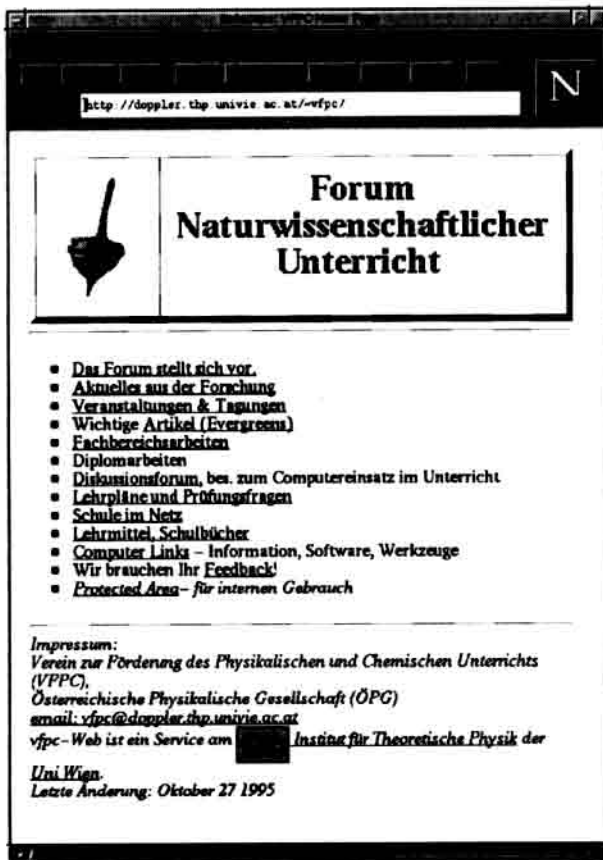


# PLUS LUCIS

# 3/95

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



Computer und neue Medien  
Fachbereichsarbeiten  
Physikolympiade  
Unterrichtsideen  
Experimente  
Nobelpreise  
Bücherecke

50. Fortbildungswoche  
26.2. - 1.3.1996

# Physik Chemie

## Impressum

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

Erscheint viermal jährlich.

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

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

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

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

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

Beiträge werden erbeten an:

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

HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg

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

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

## Inhalt

<b>Vorwort: Hurra, wir sind im Internet!</b> .....	1
Leserbrief .....	2
<b>Neue Medien im Unterricht</b>	
Total digital? .....	3
CD-ROM und Video als Hilfsmittel im fächerübergreifenden Unterricht .....	4
Computer im Physikunterricht - pro und contra .....	10
Arbeitskreis Computer im Chemieunterricht .....	12
<b>Nobelpreise 1995</b>	
<b>Nobelpreis für Physik</b>	
Die Entdeckung des Tauons .....	13
Der Nachweis des Neutrinos .....	14
Ankündigung der kgl. schwed. Akademie der Wiss. ....	20
<b>Nobelpreis für Chemie</b>	
Atmosphärenchemie und Ozonloch .....	15
<b>Friedensnobelpreis</b>	
Joseph Rotblat und die Pugwash-Konferenz .....	17
The Pugwash Manifesto .....	19
<b>Aktuelles</b>	
26. Internationale Physikolympiade in Canberra .....	26
Fachbereichsarbeiten aus Physik 1995 .....	29
<b>Für die Praxis</b>	
Ausgewählte Demonstrationsexperimente .....	23
Experimente zur Polarisation von Licht .....	30
Unterrichtsprojekt Raps – Chemie 4. Klasse .....	34
<b>Freihandexperimente</b>	
Freihandexperimente .....	36
Der blinkende Weihnachtsbaum .....	36
<b>Ankündigungen</b>	
Farbtransparente für Atom- und Kernphysik .....	35
Engelbert-Broda-Seminar .....	35
<b>Bücherecke</b> .....	38

Umschlagbild:

Homepage des Vereins im Internet  
(<http://doppler.thp.univie.ac.at/~vfpc>)

# Hurra, wir sind im Internet!

Die Wissenden haben es schon am Titelblatt gesehen, der Zug der Zeit ist nicht aufzuhalten. Ab nun ist auch der Verein im Internet mit einer eigenen - wie es so schön im Kauderwelsch der Insider heißt - Homepage vertreten und neben diesem Aushängeschild auch mit Inhalten. Das *Forum Naturwissenschaftlicher Unterricht* existiert und bietet sich als Informations- und Diskussionsplattform an. World Wide Web (WWW), das weltumspannende Gewebe, wurde am CERN als Hilfsmittel für die Kommunikation und den Datenaustausch innerhalb der riesigen, über die ganze Welt verstreuten Partner der Hochenergieexperimente entwickelt und hat sich binnen kürzester Zeit zum fast unverzichtbaren Hilfsmittel entwickelt. Das Angebot an Daten für jedermann wird immer größer, die Zahl der möglichen Ansprechpartner in allen Kontinenten ebenfalls.

Was bieten wir im WWW? Zunächst Informationen: Aktuelles aus der Forschung, Presseaussendungen der APA als Auswahlliste, interessante Mitteilungen der NASA, Bilder vom Hubble Telescope, Information über die Nobelpreise, aktuelle Lehrpläne, Facsimile von fachdidaktisch orientierten Diplomarbeiten, von Fachbereichsarbeiten, interessante Aufsätze, wichtige Aussagen zum Unterricht, Bibliographien und natürlich auch Informationen über Lehrmittel - sagen Sie uns, was Ihnen abgeht.

Doch dies allein wäre eine Einbahnstraße. Daher wollen wir echte Kommunikation: Ein elektronisches Diskussionsforum auf Grundlage von Electronic Mail (e-mail) soll den Meinungsaustausch über aktuelle Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts fördern. Hier werden wohl der Computereinsatz und die neuen Medien im Vordergrund stehen, doch soll dies nicht ausschließlich der Fall sein. Die wichtigsten Beiträge und die oft gestellten Fragen mit ihren Antworten (sog. FAQs, frequently asked questions) werden in einem Archiv vor dem schnellen Vergessen bewahrt. Spezielle Probleme werden an Spezialisten weitergeleitet.

Und dies soll schon wirklich fertig sein? Fertig wird das Projekt nie sein, aber wir sind so zuversichtlich, daß wir es nach internen Tests an die Öffentlichkeit lassen und - in der Sprache der Gurus - zum Beta-Test freigeben. Erfahrungsgemäß beginnen damit die wirklichen Probleme und die Kunden fordern, was die Planer nie bedachten.

Wie können Sie das Angebot nutzen und selbst beitragen?

Die Antwort für Gurus ist kurz - und für den größeren Teil der Leser sicher noch unverständlich: Stellen Sie mittels Ihres bevorzugten WWW-Browsers eine Verbindung zu

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

her und alles andere, auch das Abonnement der Diskussionsliste wird Ihnen keine Schwierigkeit bereiten.

Wie können Sie, liebe Kolleginnen und Kollegen, die erst an der Schwelle zum sagenhaften Reich der unendliche Informa-

tion (womit ich die Probleme der Bewältigung der Datenflut andeuten möchte) stehen, das *Forum* nützen? Rein technisch gesehen, brauchen Sie einen WindowsPC (mit Mac geht es natürlich auch) mit freiem Platz auf der Festplatte (ca. 5 MB), einen vollen Telefonanschluß mit der österreichischen Steckdose, ein Modem für den Datentransfer und die geeignete Software (kann bei Bedarf gegen Unkostenersatz inklusive Installationsanleitung zugeschickt werden, die Software selbst ist für Unterrichtszwecke frei erhältlich). Ja, und fast wäre das wichtigste vergessen: eine Zugangsberechtigung zum Internet entweder über die Schulverwaltung oder einen kommerziellen Anbieter, z.B. PING. Wenn Sie letzteres nicht besitzen, wollen wir eine Zeit lang einen Modemanschluß und eine Benutzerberechtigung auf der Servermaschine zur Verfügung stellen. Wenn nun auch noch Ihr Modem mitspielt (vor dem Kauf ausprobieren!), dann steht Ihnen die weite Welt der Information und vor allem das *Forum Naturwissenschaftlicher Unterricht* offen.

Und nun viel Erfolg! Wir warten auf Ihre Rückmeldung und Beteiligung.

Zum Schluß noch: Wer wartet auf Ihre Beteiligung? Zunächst die Studenten: Sascha Husa, der nebenbei auch an einer Dissertation im Bereich der numerischen Allgemeinen Relativitätstheorie arbeitet, und Gottfried Jäger, dem UNIX so sehr ans Herz gewachsen ist, daß er seine Diplomarbeit nicht abschließen möchte. Mag. Peter Jakesch hat einen schönen Beitrag geliefert, ihm verdanken wir Lehrpläne in lesbarer Form. Und schließlich auch ich, dem die *sinnvolle Nutzung* der elektronischen Medien ein Anliegen ist. Finanziell ermöglicht wurde die Arbeit durch ein Gemeinschaftsprojekt mit dem BMUK - Herr MR Mag. Stemmer bitte vor den Vorhang!

Einen Schwerpunkt in diesem Heft bilden Beiträge zum Computereinsatz und zur Verwendung von CD-ROM im Unterricht und weitere Beiträge werden im nächsten Heft folgen. Damit soll die schon vorhandene Erfahrung aus den Expertenkreisen hinausgetragen werden und zur konstruktiven Auseinandersetzung anregen. Auf einen Experimentalbeitrag möchte ich gesondert hinweisen: *Experimente zur Polarisation von Licht* aus der Fachbereichsarbeit von Andrea Schlögl.

Alles in Butter? Einige Zweifel standen zwischen den Zeilen, anderes muß ich wohl auf die nächste Ausgabe verschieben, die heuer noch kommen muß! Vielleicht wissen wir dann schon, wie aus Daten Information wird! Dies ist ja neben dem Zeitproblem eines der wichtigsten Probleme und im übrigen: *die Nutzung der neuen Medien bedeutet weder automatisch eine erhöhte Akzeptanz des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die Schüler noch eine Qualitätssteigerung*. Doch in Kürze werden die Neuen Medien nicht mehr neu sein, und wir werden den Umgang mit ihnen gelernt haben müssen.

Ihr Helmut Kühnelt

**Fortbildungswoche: 26.2. - 1.3.1996**

Programmorschläge und Anregungen werden erbeten!

# Leserbrief

Betr.: "Faszination einer großen Zahl" in PLUS LUCIS 2/95.

Als Physiklehrer, der den Ölfleckversuch seit Jahrzehnten jährlich – mitunter mehrmals – vorführt, möchte ich insbesondere zur Ausführung des Ölfleckversuchs schreiben.

## Zur Herstellung der Lösung

Auch ich verwende Ölsäure und verdünne mit Benzin. Da es beim Verdünnen auf ein Volumsverhältnis ankommt, und Ausbreiten eine volumstreuere Umformung ist, sehe ich nicht ein, warum eine *Masse* (1g) Ölsäure abgewogen werden soll – unnötige Umrechnung mit  $\rho$ !

## Meine Vorgangsweise

*Geräte:* Meßpipette  $^{100}/_{100} \text{ cm}^3$  (I), Pipette  $50 \text{ cm}^3$  (II), Pipette  $20 \text{ cm}^3$  (III), 2 Stk. Steh-Rundkolben 100 ml (IV)

1. Schritt:  $50 \text{ cm}^3$  Benzin (II) in (IV) füllen,  $1,00 \text{ cm}^3$  Ölsäure mittels (I) zusetzen. Mittels einiger "Hochsauger" Innenwand von (I) abspülen.

2. Schritt:  $20 \text{ cm}^3$  Benzin (III) in 2. Rundkolben, dazu  $1 \text{ cm}^3$  der 1. Verdünnung mittels (I). Somit herrscht eine Verdünnung von etwa  $1:10^3$ .

3. Schritt: Bestimmung des Tropfenvolumens  $V_T$ : in (I)  $1 \text{ cm}^3$  Endverdünnung hochheben und z.B. 20 Tropfen herauslassen. Deren Volumen ist erfahrungsgemäß gut reproduzierbar.

Viel leichter als im Verfahren des Artikels berechnen wir nun das Verhältnis der Verdünnung: Im 2. Kolben gilt  $V_{\text{Öl}} : V_{\text{Benzin}} = 1/_{51} \text{ cm}^3 : (50/_{51} + 20) \text{ cm}^3 = 1 : 1070 = 1 : k$

## Vorteile des Verfahrens

- weder Waage noch Bürette nötig.
- Die Schritte 1 und 2 sind so flott auszuführen und so durchsichtig, daß die Lösung vor den Augen der Schüler hergestellt werden kann.
- Das Verdünnungsverhältnis ist leicht an Ort und Stelle nachzurechnen (s. o.); die 0,11% im Artikel sind viel lästiger nachzurechnen.
- Die Kenntnis der Dichte  $\rho$  der Ölsäure ist für die Bestimmung der Schichtdicke nicht erforderlich.

## Zur Auswertung der Messung

Der Einfluß der einzelnen experimentellen Parameter wird deutlich, wenn wir Zahlen erst zum Schluß einsetzen. Wir verwenden folgende Symbole:

Verdünnungsverhältnis:  $1 : k$ ; Tropfenvolumen:  $V_T$ ; Ölvolumen:  $V_{\text{Öl}} = V_T / k$ ; Öldichte  $\rho = 0,89 \text{ g/cm}^3$ ; Durchmesser des Ölflecks =  $2r$ ; Schichtdicke  $d$

## Schichtdicke

$$V_{\text{Öl}} = V_T / k = r^2 \pi d$$

$$(1) \quad d = V_T / (k \cdot r^2 \pi)$$

$$(\text{meine Werte: } 20 V_T = 0,42 \text{ cm}^3, 2r = 18 \text{ cm})$$

$$\Rightarrow d = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3 / (1,07 \cdot 10^3 \cdot 81 \pi \text{ cm}^2) = 0,77 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2 = 0,77 \text{ nm}$$

## Ableitung der Größenordnung von L

Grobes Modell: die Ölmoleküle seien angeordnet wie würfelige Steine eines Mosaiks; die Ölscheibe enthalte  $N$  Moleküle oder  $n$  mol Öl.

$$(2) \quad N = n \cdot L = n/M \cdot L = V \cdot \rho/M \cdot L$$

$$(3) \quad V = n \cdot d^3, \quad N = V/d^3, \quad V/d^3 = V \cdot \rho/M \cdot L$$

$$\Rightarrow (4) \quad L = M / \rho \cdot d^3$$

$$\text{z.B.: } L = \frac{282 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,89 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} (0,77 \times 10^{-7} \text{ cm})^3} = 6,94 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Die wahren Abhängigkeiten werden nach Einsetzen von (1) in (4) deutlich:

$$(5) \quad L = \frac{M \cdot N_T^3}{\rho k^3 \pi^3 r^6} = \frac{M \cdot V^3}{\rho \pi^3 r^6}, \text{ also } L \sim r^{-6} (!)$$

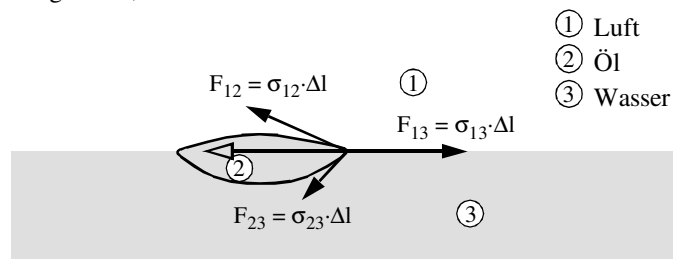
d.h. bei einem (unrealistischen) Meßfehler von 1 mm bei  $2r = 180 \text{ mm}$  ergibt  $(181/180)^6 = 1,0338\dots$ , also 3,4 % Fehler in  $L$ . Bei der wirklichen Struktur des Ölflecks wird die Meßunsicherheit eher bei 5 mm als bei 1 mm liegen, daher bei  $2r = 180 \text{ mm}$ :  $(185/180)^6 = 1,1787\dots$ , also  $\Delta L/L = 18 \%$ .

Stellte man sich die Ölmoleküle statt würfelförmig als quadratische Prismen vor, z.B. mit Höhe  $d = 1,2a$ , so wäre das Volumen eines Moleküls  $a^2 d = d^3/1,44$ , und (4) hätte einen Faktor 1,44 dazu. Stellte man sich hingegen die Ölmoleküle als Kugeln mit  $V_K = \pi/6 d^3$  in hexagonaler Schichtanordnung vor, so ergäbe sich zur Formel (4) noch ein Faktor  $2/\sqrt{3}$ .

**Die Meßfehler in  $\rho$  und  $V_T$  sind also gegenüber den Einflüssen von  $r^6$  und der Modellvorstellung der Molekülanordnung unwesentlich.**

## "Fettauge" oder dünne Schicht?

Zum "pädagogischen Pfad" des Artikels fehlt mir eine vorbereitende Betrachtung, die ich in meiner Stunde stets an den Anfang stelle: Öl oder Fett schwimmt auf Wasser – im Alltag sind zwei Fälle zu beobachten: als "Fettaugen" auf der Suppe und als farbenschildernde dünne Schichten auf Pfützen. Wovon hängt es ab, welcher Fall eintritt?



Kräftegleichgewicht an einem Stück Linsenwand der Länge  $\Delta l$  ist nur möglich, wenn  $\sigma_{13} = \sigma_{12} + \sigma_{23}$ . Ölsorten, für die die Oberflächenspannungen  $\sigma_{13} > \sigma_{12} + \sigma_{23}$  sind, verlaufen zu einer monomolekularen Schicht (bis die Kräfte zwischen den Ölmolekülen ein weiteres Zerlaufen verhindern.)

