Foto, natürlich mit Stativ, und merken Sie sich genau die Bildränder (unten, oben, rechts und links). Anschließend verschieben Sie das Stativ einige Dezimeter nach rechts und fertigen ein zweites Foto an, wobei die Bildränder ident mit jenen der linken Aufnahme sind. Die beiden Fotos unterscheiden sich also nur in der Perspektive. Nach der Entwicklung geben Sie die Dias in die beiden Betrachter und verschieben diese so, daß sich die Bilder decken. In diesem Moment haben Sie bereits das Raumbild.

Vergleicht man dieses Bild mit einem Hologramm, so muß man natürlich gestehen, daß es sich um kein echtes räumliches Bild handelt. Wenn man nämlich beim Ho-

logramm den Blickwinkel ändert, dann sieht man plötzlich neue Bilddetails, die vorher nicht sichtbar waren. Bei einer Fotografie ist dies nicht möglich, weil hier ja nur die Intensität der Welle gespeichert wird, die Phasinformation hingegen unberücksichtigt bleibt.

Mit Ihren Stereodias können Sie aber dafür andere Erscheinungen beobachten. So etwa die Tatsache, wie stark das Gehirn Bilder beeinflusst. Dieser Effekt wird uns meist gar nicht bewußt. Die Augen eines Erwachsenen haben einen mittleren Abstand von 65 mm. Bei Ihren Aufnahmen sind Sie aber nicht daran gebunden. Fotografieren Sie eine Landschaft mit Häusern von einem Hügel oder Berg herab und übertreiben den Basisabstand der beiden Bilder stark. Falls Sie im näheren Vordergrund nur Wiese oder Schnee haben, können Sie ruhig zwei oder drei Meter Basisabstand verwenden. Die Fotos, die Sie erhalten, sind dann so stark räumlich, daß Ihr Gehirn, das Ihnen ja alle Bilder erklären soll, behauptet, Sie betrachteten hier eine gebastelte Modellsiedlung und keine wirkliche Landschaft. Dies hängt damit zusammen, daß Sie sicher öfter eine Modellandschaft betrachtet haben als eine reale Szenerie mit drei Meter Augenabstand. Man nennt diese Erscheinung übrigens Gigantismus und falls Sie mit weniger als 6,5 cm Abstand arbeiten sollten, spricht man von Liliputismus.

Interessant wird es auch, wenn Sie die Bilder vertauschen. Geben Sie das rechte Bild in den linken Gucki und umgekehrt. Statt eines orthoskopischen (richtig sichtigen) Bild erhalten Sie ein pseudoskopisches (falsch sichtiges) Bild. Vorspringende Bilddetails sind nun nach innen gewölbt und umgekehrt. Es wird also der Raum umgestülpt. Diese Erscheinung funktioniert aber nicht bei Landschaften, weil uns das Gehirn derartige Ansichten nicht erlaubt, da es sie nicht versteht. Gut geeignet sind z.B. Fotografien von Masken, weil wir hier schon öfter beide Beispiele (Model bzw. zugehöriger Abguß) gesehen haben.

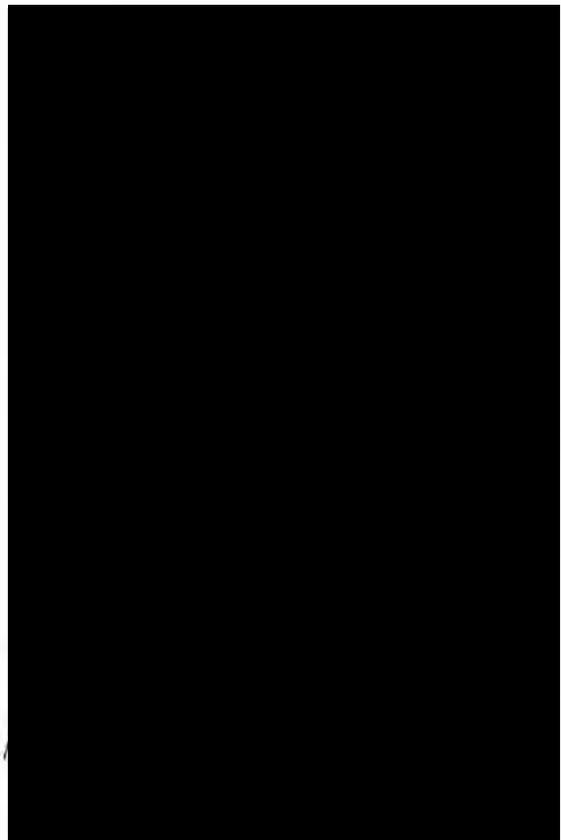
Der finanzielle und zeitliche Aufwand für solche Dias ist wirklich gering und im Unterricht kommen sie so gut an, daß Schüler anschließend selbst Stereobildpaare herstellen. Bilder der eigenen Umgebung faszinieren naturgemäß stärker als die Raumbilder von Grimms Märchen der Firma Viewmaster.

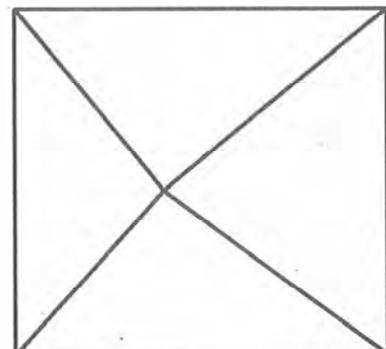
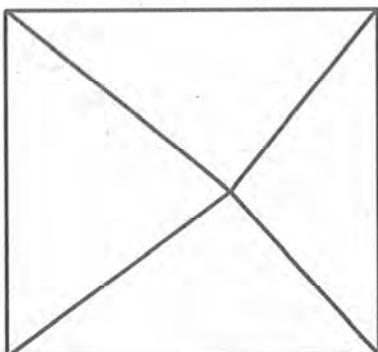
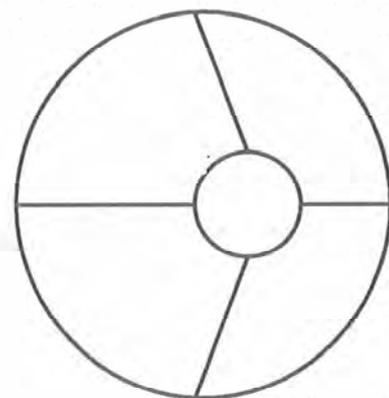
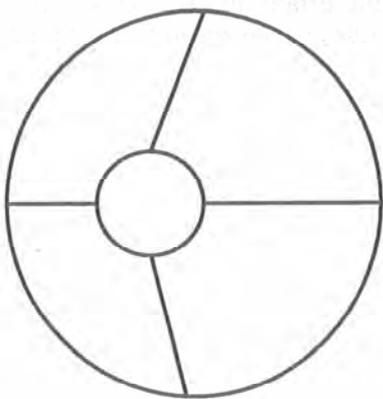
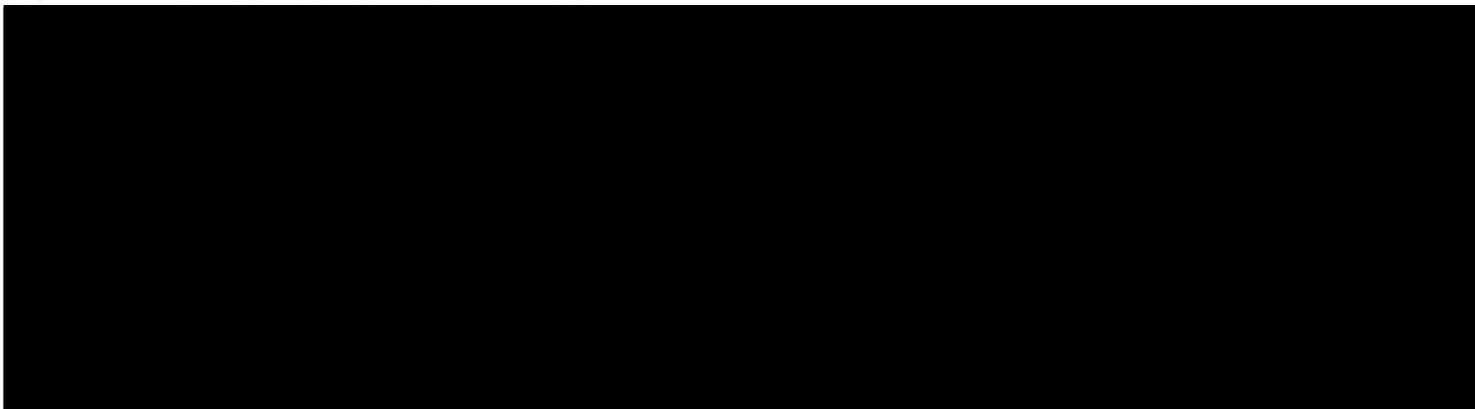
Zum Abschluß möchte ich Ihnen noch eine kleine Anekdote erzählen. In meinem mit dem Computer geschriebenen Skriptum über Mechanik hatte ich einen Druckfehler entdeckt. Es fehlte ein Buchstabe in einem Wort. Ich korrigierte den Fehler, legte das neue Blatt ins Skriptum, vergaß aber das alte Blatt zu entfernen. Einige Wochen später kopierte ich das Skriptum und verteilte es. Natürlich wurde ich bald darauf hingewiesen, daß eine Seite doppelt vorhanden war. Ich sagte, daß sich die Seiten wahrscheinlich nur in einem Buchstaben oder Wort unterscheiden, die Fehlersuche aber bei einer A4-Seite recht aufwendig sei. Einer der Schüler sagte: "Das werden wir gleich haben" und legte die zwei Seiten nebeneinander auf den Boden und hatte nach wenigen Sekunden den Fehler gefunden. Dieser Vorfall hat mich selbst überrascht, weil ich nicht damit rechnete, daß die Me-

thode auch bei so großen und detailreichen Vorlagen noch einwandfrei funktioniert.

Für Liebhaber der Optik habe ich noch einen ganz besonderen Buchtip. Im Verlag Birkhäuser ist ein fabelhafter Band zur Optik mit dem Titel "Ein Blick ins Licht" von David Falk, Dieter Brill und David Stork erschienen. Dieses Buch sollte in keiner Schulbibliothek fehlen. Auf Seite 226 ist ein völlig regelloses Punktmuster aufgezeichnet, das bei einer Entkopplung von Akkommodation und Konvergenz plötzlich einen Schriftzug zum Vorschein bringt, der einige Zentimeter über dem Text zu schweben scheint. Ein derartiges Bildbeispiel gibt es auch noch in einem Buch über Wahrnehmung aus der Serie Spektrum der Wissenschaft. Die Stereogramme zufälliger Punktmuster wurden von Bela Julesz entwickelt, und in dem Buch von Falk, Brill und Stork ist auch deren Herstellung beschrieben.

Viel Erfolg beim Freiaugenexperiment.





Physikalischer Mensch - menschliche Physik

Ursula Silber

Der folgende Projektvorschlag versteht sich als Anstoß zur Zusammenarbeit zwischen den Fächern Biologie und Physik und stellt einen Versuch dar, fächerübergreifende Aspekte in den Unterricht verstärkt aufzunehmen. Meine Schülerinnen und ich stellten uns die Aufgabe, die Anwendbarkeit physikalischer Begriffe und Gesetze auf den Bau und die Funktion des menschlichen Körpers zu untersuchen. Der Zeitrahmen umspannte den dreijährigen Physikunterricht in der Oberstufe (10.-12. Schulstufe) in einem neusprachlichen Gymnasium.

Allgemeine Überlegungen zum fächerübergreifenden Unterricht

Immer mehr stellt sich heraus, daß neben Spezialisten, in welchem Bereich auch immer, Menschen benötigt werden, die ein Verständnis von interdisziplinären Zusammenhängen haben. Denn die vielschichtigen Probleme, die sich uns in Bezug auf Umwelt, Energieversorgung, Politik und so weiter stellen, sind nicht mit Schubladendenken zu bewältigen.

Ken Wilber schreibt in *Das holographische Weltbild*: "Die Fakten der Naturwissenschaft, die Daten aus Physik und Physiologie, scheinen nur dann einen Sinn zu ergeben, wenn man einen impliziten, gemeinsamen und transzendentalen Urgrund annimmt, der diesen Daten zugrunde liegt." [1]

Davon ausgehend stellte sich mir als Physiklehrerin die Frage und auch Herausforderung: "Mit welchen Gegenständen aus dem Fächerkanon kann ich zusammenarbeiten?" Die klassischen Kombinationen mit Mathematik und Chemie beiseiteschiebend stieß ich auf die Biologie. Durch die Bemerkung eines Orthopäden, wie groß die Belastungen auf das Kniegelenk beim Stiegensteigen (hinunter) sind, wollte ich die "trockene" Mechanik mit einem Gesundheitsaspekt beleben.

Ein anderer Grund für diese Betrachtungsweise der Mechanik war auch, daß Physik als einer der unbeliebtesten Gegenstände im Fächerkanon gilt, vor allem bei Mädchen. Auch ist die Meinung: "Mädchen brauchen keine physikalischen Kenntnisse" leider immer noch sehr weit verbreitet. Die Hinweise auf Auto, Computer am Arbeitsplatz und zu Hause, politische Verantwortung übernehmen können und müssen, u.s.w. ändern diese Einstellung nicht.

Daraus folgt für mich: Viele Mädchen fühlen sich von der Physik nicht betroffen. Ich bin aber der Meinung, daß eine effektive Wissensaneignung und -vermittlung nur über die *persönliche Betroffenheit* möglich ist. Das heißt: "Es geht um eine Art der Unterrichtsgestaltung, die den Schülerinnen Gelegenheit bietet, aufgrund eige-

ner Bedürfnisse Fähigkeiten zu erwerben, die für eine sinnerfüllte und erfolgreiche Lebensführung im privaten, beruflichen und gesellschaftlichen Bereich wichtig sind." [2]

Herantasten an das Projekt

Im "normalen" Physikunterricht merkte ich, daß diese Klasse besonders eifrig war. Beim Besprechen des Kapitels MASSE fiel das Wort Wirbelsäule im Zusammenhang mit Heben schwerer Lasten. Nach diesem Stichwort fragte ich die Schülerinnen, ob wir nicht ein Projekt durchführen sollten. Ich schlug ihnen vor, uns die Aufgabe zu stellen, die Anwendbarkeit physikalischer Begriffe und Gesetze auf den Bau und die Funktionsweise des menschlichen Körpers zu untersuchen. Sie waren sofort begeistert, obwohl ich ihnen gestand, selbst noch keine Erfahrung in solch einem Bereich zu besitzen und außer vagen Ideen keine Ahnung organisatorischer und inhaltlicher Art zu haben. Sie wollten, wie gesagt trotzdem, denn ihre Erwartungen waren:

- Abwechslung,
- andere Beispiele als üblich,
- Lebensnähe,
- bessere Vorstellungen und besseres Verstehen,
- schnell Versuche selbst durchführen können,
- Querverbindungen erkennen,
- Funktion des menschlichen Körpers besser kennenlernen,
- Spaß, Streit und viel Arbeit,
- Gruppen- und Partnerarbeit,
- Beitrag für den Jahresbericht gestalten,
- eventuell eine Ausstellung organisieren.

Wir stürzen uns in die Arbeit

Zunächst gingen wir auf Literatursuche. Beim Stöbern in der Schulbibliothek fiel uns ein Physiologiebuch in die Hand. Nach kurzem Blättern fanden wir die Kapitel über Muskeln und den Bewegungsapparat. In verschiedenen Gruppen wurden die einzelnen Kapitel durchgelesen, alle unbekanntes Fachausdrücke, getrennt nach physikalischen, biologisch-medizinischen und anderen Gesichtspunkten herausgeschrieben, sowie eine Kurzinformation, soweit möglich, über den Inhalt gegeben.

Mag. Ursula Silber
Harrachstraße 42
4020 Linz

Die zum Verständnis notwendige Physik wurde dann im Unterricht besprochen. Somit war die Notwendigkeit des Lernens gegeben, und die Schülerinnen waren motiviert. Die biologische Seite übernahm der Biologielehrer, die restlichen Informationen besorgten sich die Schülerinnen aus einschlägigen Lexika - nicht nur während der Unterrichtszeit, sondern auch in ihrer Freizeit.

Nach einem halben Unterrichtsjahr waren wir soweit, erste Zusammenfassungen auf Packpapier festzuhalten. Dabei wurde uns bewußt, daß die graphische Gestaltung sehr kompliziert ist, und wir baten den Zeichenlehrer um Hilfe. Zu unserem Glück war "graphisches Gestalten" als Schwerpunkt im Lehrplan der 6. Klasse (10. Schulstufe) vorgesehen, und so konnten die Plakate im Zeichenunterricht gestaltet werden.

Die weitere Vorgangsweise war:

- Besprechen der laut Lehrplan noch fehlenden Kapitel.
- Schmökern in der Schul- und Studienbibliothek, um Anwendungsbeispiele für den "physikalischen" Körper zu finden.
- Quälen durch teilweise medizinische Fachliteratur.
- Zusammenfassungen schreiben und weitere Plakate gestalten.

Zusätzlich mußten wir an die konkrete Gestaltung der inzwischen beschlossenen Ausstellung denken. Vor allem mußte die Frage gelöst werden: "Was bieten wir noch außer Plakaten?" Wir hatten folgende Ideen:

a) Modelle zum Anschauen und Begreifen aus der Biologiesammlung. Die Ausstellungsstücke sollen die "rein biologische" Seite darstellen. Modelle von Kniegelenken, Nieren, Muskelfasern, und so weiter, und natürlich den Max, das Skelett.

b) Versuche für die Besucher. Ein Sprint über mehrere Stiegen sollte eine Möglichkeit zur Leistungsfeststellung sein; Bleigießen, als Beispiel für die Aggregatzustände. Die verschiedenen Muskelspannungen wurden mit Hilfe von Fäden und Spiralfedern dargestellt. Kristallmodelle wurden aufgestellt, der Blutdruck gemessen,...

c) Etwas mit Unterhaltungswert. Wir sind doch eine Mediengesellschaft! Ein Videofilm, ganz kurz! Zu welchem Thema? Ein gesunder Körper übt sich in Funktionsgymnastik. Somit mußten wir zwei Turnstunden lang Gymnastik betreiben, um einen Streifzug über funktionell richtiges Turnen auf Videoband bannen zu können.

d) Etwas "Köstliches" für die Eröffnung der Ausstellung. Welche Speisen für welches Kapitel? Informationen und gute Tips holten wir von der Ernährungslehre, um energiebewußte, leistungsfördernde und gesunde Speisen anbieten zu können.

Der Schulschluß näherte sich mit Riesenschritten. Wegen Matura, Konferenzen, Wandertag, und so weiter fanden wir keinen passenden Termin. Wir einigten uns, alles soweit wie möglich vorzubereiten, und die Ausstellung gleich am Anfang des nächsten Schuljahres zu veranstalten.

Die Ausstellung

Dazu möchte ich aus dem Bericht der Schülerinnen zitieren:

"Am 19. 9. 1990 war es dann endlich so weit. Die Ausstellung wurde freigegeben. Nach einer amüsanten Rede unserer Frau Professor stürmten die Gäste, hauptsächlich Lehrer und Eltern, das Buffet.

Stolz waren wir, als Universitätsprofessor Dr. Kühnelt auf unserer Ausstellung erschien und Wohlgefallen zeigte.

An den zwei folgenden Tagen konnte das Projekt täglich drei Stunden besichtigt werden, was leider nicht allzu viele Leute wahrnahmen."

Und was war tatsächlich zu sehen?

Ich möchte stichwortartig die dargestellten und besprochenen Themenkreise beschreiben:

Arbeit: Das übliche Beispiel des Koffers zur Klärung des physikalischen Begriffs. Ein besonders schwerer (gefüllt mit Schulsachen) konnte gehoben werden! Da Arbeit und Energie unzertrennliche Partner sind (Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten), bestand dieser Teil des Buffets aus besonders energiereicher Nahrung.

Leistung: Der auf dem Plakat dargestellte Leistungsbe- griff sollte zur "Leistungserbringung" auffordern: vom Erdgeschoß bis in den dritten Stock laufen und natürlich die Zeit messen. Nicht viele wollten ihre Leistungsfähigkeit wissen! Neben dem physikalischen Aspekt entstand auch eine heftige Diskussion über geistige und sportliche Leistungen, die in diesem Plakat mündete.

Hookesches Gesetz: Nochmals Arbeit. Wenn man sich das Beispiel mit dem Koffer tragen in Erinnerung ruft, fragt man sich unwillkürlich, warum ein Träger überhaupt Geld bekommt, wenn er gar nicht arbeitet! Die Arbeit findet natürlich im Muskel statt, als chemo-elektrischer Vorgang (ungleich einer Wärmekraftmaschine). Wie ist nun der Muskel aufgebaut? Wie arbeitet er? Welche Spannungszustände können auftreten? Elastizität läßt sich durch Erhöhung der Temperatur steigern → Wichtig ist das Aufwärmen vor Belastungen!

Energie und Impuls: Leider kein eigener "Stand". Energiezufuhr über die Nahrung war im Buffet enthalten. Die Bedeutung dieser Begriffe für die Psyche des Menschen wurde diskutiert. Sonnenschein, Lob, Aufmunterungen, Motivation und so weiter sind Kraftstöße (Impulse) und setzen immer wieder Energie für Aktivitäten frei. Die hierzu stattgefundene Diskussion auf ein Plakat zu bannen, bedeutete eine zu starke Reduzierung dieses komplexen Themas, und so blieb es "nur für uns", wie es eine Schülerin ausdrückte.

Druck in schweren Flüssigkeiten, die Stömungslehre und so weiter endeten in der Betrachtung des Blutdrucks und dessen Messung bei den Besuchern der Ausstellung.

Die *Struktur der festen Körper* (Bindungsarten, Kristallgitter) führt natürlich zur Bildung von Gallen-, Nieren-

und Harnsteinen, und wie man ihr durch entsprechende Ernährung vorbeugen kann.

Aggregatzustände: Da es nicht nur feste Körper gibt, sondern auch flüssige und gasförmige, beschäftigten wir uns mit den Aggregatzuständen, vor allem mit ihrer "praktischen" Bedeutung. Die Besucher konnten schon im September ihre Zukunft aus Bleigebilden deuten. Dies zu ermöglichen, war zu diesem Zeitpunkt sehr schwierig, da es keine Bleifiguren gab. Dank gebührt vor allem der Post, die das Päckchen schnell genug beförderte.

Wasser "Lebensquelle" Nr 1. Aufbau nach der Formel H_2O , Anomalie, Oberflächenspannung, ... und natürlich ein köstliches Getränk!

Wie ging es nachher weiter?

Soweit die Kapitel, die wir bei der Ausstellung präsentierten. Wir arbeiteten aber an der Themenstellung, Anwendung physikalischer Gesetze auf Funktion und Bau des menschlichen Körpers weiter. Allerdings nicht mehr ganz so intensiv, ohne Ausstellung, nur zur Plakatgestaltung. Sämtliche Plakate hängen nun in dem Stiegenhaus, das die Funktionsräume für Physik, Chemie, Biologie, Zeichnen und die Küche verbindet. Sie sind nicht nur Zierde, sondern Informationsträger für Schülerinnen und Schüler der anderen Klassen und Eltern bei Elternsprechtagen.