Mag. Leopold Stadler,  
HTLVA Schellinggasse, 1010 Wien

# Total digital?

Gerhard Opelt

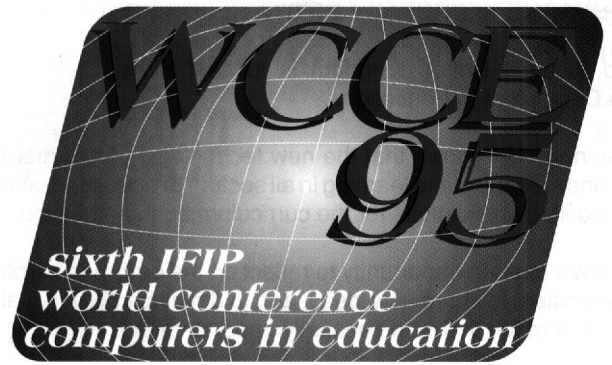
*"Imagine a school without books, pens, pencils or paper. The children can read and write, but the teachers cannot. This serves as a metaphor for our information age."*

Diese Aussage aus dem Vortrag von Peter Cochran, Chef der Entwicklungsabteilung der British Telecom, bei der "World Conference of Computers in Education", die vom 23. bis 28. Juli 1995 in Birmingham stattfand, deutet die Lawine an, die möglicherweise auf unser Schulsystem zurollt.

Viele dieser Entwicklungen werden nicht durch den Computer ausgelöst, aber durch diesen verstärkt und beschleunigt: Das Wissen verdoppelt sich derzeit alle 7 Jahre – zu schnell für an Faktenwissen orientierte Lehrpläne. Fächerübergreifendes Denken, Arbeiten in Teams und das Beherrschen des Umgangs mit der Informationstechnologie sind Forderungen, die die "Wirtschaft" an die Absolventen unserer Schulen stellt und von dieser nicht erfüllt werden (können).

Die Konferenz, mit 1200 Teilnehmern aus 56 Ländern, hunderten parallelen Vorträgen über die Erfahrungen mit Computern im Unterricht, von der Volksschule bis zur Universität, den Strategien der einzelnen Regierungen und Präsentationen von marktführenden Firmen wie Intel, Microsoft oder Apple vermittelte einen guten Eindruck, welche Trends vorherrschen und welche Interessen die "Industrie" verfolgt.

Der Büromarkt ist gesättigt, alle Firmen konzentrieren sich auf den "Home"-Bereich. So wurden beispielsweise "Multimedia-Computer" mit CD-ROM-Laufwerk und Modem in Birmingham sogar bei "Toys 'R Us" (einer amerikanischen Spielwarenkette) massiv beworben. Das Angebot an Informations- und Lernprogrammen (sogenanntes "Edutainment", von Education, Erziehung und Entertainment, Unterhaltung) boomt. 35% der amerikanischen Familien besitzen einen PC (bei Teenagern sogar 50%) – für Mitteleuropa rechnet man spätestens im Jahre 2000 mit einer Verbreitungsrate von 40%.



*"There is no doubt in my mind that multimedia will change forever the way how children learn."* stellt Peter Kindersley, Direktor von Dorling-Kindersley einem der größten englischen Kinder-Sachbuchverlage mit einer 120 (!) Personen umfassenden Multimediaabteilung fest.

Neben "Multimedia" ist der "Information-Superhighway" das Zauberwort der Computerbranche. Zugriff auf ein riesiges Informationsangebot, weltweiter Erfahrungsaustausch und länderübergreifende Projekte sind Dinge, die auch für Schüler/innen und Lehrer/innen interessant sein können.

## Was bedeutet diese Entwicklung für die Schule?

Trotz mancher Äußerungen in den Medien – sogar von Bildungspolitikern – können (und sollen) elektronische Medien den Lehrer nicht ersetzen. Es zeichnet sich aber ein massiver indirekter Druck auf das Schulsystem ab:

- Schüler/innen kommen mit mehr (ungeordneten) Informationen, aber auch Kenntnissen über Computer als bisher in die Schule. Diese Informationen müssen in "Wissen" verwandelt werden. (Unter Wissen wird hier Verknüpfung und Einordnung in bestehende Ordnungsschemata verstanden.)
- Es wird schwieriger, die Aufmerksamkeit der Schüler/innen zu erlangen. Die Reizschwelle für die Informationsaufnahme wird durch die mit Ton, Animationen und Video angereicherten Edutainment-Produkte höher.
- Die Eltern erwarten, daß die neuen Technologien in der Schule behandelt und eingesetzt werden.
- Die "Wirtschaft" verlangt die Bereitschaft zu lebenslangem Lernen, Kooperationsbereitschaft und die Fähigkeit, Informationen zu finden und zu präsentieren.

Im Extremfall muß sich das gesamte Schulsystem einer Kosten/Nutzen-Rechnung stellen, da vielleicht künftig große Teile des Faktenwissens bereits zu Hause erworben werden können.

*"Schools will change to become more like museums and playgrounds for children to assemble ideas and socialize with other children all over the world."* schreibt Nicholas Negroponte, Leiter des Medien-Labs am MIT in seinem Buch *Being digital*.

Dies ist durchaus eine Chance für die Schule, allerdings ändert sich die Lehrer/innenrolle dramatisch: Vom "allwissenden" Alleinunterhalter zum Vermittler und Moderator. Es gilt, die Vorkenntnisse der Schüler zu nutzen, sie zu Projektarbeiten und Referaten heranzuziehen und die neuen Medien sinnvoll und ergänzend in den Unterricht zu integrieren.

Dr. Gerhard Opelt, Lektor im Verlag HPT, Frankstraße 4, 1096 Wien

# CD-ROM und Video als Hilfsmittel im fächerübergreifenden Unterricht

Michael Dobes und Klaus Peters

*Da die neue Matura eine sogenannte Schwerpunktprüfung im Rahmen der mündlichen Reifeprüfung vorsieht und diese in Form einer fächerübergreifenden Prüfung stattfinden kann, ist es unumgänglich, Schüler rechtzeitig an vernetztes Arbeiten zu gewöhnen und eine größere Zahl von Lehrinhalten auf diese Weise zu behandeln. Die Verwendung der CD-ROM Technologie kann dabei nicht nur wertvolle Informationen bieten, sondern auch zur Veranschaulichung der Inhalte herangezogen werden und den Schülern den eigenständigen Wissenserwerb erleichtern.*

## Zielsetzung des Projekts

Im Rahmen des lehrplanmäßigen Unterrichts einer 6. Klasse wollten wir Schülern im Rahmen eines fächerübergreifenden Unterrichtsprojekts einerseits die Möglichkeit der Zusammenschau auf ein Thema von verschiedenen Blickrichtungen geben und andererseits unter Verwendung von Englisch als Arbeitssprache auch die Möglichkeit bieten, ihre Fertigkeiten im Umgang mit der Fremdsprache zu verbessern. Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, die Bedeutung von Englisch als Fachsprache im naturwissenschaftlichen Bereich zu demonstrieren. Als Vorbereitung der Studierfähigkeit unserer zukünftigen Maturanten ging es dabei um die Vermittlung der Fähigkeit, aus den englischsprachigen Texten die physikalischen Inhalte zu erschließen (nicht zu übersetzen) und sprachlich wie physikalisch richtig darzustellen.

Prinzipiell ist festzustellen, daß sich natürlich jedes Thema in jedem Gegenstand für eine Behandlung in der Fremdsprache eignet, doch könnte man dabei, da es sich ja nicht um die Muttersprache handelt, keineswegs Unterrichtsmodelle aus England oder Frankreich übernehmen. Vielmehr ist es notwendig, vor Beginn des Projekts das Unterrichtsmaterial sorgfältig auszuwählen, damit Schüler nicht durch fremdsprachige Inhalte am Wissenserwerb geradezu gehindert werden. Moderne Speichermedien, wie etwa die CD-ROM oder fremdsprachige Fernsehsendungen müssen also vorselektiert und aufbereitet werden, bevor man sie im Unterricht verwendet.

Eine weitere wichtige Voraussetzung für ein solches interdisziplinäres Unterrichtsprojekt ist, daß die unterrichtenden Lehrer ausreichende Kenntnisse vom anderen Fach oder dem zu besprechenden Spezialthema haben, um überhaupt sinnvoll zusammenarbeiten zu können. Daß auch die soziale Komponente, also das gegenseitige Verstehen, vorhanden sein muß, soll nicht unerwähnt bleiben. Da im gegebenen Fall all diese Komponenten vorhanden waren, schien einem solchen Unterrichtsprojekt nichts entgegenzustehen.

Grundthema unseres fächerübergreifenden Projekts war ein wesentlicher Lehrplaninhalt aus Physik: Die Newtonschen

Gesetze, die Schwerkraft, die Struktur unseres Sonnensystems und schließlich kosmologische Modelle.

Die Inhalte scheinen also nicht unbedingt für fächerübergreifendes Arbeiten prädestiniert zu sein. Da aber in dieser Klasse gleichzeitig und schon das zweite Unterrichtsjahr ein Unterrichtsprojekt aus Geschichte und Sozialkunde mit Englisch als Arbeitssprache lief, war es naheliegend, dieses Projekt für die oben erwähnten Sachinhalte auf Physik auszudehnen.

Bedingt durch das Unterrichtsprojekt mit Englisch als Arbeitssprache lag beim Geschichtsunterricht von vorne herein der Schwerpunkt der Erörterungen auf dem englischen Bereich, das heißt, historische Abläufe und Tendenzen wurden beispielhaft anhand der englischen Geschichte und Wissenschaftsgeschichte dargestellt.

Einer der Lehrinhalte war dabei das *Age of Reason*, das heißt, die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts. In diesen Zeitraum fällt die Gründung der Royal Academy und das wissenschaftliche Wirken Sir Isaac Newtons. Darüber hinaus wurde über die Kurzbiographien von Einstein und Hawking auch der Bogen bis in die Jetztzeit gespannt und damit die Geschichtlichkeit physikalischen Wissens herausgearbeitet.

## Organisatorische Vorbereitung

Sicher eine Erleichterung für dieses Projekt war die Tatsache, daß von den drei Physikstunden eine im Stundenplan unmittelbar einer Englischstunde folgte, die beiden Lehrer in den jeweils anderen Stunden des Kollegen frei waren und noch dazu beide Stunden der Physiksaal frei war. Außer der Bereitschaft beider Lehrer, entsprechend viel Zeit in die Vorbereitung zu investieren bzw. in der Stunde des jeweils anderen Kollegen das Unterrichtsgespräch mitzugestalten, war keine weitere organisatorische Vorarbeit notwendig. Einem fächerübergreifenden Teamteaching in Doppelstunden stand also nichts im Wege.

Auch wenn diesen idealen Voraussetzungen nicht von vornherein gegeben sind, lohnt der Erfolg des Projektes und verlangt die Zielsetzung der AHS-Oberstufe den Aufwand, solche überschaubare Einheiten gemeinsamen fächerübergreifenden Unterrichtens zu organisieren; und sei es über den manchmal sicher notwendigen Stundentausch oder die zeitlich begrenzte Stundenplanänderung. Wie schon mehrfach an anderer Stelle bemerkt und sicher eine Binsenweisheit: Pädagogische Innovation ohne freiwillige Mehrleistung und Engagement wird es nicht geben.

## Die technischen Voraussetzungen

Wir Lehrer wollten dabei aber durch genaue Abstimmung der Lehrinhalte in unseren Fächern den Schülern nicht nur bessere Einsichten in ein komplexes Thema gewähren, sondern dabei auch austesten, welche Möglichkeiten und Effizienz dabei der

---

Mag. Michael Dobes und Mag. Klaus Peters,  
Piaristengymnasium, 1080 Wien

Einsatz moderner, optischer Speichertechnologie (CD-ROM) in englischer Sprache bei der Informationsbeschaffung und der Präsentation von Inhalten haben kann. Daneben aber sollten auch konventionelle Hilfsmittel wie englischsprachige Fachberichte auf Video zum Einsatz kommen.

Zusätzlich sollte die nunmehr in unseren Schulen vorhandene Hardwarekonfiguration (der sogenannte Physik-Computer mit CD-ROM Laufwerk, Genlock und Anschluß an einen Fernsehmonitor) einem Praxistest unterzogen und erprobt werden, wie diese neuen Geräte mit dem herkömmlichen Einsatz eines Videorekorders im Klassenverband integriert werden könnten.

Dabei galt es nicht nur, die technischen Geräte auf ihre klagelose Funktion hin zu erproben, sondern auch zu testen, ob und wie CD-ROM Technologie für den gesamten Klassenverband, also nicht am Computer-Einzelplatz oder beim Schülerelbststudium, sinnvoll einsetzbar ist, beziehungsweise wie eine Verschmelzung von neuen Medien und konventionellem Medieneinsatz (Video) für die Informationsvermittlung erreicht werden kann. Dies erlangt im Hinblick auf die Tatsache, daß sich zu Themen wie Astronomie, Sonnensystem, Schwarze Löcher etc. kaum Experimente im Physikunterricht machen lassen, erhöhte Bedeutung – Visualisierung von Begriffen und Konzepten stellt eine neue und für Schüler wie Lehrer motivierende Qualität des Unterrichts dar.

Sogleich wurde klar, daß zunächst die Möglichkeit für Tonausgabe geschaffen werden mußte, das heißt, in den Computer wurde eine Soundkarte eingebaut und diese mit dem Fernseher verbunden (einfache Chinch-Stecker für Video und Audio am Lehrertisch im Physiksaal). Erst dadurch wurde *Listening Comprehension* als integrierter Bestandteil während einzelner Unterrichtseinheiten dieses Projekts möglich.

Die CDs, die zum Einsatz zur Verfügung standen, wurden natürlich bereits vor deren Einsatz durch den Physik- bzw. Englischlehrer einer genauen Prüfung unterzogen, vor allem mußten aus der Fülle der Inhalte jene Teile ausgesucht werden, die für die Präsentation von angestrebten Wissensinhalten besonders wichtig schienen, denn selbst wenn man als Lehrer mit den Inhalten dieser CDs vertraut ist, bleibt einem die umfangreiche Arbeit der Auswahl einzelner Inhalte nicht erspart.

Eine ausführliche Beschreibung der verwendeten Physiktitel haben wir Ihnen bereits in der Aprilnummer von **TELL&Call** gegeben. Zum Einsatz kamen folgende Titel, die hier nochmals kurz charakterisiert seien:

**Encarta** – Die wohl umfangreichste und modernste aller Enzyklopädien bietet neben den üblichen Features (Text, Bild, Ton und Animation) auch die Möglichkeit, Bilder zu exportieren.

**Grolier Scientific Encyclopedia Version 7** – Das ideale Einsteigerlexikon mit einfacher Menüführung vereinigt Text und Bildinformationen mit Videoausschnitten (allerdings nur in Briefmarkengröße). Preislich das günstigste "Nachschlagewerk".

**Redshift** – Dieser Titel ist als absolutes Referenzwerk zum Thema Astronomie und Astrophysik zu bezeichnen, der ideale Ausgangspunkt für wissenschaftliches Arbeiten unter dem Aspekt größtmöglicher Anschaulichkeit.

**The View from Earth** – Diese CD liefert umfassende Information über den Aufbau von Erde, Mond und Sonne, der Verlauf der totalen Sonnenfinsternis 1991 wird dargestellt, der gesprochene englische Text ist sehr klar und verständlich.

**Beyond the Planet Earth** – Umfangreiche Animationen zum Leben eines Sternes und eine Fülle von Informationen zu den unterschiedlichen Aspekten der Astronomie macht diese gute Aufbereitung auf CD-ROM zu einem Standardwerk.

## Der Verlauf des Projekts

### Die Inhalte im getrennt durchgeführten Unterricht:

#### Physik

Bevor das Thema in der Fremdsprache behandelt werden konnte, mußte natürlich eine fachliche Vorentlastung der Inhalte im Physikunterricht erfolgen. Es würde die Schüler sicher überfordern, wenn gänzlich neue Inhalte noch dazu in der Fremdsprache präsentiert würden, da zusätzlich zur nicht-deutschen Präsentation auch die Schwierigkeit der Fachsprache hinzukommt; englische Vokabel und Ausdrücke haben im Zusammenhang mit den physikalischen Inhalten manchmal ähnliche, erst zu erschließende Bedeutung. Grundbegriffe darzustellen war somit wichtige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz der englischsprachigen Medien.

Als ein Schwerpunkt des Physikunterrichts in der sechsten Klasse wurde im Hinblick auf dieses Projekt, das bereits im September erstmals besprochen wurde, der Bereich *Gravitation, Astronomie* in die Jahresplanung mit besonderer zeitlicher Gewichtung aufgenommen. Nach dem Grundunterricht in *Mechanik* und dem *Aufbau der Materie* schloß die eingehendere Besprechung der Gravitation an. Dabei war es wichtiges Ziel, auch in der sechsten Klasse bereits *moderne Physik des 20. Jahrhunderts* in den Unterricht zu integrieren und nicht erst auf die 8. Klasse, wenn bereits aus allen anderen Teilbereichen die Grundlagen geschaffen wurden, zu beschränken. Der Bruch in den Begriffen und Konzepten ist gerade in der achten Klasse sehr groß. Eine rechtzeitige Beschäftigung mit Konzepten, die unserer unmittelbaren Anschauung widersprechen, wird dadurch frühzeitig trotz der fehlenden mathematischen Grundlagen begonnen.

Damit kann der Schüler bereits lange vor der Zeit, in der es zu einer Entscheidung in Richtung Fachbereichsarbeit, fächerübergreifende Prüfung und Spezialthema kommen muß, einen Überblick über moderne und interessante Themenbereiche der Physik erhalten.

Es ist völlig klar, daß in einer sechsten Klasse bei Themen wie Quantendruck, Kernphysik etc. die geschlossene ausführliche Darstellung zugunsten einer phänomenologischen Beschreibung aufgegeben werden muß. Aus den oben angeführten Gründen erscheint das in Verbindung mit diesem Projekt jedoch als gerechtfertigt.

Als Vorbereitung auf das Verständnis der englischsprachigen Medien wurden Begriffe wie Gravitationsfeld, Grundtatsachen aus der Kosmologie (Weltmodelle) und ein kurzer Abriss der historischen Entwicklung der astronomischen Forschung gegeben. Bei der Beschreibung des Sonnensystems und vor allem der Sonne wurde erstmals CD-ROM eingesetzt, weil die

Fülle an Bildmaterial und die vom Lehrer fast immer beeinflussbare Steuerung des Informationsflusses einen besseren Unterrichtsertrag bringt als ein 5 Minuten langer linearer Film, der – vollgepackt mit Information – bestenfalls als Zusammenfassung und Wiederholung oder als Einstieg einsetzbar ist.

Gerade mit der CD-ROM wird es möglich, die Information, die aus der Fülle abgerufen wird, dem Unterrichtskonzept und dem Vorwissen der Schüler anzupassen. In einer achten Klasse wird sicher eine tiefergehende Darstellung der Begriffe Raum-Zeit, etc. möglich sein.

Wichtig erscheint der Hinweis, daß der Physiklehrer nie versuchen sollte, englischsprachige Medien in Eigenverantwortung einzusetzen und damit mit der Fremdsprache zu dilettieren. Somit war der Ton zumeist abgeschaltet, um die Physik in den Vordergrund zu stellen – der Physiklehrer gab selbst bestenfalls eine deutschsprachige Zusammenfassung des englischen Textes nach Rücksprache mit dem Englischlehrer.

Mit der Vorbereitung des Sternzyklus, der Beschreibung des Sonnensystems, der Planetenbewegung und dem Gravitationsgesetz war es schließlich möglich, in die fächerübergreifende Phase mit Englisch einzusteigen.

## Englisch

Nach Erarbeitung der wesentlichen physikalischen Inhalte sollten diese in englischer Unterrichtssprache wiederholt werden, und unter Verwendung englischsprachiger Texte sollte auch wissenschaftliches Fachvokabular erarbeitet werden. Als Textgrundlage diente ein Text aus Grolier's Scientific Encyclopedia. Durch Eingabe des Suchbegriffs "solar system" stand ein mehrseitiger Text mit fachlichen Querverweisen zur Verfügung. Dieser Text wurde für die Schüler photokopiert. Im Gegensatz zum entsprechenden Artikel aus der *Encarta* weist dieser Text einfache sprachliche Strukturen auf, ist weniger ausführlich und schien daher besser einsetzbar.

Als Einstieg in das Thema wurde der Beginn des Textes im Unterricht mit den Schülern erarbeitet. Hier sei ein kurzes Textbeispiel dafür gegeben:

### *The Sun*

*The Sun is the only star whose surface can be studied in detail from the Earth. This surface presents a scene of churning, turbulent activity, largely dominated by strong magnetic fields. Magnetic lines of force emerging from the solar surface appear as sunspots. Arches of the magnetic lines of force extending across the surface give rise to bright, shining solar prominences. Wave motions generated below the surface of the Sun flicker across the surface and mount into the atmosphere. Brilliant flares appear in the vicinity of sunspots, generating bursts of ultraviolet and X-ray emissions from the Sun and accelerating ions and electrons to create the high-energy particles known as cosmic rays.*

*The upper levels of the Sun's atmosphere are of very low density, but the solar activity heats the gases there to very high temperatures. Here the electrons are stripped from atoms to form ions, and the two types of particles together form a plasma. The gravitational field of the Sun is unable to retain this superhot plasma, and it streams outward into space as the solar wind. Measurements of the properties of the solar wind are routinely carried out by U.S. spacecraft at many different locations within the solar system*

*Most of the mass (99.86 percent) of the solar system is concentrated in the Sun, which thus exerts the gravitational force that holds the*

*scattered members of the system together. There is a remarkable degree of orderliness in the motions of the members of the solar system under the influence of the Sun's gravity. [...] All of these tendencies can be summarized by saying that the angular momentum vectors of the bodies in the solar system are for the most part aligned*

Anhand dieses Textes wurde "reading for gist" geübt. Das heißt, die Schüler sollten selbst überprüfen, ob sie die wesentlichen Inhalte verstanden haben. Da die inhaltlichen Komponenten bereits im Physikunterricht besprochen worden waren, bereitete das Verständnis des Textes den meisten Schülern keinerlei Schwierigkeiten. Als weitere Lehr- und Lernaufgabe sollten sich Schüler mit dem Fachvokabular auseinandersetzen. Einzelne Begriffe wurden ausgewählt, und die Schüler sollten aufgrund ihres Vorwissens und des kontextuellen Verständnisses auf die deutsche Bedeutung dieser Wörter kommen. Dort, wo dies den Schülern nicht möglich war, wurden die Begriffe von den Lehrern erklärt. Einerseits in der Bedeutung, die dieses Vokabel sonst noch im Englischen haben kann, und andererseits durch die Wiederholung des physikalischen Hintergrundes, um die Vernetzung der englischen Fachsprache mit dem physikalischen Wissen zu festigen.

Diese Vorgangsweise machte den Schülern klar, daß man bei der Lektüre eines Fachtextes nicht ständig versuchen muß, Details zu verstehen, und daß einzelne Begriffe, da sie meistens Lehnwörter sind, trotz der Verschiedenheit der Sprache große Ähnlichkeit aufweisen, z.B.: to rotate, turbulent, magnetic field, surface, generate, gravitational force, plane, ecliptic, revolve, etc.

## Geschichte und Sozialkunde

Die Einbindung dieses Faches erfolgte gemäß den allgemeinen Überlegungen für den Unterricht mit Englisch als Arbeitssprache. Im Rahmen des Geschichtsunterrichts wurde ein Text über die Gründung, die Aufgabenstellungen und die Bedeutung der Royal Society und eine Darstellung von Leben und Wirken Sir Isaac Newtons gelesen. Die Biographie Newtons wurde den Schülern gemeinsam mit Kurzbiographien der Astronomen Kepler und Galilei (auf Wunsch des Physiklers) ebenfalls von der Grolier CD-ROM kopiert. Als Gruppenarbeit hatten die Schüler dabei zu überlegen, auf welchen physikalischen Erkenntnissen Galileis und Keplers Newton aufbauen konnte. Dies ist ein wichtiges Anliegen des Physikunterrichts unter dem Aspekt der Wissenschaftsgeschichte. Die historische Entwicklung physikalischer Begriffe und Konzepte soll zeigen, daß auch die Geistesgeschichte vom Umfeld abhängt. Die Darstellung der Entstehung unserer heutigen physikalischen Begriffe erlaubt eine Vertiefung des Verständnisses und zeigt, daß naturwissenschaftliche Forschung wahrscheinlich nie zu Ende geführt werden kann. Die historische Komponente ist für die Physik also nicht nur schmuckes Beiwerk, sondern wichtiger Bestandteil der Begriffsbildung.

Der Text über die Royal Society entstammt nicht einer CD, sondern war aus dem Buch *Heritage of Britain* eingescannt worden. Da über den Zeitabschnitt der sogenannten Restauration im Rahmen des Unterrichts aus Geschichte und Sozialkunde ohnedies eine Schülerpräsentation vorgesehen war, stellte die Behandlung dieses Themas nur einen Detailaspekt dieser Wissensinhalte dar. Jedenfalls konnte aufgrund dieses Textes klar gemacht werden, daß das England der späten Stuart-Könige tatsächlich ein Zentrum der Wissenschaft war

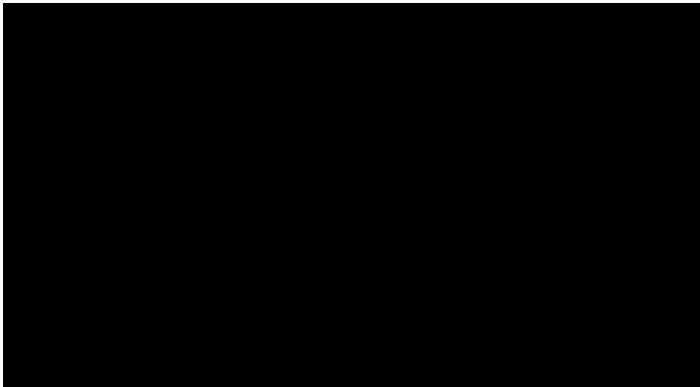


und beispielgebend für die weitere Entwicklung in Europa werden sollte.

Zur Nachbereitung der Inhalte wurden die Schüler aufgefordert, bis zur nächsten Stunde typische Fragen zu überlegen, die sie ihren Mitschülern zur Wiederholung des Gelernten zur Beantwortung vorlegen konnten. Solche Fragen waren etwa:

- *Why was Greenwich chosen as the location for the 0-meridian?*
- *What made Newton so convinced about his scientific vocation?*
- *What were the basic concerns of the Royal Society?*

Diese erste Phase des Unterrichtsprojekts lief also nach Unterrichtsgegenständen getrennt ab, doch waren die Inhalte so aufeinander abgestimmt, daß sich für die Schüler ein Lern Ganzes



## Der Ablauf des Teamteaching

Das Projekt umfaßte eine Doppelstunde und zwei einzelne Stunden nach den Grundzügen des Teamteaching durch beide Lehrer im Physiksaal. Die einfache Nutzungsmöglichkeit der Technik erlaubte ein Minimum an technischer Vorbereitung vor diesen Stunden. Die Konzentration auf die fachlichen Inhalte war somit auch in der Vorbereitungsphase entsprechend gewährleistet. Das Teamteaching war insofern unverzichtbar für dieses Projekt, als bei der Erarbeitung der englischen Texte das physikalische Wissen, die Vernetzung mit bekannten Formulierungen aus dem Physikunterricht und der Fachsprache sowie die begriffliche Benutzung bestimmter englischer Vokabel und Ausdrücke von beiden Lehrern im Arbeitsgespräch mit den Schülern unmittelbar eingegangen werden konnte.

Dabei ist aus physikalischer Sicht vor allem hervorzuheben, daß die Animationen hoher Qualität nicht nur eine Wiederholung des bisher Gelernten darstellten, sondern auch durchaus neue Fragestellungen aufgeworfen werden konnten. So z.B. die Bedeutung der Raumfahrt und der neuen Kommunikationstechnologien für den Datenaustausch, Informatik usw. Die Verstärkung des bereits vermittelten Wissens durch Sprache, Bilder und eigenständige sprachliche Reproduktion war eine Vertiefung des ansonsten nur steril dargestellten Tatsachenswissens hin zu einem wirklichen Verständnis in sprachlicher wie in physikalischer Sicht. Dabei sind die Rolle, die Grundkenntnisse und die Interessen beider Lehrer für das jeweils andere Fach sicher sehr wichtig – Englischkenntnisse des Physiklehrers spielen die gleiche Rolle wie physikalische Neugier beim Englischlehrer.

Zur Anwendung des Gelernten, der Vertiefung der Wissensinhalte und der Erhöhung sprachlicher Kompetenz unter direktem Einsatz der CD-ROM-Technologie wurden vor allem englisch kommentierte Animationen und Filme eingesetzt. Die

Lesetexte wurden vielfach in kopierter Form auch als Nachbereitung und Zusatzmaterial angeboten.

Auf der CD-ROM *Encarta* befindet sich eine etwa vierminütige Animation über das Sonnensystem. Diese Animation wurde den Schülern über den Fernsehmonitor zweimal vorgespielt, und sie sollten darauf achten, ob ihnen die Inhalte und das Vokabular verständlich waren. Anscheinend schwierige Begriffe wie "astereoid belt" oder "meteorite" wurden den Schülern nochmals in deutscher Sprache erklärt und der physikalische Hintergrund für ihre Bewegung innerhalb des Sonnensystems erläutert. Es wurde dadurch eine kompakte und bildlich gut dargestellte Zusammenfassung des Physikunterrichts sichergestellt.

Der nächste inhaltliche Aspekt, der nochmals behandelt werden sollte, waren die spezifischen Verlaufsformen der Sternentwicklung. Dazu wurde den Schülern ein Ausschnitt aus der CD-ROM *Beyond the Planet Earth* vorgespielt. Der gesprochene Text, der parallel zur Animation ablief, wurde den Schülern als Lückentext vorgelegt, und sie sollten versuchen, nach zweimaligem Anhören und -sehen den Text zu rekonstruieren:

### *Star Cycle*

*Guess which words might fit into these gaps and fill them after having listened to this account twice:*

*A star like our Sun is born from ... of hot gas and ... left behind when another star dies. As the cloud cools, it ... into a spinning disc of particles bound by .... The particles in the center of the disc are packed so ... together that friction causes them to heat up and glow. A ... is formed.*

*As the ... gathers more mass, the atoms in its center ... together in a nuclear reaction. A powerful ... of energy is released, igniting the nuclear ... that will power the star throughout its life.*

*A medium-sized star like our Sun has enough ... fuel to live for billions of years. But eventually, like all stars, it will run out. Near the end of its life, as its ... supply dwindles, a final ... of energy will cause its outer layers to expand hundreds of times its original size. Our Sun will become a red ....*

*As the red ... uses up the last of its ..., it will cast off its outer .... Reduced to a brightly glowing ... called a "white dwarf," it will spend its remaining days slowly ... and cooling, until it finally burns out.*

*If a star is several times more massive than our Sun, it may end its life in a gigantic explosion called a .... The stardust and gases that it leaves behind may ... form another star, and the ... will begin again*

*A star many times more massive than our Sun may end up in an ... different form. The extreme gravitational ... at the core of a supermassive star might cause it to ... to a point of infinite density. It may become a ..., pulling all matter around it toward its center -- a hole so dense that not even light can ... its pull*

Bei der Durchführung dieser Übung hat sich gezeigt, daß die Erfüllung der sprachlichen Aufgabenstellungen aufgrund des physikalischen Vorwissens leichter zu erfüllen war, als dies von Schüler und Lehrern erwartet worden war.

Wichtiger Schluß daraus ist, daß physikalisches Vorwissen oder Fachwissen bei der Verwendung einer Fremdsprache als Arbeitssprache notwendig ist und eine fundierte fachliche Vorentlastung zu erfolgen hat, um auch sprachlich sinnvolle Arbeit durchführen zu können. Zusätzlich ergab sich eine inhaltlich anders strukturierte und den physikalischen Lernerfolg verstärkende Darstellung der Grundzüge des Sternzyklus, in die zum Verständnis viele bereits bekannte Begriffe aus dem Physikunterricht miteinfließen.

und vielleicht wurde durch diese Aufgabenstellung auch ein Motivationsschub im Hinblick auf eine allgemeine Verbesserung des Wortschatzes erreicht.

Aus dem Ansatz heraus, auch modernste Physik in den Unterricht der 6. Klasse einfließen zu lassen, wurde ein Teil der Relativitätstheorie und der notwendigen Grundlagen der Quantenmechanik vorgezogen, um die Basis zu schaffen, eine Videosequenz aus den von *CALL-Austria* produzierten *America Today Highlights* in den Unterricht einzubringen. Die schwarzen Löcher als das extremste Beispiel der Endphase eines Sternes sind derzeit intensiv Bestandteil von Forschungsprojekten im Zusammenhang mit dem Hubble Weltraumteleskop. Man erwartet sich aus der "Beobachtung" dieser Löcher in der Raum-Zeit wichtige Aufschlüsse nicht nur über die Entstehung und Zukunft unseres Universums, sondern auch neue Erkenntnisse im Bereich der Quantenmechanik, um schließlich doch irgendwann vielleicht den Ansatz zu einer Weltformel, die fast alles miteinschließt, zu erkennen.

In der zweiten Teamstunde wurde nochmals das Thema Black Holes, das bereits bei der überblicksmäßigen Behandlung des Sternenzklus angeschnitten wurde, aufgegriffen. Als audiovisuelles Hilfsmittel diente dabei ein Beitrag der *America Today Highlights* vom Oktober 1994 auf Video. Der 7:27 Minuten lange Originalbeitrag über "Black Holes" einer amerikanischen Fernsehstation lag im Beiheft dieses Multimedia-Pakets bereits methodisch-didaktisch aufbereitet vor und bedeutete daher keinerlei Mehrarbeit für den Lehrer aus Englisch.

Gemäß den methodisch-didaktischen Grundsätzen des Einsatzes von Video im Sprachunterricht war die Aufbereitung und Aufgabenstellung in die Abschnitte Pre-viewing, Viewing und Post-viewing gegliedert.

Zur Erlangung zusätzlicher Motivation bei den Schülern wurde ihnen bereits vor dem ersten Vorspielen des Videos ein ebenfalls vom ATH-Team erstellter Multiple Choice Test mit teilweise sehr kniffligen, aber auch humoristischen Antworten übergeben. Sie bekamen dabei die Aufgabe, sich paarweise für eine gültige Antwort zu entscheiden und diese dann mit der Lösung nach zweimaligem Ansehen des Videos zu vergleichen.

Die abschließende Hausübung wurde natürlich in der nächsten Englischstunde besprochen, und die besten Arbeiten wurden exemplarisch vorgelesen und analysiert.

Die pre-viewing tasks wurden den Schülern bereits drei Unterrichtstage vor der entsprechenden Physikstunde übergeben, damit sie sich ausreichend auf die Inhalte vorbereiten konnten.

Die Aufgabenstellungen waren wie folgt:

**Pre-viewing:**

1. Name theories as to how our universe came into being and how galaxies formed. What are they made up of? How will they disappear?
2. Explain the following terms: universe, galaxy, milky way, solar system, planet, star, quasar, asteroid, black hole, orbit, gravitational field, event horizon, to supply energy, to exhaust nuclear fuel, a star collapses under its own weight, warpage of space and time
3. In this item black holes are described as "intergalactic vacuum cleaners ... [that] gobble up everything that's nearby, planets, stars, galaxies, even time itself", or as "object[s] down which

Bei der zweiten sprachlichen Aufgabenstellung ging es darum, Schülern klar zu machen, daß gerade bei der Lektüre eines solchen Textes "reading for gist", also das Lesen im Hinblick auf das Gesamtverständnis, wichtig ist. Zu diesem Zweck bekamen die Schüler folgende Aufgabenstellung:

*After having watched this short film about the "Electric Sun" twice, guess what the bold words of the text might mean in German: as a homework look up these words in an English-English dictionary and explain them.*

*A poet once wrote that "every atom that belongs to me as good belongs to you." And it is true that we are all made of the same stuff.*

*We share our atoms with the stars, where most of the elements originate. Stars like our Sun continue to generate matter in the form of plasma -- the life-blood of the universe....*

Der Film kam wiederum von der CD-ROM *Beyond the Planet Earth*, der gesprochene Text wurde für die Schüler in der oben angeführten Form aufbereitet. Bei der Bewältigung der Aufgabe zeigte sich, daß die Schüler bereits nach zweimaligem Ansehen des Films einen Großteil der Ausdrücke verstanden hatten und auch in englischer Sprache erklären konnten. Auch dieser Übungsabschnitt zeigte eindeutig, daß bereits Schüler der 10. Schulstufe sehr gut imstande sind, bei entsprechender Vorinformation auch komplexe wissenschaftliche Inhalte in der Fremdsprache zu verstehen und zu verarbeiten.