Hebelgesetz: Welche Kräfte muß der Muskel aufbringen, um Lasten heben zu können? Der Arm beim Einkauf wurde ausgewählt, um auf das Plakat gebannt zu werden. Natürlich überlegten wir auch, wie groß die Kräfte beim Gehen, Heben von Kisten, und so weiter sind.

Akustik: Wie hört der Mensch? Bau des Ohres, das Innenohr als harmonischer Analysator.

Optik: Bildentstehung, Farbensehen,...

Kernphysik: radioaktive Strahlung, Nutzen und Gefahren für den Menschen, Wirkung radioaktiver Strahlung auf den menschlichen Körper, Verhalten bei Strahlenbelastung wie im Fall Tschernobyl

Elektrizitätslehre: Welche Ströme fließen im Körper? Wirkung elektromagnetischer Strahlung auf den Körper als Folge des Induktionsgesetzes. (Ganz kritisch muß vor allem in diesem Fall angemerkt werden, daß wir keine quantitativen Überlegungen anstellten. Elektrostreß ist ein Kapitel, das auch innerhalb der physikalischen Gesellschaft zu Diskussionen führt und nicht vollständig geklärt ist. Die Abgrenzung zum Wünschelrutenphänomen, die Grenze zwischen Realität (von lat. res = Sache) und Wirklichkeit (von wirken) ist in diesem Bereich, für mich, sehr verschwommen.)

Zum Schluß noch ein paar Sätze aus dem Bericht der Schülerinnen:

"Alles in allem muß gesagt werden, daß unser Projekt, obwohl es sehr viel Arbeit mit sich brachte, und die Begeisterung beinahe schon den Nullpunkt erreicht hatte, sehr viel Spaß gemacht hat und auch viele gute

Seiten hatte. Es fielen einige Stunden aus, wir konnten unsere Kochkünste verfeinern und wir lernten zusammenarbeiten.

Es ist uns zwar klar, daß nicht viele Menschen unsere Ausstellung besuchten, und es sicher nicht viele sind, denen wir die Physik näher gebracht haben, aber immerhin wissen WIR jetzt besser Bescheid.

Außerdem erfüllt es uns doch mit leisem Stolz, daß wir mit einfachsten Mitteln eine schöne Ausstellung zustande gebracht haben."

Literaturliste

[1]: Ken Wilber und andere: *Das Holographische Weltbild*, 2. Auflage, Scherz Verlag, 1986

[2] Gottfried Petri: *Idee, Realität und Entwicklungsmöglichkeiten des Projektlernens*, Herausgeber: Bundesministerium für Unterricht und Kunst, Graz, 1991

Verwendet wurden weiters vor allem österreichische Schulbücher, verschiedene Physiologiebücher und Artikel aus medizinischen Fachzeitschriften, die die Schülerinnen von Verwandten und Bekannten ausgeliehen hatten.



Energiebilanz von Haushaltsgeräten

K. Oberlercher, L. Mathelitsch, M. Sakulin

Überblick

Energiesparen durch effizienten und rationellen Energieeinsatz in allen Bereichen des täglichen Lebens ist eine Forderung von zunehmender Bedeutung, die an alle mittelbar und unmittelbar am Energiegeschehen Beteiligten gerichtet ist, um unsere Umwelt zu schonen und unsere Lebensqualität erhalten zu können. Beim Energieträger Elektrizität, der ca. 20% der gesamten an den Verbraucher abgegebenen Endenergie ausmacht, entfallen 26%, etwa 11 Milliarden Kilowattstunden, auf den Sektor Haushalt. Diese teilen sich zu etwa 1/5 auf die elektrische Raumheizung, 1/4 auf die elektrische Warmwasserbereitung, der Rest auf elektrische Haushaltsgeräte und Unterhaltungselektronik auf.

Wie Studien des Instituts für Elektrische Anlagen der TU Graz aus dem Jahr 1990 zeigen, könnte mehr als ein Drittel des Stromverbrauchs der Haushalte gespart werden, wenn diese mit den effizientesten am Markt erhältlichen Geräten ausgestattet würden. Die Ursachen für dieses hohe Energiesparpotential liegen einerseits in der unterschiedlichen Technologie, andererseits im unterschiedlichen technischen Entwicklungsstand der im Einsatz befindlichen Geräte. Die ständige Verbesserung der Gerätetechnik seitens der Gerätehersteller hat positiverweise zu einer deutlichen Verringerung des Durchschnittsverbrauchs der Geräte geführt, jedoch auch eine erhebliche Streuung der Gerätestromverbrauchswerte bei gleicher Dienstleistung der am Markt angebotenen Geräte entstehen lassen. Diese Streuung im Stromverbrauch der Geräte ist so groß, daß bei Ersatz eines 10jährigen Altgerätes durchaus die Gefahr besteht, daß das Neugerät schlechter ist als das alte.

Eine der wichtigsten Maßnahmen zur Realisierung der Sparpotentiale ist die umfassende Aufklärung der Bevölkerung über den geschilderten Sachverhalt, wozu unter anderem auch die Aufnahme der Thematik in den Schulunterricht dienen soll.

Das Thema wurde deshalb im Rahmen einer Diplomarbeit (Klaus Oberlercher: "HAUSHALTSGERÄTE - Physikalische Grundlagen, Energieanalyse und Erstellung von Unterrichtsmaterial") untersucht, wobei fünf Bereiche bearbeitet wurden. Unter dem Titel "Physikalische Grundlagen" erfolgte eine Zusammenstellung relevanter Gesetze und Materialkennwerte für die Gebiete Elektrotechnik und Thermodynamik. Im zweiten Teil wurden "Aufbau und Funktionsweise" von typischen Elektrohaushaltsgeräten besprochen. "Energieflußanalysen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen" im 3. Kapitel betreffen hauptsächlich den Endverbraucher, wohingegen

gen die "graue Energie" (Energie für Produktion und Entsorgung von Haushaltsgeräten, 4. Kapitel) primär mit dem Erzeuger verbunden ist bzw. sein sollte. Im letzten Teil wurde eine mögliche Umsetzung der Thematik im Physikunterricht an höheren Schulen untersucht bzw. werden Beispiele vorgestellt.

Im folgenden werden die letzten drei Kapitel genauer besprochen.

Für den Endverbraucher sind folgende Energiedienstleistungen von Relevanz:

- Das Heizen und Beleuchten der Wohnung
- Das Erwärmen und Kühlen von Nahrungsmitteln
- Das Waschen und Trocknen von Bekleidung und Geschirr
- Das Bereitstellen von Warmwasser
- Das Bereitstellen von Information und Unterhaltung

Welche Energiesparmöglichkeiten sind bezüglich dieser Bereiche vorhanden bzw. praktisch umsetzbar?

Energiesparpotentiale des Verbrauchers

Grundsätzlich sind für den Endverbraucher zwei Möglichkeiten des Sparens gegeben, nämlich beim Kauf bzw. beim Gebrauch des jeweiligen Gerätes.

Kauf: In verschiedenen Untersuchungen des Institutes für Elektrische Anlagen der TU Graz (Sakulin/Dell) wurde festgestellt, daß bei Geräten gleicher Dienstleistung große Unterschiede im Energieverbrauch auftreten können. Beispielsweise unterscheiden sich Kühlschränke desselben Preisniveaus im Energieverbrauch um den Faktor 8! Bei den anderen Haushaltsgeräten sind die größten Unterschiede nicht so extrem, erreichen aber auch beachtliche Werte. Bei Gefriergeräten etwa stellt man einen Faktor 4 fest, bei Waschmaschinen einen Faktor 2. Zusammengefaßt gilt folgendes:
Das teuerste Gerät ist oft nicht das mit dem geringsten Energieverbrauch! Selbst wenn das energetisch günstigste Gerät beim Kauf wesentlich teurer ist, könnte es trotzdem aufgrund des geringeren Verbrauchs billiger sein und sich innerhalb der Lebensdauer amortisieren!

Ersetzte man sämtliche in Verwendung befindliche Geräte durch Geräte mit mittlerem Energieverbrauch, die gegenwärtig von den Herstellern angeboten werden, so könnte man 17% des Stromverbrauches einsparen! Bei Ersatz des Gerätebestandes durch die energetisch günstigsten Geräte sparte man 37%! Bei Berücksichtigung des durch die Verwendung von energiesparenden Geräten auftretenden zusätzlichen Heizbedarfes (durch die geringere Abwärme der besseren Geräte) reduzieren sich diese Sparpotentiale um etwa ein Achtel. Dabei handelt es sich um ein Sparpotential, das in Zukunft durch Innovationen in der Gerätetechnik noch vergrößert werden könnte.

K. Oberlercher, L. Mathelitsch: Institut für Theoretische Physik, Universität Graz
M. Sakulin: Institut für Elektrische Anlagen, TU Graz

Gebrauch: Zusätzlich zum technischen Sparpotential existiert eine Sparmöglichkeit etwa ähnlichen Ausmaßes durch eine sachgerechte, energiebewußte Handhabung der Geräte. Darunter versteht man z.B. beim Kochen die Verwendung von geeignetem Topfmateriale (Druckkochtopf: Einsparung bis 65%), rechtzeitiges Ausschalten der Kochplatte (Einsparung: 10-15%), beim Kühlen die Einstellung der notwendigen Kühltemperatur, der passende Aufstellungsort (Einsparung: bis 30%), etc.

Es ist zu betonen, daß diese beiden Sparpotentiale realisiert werden können, ohne daß der Endverbraucher auf irgendeine Dienstleistung verzichten müßte.

Energiesparpotentiale aus Sicht der Umwelt- und Ressourcenschonung

Für die Energiepolitik bedeutet Energiesparen ein Mittel zum Erreichen übergeordneter Ziele, nämlich die langfristige, kostengünstige und ausreichende Versorgung mit Energie, die Schonung knapper Ressourcen, sowie die Erhaltung der Umwelt. Folglich wird neben den technischen Sparpotentialen auch eine gesamtheitliche Energiebetrachtung hinsichtlich Erzeugung und Entsorgung einzelner Haushaltsgeräte notwendig, da auch diese Prozesse einen Eingriff in unsere Umwelt darstellen.

Damit gelangen wir zum Begriff der "grauen" Energie. Darunter ist jene Energie zu verstehen, die in den Materialien der Haushaltsgeräte steckt, und zwar von der Gewinnung von Eisenerz und der Produktion von Stahlblech, über Erzeugung, Vertrieb, Servicedienst, etc. bis zur Entsorgung von Altgeräten. *Es gilt heute, neben der Verbrauchenergie auch diese "graue" Energie zu minimieren.*

Auf den ersten Blick könnte man meinen, es helfe, die Lebensdauer der Geräte zu erhöhen. Wenn wir jedoch den Energieeinsatz für die Herstellung eines Gerätes (≈ 1100 kWh für eine Waschmaschine) den für seinen 10-jährigen Gebrauch (≈ 4300 kWh) gegenüberstellen, so erkennen wir, daß eine Verlängerung der Lebensdauer zwar den neuerlichen Energieaufwand für eine Herstellung einige Jahre hinausschieben kann, daß aber der entstehende Energiemehrbedarf für den Gebrauch des alten Gerätes gegenüber einem Gerät neuerer Konzeption diese Einsparung übertrifft. Dies kann jedoch nur für die letzten zehn und die nächsten zehn Jahre mit einiger Sicherheit festgestellt werden. Tatsache ist, daß die Beantwortung dieser Fragestellung davon abhängt, wie schnell der Durchschnittsverbrauch der Geräte innerhalb eines bestimmten Zeitraumes sinkt und wie sich der Energieaufwand für Herstellung und Entsorgung entwickelt.