Der dritte sprachliche Aspekt, der den Schülern bewußt gemacht werden sollte, war, daß sie sich anhand eines wissenschaftlichen Textes bewußt machen, wodurch Schwierigkeiten des Verständnisses jenseits jeder physikalisch-fachlichen Kompetenz verursacht werden.

Die inhaltliche Zusammenfassung über die Eigenarten unseres Sonnensystems erfolgte durch Vorspielen des Abschnitts *The new solar system* von der oben zitierten CD-ROM. Verbunden war dieses Abspielen mit der Aufgabenstellung:

*Listen to and watch the description of our solar system, then underline those words in the text which you don't understand.*

Dabei zeigte sich, daß Schüler nicht so sehr Schwierigkeiten mit dem Verständnis des physikalischen Fachvokabulars hatten, sondern vielmehr Ausdrücke des allgemeinen Vokabulars Schwierigkeiten bereiteten. Dadurch wurde den Schülern auch klar, daß nur ein breit gestreuter Grundwortschatz das Sprachvermögen und Hörverstehen in der Fremdsprache garantiert,

*things can fall and out of which nothing can come". Explain what that means. Can the existence of a black hole be proved? How?*

#### **Viewing:**

1. Describe what role the Hubble Space Telescope has played in the discovery of black holes.
2. Describe what a black hole looks like (according to the pictures)
3. What definition of a black hole is given in this item? What is its function?
4. What would happen to an astronaut falling into a black hole?
5. Why will "tourists ... not be signing up for ... time travel"?
6. What does the theory that space and time are warped within a black hole imply?
7. Explain Thorne's concept of "time".

#### **Post-viewing:**

1. In this item Einstein, Oppenheimer and Hawking were mentioned. Use reference books and CD-ROMs to find out why they were/are so important for science.
2. Einstein is often remembered because of his Theory of Relativity, but what were his efforts on behalf of social causes?
3. Could you suggest a better model of a black hole than those presented in the item?
4. Use a library: Which authors or works of literature dealt with the phenomenon of time (e.g. people staying young while others have been aging, time travel, time repeating itself, etc.)
5. Group work: Choose some works of literature, discuss how the element of time is used and to what purpose.
6. Homework: If you could travel in time, where and what time would you go to? Write a report of your adventures.

Diese Art der Aufgabenstellung ist gewiß sehr umfangreich, und es stünde bei einem solchen Projekt natürlich jedem Lehrer frei, eine Auswahl aus diesen Aufgaben zu treffen. Es muß auch angemerkt werden, daß ein einzelner Lehrer solche verschiedenartigen Aufgaben nur nach langem Nachdenken, in Zusammenarbeit mit einem Kollegen des anderen Fachs und unter großem Zeitaufwand zusammenstellen könnte. Da die hier angesprochenen *America Today Highlights* das Produkt eines hochqualifizierten Lehrerteams sind und in jeder Ausgabe dieses Multimedia-Pakets besonders auf die Erarbeitung fächerübergreifender Modelle geachtet wird, ist der Einsatz des Materials für den Lehrer mit so gut wie keiner Mehrarbeit, bei optimalem Unterrichtsertrag, verbunden.

Hier boten die Aufgabenstellungen vielfältige Sprachanlässe und eine Fülle von Möglichkeiten, das physikalische Grundwissen zu erweitern und zu verbessern. Da die Hörverständnisübung sich nicht damit erschöpfen sollte, daß Schüler versuchen, den Fernsehbeitrag zu verstehen, wurde ihnen auch das gesamte Videoskript zur Selbstkontrolle übergeben, und sie wurden aufgefordert herauszufinden, welche Abschnitte ihnen beim Verständnis die größten Schwierigkeiten bereitet hätten. Durch dieses Feedback wurde bei den Schülern eine zusätzliche "language awareness", ein Sprachbewußtsein, unterstützt.

Zur Erlangung der geforderten Zusatzinformationen (z.B.: Einstein, Oppenheimer, Hawking, Black Hole, Cosmology) wurde ein Schüler aufgefordert, sich die entsprechenden Artikel von der *Encarta* zu beschaffen. Da dies vor dem Klassenverband und über den Weg der Projektion am Fernsehbildschirm erfolgte, konnte den Mitschülern auf diese Weise am praktischen Beispiel klar gemacht werden, wie leicht der Umgang und die Informationsbeschaffung mit moderner Unterrichtstechnologie ist. Dies ist vor allem im Hinblick auf die

Verwendung solcher Technologien für die zukünftige Studien- und Arbeitswelt von Bedeutung, stellt aber auch sicher, daß dieses Projekt in der 7. und 8. Klasse um weitere fächerübergreifende Projekte erweitert werden kann, in denen die Schüler in immer größerem Maße dazu aufgefordert werden, selbst erworbenes Wissen aus solchen Medien darzustellen (Vorträge, Präsentationen etc.)

## **Fazit**

Aus Sicht des Faches Physik war die Erprobung der neuen Medien mit herrlichen Animationen von bleibendem Wert, der auch für die weiteren Schulstufen von Bedeutung ist, und dies selbst dann, wenn die sprachliche Komponente nicht immer miteinbezogen wird. Vom naturwissenschaftlichen Standpunkt war die Vermittlung des Bewußtseins, daß gerade im Bereich der Naturwissenschaften 95% der Fachliteratur auf Englisch publiziert werden, von eminenter Bedeutung. Der Ansatz unseres Physikbuches, in dem immer auch die englischen Fachausdrücke zitiert sind, wurde auf gewinnbringende Weise erweitert. Die Physik war dabei nicht nur Vehikel des Englischunterrichts oder eines besonderen Projektes (Englisch als Arbeitssprache), sondern profitierte durch die profunde sprachliche Besprechung der Medien auch und vor allem inhaltlich. Im Konnex mit Geschichte ergab sich daraus eine wirklich umfassende Darstellung eines lehrplanmäßigen Inhaltes aus unterschiedlichsten Sichtweisen.

Im Hinblick auf den Nutzen für den Englischunterricht kann ebenfalls bemerkt werden, daß durch die Nutzung der Fremdsprache im Physikunterricht den Schülern klar wurde, daß die Beherrschung von Fremdsprachen in unserer heutigen Welt nicht Selbstzweck ist, nicht als geistige Basis für grammatikalische Übungen verkümmern darf, sondern Sprachbeherrschung in ihrer Anwendung in einem breiten inhaltlichen Spektrum wichtigen Sinn gewinnt.

Was den Einsatz der beschriebenen Technologie betrifft, erkennen Schüler und Lehrer, daß nicht Faktenwissen, sondern Beurteilungskraft und das richtige Werten und Einordnen von Wissensinhalten ein erstrebenswertes Ziel jeder Schulbildung ist. Natürlich wird durch eine solche Vorgangsweise auch klar, daß Lehrer in Zeiten der umfassenden Informationstechnologie nicht mehr die großen Wissensgurus von einst sein können. Die rasche und umfassende Verfügbarkeit von Faktenwissen durch den Einsatz moderner Technologie macht den Lehrer als sogenanntes wandelndes Lexikon geradezu zur lächerlichen Figur. Mehr denn je haben wir zur Kenntnis zu nehmen, "daß wir nichts wissen können". Wir müssen uns mehr und mehr darauf einstellen, daß sich durch den sinnvollen und pädagogisch durchdachten Einsatz moderner Informationstechnologien auch unser eigenes Rollenbild als Lehrer zusehends wandelt. Wir müssen allmählich lernen, vom Wissensvermittler zum Wissenskoordinator zu werden. Unsere Schüler jedenfalls wären längst dazu bereit, den Weg von der produkt- und wissensorientierten hin zur prozeß- und fertigkeitenorientierten Ausrichtung des Lernverfahrens zu beschreiten. Helfen wir ihnen doch dabei! Fächerübergreifende Projekte, wie das hier beschriebene, können dabei einen Teil des neuen Wegs ebnen.

# Computer im Physikunterricht - pro und contra

Gerhard Rath

"Die fast flächendeckende Ausstattung der Physiksäle mit Computern samt Meßinterface und CD-ROM-Laufwerk hat entscheidende Impulse für einen zeitgemäßen und modernen Physikunterricht gesetzt." (1)

"Die Natur, genauer das, was von ihr im Labor übrig bleibt, wird durch eine Mega-Black-Box betrachtet, und die Ergebnisse werden auf Monitoren präsentiert, die Objektivität ausstrahlen. Das, was dort zu sehen ist, schwarz auf weiß oder gar bunt, wird getrost hingenommen. Allenfalls der Lehrer macht das, wozu er auch sonst bei Schülerexperimenten neigt: Zur Kontrolle bedient er sich, um sicher zu gehen, der physikalischen Gesetzmäßigkeit, die er als Ergebnis erwartet, womit er einen Grundsatz seiner Wissenschaft auf den Kopf zu stellen lehrt." (2)

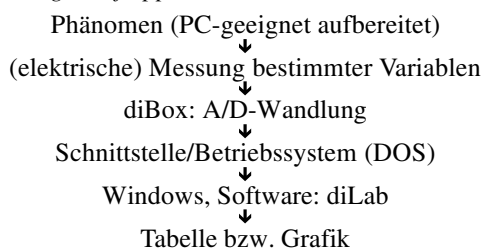
Im letzten Jahr wurden in Österreichs AHS flächendeckend Physik- und Chemie-Computer eingeführt, ganz dem Trend der Zeit entsprechend. Sie wurden jeweils mit Interface (di-Box), Meßfühlern und entsprechender Software (diLab) ausgestattet und sollen in erster Linie computerunterstützte Experimente im Physikunterricht ermöglichen. Nach der ersten Testphase und dem nunmehrigen Vorliegen der endgültigen Programmversion ist es an der Zeit, einige grundlegende Überlegungen anzustellen: Wo liegen die Vorteile, wo die Nachteile? Was bringt der Physik-PC, was könnte er bringen?

## Die negativen Aspekte

Die Aktion bedeutet einen nicht unbeträchtlichen *Mehraufwand für Lehrer*. Steht der Aufwand für das Erlernen des PC-Handlings und der Bedienung der Software sowie für den Aufbau der teilweise aufwendigen Experimente im Verhältnis zum erzielten Erfolg? Problemlose Fertigkeit im Umgang ist nur zu erwarten, wenn laufend mit dem Gerät gearbeitet wird. Ändern sich die Programmversionen ebenso schnell wie bei der Standardsoftware für PCs?

*Das Meßgerät ist wesentlich auffälliger als das eigentliche Experiment.* Die Schüler sehen einen Tisch heranrollen mit Computer, diBox, eventuell Drucker und Overhead-Display, über allem der Monitor, irgendwo dabei ein Pendel oder ein paar verschwindende elektrische Bauteile. Das Phänomen wird vom Meßaufwand bereits in der bloßen Beobachtung überdeckt.

*Das Verständnis des physikalischen Phänomens wird durch die aufwendige Meßapparatur verbaut.*



Dr. Gerhard Rath, BRG Keplerstraße und Institut für Experimentalphysik (Abteilung für Didaktik) der Karl-Franzens-Universität Graz

*Die Computer-geeignete Physik ist eine eingeschränkte.* Wie für einen Hammer die Welt nur aus Nägeln besteht, so ist die Welt des Computers jene der Zahlen. Nur bestimmte Experimente sind verwertbar, eigentlich nur solche, die Zahlen oder Zahlenreihen ergeben. Besteht Physik nur aus Diagrammen? Es scheiden aus: Qualitative Experimente, selbständiges Denken und Fragen, spielerisches, entdeckendes Lernen etc.

*Der Realitätsbezug fehlt fast völlig.* Dies zeigt etwa, daß "Schwindeln" ohne weiteres möglich ist: Ergibt eine Messung nicht die gewünschte Kurve, kann der Lehrer flugs eine vorbereitete auf den Schirm bringen - Physik wie aus der Fernseh-Küche?

*Der Mythos der "schönen Kurve":* Der Versuch bzw. die Auswertung am PC werden so lange manipuliert, bis endlich die im Lehrbuch vorgeschriebene Parabel, Sinuskurve oder sonstwas herauskommt. Damit degradiert sich das Experiment zur reinen Bestätigung der Theorie, der Aspekt des Entdeckens, Forschens, der Unsicherheit fehlt völlig. Physik-Unterricht als neue Scholastik?

## Positive Aspekte

Ein neues, aktuelles Medium bringt *neue Motivation für Schüler im Physik-Unterricht*. Oder, umgekehrt formuliert: Etwas, das in der heutigen Zeit noch ohne Computer daherkommt, wirkt alt, verstaubt, langweilig.

Die Auswertung von Messungen in Echtzeit bringt ein *besseres Verständnis der Physik*. Die direkte Umsetzung der Schwingung eines Pendels in eine Sinuskurve zum Beispiel stellt einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen dem Phänomen und der graphischen Darstellung her, der sonst abstrakt bleiben müßte. Diagramme werden anschaulicher.

Der Umgang mit dem PC stellt heute eine *Grundfertigkeit* dar. Der Physik-Unterricht kann nicht umhin, in diesem Punkt eine gewisse Vorbereitung auf das Leben zu leisten, auch was die Frage der kritischen Distanz zu diesem neuen Medium betrifft.

Für die theoretische und experimentelle naturwissenschaftliche Forschung ist der Computer ein *unverzichtbares Hilfsmittel*. Es gibt wohl keinen Physiker mehr, sei es auf einem Universitätsinstitut oder in der Wirtschaft, der eine Messung auswertet, indem er Werte aufschreibt und dann händisch in ein Diagramm überträgt. Physikunterricht ohne Computer lehrt die Physik vor unserer Zeit, Museums-Physik.

## Ein persönliches Resümee

Insbesondere wegen des letzten Arguments meine ich, daß der naturwissenschaftliche Unterricht um den Einsatz des Computers nicht herumkommt, soll nur in irgendeiner Weise eine Verbindung der Physik der Schule mit der aktuellen, "wirklichen" Physik erhalten bleiben. Ich halte aber den PC als Demonstrationsgerät didaktisch für kaum sinnvoll; in diesem Fall treffen alle oben genannten negativen Aspekte zu.

Also müssen die Schüler *selbst mit dem Gerät arbeiten*. Da üblicherweise nur ein Computer vorhanden ist, verwende ich diesen in kleinen Gruppen (Wahlpflichtfach etc.) oder im Rahmen "normaler" Schülerexperimente: Während die anderen Gruppen ihre Messung wie gewohnt durchführen und auswerten, erarbeitet eine Gruppe das entsprechende Experiment mit Hilfe des Computers, diese wechselt natürlich beim nächsten Schülerversuch. Damit bleibt die Bedeutung des physikalischen Phänomens erhalten und es eröffnen sich Vergleichsmöglichkeiten, welche einsichtig machen, was der PC eigentlich macht, wo die Vorgaben und Einschränkungen des Programms liegen.

### **Einige allgemeinere Aspekte, Fragen und Anregungen rund um den Physik-Computer**

*Der Computer als Inhalt des Physik-Unterrichts:* Elektronik, Hardware (Zerlegen?), die Physik des PC's. Oder: Die Veränderung der Naturwissenschaft durch Computer (Hätte Kopernikus einen PC gehabt, hätte er noch die Sonne in den Mittelpunkt der Planetenbahnen gestellt, oder hätte er vielmehr das alte System perfektioniert?). Ein wichtiges Ziel in diesem Zusammenhang wäre auch die kritische Einstellung gegen die Unfehlbarkeit der Technik und gegen eine einseitige Fortschrittsgläubigkeit.

*Der Computer als ein Medium des Unterrichts* (wie Tafel, Overhead-Projektor, Lehrbuch ...): Nach Neil Postman (3) ist ein Medium nicht ein neutraler Überträger von Information, sondern beeinflusst Wahrnehmung, Sprache und Denken. Ist ein "Bild" eine Zeichnung auf der Tafel, ein Foto in einem Buch, ein Begriff der Optik oder ein Pixelmuster auf einem VGA-Schirm? Was heißt "Messen"? Stellen einer Frage an die Natur, Eingrenzen der Variablen, Überlegen des benötigten Gerätes, genaues Ablesen ... oder heißt es: Aufbau nach Vorschrift und richtiges Bedienen des PCs? Wie verändert der Unterricht mit dem Computer das, was für uns ein "Problem" ist, was "Verstehen" heißt oder "Wissen", ja was für uns eigentlich "Physik" ist?

*Simulationen physikalischer Vorgänge mit dem PC:* Neben Messen/Steuern werden Computer in der Physikalischen Forschung auch häufig für das Rechnen von Modellen und zur Darstellung von Phänomenen benutzt, welche sonst für unsere Sinne nicht zugänglich wären. Diese Nutzung war für den ausgelieferten Schul-Computer offenbar nicht von vorneherein vorgesehen, sonst hätte man die mitgelieferte CD-ROM gleich mit Programmen ausstatten können, die für den Physik-Unterricht geeignet sein könnten.

*Das Ersetzen realer Versuche durch Simulationen auf dem PC* erscheint mir wieder nur dann sinnvoll, wenn diese von den Schülern selbst durchgeführt werden können. Die Arbeit mit einer Programmiersprache oder mit einer Tabellenkalkulation kann dann zum besseren Verständnis von Formeln und Diagrammen beitragen: Wie ergibt sich aus einer Formel eine Kurve, wie ändert sich die Darstellung beim Variieren der Variablen ...? Es muß aber bewußt bleiben, daß hier im wesentlichen eine theoretische Physik betrieben wird, alles spielt sich auf einer hohen Abstraktionsebene ab.

Noch etwas abstrakter ist diese Physik bei *Verwenden von fertigen Programmen*. Wahrscheinlich hat sich auch aus diesem

Grund das vom Ministerium verbreitete Programm "PELMO" nicht durchgesetzt, obwohl es gründlich und umfangreich diese Art der Physik zeigt; jedoch erscheint auch die Bedienung zu kompliziert für die Windows-Generation.

Einiges leisten könnte der Computer in der *Darstellung von unzugänglicheren Gebieten* wie Atom- und Teilchenphysik, Astronomie oder Relativitätstheorie. Nur hier scheint mir dieses Medium auch als Demonstrationsgerät geeignet, da es neben andere dieser Art tritt, etwa Videos, gezeichnete oder gearbeitete Modelle (z.B. Atom-Kugeln). Gerade das eingebaute CD-Laufwerk eröffnet hier viele Möglichkeiten. Die Gefahr des Verwechselns der Wirklichkeit mit Modellen und Bildern, in der Schul-Physik ohnehin nicht gerade gering zu werten, wird durch die Perfektion des Computers allerdings noch verstärkt. Daß ein Holzkugel sich ziemlich von einem Atom unterscheidet, ist ja klar - aber eine rasante 3D-Animation, mit Neutrino-Sound ...?

### **CD-ROMs für den Physikunterricht**

Michael Dobes beschreibt sehr detailliert (u.a.) die folgenden Titel: (1)

- *The Way Things Work:* Interaktive Multimedia-CD über technische Geräte und Grundbegriffe der Physik
- *Beyond Planet Earth:* Weltraumforschung: interaktive Reise durch das Sonnensystem, mit vielen Bildern und Videos
- *Redshift:* Simulationen der Vorgänge im Sonnensystem, aufbauend auf Original-Bildern
- *The View from Earth:* Ton- Bild-Show über die Erforschung von Sonne, Mond, und Erde

*Andere Titel:*

Der teWi-Verlag bietet eine Reihe von mittlerweile 3 CDs, die alle aus Kursen der Bradford Grammar School entstanden.

- Physik 1: Elektrizität und Magnetismus
- Physik 2: Energie
- Physik 3: Erde und Universum

Alle CDs haben eine einheitliche Benutzerführung und enthalten vor allem Bilder, (gesprochenen) Text und Animationen, die übersichtlich geordnet sind. Dazu gibt es Quizfragen und Beschreibungen mit Arbeitsblättern, alles in Deutsch.

- *Encyclopedia of Science:* Multimedia-Lexikon der Naturwissenschaften
- *Chip spezial & Bild der Wissenschaft: Faszination Chaos und Fraktale.* Ausführliches Heft und CD mit vielen Bildern und Programmen, für Freunde der Chaos-Theorie ein Muß.

### **Literatur**

- (1) M. Dobes: *CD-ROMs für den Physikunterricht.* In: Tell&Call 2/95, S. 20ff, Nachdruck in PLUS LUCIS 4/95
- (2) M. Burgheim: *Zum Computereinsatz im Naturwissenschaftlichen Unterricht.* In: A. Kremer, L. Stäudel (Hrsg.): *Computer und Naturwissenschaftlicher Unterricht,* RG Soznat, Marburg 1987; S.68ff
- (3) N. Postman: *Das Technopol.* Frankfurt am Main 1992

# Der Arbeitskreis Computer im Chemieunterricht (AK) stellt sich vor

Richard Nagel

Der AK wurde 1976 in Stuttgart als lockerer Zusammenschluß von Chemielehrern gegründet mit dem Ziel, Computerprogramme für den Chemieunterricht zu entwickeln und Konzepte zu erarbeiten, wie diese Programme im Chemieunterricht und -praktikum einzusetzen sind. Die Ergebnisse des AK sollten den Lehrern im In- und Ausland zur Verfügung gestellt werden.

So wurden im Laufe der Jahre etwa eine halbe Million Computerprogramme für IBM-kompatible Rechner dank der großzügigen Unterstützung durch das Chemische Institut Dr. Flad in Stuttgart an alle interessierten Lehrer verschenkt.

Seit zwei Jahren steht der AK auf eigenen Beinen, d.h. er finanziert sich selbst durch den Verkauf von Disketten und Handbüchern für den Unterricht. Die Arbeitszeit der Mitglieder wird auch künftig unentgeltlich investiert.

## Was bietet der AK den Chemielehrern?

### Vorträge, Seminare und Workshops

Um den Kollegen die Schwellenangst vor dem Computereinsatz im Unterricht zu nehmen, führt der AK im Rahmen der Lehrerfortbildung entsprechende Veranstaltungen durch. Interessierte Fach- bzw. Seminarleiter können zu diesem Zweck Kontakte mit Mitgliedern des AK aufnehmen. Weiterhin ist der AK auf vielen Tagungen für die Chemielehrer mit einem Ausstellungsstand vertreten.

### Telefonische Hilfe - die Hotline des AK

Um die Kollegen bei der Anschaffung und Nutzung von Meßgeräten, Wandlern und Computern sowie bei Fragen zum AK zu beraten, ist ein Telefonservice eingerichtet worden. Sie erreichen uns am Mittwoch von 18.00-20.00 Uhr unter der Rufnummer 0049-251-922266 bzw. immer per Fax unter 0049-251-922267 von Österreich aus.

Programme und Daten z.B. Hinweise zum Computereinsatz und zu den Programmen des AK sind auch elektronisch abrufbar. Man kann aber auch eigene Probleme in den elektronischen Briefkasten schreiben.

Mailbox: 0049-251-922268 - Compuserve-ID 100520,3020

### Geräteanpassungstage des AK

Hier wird den Kollegen geholfen, Geräte an den Computer anzuschließen, bzw. die Computerprogramme an die vorhandene Konfiguration anzupassen für den Fall, daß sie elektronische Geräte zur Messung (z.B. von pH, Temperatur, Leitfähigkeit, Spannung, usw.) und einen IBM-kompatiblen Computer in der Sammlung haben. Nach vorheriger Anmeldung kann man Computer und Geräte zu einem Stützpunkt kommen und unter fachkundiger Hilfe die Geräte anpassen.

### Computer-Programme

Der AK sammelt, erprobt, verändert und entwickelt Programme für MS-DOS-Rechner. Die Software deckt praktisch alle Gebiete der Schulchemie ab. So liegen Datenbanken zum

Periodensystem, Rechenübungen, Beispiele zum computergestützten Unterricht bis hin zu Simulationen und der Arbeit mit Modellen vor. Einen sehr breiten Raum nimmt die Meßwerterfassung und die Auswertung der dabei erhaltenen Daten ein. Da die einzelnen Programme voneinander unabhängig sind, kann der betreffende Chemielehrer selbst entscheiden, welches Programm und in welchem Umfang er in seinem Unterricht einsetzen möchte.

### Materialien-Bände

Der AK gibt seine vielfältigen Erfahrungen in einer Materialien-Sammlung in "Loseblatt-Form" heraus. Die drei Bände beinhalten theoretische Hintergründe, Übungsblätter für Schüler, Kopiervorlagen, Hinweise zur Materialbeschaffung und auf weiterführende Literatur.

#### Band 1: Hardware/Programme (ca. 400 Seiten)

Hier wird ein umfassender Überblick mit Kurzbeschreibung über die im Augenblick verfügbare Software (ca. 340) in der Chemie gegeben. Auf die notwendige Hardware und die Peripherie (z.B. Wandler) wird ebenfalls eingegangen. Dieser Überblick ist nach Ansicht des AK im Augenblick einmalig.

#### Band 2: Analytik (ca. 400 Seiten)

Hier werden eine sehr große Anzahl von Versuchen (über 100) aus allen Gebieten der Chemie anhand von Skizzen, Geräte- und Chemikalienlisten, Tips und Tricks zur Versuchsdurchführung genau beschrieben. Da diese Experimente mittels Computereinsatz im Unterricht zur Geltung kommen sollen, sind alle programmtechnischen Hinweise bis hin zur Beschreibung jedes einzelnen Tastendrucks aufgeführt. Eine Anleitung zur Auswertung der Messungen mit den entsprechenden Graphen ist ebenfalls enthalten.

#### Band 3: Spektroskopie (ca. 320 Seiten)

Dieser Band schließt eine Lücke im Angebot der Sachbücher zum Thema Spektroskopie. In diesem Band sind ca. 200 Spektren (MS, IR, NMR) von einfachen organischen Substanzen enthalten. Es sind eine Einführung mit Arbeitsblättern und Aufgaben zu jeder Spektroskopieart, sowie zahlreiche Musterlösungen enthalten. Alle besprochenen Spektren sind auch auf Diskette erhältlich.

### Software

Es seien hier stellvertretend für zahlreiche weitere Programme die folgenden fünf Programmpakete genannt:

*Analytik:* Sieben umfangreiche Programme zur professionellen Meßwerterfassung und Auswertung. Es sind über 100 Dateien von aufgenommenen Meßreihen enthalten

*pH-Wert:* Alles was zu diesem Themenkreis notwendig ist ist hier enthalten, einschließlich einem "Titrations-Trocken-Training", einem Muß für jeden Chemielehrer und Schüler

*Qualitative Analyse:* In drei unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen (bis zum Trennungsgang) wird die qualitative Analyse geübt

*Spektroskopie:* Auf dieses Programm mit seiner umfangreichen Spektrensammlung wurde schon oben hingewiesen

*Reaktionskinetik:* Hier handelt es sich um ein Simulationsprogramm zu diesem Themenbereich

Richard Nagel, Dalisbergstraße 6, D-73337 Bad Überkingen  
Mailbox: 0049-251-922268 - Compuserve-ID 100520,300

# Nobelpreise 1995

In den folgenden Beiträgen werden die Leistungen der Preisträger des Jahres 1995 für Physik und Chemie, sowie die Bedeutung der Pugwashbewegung und die Rolle ihres langjährigen Vorsitzenden gewürdigt. Im Anhang daran finden Sie als Material für den fächerübergreifenden Unterricht die Pressemitteilung der Schwedischen Akademie der Wissenschaften zum Physiknobelpreis und das berühmte Memorandum von Russell und Einstein zur Ächtung der Kernwaffen.

## Nobelpreis für Physik

Der Physik-Nobelpreis 1995 wurde zwei amerikanischen Physikern für wegweisende experimentelle Beiträge zur Physik der Leptonen zuerkannt: Frederick Reines für den Nachweis der Existenz des Antineutrinos und Martin Perl für die Entdeckung eines "schweren Elektrons", des Tauons.

### Die Entdeckung des Tauons

Helmut Kühnelt

Die experimentelle Hochenergie- oder Teilchenphysik ist paradoxerweise die Jagd nach neuen Teilchen mit dem Ziel, die Eigenschaften der bekannten Teilchen besser zu verstehen. Ist heute das Higgsteilchen die unerlegte Beute, deren Auffinden das Verständnis der Eigenschaft Masse verspricht, standen vor 20 Jahren neben den Quarks die Leptonen im Mittelpunkt des Interesses. Man kannte 4 Arten von Quarks (up, down, charm, strange), man kannte Elektron und Myon, die schwere Schwester des Elektrons ( $m_\mu = 210 m_e$ ). Man kannte die zugehörigen Neutrinos  $\nu_e$  und  $\nu_\mu$  und deren Antiteilchen. Unklar war, ob es weitere Teilchen dieser Art, der sog. Leptonen, gibt und welche Eigenschaften sie haben. Denkmöglich waren u.a.

a) Sequentielle schwere Leptonen, also eine Fortsetzung der Reihe e,  $\mu$ ,... Solche Teilchen sollten wie e und  $\mu$  keine starke Wechselwirkung zeigen und eine ihrer Zerfallsarten sollte ein beta-Zerfall wie beim Myon sein:

$$\begin{aligned} \mu^- &\rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu, \text{ d.h.} \\ \tau^- &\rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\tau \quad \text{oder} \quad \mu^- + \bar{\nu}_\mu + \nu_\tau \end{aligned} \quad (1)$$

mit einem eigenen Neutrino  $\nu_\tau$ .

b) Schweres Elektron mit "falscher" Elektronenzahl:

$$\tau^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \bar{\nu}_e$$

und einer speziellen Zerfallscharakteristik wegen der durch das Pauliprinzip eingeschränkten Möglichkeiten der Energieverteilung der identischen Teilchen im Endzustand. (Kann ein solches Teilchen auch in  $\mu^- + \bar{\nu}_\mu + \bar{\nu}_\mu$  zerfallen? Heute glaubt niemand an solche chimärenhaften Leptonen.)

Mit der Fertigstellung des SPEAR (Stanford Positron Electron Accelerator Ring) 1973 am Beschleunigerzentrum SLAC in Stanford, Kalifornien, in dem Elektronen- und Positronenstrahlen von je 2,5 GeV Energie zur Kollision gebracht werden konnten, war die Möglichkeit zur Suche nach neuen Teilchen im Massenbereich von etwa  $2 \text{ GeV}/c^2$  möglich geworden.

Martin Perl nutzte mit seinen Mitarbeitern die Chance und machte sich auf die Suche. Nach zwei Jahren konnte er erste Hinweise vorlegen. Ich erinnere mich noch sehr lebhaft, mit welcher genaueren Analyse Perl im Jahr 1976 bei einer Konferenz in Aachen das skeptische Auditorium zu überzeugen versuchte. (Erst 1978 setzte die allgemeine Anerkennung ein.) Bis zur Aachen-Konferenz hatte er 139 "anomale"  $e\mu$ -Ereignisse der Art

$$e^+ + e^- \rightarrow e^\pm + \mu^\mp + \text{nichtnachweisbare neutrale Teilchen} \quad (\text{Neutrinos})$$

gefunden, aus denen er plausibel machen konnte, daß es sich nur um die Erzeugung eines Paares von schweren Leptonen  $\tau^-$  und dem Antiteilchen  $\tau^+$  handeln konnte, die nach dem Schema (1) zerfallen. Die Masse konnte damals nur grob zu  $1,8 \text{ GeV}/c^2$  (rund zwei Protonenmassen) bestimmt werden. Die heute anerkannten Werte sind:

$$m_\tau = 1,77696 \text{ GeV}/c^2, \text{ Lebensdauer } 2,91 \cdot 10^{-13} \text{ s.}$$

Damit war das 3. Lepton gefunden und die Frage, die nach der Entdeckung des Myons gestellt worden war "Who has ordered that?", war noch brennender geworden. Wenn auch diese Frage noch lange offenbleiben wird, ein Hinweis auf die grundlegende Ordnung ergab sich bald darauf durch die Entdeckung eines weiteren Quarks durch Leon Lederman im Jahr 1977. Das sog. bottom-Quark eröffnete eine 3. Familie von Quarks, in welcher der fehlende Partner, das top-Quark, sich erst im Sommer 1994 nachweisen ließ. Damit ergibt sich eine Ordnung der fundamentalen Spin-1/2-Teilchen in 3 Familien aus jeweils 2 Quarks, einem Lepton und dem zugehörigen Neutrino:

	Quarks	Leptonen
1. Familie	up, down	Elektron, e-Neutrino
2. Familie	charm, strange	Myon, $\mu$ -Neutrino
3. Familie	top, bottom	Tauon, $\tau$ -Neutrino

(Das tau-Neutrino wurde direkt noch nicht nachgewiesen.)

Die gewöhnliche Materie auf der Erde besteht aus den Bestandteilen der 1. Familie. Doch bereits in der Höhenstrahlung findet man mit großer Häufigkeit die Mitglieder der 2. Familie (ein beständiger Schauer von Myonen trifft uns auch am Boden des Luftozeans), darüber hinaus natürlich auch die Mitglieder der 3. Familie. Zum Studium ihrer Eigenschaften sind allerdings gezielte Experimente an Beschleunigern besser geeignet als die Zufallsbeobachtungen mittels der kosmischen Strahlung. Eine wichtige Rolle haben die 3 Familien im frühen Universum gespielt, als die Massenunterschiede wegen der hohen Energien vernachlässigbar waren. Die Zahl der Familien ist mitbestimmend für die relative kosmische Häufigkeit von Helium, Deuterium und Lithium – und auch diese deutet auf 3 Familien hin.

Welche Gemeinsamkeiten gibt es innerhalb der Familien? Die wichtigste ist, daß alle Partner Fermionen sind: Die Materie ist aus Fermionen aufgebaut, was wegen des Pauliprinzips wichtige Konsequenzen hat – denken wir nur z.B. an des Elektronengas im metallischen Festkörper. Die Kräfte zwischen den

Fermionen werden jedoch durch Bosonen übertragen, Teilchen oder besser Feldquanten mit Spin 1: das Photon für die elektromagnetische Wechselwirkung, 8 Gluonen für die starken Farbkraft, die schwachen Bosonen  $W^+$ ,  $W^-$  und  $Z^0$  für die schwache Wechselwirkung. (Nur das Graviton als Feldquant der Gravitation hat Spin 2.)

Kann es nicht doch noch mehr Familien geben? Oder ist die Physik – wenigstens bei dieser Frage – schon fertig? Derzeit deutet noch ein weiteres Experiment auf die Existenz von genau 3 Familien mit nahezu masselosen Neutrinos hin:

Das intermediäre neutrale Boson der schwachen Wechselwirkung  $Z^0$  zerfällt in alle fundamentalen Fermion-Antifermion-Paare. Durch Vergleich der gesamten Zerfallswahrscheinlichkeit mit den Zerfallswahrscheinlichkeiten aller sichtbaren Kanäle läßt sich der Anteil für Zerfälle in Neutrino-Antineutrino-Paare bestimmen und mit dem theoretischen Wert vergleichen. Am CERN wurde so die Zahl der Neutrinoarten als  $2,99 \pm 0,02$  bestimmt.

(Ein leicht verständlicher Artikel von Perl über Schwere Leptonen ist in der Ausgabe vom März 1978 des Scientific American erschienen, er kann über den WWW-Server des Vereins (s. Seite 1 dieses Hefts) gelesen werden.)

Zur Person von Martin Perl: geboren 1927 in New York. Doktorat in Physik 1955 an der Columbia University, New York. Arbeitet am Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) in Kalifornien.