Mit Sicherheit kann lediglich gesagt werden, daß eine zukünftige Anpassung der Lebensdauer an die Geräteverbesserung nicht genügen wird und daß für eine größere Umweltverträglichkeit von Elektrohaushaltsgeräten eine andere Strategie notwendig ist: Abfälle müssen soweit wie möglich vermieden und durch das Bilden von Kreisläufen (Wiederverwertung) ersetzt werden.

Im Sinne dieser Kreislaufbildung müßte der Produktentwickler in die Gesamtverantwortung für ein Geräteleben eingebunden werden und deshalb Werkstoffe wählen, deren Herstellung möglichst umweltverträglich geschieht. Als erster Ansatz zu einer recyclingorientierten Konstruktion von Haushaltsgeräten sind im folgenden die wichtigsten Punkte genannt:

- Die Verwendung von Schadstoffen sollte möglichst vermieden werden. Gute Konstruktionsstoffe wie z.B. Asbest sind inzwischen als Schadstoffe erkannt worden und erfordern Alternativen.
- Es wird die Verwertung umso einfacher, je leichter die in einem Produkt verwendeten Bauteile demontierbar sind (trennfremdliche Modulbauweise), je kleiner die Vielfalt der Werkstoffe ist und je geringer die Werkstoffmengen selbst sind (recyclinggerechte Konstruktion und Materialauswahl).

Schließlich sollte der Erzeuger den späteren Verwerter darüber informieren, welche Werkstoffe verwendet wurden (international einheitliche Werkstoffkennzeichnung), bzw. welche Gedanken er sich zur Verwertungstechnologie gemacht hat.

Aspekte für den Physikunterricht

Bei der Umsetzung energiepolitischer Strategien stellt die Informationsweitergabe an den Endverbraucher eine wesentliche Aufgabe dar. Eine gute Gelegenheit bietet die schulische Ausbildung. Die Schüler sollten im Physikunterricht nicht nur ein physikalisches Grundlagenverständnis erlangen, sondern auch energetische Gesichtspunkte kennenlernen. Nebenbei könnte durch ein Verständnis der Problematik seitens der Schüler auch Information an die Eltern weitergegeben werden. Nicht nur die zukünftige Verbrauchergeneration, auch die gegenwärtige, könnte damit über die Schule wichtige Denkanstöße erhalten. Aus diesem Grund wird im letzten Kapitel der Diplomarbeit auf die spezielle Unterrichtssituation eingegangen. Es wird Anschauungsmaterial derart präsentiert, daß durch Kopieren auf Folien ein unmittelbarer Unterrichtseinsatz möglich ist. Weiters sind die für die Lehrperson relevanten Informationen zu den jeweiligen Arbeitsblättern nochmals in kompakter Form zusammengefaßt. Als Beispiel sind in diesem Artikel drei Abbildungen, die Waschmaschine betreffend, gezeigt.

Abschließend wird zum Thema "Energiesparen im Haushalt" folgendes Projekt vorgeschlagen: Mittels spezieller, einfach zu bedienender Energie-Meßgeräte, die bei Elektrizitätsgesellschaften, Energieberatungsstellen, etc. entliehen werden können, sollen verschiedene Messungen in einfacher Weise durchgeführt, dokumentiert und verglichen werden. Von den Geräten angezeigt werden die Werte für die angelegte Spannung, die Stromstärke, die verstrichene Zeit, die verbrauchten Kilowattstunden, den Leistungsfaktor, die Leistung, die Scheinleistung und die Blindleistung. Abhängig vom zu messenden Elektrogerät sind gewisse Begleitdaten (beim Kühlschrank z.B. der Nutzinhalt) von Bedeutung,

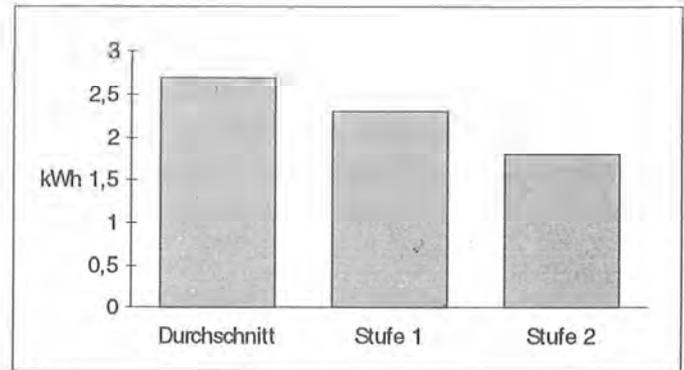
damit Meßergebnisse vergleichbar werden.

Abschließend können die Meßwerte in eine Gesamttabelle eingetragen und so der durchschnittliche Gesamt-tagesenergieverbrauch eines Haushaltes ermittelt bzw. die möglichen Einsparungen bei Verwendung von energiesparenden Geräten berechnet werden. Aktuelle Daten dazu können bei den Landesenergieberatungsstellen oder Elektrizitätsgesellschaften angefordert werden!

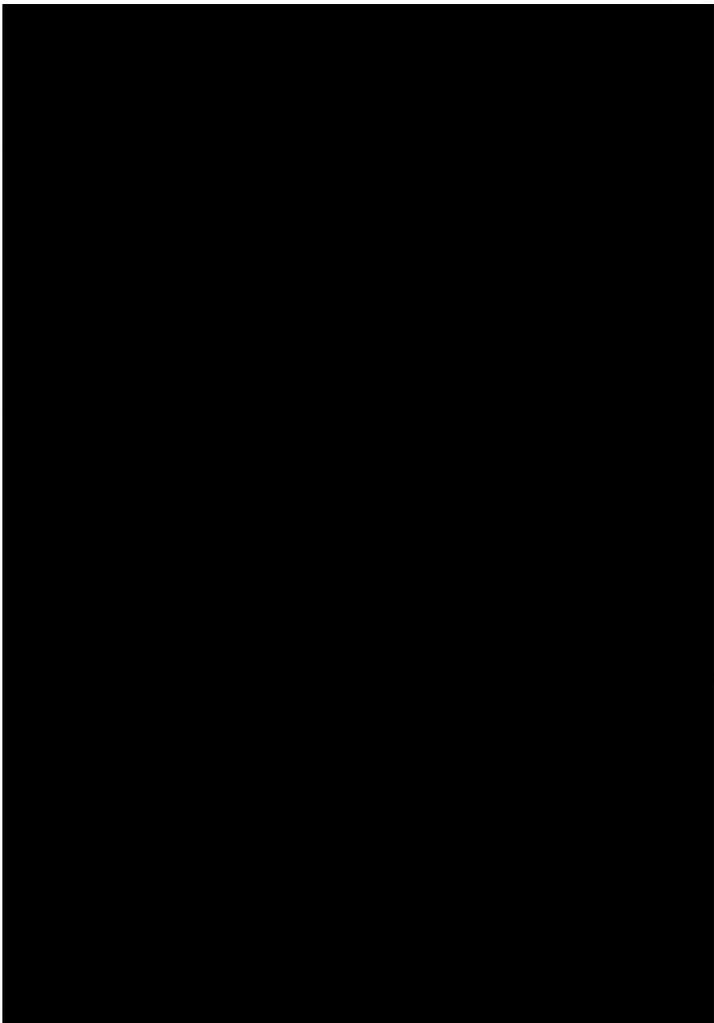
Interessant ist auch bei Geräten der Unterhaltungselektronik der Vergleich des Energieverbrauchs bei Betrieb und "Stand by"- Funktion!

Energieverbrauch von Waschmaschinen

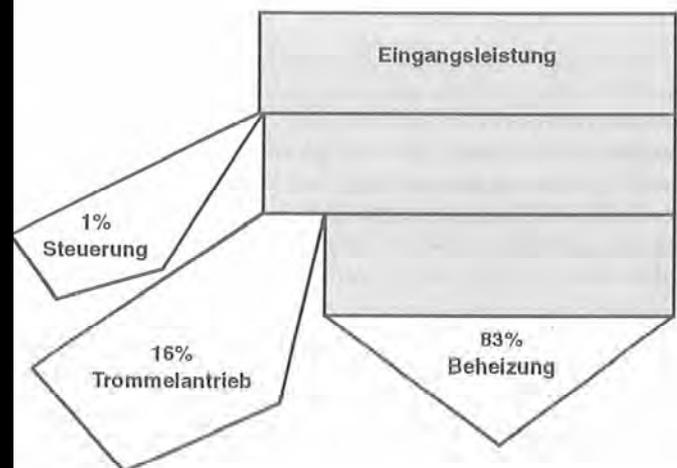
bei einem Kochwaschgang
in kWh
(1990)



Durchschnitt: durchschnittliches, in Verwendung befindliches Gerät
Stufe 1: durchschnittliches, im Handel erhältliches Gerät (1990)
Stufe 2: energiesparendstes, im Handel erhältliches Gerät (1990)



Energiefluß in der Waschmaschine



Ein Schwerpunktproblem

Anton Held

Ist es möglich, Spielkarten, Holzklötze oder ähnliche Quader lose aufeinander liegend so nacheinander über eine Kante vorkragen zu lassen, daß schließlich die oberste Karte, der oberste Klotz mit seiner vollen Länge übersteht, ohne daß das System kippt?

Um gleichzeitig mit theoretischen Überlegungen das Problem auch experimentell zu lösen, nimmt man am besten eine Anzahl, mindestens jedoch vier, gleichartige, möglichst homogene nicht zu kleine Holzquader, z.B. von einem Kantholz abgeschnitten. Deren Schwerpunkte liegen jeweils in der Körpermitte, was durch Markieren der Mittelpunkte der Seitenflächen angedeutet wird: $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots$

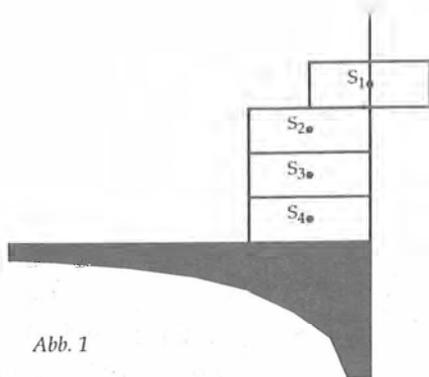


Abb. 1

Danach stapelt man alle Holzquader mit den Vorderkanten bündig an der scharfen Kante eines Tisches und schiebt den obersten Quader über die festgehaltenen anderen solange vor, bis er gerade noch nicht kippt (Abb. 1): Das ist genau dann der Fall, wenn er $l/2$ vorsteht, sein Schwerpunkt S_1 sich genau über der Kante des darunterliegenden Quaders und des Tisches befindet.

Nun schiebt man den ersten mit dem zweiten, darunterliegenden Quader gemeinsam weiter vor, bis das System gerade noch nicht kippt. Dies ist dann der Fall, wenn der gemeinsame Schwerpunkt ${}_1S_2$ genau über der Kante des dritten Quaders und auch der Tischkante liegt. Eine geometrische Konstruktion (Abb. 2) weist das zusätzlich nach, weil der Schwerpunkt ${}_1S_2$ in der Mitte der Strecke $S_1 S_2$ liegen muß. Die angreifenden Kräfte (Gewichte) verhalten sich wie 1:1 und nach dem Hebelgesetz ebenso die Kraftarme. Der zweite Quader kragt jetzt um $l/4$ vor, der erste schon um $l/2 + l/4 = 3l/4$ (Abb. 2)

Zur weiteren Verfolgung des Problems ist es günstiger, zuerst theoretische Überlegungen anzustellen.

Im System der Quader 1 und 2 mit dem gemeinsamen Schwerpunkt ${}_1S_2$ und dem dritten Quader mit dem

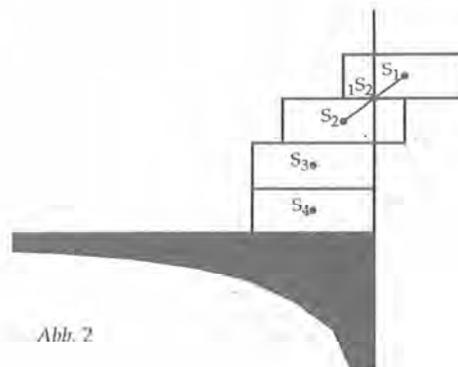


Abb. 2

Schwerpunkt S_3 verhalten sich die Gewichte nun wie 2:1. Der neue Gesamtschwerpunkt ${}_2S_3$ muß daher die Gerade ${}_1S_2 S_3$ (den Hebelarm) im umgekehrten Verhältnis 1:2 teilen. Mit dem Strahlensatz ist das schnell zu lösen (Abb. 3): ${}_2S_3$ liegt genau $l/6$ hinter der Kante von Quader 3. Man kann daher dieses 3-Quadersystem um $l/6$ über die Kante von Quader 4 vorschieben, ohne daß das System kippt. Der erste Quader kragt bereits um $l/2 + l/4 + l/6 = 11l/12$ vor.

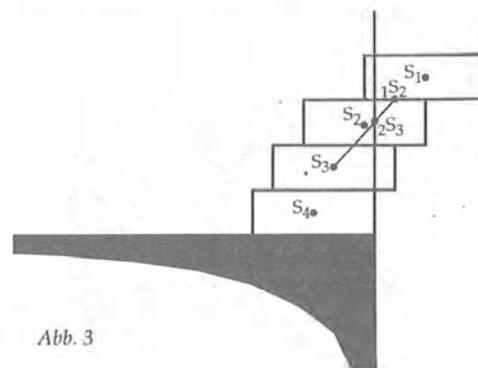


Abb. 3

Den nächsten gemeinsamen Schwerpunkt ${}_3S_4$ findet man auf die gleiche Weise: das Gewichte Verhältnis ist 3:1, das Hebelarmverhältnis 1:3, und es ergibt sich eine weitere Überkraglänge von $l/8$. (Abb. 4) Man zeichnet am besten die Entfernung $l/8$ auf der Seitenfläche von Quader 4 an und schiebt alle vier Quader um diese Stück vor. Dadurch kragt nun Quader 1 um $l/2 + l/4 + l/6 + l/8 = 25l/24$ vor, also um mehr als eine ganze Länge!

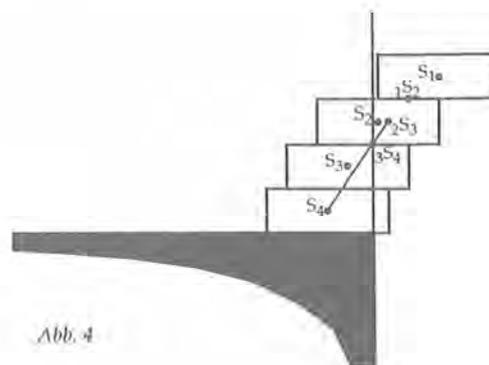


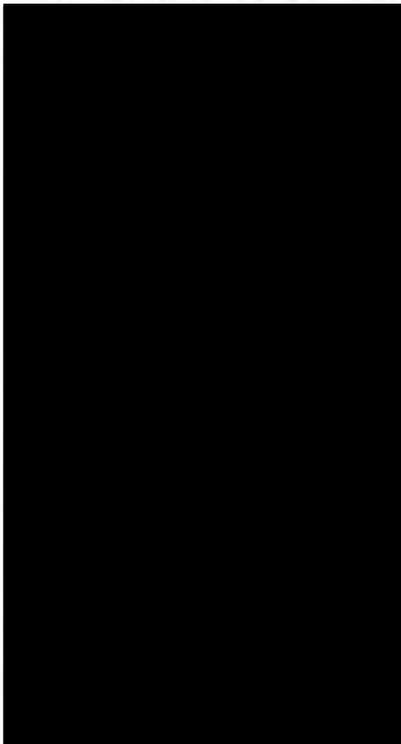
Abb. 4

Die vier durchgeführten Schritte lassen schon erkennen, daß sich die Überkraglänge \ddot{u} als Funktion der Quaderanzahl n darstellen läßt:

\ddot{u}	n	Faktor n_{r+1}/n_r
0,5	1	4
1	4	2,75
1,5	11	2,8182
2	31	2,6774
2,5	83	2,7349
3	227	2,7137
3,5	616	
6,5	243397	
7	675214	
		2,71828 $\approx e$

Das Vergleichen der Quaderanzahl n zeigt, daß immer genauer ein konstanter Vervielfältigungsfaktor auftritt, nämlich schließlich die Eulersche Zahl e .

Somit kann man schließlich jede beliebige Extremfrage beantworten: Zum Beispiel wieviele gleiche Spielkarten benötigt werden, um die oberste Karte 20 Überlängen (d.s. 40 halbe Überlängen) vorkragen zu lassen. Wenn man die ersten sechs halben Überlängen wegen zu geringer Näherung an e wegläßt, berechnet sich für 34 Halblängen $n = 227 \cdot e^{34} = 227 \cdot 5,834484 \cdot 10^{14} = 1,324428 \cdot 10^{17}$. Das sind ungefähr 132000 Billionen Spielkarten! Jedenfalls ganz sicher ein Gewichtsproblem!



Einladung zu einer internationalen Tagung zum naturwissenschaftlichen Unterricht

RIO FOLLOWUP

Eger, Ungarn, 22.-27. August 1994

Der Gipfel in Rio de Janeiro hat gezeigt, daß nach dem Ende des Kalten Krieges lokale und globale Umweltprobleme die zentralen Aufgaben der kommenden Generationen sein werden. Die Konferenz soll die Verbindung zwischen echten Fakten, Umweltanliegen, naturwissenschaftlichem Unterricht und demokratisch-verantwortlichem Handeln herstellen.

Plenarvorträge werden am Vormittag die jüngsten Fakten und Trends zusammenfassen. In den Nachmittagsworkshops werden die pädagogischen Aspekte, sowie Schulprojekte, Computersimulationen, Rollenspiele und Exkursionen vorgestellt und diskutiert.

Der Tagungsbeitrag von \$100 schließt den Tagungsband und den Empfang ein. Quartier und Verpflegung werden mit \$200, Quartier im Studentenheim mit \$50 berechnet.

Plenarvorträge: Humans and Nature. Science, Society, Education. Is Earth a habitable planet? The CO₂ Greenhouse. Earth, Gaia and their History. Entropy, Environment and Life. Discovery and Fate of the Ozone Hole. Sunspots and Climatic Variations. Report from Chernobyl. Consequences of Atmospheric Nuclear Tests. Health Effects of Low-Level Radiation. Health effects of Indoor-Radon. Beyond the Limits of Growth.

Workshops: Education in Global Change. Global Warming Game. Science Education and Public Relations. Monitoring Acid Rain. Thermodynamics of Sunlight. Teaching Solar Energy. Monitoring of UV-B Radiation. School Network for Radon Monitoring in UK. Physics Education to Understand the World. European Forum of Physics Education. The Place of Environment in Science Education.

Veranstalter sind: International Council of Scientific Unions, International Union of Pure and Applied Physics, UNESCO, International Centre for Theor. Physics in Trieste, Ungarische Akademie der Wissenschaften, Universität Budapest, u.a.

Auskünfte zu dieser Tagung können bei H. Kühnelt eingeholt werden.

Anmeldung bis Ende März bei

Prof. Dr. George Marx, Dept. of Atomic Physics, Eötvös Universität Budapest. FAX (0036-1)2660206

Freihandexperimente

Schon versucht ? Zwei Silvesterversuche

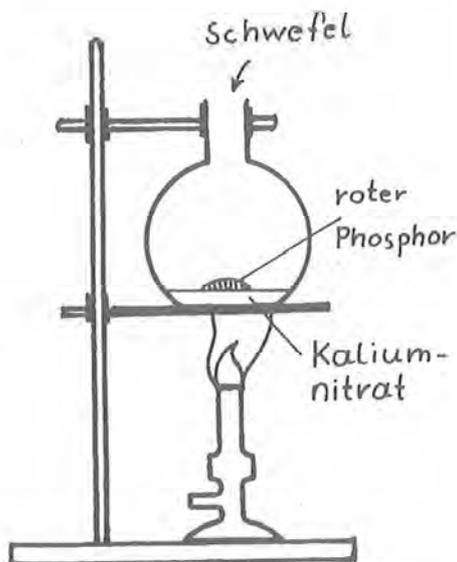
Werner Rentzsch

Zeitzünder

Bedarf: Kleiner Stand- oder Rundkolben (100 ml), Stativ, Stativmaterial, Drahtnetz, Brenner, Laborlöffel, Spatel, feuerfeste Unterlage, Kaliumnitrat, roter Phosphor, Schwefel

Sicherheitshinweis: Feuerfeste Unterlage verwenden (Bruchgefahr), einige Schritte zurücktreten, keine zu große Phosphor- bzw. Schwefelmenge verwenden, Abzug verwenden oder gut lüften, Schutzbrille.

Durchführung: In einen kleinen Kolben gibt man ca. 2 cm hoch Kaliumnitrat; darauf eine halbe Spatel roten Phosphor. Nun erhitzt man mit dem Brenner und tritt einige Schritte zurück. Die Reaktion tritt ein, wenn Kaliumnitrat geschmolzen ist. Wenn der Phosphor verbrannt ist, kann man noch eine Spatel Schwefel in die Schmelze einwerfen. **Auswertung:** Nach einigen Minuten schmilzt Kaliumnitrat und reagiert mit Phosphor unter lebhaften Feuererscheinungen. Auch beim Einwerfen des Schwefels kommt es zu starken Reaktionserscheinungen.



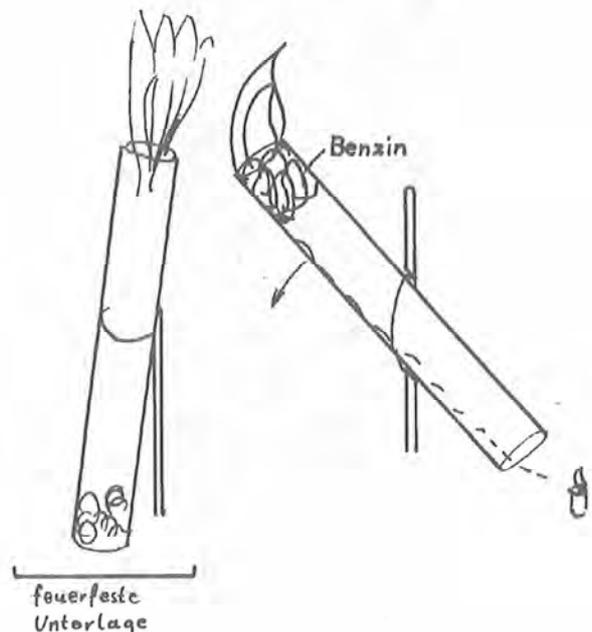
Der Ofen zieht

Bedarf: Schraubstativ, Stativmaterial, Ofenrohr (zwei 1 m lange Stücke, 13 cm Ø), Befestigungsdraht, feuerfeste Unterlage, Arbeitshandschuhe (Leder), Kerze, Handtuchrolle aus Papier, Benzin

Sicherheitshinweis: Benzinflasche wegstellen; Handschuhe tragen; feuerfeste Unterlage verwenden; Löschsand bereithalten.