## Der Nachweis des Neutrinos

Herbert Pietschmann

Als im Jahre 1930, ein Dritteljahrhundert nach der Entdeckung der Radioaktivität, ziemlich eindeutig feststand, daß die Elektronen beim Betazerfall nicht mit scharfer Energie emittiert wurden, machte der aus Wien stammende Theoretiker Wolfgang Pauli seine Neutrino-Hypothese publik. In einem berühmten Brief vom 3. Dezember 1930 an die "radioaktiven Damen und Herren" eines Kongresses schrieb er allerdings: "Ich traue mich vorläufig aber nicht, etwas über diese Idee zu publizieren, und wende mich erst vertrauensvoll an Euch, liebe Radioaktive, mit der Frage, wie es um den experimentellen Nachweis eines solchen Neutrons stände, wenn dieses ein ebensolches oder etwa zehnmals größeres Durchdringungsvermögen besitzen würde wie ein Gammastrahl."

Pauli sprach damals noch von "Neutron", das als neutraler Partner des Protons ja erst viel später nachgewiesen wurde. Erst danach taufte Enrico Fermi das beim Betazerfall zu emittierende Teilchen in "Neutrino" um. Wolfgang Pauli hat in jenen Tagen zu seinem Freund Walter Baade gesagt: "Heute habe ich etwas Schreckliches getan, etwas, was kein theoretischer Physiker jemals tun sollte. Ich habe etwas vorgeschlagen, was nie experimentell verifiziert werden kann." Der Astronom Baade wettete sofort um Champagner mit Wolfgang Pauli, daß dieses Phänomen (das Neutrino) doch einmal experimentell nachgewiesen werden würde.

Univ. Prof. Dr. Herbert Pietschmann, Institut für Theoretische Physik, Univ. Wien, Boltzmanngasse 5, 1090 Wien

Als Fred Reines mit seinem Mitarbeiter Clyde Cowan die ersten experimentellen Nachweise, die einigermaßen sicher waren, bei einem Kongreß vortrug, löste Wolfgang Pauli seine Wette tatsächlich ein, Fred Reines hat mir allerdings mit gewisser Verärgerung berichtet, daß nur die Theoretiker davon bekommen hätten und er selbst leer ausging.

Wie war es zu diesem überaus schwierigen Nachweis gekommen? Schon im Jahre 1935 hatte man versucht, fünf Gramm Radium vor ein Zählrohr zu stellen und die Alpha-, Beta- und Gammastrahlen durch dicke Bleiabsorber abzuschirmen. Pro Minute sollten etwa  $10^{10}$  Neutrinos das Zielrohr durchqueren, es wurde jedoch keines davon nachgewiesen. Im Jahre 1950 wurde erstmalig unter Einsatz eines "Uranbrenners" (Reaktors) der Nachweis des Neutrinos versucht, wiederum aber mit negativem Ergebnis. Daher schlugen im Jahre 1953 Houtermans und Thirring vor, die Neutrinostrahlung von der Sonne als Quelle zu benutzen, um das Neutrino endlich nachzuweisen. Zur gleichen Zeit gelang aber Reines und Cowan der erste Nachweis am Hanford Reaktor. Die Differenz der Zielrate für Neutrinoereignisse zwischen an- und abgeschaltetem Reaktor betrug  $0,41 \pm 0,20$  Zählimpulse pro Minute, also gerade etwa zwei Standardabweichungen. Damit war eigentlich die Grenze noch nicht erreicht, bei der man von einem definitiven Nachweis sprechen kann (im allgemeinen verlangt man dafür mindestens drei Standardabweichungen). Trotzdem wurde die Arbeit am 14. September 1953 von Physical Review zur Publikation angenommen. Als kurze Zeit später der Savannah River (Militär) Reaktor in Betrieb ging, wiederholte Reines und Mitarbeiter das Experiment und publizierte im Jahre 1956 im Science erste Ergebnisse. Die endgültige Beschreibung des Experimentes wurde im Jänner 1959 im Physical Review von Reines und Cowan publiziert. Das Ergebnis der Differenz zwischen an- und abgeschaltetem Reaktor war nun  $36 \pm 4$  Ereignisse pro Stunde und damit jenseits aller statistischen Unsicherheiten bestätigt.

Warum war es so ungeheuer schwierig, das Neutrino nachzuweisen? Es handelt sich um ein Teilchen, das keine meßbaren elektrischen Eigenschaften (Ladung, magnetisches Moment) zeigt, das außerdem neutral gegen starke Wechselwirkungen (Kernkräfte) ist und daher nur über die schwachen Wechselwirkungen reagieren kann. Wie eine Abschätzung des Wirkungsquerschnittes schnell zeigt, (er muß ja proportional dem Quadrat der schwachen Kopplungskonstante sein) liegt der Wirkungsquerschnitt für Neutrinos aus Reaktorprozessen bei etwa  $10^{-43}$  cm<sup>2</sup>. Damit kommt die mittlere freie Weglänge in Wasser in die Größenordnung von Lichtjahren. So ist z.B. bei den Sonnenneutrino-Experimenten kein Unterschied in der Zählrate zwischen Tag und Nacht zu bemerken, also zwischen zwei Konfigurationen in dem einmal die Neutrinos direkt von der Sonne in die Detektoren gelangen, im anderen Falle aber vorher die ganze Erde durchdringen müssen.

Die Anerkennung dieser Leistung durch den Nobelpreis an Fred Reines ist daher begrüßenswert, und es stellt sich eher die Frage, warum sie so spät erfolgte.

Zur Person von Frederick Reines: geboren 1918 in Paterson, New Jersey, USA. Doktorat in Physik 1944 an der New York University. Er ist emeritierter Professor für Physik an der University of California at Irvine.



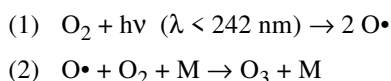
# Nobelpreis für Chemie

## Atmosphärenchemie und Ozonloch

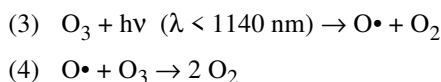
Thomas Schönfeld

Der Nobelpreis für Chemie 1995 ist zu gleichen Teilen an Professor Paul Crutzen, Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz, Professor Mario Molina, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, und Professor Sherwood Rowland, University of California, Irvine, USA, verliehen worden. Mit dem Preis werden ihre Arbeiten über die Spurengaschemie der Atmosphäre, insbesondere über Bildung und Abbau von Ozon, gewürdigt.

Die ersten Vorstellungen von Bildung und Zerfall atmosphärischen Ozons wurden vom englischen Physiker Sidney Chapman 1930 mit seiner photochemischen Theorie entwickelt. Spaltung von Sauerstoffmolekülen durch kurzwellige ultraviolette Strahlung wurde als erster Schritt angenommen (Reaktionsgleichung 1). Die dabei gebildeten Sauerstoffatome reagieren mit Sauerstoffmolekülen, wobei – wie in Reaktionsgleichung 2 dargestellt – ein weiteres Molekül (M, z.B. N<sub>2</sub> oder O<sub>2</sub>) Energie übernehmen kann.

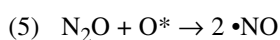


Auch für den Abbau von O<sub>3</sub> wurde ein photochemischer Prozeß angenommen (Gleichung 3). Die dabei gebildeten Sauerstoffatome können nach Gleichung 2 rückreagieren oder nach Gleichung 4 weiterreagieren, wobei weiteres Ozon abgebaut wird.



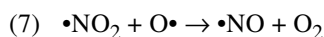
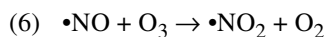
Durch Vergleich von berechneten und beobachteten Ozonkonzentrationen in der Stratosphäre und durch Untersuchung der Reaktionen von O<sub>3</sub> mit verschiedenen Stoffen zeigte sich aber dann, daß stratosphärisches Ozon auch durch Reaktionen mit seltenen Luftbestandteilen mit katalytischer Wirkung zersetzt werden dürfte.

Paul Crutzen – er ist Holländer, wirkte damals in Stockholm und ging 1980 nach Mainz – schlug 1970 vor, daß Oxide des Stickstoffs (NO und NO<sub>2</sub>) die wichtigsten derartigen Katalysatoren sein dürften. Er zeigte, daß bei mikrobiologischen Prozessen im Boden N<sub>2</sub>O gebildet wird und da es ziemlich reaktionsträge ist (durchschnittliche Lebensdauer in der Atmosphäre etwa 150 Jahre) in die Stratosphäre gelangen kann. Energiereiche Sauerstoffatome, die durch UV-Sonnenstrahlung gebildet werden, oxidieren dann N<sub>2</sub>O zu NO (Gleichung 5).

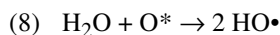


Die Reaktionskette des katalysierten Ozonabbaus kann dann lauten:

em. Univ.-Prof. Dr. Thomas Schönfeld, Institut für Anorganische Chemie, Univ. Wien, Währingerstraße 42, 1090 Wien

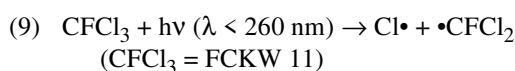


wobei Reaktion 7 mit Reaktion 2 in Konkurrenz tritt. Reaktion 6 wirkt also O<sub>3</sub>-zersetzend, Reaktion 7 unterdrückt die O<sub>3</sub>-Bildung nach Reaktion 2. Später wurde auch eine analoge katalytische Wirkung von HO• und HO<sub>2</sub>•-Radikalen nachgewiesen. Sie werden in der Stratosphäre aus Wasserdampf gebildet (Gleichung 8).



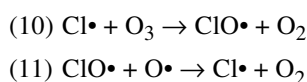
### FCKWs aus Sprühdosen

Eine katalysierte Kettenreaktion mit Beteiligung von Chlor wurde 1974 nachgewiesen. Im gleichen Jahr zeigten Mario Molina und Sherwood Rowland, daß Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) anthropogenen Ursprungs in der Troposphäre nicht zersetzt werden, daher in die Stratosphäre gelangen und dort – nun durch die Ozonschicht weniger geschützt – durch energiereiche UV-Sonnenstrahlung zersetzt werden, wobei Chloratome entstehen (siehe Gleichung 9), die weiter reagieren.



Durch weitere Reaktionsschritte werden CO<sub>2</sub>, HF und ClO• gebildet.

Die katalytische Ozonzersetzung erfolgt dann in einer Kettenreaktion entsprechend Gleichungen 10 und 11 (in Analogie zu den Reaktionen 6 und 7).



Roland und Molina erkannten, daß es auf diesem Weg zu einem sehr bedeutenden Abbau der atmosphärischen Ozonschicht kommen könnte. Sie verwiesen darauf, daß etwa 700.000 Tonnen FCKWs pro Jahr produziert werden, wobei ein Großteil dieser Produktion aus Sprühdosen in die Atmosphäre freigesetzt wird. Nach ihren damaligen Schätzungen würde es zu einer Verdoppelung dieser Freisetzung in sechs bis sieben Jahren kommen.

### Ozonloch und "polar stratospheric clouds"

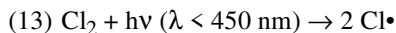
Mit der Entdeckung des Ozonlochs über der Antarktis 1985 durch Farman und Mitarbeiter gewann das Thema Ozon besondere Aktualität. Die bis damals bekannten Gasphasenreaktionen in der Atmosphäre konnten diesen Effekt nicht erklären. Es mußte daher ein weiterer Mechanismus wirksam sein. Von Crutzen und Molina wurde erkannt, daß Ozonabbau durch Reaktionen an der Oberfläche von Aerosolteilchen katalysiert wird, die aufgrund der sehr tiefen Temperaturen im antarktischen Winter gebildet werden. Insbesondere durch Kondensation von Wasser und Salpetersäure werden die Teilchen der "polar stratospheric clouds" (PSC) gebildet.

Die Aerosolteilchen werden im antarktischen Winter gebildet und spielen im anschließenden Frühling (etwa Ende August bis Mitte Oktober) eine wichtige Rolle. Dabei dürfte folgende Reaktion wesentlich sein:



Das in Form von Chlornitrat und Chlorwasserstoff gebundene Chlor, aus der Zersetzung der FCKWs herrühren, ist katalytisch nicht wirksam und Reaktion 12 läuft in der Gasphase nur langsam ab, jedoch viel schneller an der Oberfläche von Eis.

Die Chlormoleküle werden bei der Reaktion an den Aerosolteilchen der PS als Gas freigesetzt, während  $\text{HNO}_3$  vom Eis gebunden wird. Die Chlormoleküle werden dann vom Sonnenlicht photochemisch gespalten, und die so gebildeten Chloratome katalysieren die Ozonzerstörung entsprechend Reaktionsgleichungen 10 und 11.

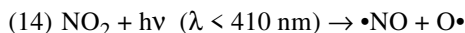


### Troposphärisches Ozon

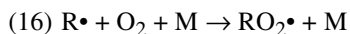
Im Gegensatz zur deutlichen Verringerung der Konzentration stratosphärischen Ozons in den letzten Jahrzehnten ist es in dieser Zeit zu einem wesentlichen Anstieg des troposphärischen Ozons gekommen. Die dafür verantwortlichen Reaktionen sind heute ebenfalls bekannt. Ursache ist die verstärkte Freisetzung von Stickoxiden, Kohlenmonoxid und gasförmigen Kohlenwasserstoffen durch Industrie und Fahrzeuge sowie durch Verbrennung von Biomasse, vor allem in den Tropen.

Lange Zeit wurde angenommen, daß das troposphärische Ozon aus der Stratosphäre kommt und an der Erdoberfläche abgebaut wird. Erst in den 40er Jahren wurde Ozonbildung in der Troposphäre erkannt und die Mitwirkung von  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ) und von Kohlenwasserstoffen bei den Bildungsreaktionen festgestellt.

Untersuchungen über den zuerst in Los Angeles beobachteten photochemischen Smog hatten die Teilnahme von  $\text{NO}_x$  und Kohlenwasserstoffen an diesen Reaktionen gezeigt. Das Auftreten größerer Konzentrationen von troposphärischem Ozon wird nun durch verstärkte Bildung und Verringerung seines Abbaus erklärt. Auch zur Aufklärung dieser Reaktionen hat Paul Crutzen entscheidende Beiträge geleistet. Die Bildung des Ozons erfolgt vor allem als Folge der photochemischen Zersetzung von  $\text{NO}_2$ .



gefolgt von  $\text{O}_3$ -Bildung nach Reaktion 2. Die Verringerung des Ozonabbaus beruht auf Reaktionen, die  $\text{NO}$  in  $\text{NO}_2$  umwandeln, und so die Ozonzerstörung nach Reaktion 6 unterdrücken. Dabei spielen vor allem folgende Reaktionen, die von Kohlenwasserstoffen (RH) ausgehen, eine Rolle:



$\text{RO}\cdot$  wird auch weiter oxidiert, z.B.  $\text{CH}_3\text{O}\cdot$  zu  $\text{HCHO}$  und  $\text{CO}$ . Dadurch wird die Bildung von  $\text{NO}_2$  und auf dem Weg über die photochemische Reaktion 14 die  $\text{O}_3$ -Bildung verstärkt.

### Grundlagenforschung und Umweltschutz

Die Mitteilung der Schwedischen Akademie der Wissenschaften, in der die Verleihung des Nobelpreises an Crutzen, Molina und Rowland angekündigt wird, betont, daß die von den Preis-

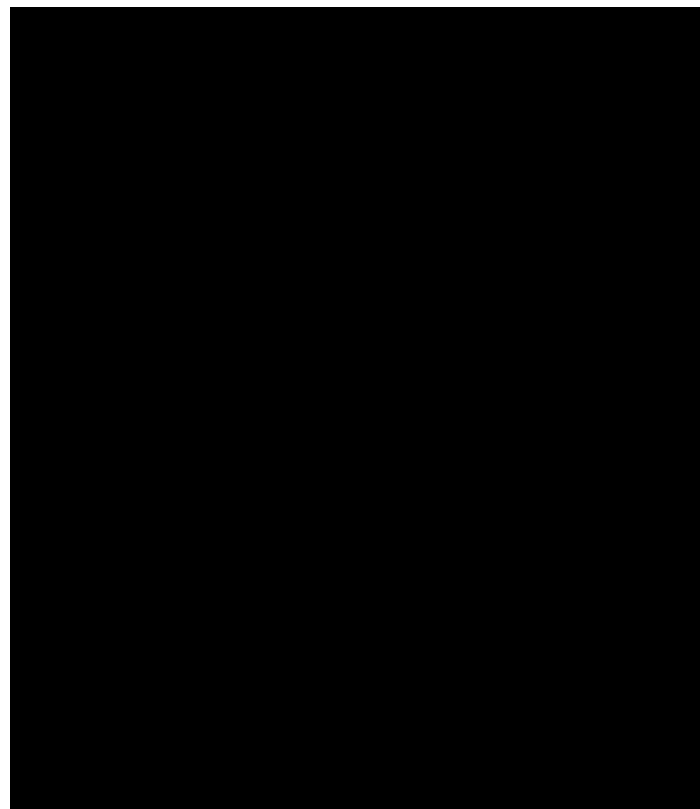
trägern erarbeiteten wissenschaftlichen Einblicke in das Ozonproblem einen wesentlichen Beitrag zur Ausarbeitung der Vereinbarungen über ein Verbot der Freisetzung ozonzerstörender Gase in die Atmosphäre geleistet haben. 1987 wurde in Montreal unter Schirmherrschaft der Vereinten Nationen, d.h. im Rahmen von UNEP (United Nations Environment Programme), ein Protokoll angenommen, das eine Reduzierung der FCKW-Freisetzungen um 50 Prozent vorsah. Die 1990 in Kopenhagen beschlossene Verschärfung sieht ein vollständiges Verbot der FCKW-Produktion und Freisetzung ab 1996 vor.

Die ozonzerstörenden Gase erreichen die stratosphärische Ozonschicht allerdings nur langsam. Daher ist mit einem weiteren Abbau des stratosphärischen Ozons zu rechnen. Erst in einigen Jahren wird eine Umkehr einsetzen. Man schätzt, daß es etwa hundert Jahre dauern wird, bis die früheren Werte wieder erreicht werden.

In einem 1994 veröffentlichten Artikel sehen Rowland und Molina das Montreal-Protokoll und die nun entstandene weitgehende Übereinstimmung von Wissenschafts-, Industrie- und Regierungskreisen hinsichtlich der Sinnhaftigkeit dieser Beschlüsse als vielversprechend für eine Lösung weiterer globaler Umweltprobleme.