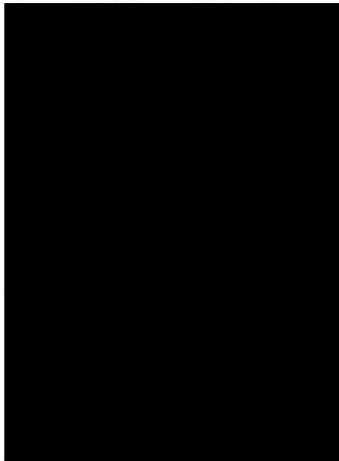
Durchführung: a) Zwei 1 m lange Stücke Ofenrohr werden zusammengesteckt und mit einem Schraubstativ in einem Winkel von ca. 45° beweglich befestigt. An das untere Rohrende stellt man eine brennende Kerze. In das obere Rohrende stopft man mit Benzin getränktes Saugpapier. Nach kurzer Zeit fließen die Benzindämpfe durch das Rohr bis zur Kerzenflamme und entzünden sich - die Flamme schlägt durch. b) Jetzt faßt man das Rohr mit den Lederhandschuhen und kippt es derart, daß das brennende Papier unten ist (über der feuerfesten Unterlage). Die heiße Luft steigt auf (Kaminwirkung) und aus der oberen Rohröffnung schlagen die Flammen heraus.

Auswertung: Erst entzünden sich die Benzindämpfe, und dann schlägt die Flamme durch das Ofenrohr. **Hinweise:** Die Kerzenflamme sollte im Rohr keine zu starke Wärmeströmung bewirken - die Dämpfe fließen sonst nicht oder zu langsam. Das Papier nicht zu fest in das Rohr stopfen - die Kaminwirkung funktioniert sonst nicht. Die feuerfeste Unterlage so hinlegen, daß das brennende Papier zum Schluß des Versuches auf die Unterlage fällt.



Große Köpfe - kleine Marken

Werner Rentzsch stellt vor:
Wissenschaftler auf Briefmarken



1956, 9.11. G.-A. "110 Jahre des Bestehens der Carl-Zeiss-Werke". 10 (Pfg.) schw'bl'grün Nr. 545 im Netto-Marktpreis-Katalog "Austria"

Der Meister optischer Geräte: Ernst Abbe

"Des neuen Lebens erster Tag bricht an"

Aus Abbes Tage- und Notizbuch anlässlich seines Studienbeginns im Jahre 1857.

Kindheit und Jugend in Eisenach

In der Stadt Eisenach, dem Geburtsort J. S. Bachs, in der auch das Lutherhaus steht, kam Ernst Carl Abbe am 23. Jänner 1840 zur Welt. Die Familie Abbe, der Vater Georg Adam, die Mutter Elisabeth Christina, geb. Barchfeld, und die um ein Jahr jüngere Schwester Sophie, lebten in dem Wohnhaus von Eichel-Streiber, bei dem Abbes Vater als Fabriktaufseher in der Kammgarnspinnerei beschäftigt war. Die Kindheit Abbes war von den harten Lebensbedingungen geprägt (der Vater arbeitete täglich bis zu 16 Stunden, die Mutter starb nach langem Siechtum an Tuberkulose im Jahre 1857) und den politischen Ereignissen - in Europa fand die bürgerlich-demokratische Revolution in den Jahren 1848/49 statt. Nach dem Zusammenbruch des sächsischen Aufstandes im Jahre 1849 versteckte Abbes Vater Flüchtlinge in einem Zimmer; bei Hausdurchsuchungen gab ihnen der neunjährige Abbe Zeichen, damit sie sich ruhig verhielten. Nach der Volksschule besuchte Abbe mit finanzieller Unterstützung von Eichel-Streiber - er sollte später in dessen Fabrik eintreten - auf Anraten seiner Lehrer die Realschule mit mathematisch-naturwissenschaftlichen und neu sprachlichen Fächern als Schwerpunkt. Neben seiner Schulzeit eignete er sich im Selbststudium zusätzlich Wissen an und war aktives Mitglied in einem Na-

turwissenschaftlichen Verein. Trotz heftiger Krampfanfälle, die sich in seinem vierzehnten Lebensjahr gelegt hatten und gelegentlichem Auftreten starker Kopfschmerzen, absolvierte Abbe das Realgymnasium in sieben statt in acht Jahren und legte sein Abiturrexamen 1857 mit sehr gutem Erfolg ab.

Die Studienzeit in Jena und Göttingen

Abbe war der erste Schulabgänger des Eisenacher Realgymnasiums, der mit dem Zusatz im Reifezeugnis "Zeugnis der Reife zum Abgang auf die Universität" das Recht hatte, nach der Schule die Universität zu besuchen. In sein Notizheft schrieb er im April 1857 "Des neuen Lebens erster Tag bricht an". Mit sehr bescheidenen finanziellen Mitteln, teilweise unterstützt durch das Elternhaus und Entfall der Vorlesungshonorare auf Grund eines sogenannten "Armutszeugnisses", begann Abbe 1857 in Jena Mathematik und Physik zu studieren. Zu den zuständigen Professoren Karl SNELL (1806-1886) und Hermann SCHAEFFER (1824-1900) hatte der Student so gute Kontakte, daß er sogar Bücher von ihnen ausleihen durfte. Während der vier Jenaer Semester belegte Abbe auch Botanik, Kristallographie, Pädagogik, Psychologie, Philosophie und Neueste Geschichte. In Schaeffers "Mathematischer Gesellschaft" hielt er mehrere Vorträge, wobei die letzten beiden die Ergebnisse einer von Snell gestellten physikalischen Preisaufgabe über Wärmeerscheinungen im Rahmen der Herzoglich Sachsen-Altenburgischen Josephinischen Stiftung zum Inhalt hatten. In der Preisverleihung 1858 hieß es zur Preisaufgabe: "Hierzu war eine Bearbeitung eingegangen, deren Verfasser, der Stud.ph. Ernst Abbe aus Eisenach, mit dem ersten Preis gekrönt wurde". Der Preis bestand aus 40 Talern und einer silbernen Medaille. Wie zu jener Zeit üblich, erfolgte ein Universitätswechsel, und zwar nach Göttingen. Einer der Gründe für die Wahl der Universität Göttingen dürfte ihr guter Ruf gewesen sein. Hier hatte Carl Friedrich GAUSS (1777-1855) bis 1855 gewirkt und zu Abbes Zeit lehrte der Physiker Wilhelm Eduard WEBER (1804-1891) und der Mathematiker Bernhard Friedrich RIEMANN (1826-1866). Von 1859 bis 1861 hörte Abbe mathematische und physikalische Vorlesungen, Geschichte, Chemie und Psychologie; zusätzlich besuchte er das von Weber 1850 mitbegründete Mathematisch-Physikalische Seminar. Vom Verbindungsleben hielt sich Abbe fern und war ein "Feind von gewissem Geselligkeitsschnickschnak in feinen Cirkeln und dergl."

Da seine finanziellen Mittel sehr beschränkt waren, beschloß er "in der Eile eine Dissertation auszuarbeiten, deren Thema sein wird: Erfahrungsmäßige Begründung des Principis der Mechanischen Wärmetheorie". Die Pro-

motion erfolgte am 23. März 1861 bei Weber und Riemann.

Lehrtätigkeit

Im Wintersemester 1861/62 hielt Abbe Vorträge über Wärme- und Elektrizitätslehre beim Physikalischen Verein in Frankfurt am Main. Eine Stiftung über 1000 Gulden vom Vereinsmitglied Michael REISS (1805-1869) ermöglichte es ihm, eine Habilitationsschrift anzufertigen: "Endlich ist der Privatdocent fertig - Gott sei's getrommelt und gepfiffen! Am Sonnabend habe ich disputiert und so eben die Probevorlesung absolviert, - was ursprünglich auch Sonnabend noch geschehen sollte, vom Dekan aber auf heute verlegt worden ist, - und damit ist denn die verdammte Hundekomödie glücklich vorüber; ..." Nach der Probevorlesung wurde Abbe in den Lehrgebieten Mathematik und Physik Privatdozent an der Großherzoglich- und Herzoglich Sächsischen Gesamtuniversität Jena. Er assistierte bei Snell, hielt selbst Vorlesungen und richtete ein physikalisches Praktikum ein. Im Mai 1870 wurde er zum außerordentlichen und im Juli 1878 zum ordentlichen Honorarprofessor ernannt.

Die Zeit bei Carl Zeiss

In der feinmechanischen optischen Werkstätte von Carl ZEISS (1816-1888) in Jena beschäftigte sich Abbe neben seiner Lehrtätigkeit ab 1866 mit dem Mikroskopebau. Nachdem Zeiss vergeblich versucht hatte, die Berechnungen für Linsenschliffe in nächtelanger Arbeit selbst zu erstellen, wandte er sich an Abbe, der nach langwierigen Studien die Probleme löste. Abbe beschäftigte sich mit Abbildungsfehlern der Mikroskopobjektive und entwickelte einen Spektralapparat zur Untersuchung von Beugungs- und Spektralphänomenen. Entscheidende Forschungen zum Auflösungsvermögen von Mikroskopen wurden von Abbe durchgeführt. Die Vergrößerung, bei der das Bild vom Betrachter noch scharf gesehen wird, bezeichnete er als "förderliche Vergrößerung".

Abbes fundamentale Formel für die Auflösungsgrenze: rechts in seiner eigenen Handschrift

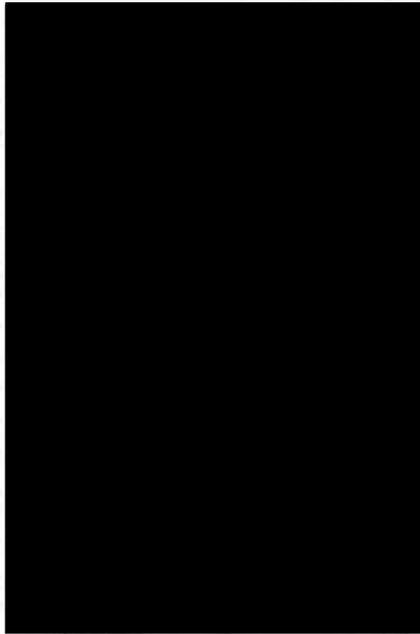
$$d = \frac{\lambda}{2n \sin \alpha}$$

d ...geometrischer Abstand der gerade noch erkennbaren Details eines Objekts
 λ ...Lichtwellenlänge
 n ... Brechzahl des Mediums (Luft, Flüssigkeit) zwischen Objekt und Objektiv
 α ... halber Öffnungswinkel
 n sin α ... numerische Apertur des Objektivs

Bekannt ist auch Abbes Arbeit "Ueber die Bedingungen des Aplanatismus", die Arbeit über die sogenannte Sinusbedingung: "Wenn ein optisches System für einen seiner Brennpunkte vollkommen aplanatisch ist, so trifft jeder von diesem Brennpunkt ausgehende Strahl eine durch den anderen Brennpunkt gelegte Ebene in einem Abstand von der Axe, dessen lineare Grösse gleich ist dem Product aus der Aequivalentbrennweite des Systems mit dem Sinus des Winkels, welchen der betreffende Strahl mit der Axe bildet." In die Zeit bei Carl Zeiss fällt auch die Hochzeit mit der fünf Jahre jüngeren Elise Snell im Jahre 1871; im Jahre 1872 kam die Tochter Margarete und 1874 die Tochter Paula zur Welt. Die kirchliche Trauung lehnte Abbe als Freidenker ab, und so hielt sein Schwiegervater statt des Pastors die Traured.