Professor Paul Crutzen hat vor einem Jahr, am 17. November 1994, in Wien einen Vortrag "Der Eingriff des Menschen in die Chemie der Atmosphäre" gehalten, der vom "Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts" mitveranstaltet wurde.

Eine Besprechung des 1994 im Spektrum-Verlag erschienenen Buches *Chemie der Atmosphäre. Bedeutung für Klima und Umwelt* von Paul Crutzen und T.E. Graedel erscheint demnächst in PLUS LUCIS.



# Friedensnobelpreis

## Joseph Rotblat und die Pugwash-Konferenzen

Peter Markl

"Seit unserer ersten glücklichen Begegnung haben wir noch öfters zusammengearbeitet, und meine Bewunderung für Prof. Rotblat ist inzwischen nur noch größer geworden. Es dürfte wenige geben, die derart mutig, integer und selbstlos dem Kampf gegen die nukleare Gefahr und gegen ähnliche oder damit verbundene Übel den Vorrang vor der eigenen Karriere einräumen, welche im Fall Prof. Rotblats dennoch hervorragend ist. Falls es jemals gelingen möchte, jene grauenhaften Gefahren zu bannen und zu einer internationalen Einigung zu gelangen, gebührt seinem Namen ein Ehrenplatz unter den Größten dieses Kampfes."

Daß jene Gefahren gebannt seien, kann man heute ebensowenig konstatieren wie 1968, als Lord Bertrand Russell in seiner Autobiographie diese Zeilen schrieb. Aber man ist seither in dieser Richtung ein großes Stück weitergekommen und daran hat die Pugwash-Bewegung einen nicht geringen Anteil.

Jetzt hat das norwegische Komitee, das im Auftrag des Parlaments den Friedensnobelpreis vergibt, Joseph Rotblat und der Pugwash-Bewegung den Friedensnobelpreis 1995 verliehen für ihre Bemühungen, "die Rolle der Atomwaffen in der internationalen Politik zu verringern – mit dem Fernziel, diese Waffen abzuschaffen".

Der Name *Pugwash* geht auf das kleine kanadische Fischerdorf Pugwash zurück. Dort hatte der kanadisch-amerikanische Industrielle Cyrus Eaton ein Ferienhaus, in dem die erste der *Pugwash-Konferenzen über Wissenschaft und Weltprobleme* stattfand, welche noch heute eines der Zentren der Arbeit von Pugwash bilden. Es war jedoch nicht Cyrus Eaton, der die Idee einer solchen Konferenzserie geboren hat – sie war schon in den Jahren vorher unter Wissenschaftlern immer wieder diskutiert worden. Der unmittelbare Anstoß kam von Bertrand Russell, der darüber beunruhigt war, daß die Politik auf die bisher nie dagewesene Bedrohung durch Massenvernichtungswaffen ganz ungenügend reagierte. Russell wollte durch die Veröffentlichung eines von prominenten Wissenschaftlern unterzeichneten Manifestes auf die Gefahr hinweisen und eine breite Diskussion darüber in Gang setzen. Er schrieb an Albert Einstein, der darauf enthusiastisch reagierte und Russell bat, ihm den Entwurf eines Textes zu senden. Einsteins Unterschrift unter das Manifest war das letzte Schriftstück, das er unterschrieb. Als Russell der Brief aus Princeton erreichte, war Einstein schon tot. Am 9. Juli 1955 hielt Bertrand Russell eine Pressekonferenz ab, in der er das Manifest vorstellte. Er hatte neben Einstein noch sieben weitere Nobelpreisträger als Unterzeichner gewonnen. Da er sich in Kernphysik nicht so sicher fühlte, bat er Joseph Rotblat, einen der weiteren Unterzeichner des Manifestes, ihm beizustehen. Von den Unterzeichnern des *Russell-Einstein Manifests* – eine Art

Gründungsdokument der Pugwash-Bewegung – ist er heute der einzige Überlebende. Aber es ist nicht das, was ihn auszeichnet: er, der heute 87 Jahre alt geworden ist – ist mehr als ein Symbol für das Wahrnehmen der Verantwortung, welche auch Naturwissenschaftler für die Folgen ihrer Arbeit tragen.

### Die Vertreibung aus dem Elfenbeinturm

Rotblat gehört zu der Generation von Physikern, welche das zufällige zeitliche Zusammentreffen einer durch die innere "Logik" der Physik bestimmten Entwicklung mit den politischen Umständen seiner Zeit aus dem Elfenbeinturm vertrieben hat. Innere Logik: die Entdeckung der Kernspaltung war eine der naturwissenschaftlichen Entdeckungen, die kommen mußten – wenn es nicht Hahn, Straßmann, Frisch und Meitner gewesen wären, welche die Experimente zur Kernspaltung durchführten und sie theoretisch deuteten, so hätten das andere gemacht. Es war eine große Leistung, aber es lag "in der Luft".

Als die Nationalsozialisten 1939 über Polen herfielen, emigrierte Joseph Rotblat, der es bis dahin zum stellvertretenden Leiter des Instituts für Atomphysik der Universität Warschau gebracht hatte, nach England. Von dort kam er mit den englischen Physikern, die im Rahmen des Manhattan Projekts – des Projekts zum Bau der ersten Atombomben – in die USA übersiedelten, nach Los Alamos. Wie alle europäischen Physiker, die sich dort wiederfanden, wollte er verhindern, daß die Nazis die Bombe als erste in die Hand bekamen. Rotblat unterschied sich allerdings von den anderen: als 1944 klar geworden war, daß die Nazis es nicht schaffen würden, entschied er sich auszusteigen – acht Monate vor dem Abwurf der Bomben auf Hiroshima. Er kehrte nach London zurück und widmete sich der Anwendung der Physik in der Medizin und dem Kampf gegen die Bedrohung durch Kernwaffen.

Es hat nach Russells Pressekonferenz noch bis zum Juli 1957 gedauert, bis sich 22 Wissenschaftler in Pugwash zur ersten der bislang 45 Pugwash-Konferenzen trafen – unter ihnen auch der österreichische Physiker Hans Thirring. Die österreichische Pugwash-Gruppe hat in den folgenden Jahren einen nicht geringen Anteil an der Arbeit von Pugwash: die dritte der Konferenzen fand im September 1958 in Kitzbühel und Wien statt, wobei sich zur Abschlußveranstaltung in der Wiener Stadthalle an die 10.000 Besucher einfanden. Es war die größte Pugwash-Veranstaltung, die es je gab. (Österreich war auch in den folgenden Jahren mit zwei Konferenzen in Baden (1959 und 1974) und der Gmundener Konferenz (1987) Gastgeber einer der jährlichen Konferenzen.)

In den letzten Jahren hat sich das Schwergewicht der technischen Detailarbeit jedoch von den großen jährlichen Konferenzen in klein besetzte Symposia und Workshops verlegt, wobei besonders Serien von Workshops, die sich kontinuierlich einem zentralen Thema widmen, fruchtbar waren.

### Mehr als explorative Diplomatie

Die Arbeit von Pugwash ist ein Beispiel für verschiedene Aspekte der Rolle von Wissenschaftlern in der Politik, wie sie Carl Friedrich von Weizsäcker 1977 auf einer Pugwash-Konferenz in München umriß, als er der Frage nachging, was Wissenschaftler dazu qualifiziert, politische Urteile abzugeben. Er

Peter Markl, Institut für Analytische Chemie, Univ. Wien, Währingerstr. 8

sagte damals – und das muß hier in einer deutschen Übersetzung wiedergegeben werden: "Wissenschaftler sind sicher besseren Politikern unterlegen, wenn es darum geht, abzuschätzen, was politisch machbar ist. Aber sie können bei der Abschätzung dessen, was notwendig ist, gelegentlich sogar einigen führenden Staatsmännern überlegen sein. Sie sind fähig, radikal zu denken, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren, Entwicklungen langfristig zu sehen – das ist es, warum man sie bewundert und nicht mag. Sie sind gelegentlich außerordentlich clever bei der Erfindung spezieller Tricks zur Lösung spezieller Probleme. Das ist es, was die Regierungen von ihnen wollen. Sie reden eine gemeinsame Sprache, welche die Hürden von Machtpolitik und Ideologie überwindet – das macht sie zu einer internationalen Gemeinschaft. Sie sind daher gelegentlich in den explorativen Phasen der Diplomatie nützlich".

Am Höhepunkt des Kalten Krieges gab es Perioden, in denen nur mehr Pugwash Kanäle offen waren. Jeder Pugwash-Wissenschaftler vertritt zwar nur seine eigenen Ansichten und nicht etwa die seiner Regierung, aber in diesen Jahren war es einem sowjetischen Wissenschaftler nicht möglich, ohne Billigung seiner Regierung an einer der Konferenzen teilzunehmen und auch das nur unter Überwachung durch einen „Dolmetscher“. Das hat allerdings einige der Prominenten sowjetischen Teilnehmer wie Lev Artsimovich, Leiter der sowjetischen Kernfusionsforschung, oder die brillianten Physiker Peter Kapitza oder Igor Tamm nicht sehr beeindruckt. Artsimovich und M.D. Millionshikov, der Vizepräsident der Akademie der Wissenschaften und Sprecher des sowjetischen Parlaments war, haben dazu beigetragen, ihre Regierung davon zu überzeugen, daß der Bau von Raketenabwehrsystemen ihr Land nicht sicherer machen würde, weil es immer gelingt, diese Systeme durch viel billigere Offensivwaffen zu übersättigen – eine Tatsache, welche die amerikanischen Physiker mit ihren sowjetischen Kollegen auf einer Reihe von Pugwash-Treffen diskutiert hatten. In solchen Phasen der Diskussion haben Wissenschaftler auch über rein technische Tricks hinaus die politischen Ziele ihrer Regierungen beeinflusst.

Der 1972 zwischen den beiden Großmächten abgeschlossene Vertrag über die Begrenzung von Raketenabwehrsystemen ist jedoch nur einer der Rüstungskontrollverträge, zu denen Pugwash wesentliche Vorarbeiten geleistet hat. Das gilt im besonderen auch für den 1963 abgeschlossenen Vertrag, der Kernwaffentests in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser untersagt, sowie für den partiellen Teststoppvertrag über die Begrenzung unterirdischer Kernwaffenversuche auf eine Sprengkraft von höchstens 150 Kilotonnen, der 1974 abgeschlossen wurde, nachdem sowjetische und amerikanische Pugwash-Experten in einer gemeinsamen Erklärung klargestellt hatten, daß der Vertrag auch verifiziert werden kann. Nicht minder bedeutend waren die technischen Vorarbeiten von Pugwash zum Abschluß des Vertrages über die Nichtweiterverbreitung von Kernwaffen im Jahr 1968.

Es war dieser Teil der Arbeit von Pugwash, den das norwegische Komitee nun mit dem Friedensnobelpreis ausgezeichnet hat.

In den letzten Jahren war ein nicht geringer Teil der Pugwash-Bemühungen dem Abschluß der Chemiewaffen-Konvention

gewidmet gewesen – die alljährlichen Treffen der Pugwash-Arbeitsgruppe in Genf hatten viele der verhandelnden Diplomaten und ihre wissenschaftlichen Berater als Teilnehmer an den Diskussionen. Es war in dieser Phase der explorativen Diplomatie, in der auch österreichische Verhandler von der Pugwash-Expertise profitieren konnten. Einige der Pugwash-Experten arbeiten nun in der Behörde, welche die Einhaltung dieser Konvention nach ihrem Inkrafttreten überwachen soll.

### **Mobilisierung der Sachkompetenz**

Wenn es bei Pugwash so etwas wie ein Erfolgsgeheimnis gibt, dann ist es die Tatsache, daß es Joseph Rotblat, dem Pugwash-Rat und den einander ablösenden Generalsekretären Bernhard Feld, Martin Kaplan und Francesco Calogero – ohne deren Arbeit es Pugwash nicht mehr geben würde, – gelungen ist, die Bewegung mit einem Minimum an starren Organisationsstrukturen und Formalismen durch die Jahrzehnte zu steuern. Auch heute ist Pugwash, von außen gesehen – wie es jüngst *Nature* anmerkte – "etwas chaotisch": ohne formale Mitgliedschaft und mit einem Minimum an bürokratischer Maschinerie.

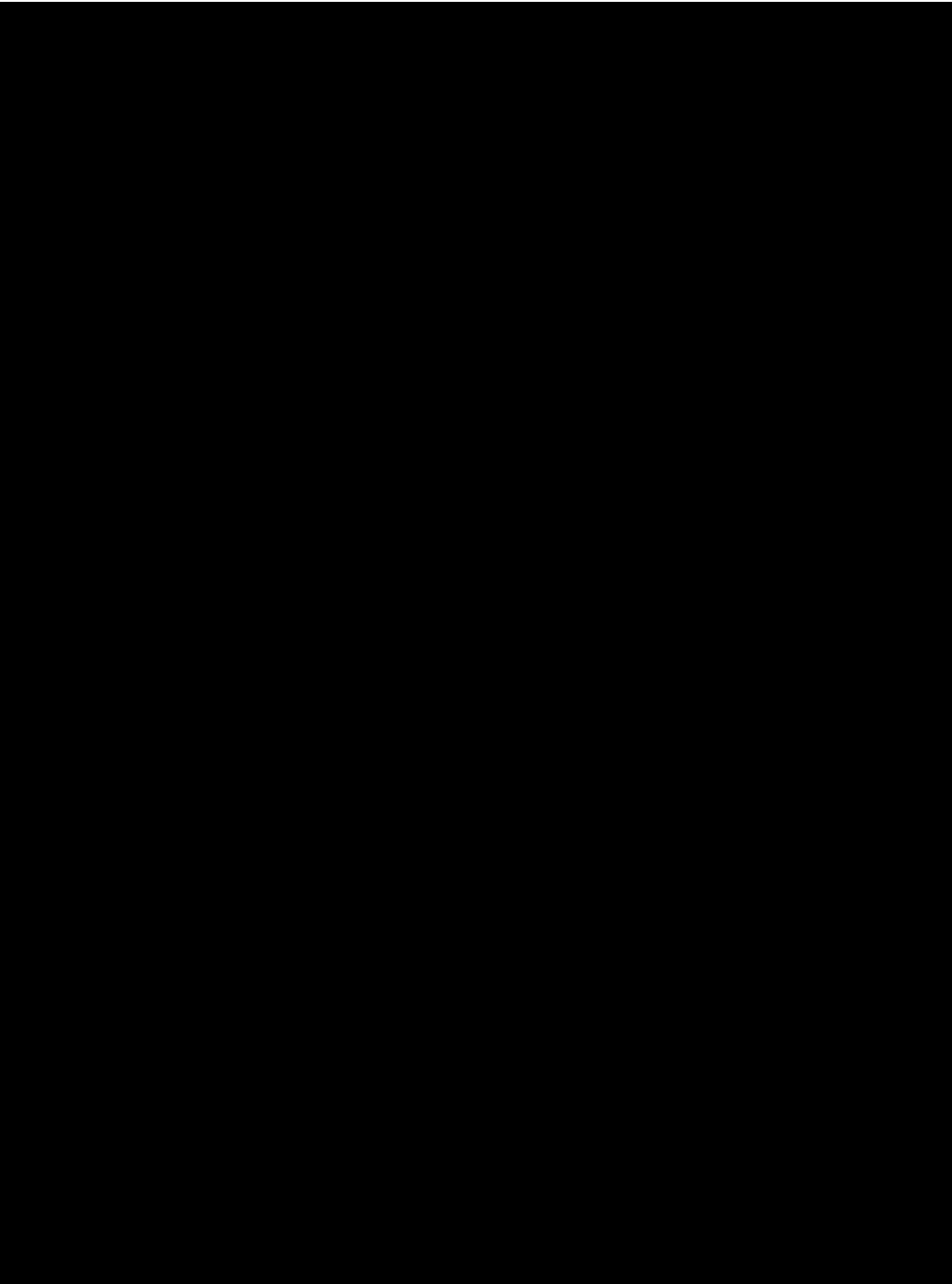
Pugwash ist daher auch in den öffentlichen Medien viel weniger präsent als Massenbewegungen wie etwa Greenpeace, das ja von professionell inszenierten Öffentlichkeitskampagnen lebt.