Teilhaber des Zeiss-Werkes und Gründer der Carl-Zeiss-Stiftung.

Mit einem Drittel des Reingewinns wurde Abbe 1875 Teilhaber der Werkstätte und des Handelsgeschäftes. Da eine Vervollkommnung des Mikroskopes in erster Linie von den "Fortschritten der Glasschmelzkunst" abhängt, kam es zur Zusammenarbeit Abbes mit Otto SCHOTT (1851-1935), einem Chemiker, der sich mit Fragen des Glases eingehend beschäftigte. Gemeinsam wurden neue Glassorten entwickelt, die von den Arbeitern der Zeisswerke zu Prismen und Linsen geschliffen wurden. Auch die Achromate, Linsensysteme, bei denen die chromatische Aberration für mindestens drei Farben beseitigt ist, wurden entwickelt. Im Jahre 1886 übersiedelte die Familie Abbe aus der bisherigen Dienstwohnung der Sternwarte, deren Direktion Abbe von 1877 bis 1900 innehatte, in ein Haus in unmittelbarer Nähe der Zeisswerke. Auch die finanziellen Sorgen früherer Zeit waren vorbei, und so konnte Abbe ein Privatlaboratorium einrichten und zur Erholung mehrmals in die Schweiz reisen. Aus dem ehemaligen Handwerksbetrieb mit ca. 20 Beschäftigten war im Laufe der Jahre ein Großunternehmen geworden, das z.B. im Jahre 1900 schon über 1000 Arbeiter und Angestellte zählte. Als Carl Zeiss im Dezember 1888 starb, übernahm Abbe die Leitung des



Ernst Abbe, Reliefplatte auf der Grabstätte

Zeiss-Werkes und der Sohn Roderich ZEISS (1850-1919) die Anteile seines Vaters. Im Jahre 1889 gründete Abbe die Carl-Zeiss-Stiftung und traf den Entschluß, sein Eigentum an Produktionsmitteln - die Hälfte am Zeiss- und ein Drittel am Schott-Werk - schon zu Lebzeiten an die Stiftung abzutreten. Als Roderich Zeiss eine große Abfindungssumme gewährt wurde, ging 1891 das Zeiss-Werk vollständig und das Schott-Werk zur Hälfte in den Stiftungsbetrieb über, der den Zeiss-Mitarbeitern objektiv mehr soziale Sicherheit und Vergünstigungen gewährte als andere kapitalistische Betriebe. Unter der Leitung Abbes ging die Firma vom Mikroskopebau zu einem bedeutenden feinmechanisch-optischen Konzern über. Anfang des Jahres 1903 waren Abbes Kräfte erschöpft. Viel Nacharbeit, übertriebener Tabakgenuß - Abbe war seit seiner Studentenzeit starker Pfeifenraucher - und immer höhere Dosen von Schlafmitteln untergruben seine Gesundheit. In einer kalten Winternacht, am 14. Jänner 1905, morgens um zwei Uhr verstarb Ernst Abbe. Fürsten und Minister, Arbeiter und Professoren bildeten den Trauerzug durch die Straßen Jenas. Die Grabstätte Abbes befindet sich auf dem Nordfriedhof in Jena. Die Reliefplatte schuf der Bildhauer Adolf von Hildebrand.

Quellen

- Bergmann-Schaeffer: *Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III, Optik*, Walter de Gruyter, Berlin, 1972
Fremdwörterbuch: naturwissenschaftliche und mathematische Begriffe, Band I, Weltbild Verlag, Augsburg, 1992
 Gaebert, Hans W.: *Der große Augenblick der Physik*, Loewes Verlag, Bayreuth, 1974
 Grimsehl-Tomaschek: *Lehrbuch der Physik, Band II*, Teubner Verlag, Leipzig, 1940
 Günther, Norbert: *Ernst Abbe*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1951
 Höfling, Oskar: *Physik, Band II, Teil 2*, Dümmler, Bonn, 1973
 Koenen, Heinrich: *Physikalische Plaudereien*, Verlag der Buchgemeinde, Bonn 1941
 Pötsch, Winfried R.: *Lexikon bedeutender Chemiker*, Verlag Harri Deutsch, Thun, 1989
 Schwenk, Ernst: *Mein Name ist Becquerel*, dtv, München, 1993
 Wittig, Joachim: *Ernst Abbe*, Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1989

PFL Naturwissenschaften

Hochschullehrgänge "Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/Innen" (PFL) am interuniversitären Institut für Forschung und Fortbildung (IFF)

Die im Wintersemester 1994/95 beginnenden Fortbildungsprogramme richten sich an Lehrerinnen und Lehrer, die eines der Fächer Deutsch, Englisch, bzw. Naturwissenschaften (Biologie, Chemie oder Physik) ab der 5. Schulstufe (AHS, BHS, HS ...) unterrichten und die

- an berufsbegleitender Fortbildung interessiert sind,
- ihre Kompetenzen in pädagogischer und fachdidaktischer Hinsicht weiterentwickeln wollen,
- den eigenen Unterricht erforschen wollen,
- Neues erproben und aktiv an der Schulentwicklung beteiligt sein wollen,
- bereit sind, Unterrichtsversuche zu dokumentieren und anderen zugänglich zu machen.

Ausgangspunkte der Weiterbildung sind nicht Defizite an Wissen und Fähigkeiten, sondern bereits vorhandene Qualifikationen der Teilnehmer. Die Lehrgänge bieten einen Rahmen, in dem Lehrer/innen ihre Kompetenzen durch gemeinsame Arbeit an beruflichen Problemen weiterentwickeln können. Erfahrungslernen geht vor Wissensvermittlung durch Experten.

Zur Organisation: Die Lehrgänge sind viersemestrig und bestehen aus Pflichtveranstaltungen im Ausmaß von insgesamt 26 Semesterwochenstunden, die aufeinander aufbauen. Sie sind berufsbegleitend und enthalten unterschiedliche Arbeitsformen. Die Lehrgänge umfassen

- drei einwöchige Seminare,
- Zusammenkünfte von regionalen Arbeitsgruppen,
- ein Praktikum (eigenständiges Arbeiten an der Schule).

Kontaktadressen zu den Hochschullehrgängen PFL:

Gesamtkoordination: Dr. Konrad Kainer
 PFL Naturwissenschaften: Dr. Thomas Stern

Anschrift jeweils: Interuniversitäres Institut für Forschung und Fortbildung, Abteilung "Schule und gesellschaftliches Lernen", Sterneckstraße 15, 9020 Klagenfurt, Tel. (0463) 2700-737/738.

Anmeldung: Voranmeldungen zu den im Wintersemester 1994/95 beginnenden Lehrgängen sind an das IFF, z.H. der Kontaktperson für das jeweilige Fach zu richten.

Bericht des Arbeitskreises "Frauen und Physik" der ÖPG

Gerda Bodenseher und Helga Stadler

If you are solving a flow equation, there is not a woman's way or a man's way: there is the way the air flows around an airplane wing - it just flows around the wing.

Mildred Dresselhaus, Physisit

Austria has a relatively low proportion of graduates in science and engineering and a low proportion of women graduates in engineering.

OECD-Bericht, Review of Higher Education Policy in Austria, Paris 1993

Vorbemerkungen

Aufgrund von Empfehlungen internationaler Institutionen, wie der UNESCO, wurden und werden in den einzelnen Ländern Maßnahmenpakete zur Gewährleistung der Chancengleichheit für Mädchen im Bildungsbe- reich, insbesondere in den technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen, beschlossen. Seit 1989 finden alle zwei Jahre internationale Tagungen zum Thema "Girls and Science and Technology" (GASAT) statt. Seit Mitte der Achtzigerjahre finden auch in Österreich Tagungen, Workshops und Hearings zu diesem Thema statt.

Der von der ÖPG inaugurierte Arbeitskreis "Frauen in der Physik" hat im Studienjahr 1992/93 vor allem eine datenmäßige Erhebung des österreichischen Status quo durchgeführt. Diesbezügliche Richtlinien wurden in der konstituierenden Sitzung vom 30.1.93 in Linz festgelegt. Die Ergebnisse dieser Enquete wurden unter Berücksichtigung einschlägiger Untersuchungen aus den USA und einigen europäischen Ländern (GB, F, I, D) in den weiteren Arbeitssitzungen vorgetragen und zur Debatte gestellt. Der Sprecher der Arbeitsgruppe, Prof. G. Bauer informierte die ÖPG in einem Kurzreferat im Rahmen der Hauptversammlung über die Aktivitäten des AKs.

Statistische Untersuchungen

Der österreichischen Hochschulstatistik für das Studienjahr 1991/92 ist zu entnehmen, daß der Anteil der Frauen an der Gesamtstudentenanzahl österreichweit im Studienjahr 1991/92 43,2% betrug. An den Naturwissenschaftlichen Fakultäten betrug dieser Prozentsatz im Fach Physik 18% (Diplom und Lehramtsstudien). An den Technischen Universitäten sind nur 15,5% der studierenden Frauen. Diese konzentrieren sich allerdings auf einige wenige Fächer, insbesondere auf Architektur (35,5%), Chemie (30,9%) und technische Mathematik (25,7%). Unter den Elektrotechnikern beträgt der Frauenanteil 2,7%; zahlenmäßig heißt das, daß von 4375

Studenten/innen nur 116 Frauen waren. Zum Vergleich weitere Zahlenwerte: bezogen auf die Naturwissenschaftlichen Fakultäten beträgt der Frauenanteil in der Biologie 57%, in der Mathematik 39,3% und in der Chemie 41,9%. Bei den Diplomabschlüssen in der Mathematik sind 47,7% Frauen, in der Chemie 24,2%, in der Physik nur 15,9%. Der Frauenanteil der Studenten insgesamt hat sich von 33% im Studienjahr 1975/76 auf 43% im Studienjahr 1991/92 erhöht, in der Physik im entsprechenden Zeitraum von 12,2% auf 18%.

Projekte

Die geringe Präsenz der Frauen in der Physik ist schon im Schulgeschehen prädestiniert und wird im Wahlverhalten (Schultyp, Wahlpflichtfächer, Physikolympiaden, etc.) sichtbar. Zu dieser Thematik liegen international bereits eine Vielzahl von Studien vor. Zur Untersuchung der österreichischen Situation hat die Physik-Didaktikarbeitsgruppe in Graz bei den zuständigen Ministeriumsabteilungen Projektanträge eingereicht.

An der Universität Innsbruck ist unter Prof. T. Märk eine Studie über studentinnenspezifische Schwierigkeiten im Umgang mit technischen Geräten unternommen worden. Erste Ergebnisse der von Fr. Mag. Seekirchner gemachten Untersuchungen liegen in Rohform vor und lassen den Schluß zu, daß weibliche Studierende aufgrund der anders verlaufenden Sozialisation psychische Hemmschwellen haben. Sie verfügen über ein weniger stark ausgeprägtes Selbstbewußtsein und eine zu bescheidene Selbsteinschätzung, die in ihrem aktuellen zu beobachtenden Verhalten von den Beurteilenden als Kompetenzmangel interpretiert werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten, die in den USA, Frankreich, Deutschland etc. ermittelt worden sind.

Diese vorläufig zur Verfügung stehenden Daten werden noch vervollständigt und einer eingehenden Prüfung unterzogen. Der Arbeitskreis wird einen Diskurs über die daraus zu folgernden Maßnahmen führen und seine Ergebnisse öffentlich zur Debatte stellen.

You do what you can do. You can't get yourself invited to things if you don't get invited.

Christina L. Williams, Neuroscientist

Frauenanteil an den naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten im Fach Physik. Akademische Laufbahn. (Vergleich mit Gesamtfrauenanteil an den Universitäten). Stand 1990. Quellen: Österreichische Hochschulstatistik; Evaluationsbericht 1990; M. Ritsch-Marte, Boltzmannpreisträgerin 1993, Mitglied des Arbeitskreises.

Hörerzahlen im Fach Physik. Entwicklung seit 1975.
Quelle: Österreichische Hochschulstatistik.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts

Aufruf zum Beitritt

Der Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts lädt alle Fachkolleginnen und -kollegen, die noch nicht dem Verein angehören, zum Beitritt ein. Derzeit beträgt der Mitgliedsbeitrag S 150,- (für Studierende S 30,-). Anmeldungen können jederzeit erfolgen. Durch Ihre Mitgliedschaft sichern Sie sich eine frühzeitige Verständigung über die Fortbildungswoche mit ihrem vielfältigen Angebot. Gerade die Praktika sind meist schnell ausgebucht. Das Mitteilungsblatt kann aus Kostengründen regelmäßig nur an Mitglieder versandt werden.

Gegenwärtig umfaßt der Verein rund 800 Chemie- und Physiklehrer an AHS, BHMS und Hauptschulen aus ganz Österreich. Der Verein wurde vor 100 Jahren gegründet. Er verfolgt laut Satzung den Zweck, "den physikalischen und chemischen Unterricht aller Schulgattungen in wissenschaftlicher und didaktischer Hinsicht zu vervollkommen." Dies soll durch "Vorträge, Vorführung und Besprechung von Apparaten und Versuchen, Studiengängen, Herausgabe einer Vereinsschrift, Lehrgänge für die Weiterbildung..." erreicht werden. Pflicht der Mitglieder ist die "tätige Anteilnahme an den Arbeiten des Vereins und die Leistung des Mitgliedsbeitrages 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:

Wohnanschrift:

Straße:

PLZ und Ort:

Datum: Unterschrift:

Bitte senden an:

Verein zur Förderung des phys. und chem. Unterrichts
z.Hdn. Prof. Dr. H. Kühnelt
Institut für Theor. Physik
Strudlhofgasse 4
1040 Wien

Preise der ÖPG

Roman Ulrich Sexl - Preis

der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft für besondere Leistungen in Unterricht und Lehre der Physik

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft stiftet mit dem Ziel der Förderung einer motivierenden und effizienten physikalischen Lehre den Roman Ulrich Sexl-Preis.

Die auszuzeichnenden Leistungen können in der Lehre, in der Unterrichtsplanung und Unterrichtserteilung auf jedem Wissensniveau, im Rahmen der Lehrerfortbildung oder bei der Erstellung von Lehrbehelfen jeder Art erbracht werden. Es werden nur solche Leistungen ausgezeichnet, die sich in der Lehrpraxis bewährt haben. Als Preisträger kommen Personen bzw. Personengruppen in Betracht, die ihre auszuzeichnenden Leistungen in Österreich erbracht haben.

Vorschläge auf Auszeichnung können durch jedes Mitglied der ÖPG gemacht werden. Eigenbewerbung ist ausgeschlossen.

Der Roman Ulrich Sexl-Preis ist derzeit mit ÖS 20.000,- dotiert, die alternierend vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und vom Bundesministerium für Unterricht und Kunst zur Verfügung gestellt werden.

Über die Zuerkennung des Preises entscheidet der Vorstand der ÖPG unter Ausschluß des Rechtsweges.

Vorschläge müssen bis spätestens

28. Februar 1994

beim Vorsitzenden der ÖPG:

Univ. Prof. Dr. Heinrich MITTER
Institut für Theoretische Physik
Karl-Franzens-Universität Graz
Universitätsplatz 5, A-8010 Graz

eingereicht werden.

Prämierung von Fachbereichsarbeiten Physik

In Würdigung der Tatsache, daß Fachbereichsarbeiten aus Physik praktische und theoretische Kenntnisse vertiefen, die Herstellung von Querverbindungen zu anderen Fächern erlauben und es zudem ermöglichen, die Bedeutung der Physik als Teil der Kultur darzustellen, schreibt die ÖPG erstmals im Jahre 1994 eine Prämierung von Fachbereichsarbeiten in Physik aus. Damit möchte die ÖPG auch demonstrieren, daß sie Fachbereichsarbeiten für einen wichtigen und wünschenswerten Teil der Matura hält.

Die ÖPG lädt daher Physiklehrer, die eine von ihnen im laufenden Schuljahr vergebene Fachbereichsarbeit für auszeichnungswürdig erachten, und auch Personen der Schulaufsicht, welche Kenntnis von einer auszeichnungswürdigen Fachbereichsarbeit haben, ein, eine solche bis zum

15. Juli 1994

einzureichen.

Hiezu ist es erforderlich eine Kopie der Arbeit, welche im Einvernehmen mit dem Verfasser erstellt wurde, zusammen mit einer Begründung (max. 1 A4 Seite) an

Univ. Prof. Dr. Heinrich MITTER
Institut für Theoretische Physik
Karl-Franzens-Universität Graz
Universitätsplatz 5, A-8010 Graz

zu senden. Die Arbeiten werden von einer vom Vorstand der ÖPG eingesetzten Jury beurteilt.

Neben einem Anerkennungsschreiben winkt den Ausgezeichneten und ihren Betreuern ein ganztägiger Besuch des Forschungszentrums Seibersdorf. Die prämierten Arbeiten sollen ferne im Rahmen der Jahrestagung 1994 in Innsbruck als Poster präsentiert werden.

Denksportaufgaben

Das Schätzen wird im Lehrplan sehr hervorgehoben, so ist es hin und wieder interessant bis belustigend im Physik- oder auch Mathematikunterricht Schätzaufgaben zu stellen, die großartig-falsche Ergebnisse von den Schülern, aber nicht nur von diesen, erwarten lassen:

Beispiel 1

Welche Masse haben 1000 (eintausend!) Eisenkugeln mit einem Durchmesser von einem Millimeter, bei einer Dichte von $\approx 7,8 \text{ kg/dm}^3$?

Beispiel 2

Man stelle sich einen riesigen Würfel mit einer Kantenlänge von einem Kilometer vor, der bis zum Rand mit Wasser gefüllt ist.

Wie lange dauert es, bis der Behälter leer ist, wenn pro Sekunde ein halber Kubikmeter ausfließt? (Keine Verdunstung, kein Nachfüllen durch Regen, etc.)

Viel Spaß beim Schätzen (oder Raten?)!

Künibert Hirscher
Annaberg 94
5524 Annaberg im Lammertal

Bücherecke

Historische Dokumente

Herausgegeben von G. Oberkofler u.a. wird eine Schriftenreihe der Zentralbibliothek für Physik in Wien und des Archivs der Universität Innsbruck, die Briefe und Dokumente zu bedeutenden österreichischen Wissenschaftlern der Öffentlichkeit vorstellt und kommentiert. Erschienen sind bisher:

Erwin Schrödinger - Briefe und Dokumente aus Zürich, Wien und Innsbruck. 55 S, 1992.

Dieses Heft dokumentiert die Züricher Jahre von Schrödinger in Hinsicht auf die damals versuchte Berufung Schrödingers nach Innsbruck und sein schließlicher Abgang nach Berlin als Nachfolger von Max Planck.

Richard Kuhn - Skizzen zur Karriere eines österreichischen Nobelpreisträgers. 63 S, 1992.

Neben einer Biographie enthält dieses Heft im wesentlichen Dokumente zur Berufung des damals 26-jährigen an die ETH Zürich. Auch ein Aktenvermerk ist in Facsimile wiedergegeben, der die Versuche der Wiener Hochschule im Jahr 1946 zeigt, Richard Kuhn nach Österreich zu bringen. Kuhn (1900-1967) hatte Österreich 1919 verlassen und es war nie gelungen, ihn wieder in der Heimat sesshaft werden zu lassen.

Österreichische Mathematik und Physik: Wolfgang Gröbner - Richard von Mises - Wolfgang Pauli. 71 S, 1993.

Neben einer Biographie der Mathematiker Gröbner und von Mises stellt dieser Band die Kontroverse dar, in deren Mittelpunkt Gröbner durch seine logisch-analytische Religionskritik geriet und die ihn in Konflikt mit dem Innsbrucker Bischof brachte. Abschließend erinnert sich W. Franck seiner Begegnungen mit Wolfgang Pauli und zeichnet damit ein lebendiges Bild des Nobelpreisträgers.

Von den Heften sind mit Ausnahme des Schrödinger-Bandes noch Bestände vorhanden, die bei Interesse kostenlos abgegeben werden. Interessenten mögen sich an Univ.-Prof. Dr. G. Oberkofler, Archiv der Universität Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck, wenden.

H. Kühnelt

Roman Worg: Deterministisches Chaos - Wege in die nichtlineare Dynamik

BI-Wiss.-Verl., 1993 - Mannheim; Leipzig; Wien; Zürich. ISBN 3-411-16251-1; 200 S., OES 297

Wahrscheinlich sind die Assoziationen mit dem Begriff Chaos ebenso zahlreich und vielfältig wie die - oft populärwissenschaftlichen - Publikationen zu diesem Thema. Dieses Buch beschäftigt sich mit dem 'deterministischen Chaos' im wissenschaftlichen Sinn.

Begriffe wie Determinismus, starke und schwache Kausalität, Sensitivität auf Anfangsbedingungen und Störungen werden erklärt und insbesondere am Rotationspendel mit Unwucht besprochen. Wichtigen Phänomenen, wie Bifurkationsszenario, seltsamen Attraktoren und Intermittenz folgen verschiedene Darstellungsmöglichkeiten (Feigenbaum-Diagramm, Darstellung im Phasenraum, Poincaré-Schnitte, usw.). Diese werden sowohl anhand von Realdaten aus dem Experiment, als auch mit Hilfe von Simulationsprogrammen ausführlich diskutiert.

Ein eigenes Kapitel über Iterations-Modellierung vergleicht die erhaltenen Darstellungen mit bekannten Iterationssystemen (logistische Funktion, Henon-System) und erarbeitet - jeweils begleitet von genauen Überprüfungen und dem Aufzeigen notwendiger Korrekturen - eine iterative Beschreibung des 'Rotationspendels mit Unwucht'. Der Autor bietet zahlreiche Simulationsprogramme an, die sich 'für selbständiges Studieren und Forschen am simulierten Experiment' eignen (in Turbo Pascal V5.5 für DOS-Computer mit EGA/VGA-Bildschirm geschrieben).

Zur Quantifizierung der beschriebenen Phänomene werden der Liapunov-Exponent (als Maß für nichtlineares Verhalten) und die fraktale Dimension (als Maß für die Struktur) eingeführt und verschiedene Berechnungsverfahren beschrieben.

Erwähnenswert ist eine geschichtliche Zusammenstellung von Publikationen (beginnend mit Newton und Kepler). Diese werden den einzelnen Entwicklungsstufen des 'neuen' Wissensgebietes 'deterministisches Chaos' (normale Wissenschaft der Vorsituation, Hinweise zum Umbruch, Paradigmenwechsel, Strukturausbildung, neue normale Wissenschaft) zugeordnet.

Das Buch ist eine empfehlenswerte Einführung in das deterministische Chaos aus der Sicht des praktischen Physikers. Es bietet zahlreiche Anregungen für die Behandlung dieses Gebietes im Unterricht der Oberstufe, besonders im Wahlpflichtfach Physik.

W. Pfister