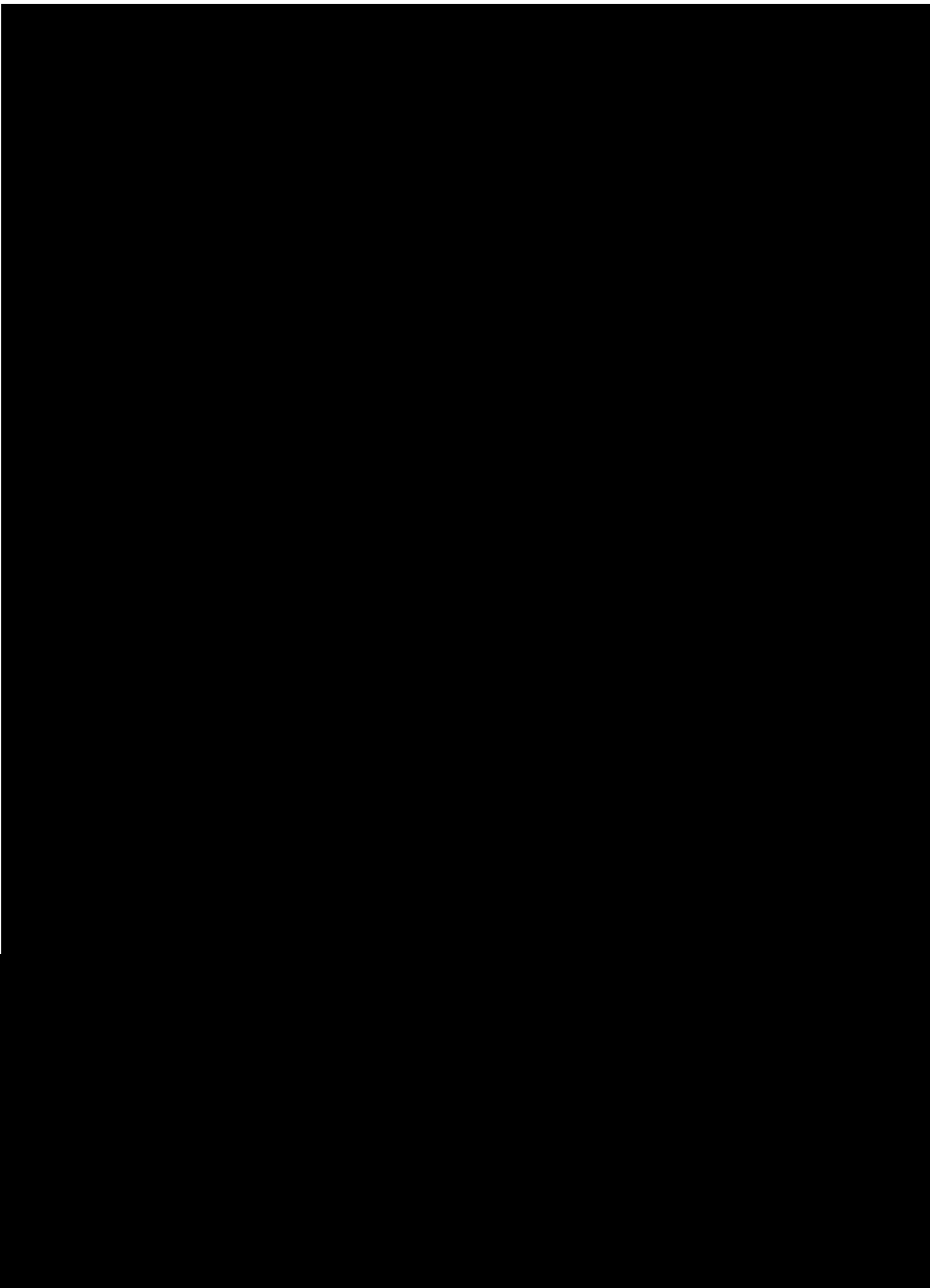
Letztlich hat Pugwash immer mehr Wert darauf gelegt, mit sachlichen Argumenten für das gemeinsame Anliegen bei den Verantwortungsträgern Gehör zu finden und das schließt, in dem heutigen öffentlichen Klima, aufpeitschende Massenkampagnen aus – es ist nun einmal schwierig, einen verantwortlichen Politiker zum Zuhören zu bewegen, nachdem man ihn als Kriminellen bezeichnet hat.

Was hier auftaucht, ist das alte Dilemma: man kann im Prinzip hoffen, etwas dadurch zu ändern, daß man von Innen oder von Außen Kritik übt und Verbesserungsvorschläge macht. Es hängt von den Umständen ab, was man für aussichtsreicher hält.

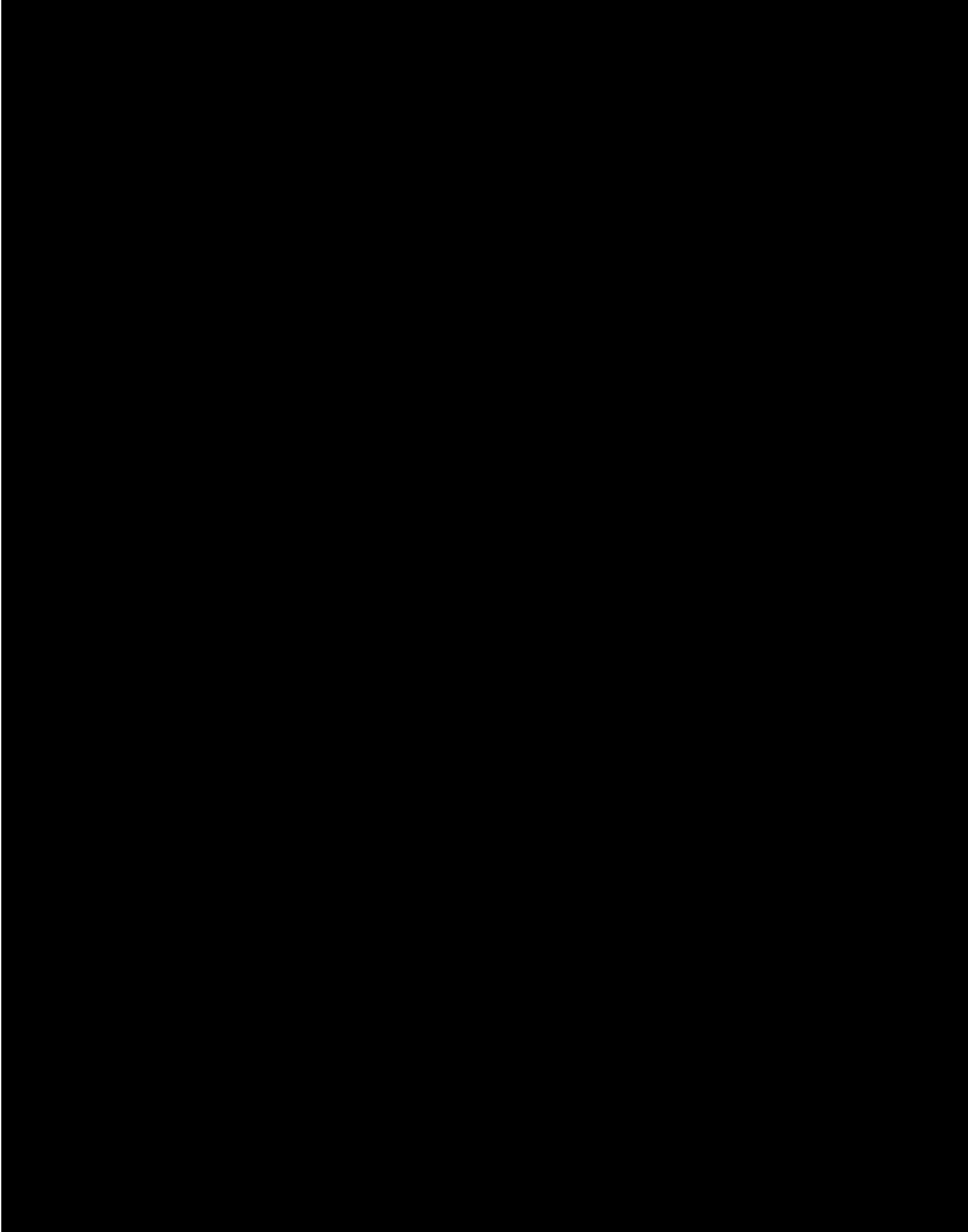
Pugwash hat stets darauf geachtet, von niemandem vereinnahmt zu werden. Und darin wird auch in Zukunft die politische Legitimation der Rolle von Pugwash auf dem Gebiet der Rüstungskontrolle und Abrüstung liegen. Es geht weiter um die Mobilisierung von Sachkompetenz jenseits der ideologischen Lager: nicht nur, daß die Realisierung der Verträge auch von außen kritisch überwacht werden muß – jedes der einschlägigen Abkommen ist von der Korrosion durch neue technische Entwicklungen bedroht. Und es ist ein Teil der Verantwortung von Wissenschaftlern für die Folgen ihrer Arbeit, darauf frühzeitig aufmerksam zu machen und für die neuen Probleme Lösungen zu suchen.

PS: Der Autor ist gezwungen, seine Parteilichkeit zu gestehen: Ich gehöre der von Persönlichkeiten wie Hans Thirring, Engelbert Broda, Otto Hoffmann-Ostenhof, Peter Weinzierl, Heinrich Schneider, Thomas Schönfeld, Wilhelm Frank, Paul Blau und anderen geprägten österreichischen Pugwash-Gruppe an und war von 1987 – 1992 Mitglied des Pugwash-Council.









the neutrino from its status as a figure of the imagination to an existence as a free particle.



# Ausgewählte Demonstrationsexperimente

Josef Schreiner

demonstrierte im Rahmen der Fortbildungswoche 1995 die hier beschriebenen Versuche

## Stehende Longitudinalwellen auf dem Overhead

Eine "weiche" Schraubenfeder (32 Windungen,  $d = 2$  cm) wird am Overhead zwischen dünnen Schnurstücken (ergibt Knoten auch am angeregten Ende) diagonal (zu formatfüllender Länge) gespannt. Die Anregung an einem Schnurende erfolgt mit einem Linearerreger (Baßlautsprecher,  $d = 120$  mm, 60 W für universelle Verwendbarkeit, Öffnung mit Gummimembran bespannt, zentrischer Haken, vgl. [1], S. 27) durch einen Sinusgenerator (möglichst mit Digitalanzeige). Vorteile sind: Vermeidung transversaler Schwingungen, getrennte Regelung von Frequenz und Amplitude der Anregung, genaue Ermittlung der Resonanzfrequenzen.

*Hinweise:* Resonanz bei sehr kleiner Amplitude einstellen, dann erst die Amplitude passend vergrößern.

*Demonstration:* Dehnung oder Verkürzung der Feder bei bestehender Resonanz stört die sehr scharfe Resonanz nicht, die Eigenfrequenzen hängen nicht von der Federlänge ab. Der Grund: Dehnung vergrößert zwar die Spannkraft und die Länge, vermindert aber  $m/l$ . Vgl. Saite: Größere Spannkraft ändert  $l$  und  $m/l$  fast nicht.

## Reflexion eines Laserstrahles an einem Zylinder

Ein schräg stehender polierter Metallzylinder (Nähnadel in einem Holzstück) wird von einem Laserstrahlenbündel getroffen (Nadel und Strahl in einer Ebene, Nadeldicke  $<$  Durchmesser des Strahlenbündels). Die reflektierten Lichtstrahlen bilden einen Kegelmantel mit der Nadel als Achse. Am neigbaren Bildschirm sieht man den Kegelschnitt (Kreis, Ellipse, Parabel). Somit ein sehr leicht ausführbarer Versuch mit einem netten optischen Effekt.

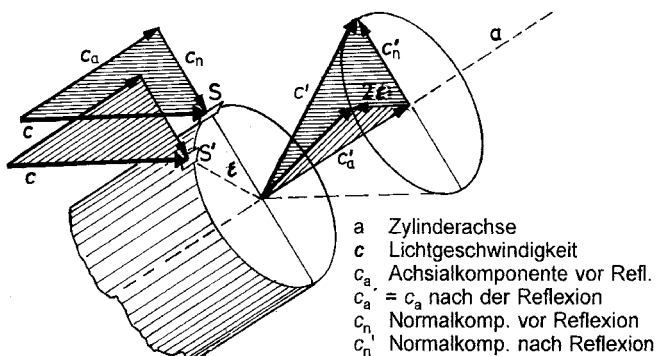


Bild 1: Reflexion eines Laserstrahlbündels an einem Zylinder

Die Erklärung nach Bild 1 ist in der Oberstufe als Schüleraufgabe geeignet. Wesentlich ist: Die zur Zylinderachse parallele Komponente  $c_a$  der vektoriellen Lichtgeschwindigkeit  $c$  bleibt stets unverändert, die Komponente  $c_n$  wird reflektiert. Sie wird um  $2\varepsilon$  gedreht, wenn der Spiegel  $S$  um  $\varepsilon$  nach  $S'$  gedreht wird (Drehspiegel).

OSTr Dr. Josef Schreiner, Geyergasse 11/2, 1180 Wien

## Demonstrationen mit einem Tripelspiegel

Er besteht aus drei aufeinander normalen ebenen Oberflächenspiegeln.

*Verständnisgrundlage:* Bei jeder regulären Reflexion wird nur eine Komponente der Lichtgeschwindigkeit (die zum Spiegel normale) umgekehrt.

*Folgerungen:*

a) Bei Reflexion an einem ebenen Spiegel bleibt "oben und unten" ebenso wie "links und rechts" unverändert, nur "vorne und hinten" werden vertauscht. Aus einem Rechtssystem (durch eine Scheibe mit Rotationspfeil und Rechtsschraube realisiert) wird daher ein Linkssystem. Die Behauptung, daß der Spiegel zwar aufrechte, aber seitenverkehrte Bilder erzeugt, ist dadurch bedingt, daß wir Beschreibung von Objekt und Bild auf entgegengesetzte Blickrichtungen beziehen.

b) Benützt man nur zwei der aufeinander normalen Spiegel (mit vertikaler Kante), so sieht man das eigene Gesicht aufrecht und "seitenrichtig" (wie uns andere Leute sehen; man erkennt das erst, wenn man z.B. einen Finger ans linke Auge führt). Wir sehen das Rechtssystem als Rechtssystem (infolge zweimaliger Spiegelung). Neigt man diese Kante nun um  $90^\circ$  bis zur Horizontallage, so dreht sich das Bild um  $180^\circ$ , wir sehen uns noch immer so, wie andere uns sehen, aber um  $180^\circ$  gedreht.

c) Drei aufeinander normale Spiegel kehren daher alle drei kartesischen Komponenten und somit  $c$  um. Demonstration mit einem in den Tripelspiegel fallenden Parallelstrahlenbündel, das mit Rauch (Salmiaknebel) sichtbar gemacht wird. Kleine Drehungen des Tripelspiegels ändern nur das Ausmaß der Parallelversetzung des reflektierten Bündels gegenüber dem einfallenden. Vorteil: Es ist keine besondere Justierung nötig. Anwendungsbeispiel: Entfernungsmessung (z.B. Mond – Erde).

## Retrofolien mit Prismenstruktur

Tripelprismen wirken wie Tripelspiegel (die Dispersion wirkt störend). Durch eine Anordnung vieler sehr kleiner Prismen wird die Parallelversetzung fast beseitigt. Zur folgenden Demonstration wird eine Retrofolie mit sehr geringer Aufweitung von parallelen Strahlenbündeln benützt (*Scotchlite High Intensity Grade 2870/3870* oder *Scotchlite Diamond Grade 3570* von 3M):

Abbildung durch eine Retrofolie nach Bild 2: Das Objekt G (z.B. eine Blende mit ausgeschnittener 1 vor dem Kondensator der 100 W-Halogenlampe, deren Strahlung man auf die Retrofolie konzentriert) wird in sich abgebildet. Bei Drehung der Folie bleibt das Bild unverändert erhalten. Auch ein störendes Objekt vor der Folie (z.B. eine große Sammellinse) stört die Abbildung nicht. Der Versuch kann als einfache Demonstration zur Phasenkonjugation betrachtet werden, mit der die exakte Strahlumkehr (Umkehr der Wellenflächen, Zeitumkehr)

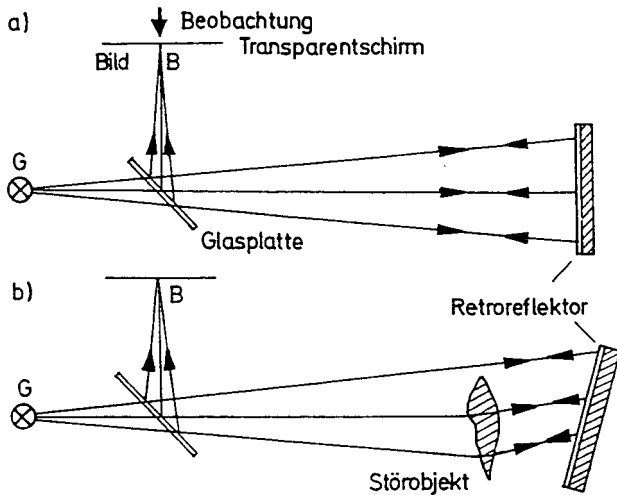


Bild 2: Abbildung durch eine Retrofolie; die Glasscheibe macht das im Objekt G liegende Bild von G am Schirm S sichtbar

erreichbar ist (in gewissen Stoffen, bei sehr hoher Lichtintensität, nichtlineare Optik). Vgl. [1], S. 29, [3].

### Barkhausensprünge (eine Versuchsoptimierung)

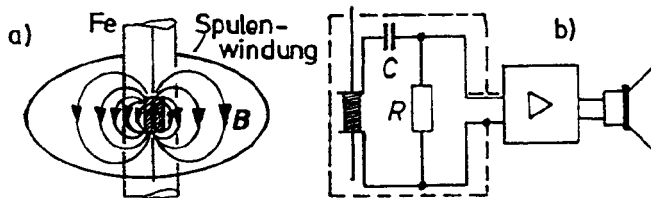


Bild 3: Zur Demonstration von Barkhausensprünge; in Bild b ist z.B.  $C = 1500 \text{ pF}$ ,  $R = 2 \text{ M}\Omega$

Barkhausensprünge können mit der Anordnung nach Bild 3b hörbar gemacht werden: Das Umklappen eines kleinen Magnets im Eisendraht soll in der Spule einen Induktionsspannungsstoß erzeugen, der im Lautsprecher als Knacks hörbar wird. Wenn man aber einen kleinen Magnet von etwa  $1 \mu\text{m}$  Länge in der Mitte einer weit größeren Spulenwindung kippt, ändert sich der magnetische Fluß durch diese Windung kaum, weil das Magnetfeld fast zur Gänze innerhalb der Leitschleife verläuft (Bild 3a). Man hört daher bei der langsamen Änderung der Magnetisierung des Eisens (z.B. durch langsames Nähern eines Magnets) nur ein Rauschen, nicht aber das Umklappen einzelner Weißscher Bezirke mit großer Lautstärke. Das wird durch folgende Maßnahmen erreicht:

Der Fe-Draht soll dünn sein (0,2 mm); dann werden in kurzer Zeit weniger Bezirke umklappen. Die innersten Windungen der Spule müssen *möglichst kleinen* Durchmesser haben (0,8 mm), es muß sehr dünner Draht benützt werden ( $d = 0,02 \text{ mm}$ ), damit möglichst viele Windungen bei kleinem Durchmesser Platz finden. Ein guter Verstärker ist unerlässlich (Eingang eines HiFi-Verstärkers für magnetischen Tonabnehmer oder Mikrofon benützen, Bässe stark dämpfen, das R-C-Glied in Bild 3b sorgt für ihre zusätzliche Dämpfung, Höhen verstärken, gute Abschirmung und Erdung, es soll bei voll aufgedrehter Lautstärkeregelung kein deutliches Rauschen hörbar sein. Bei allen Manipulationen am Gerät die Verstärkung zurückdrehen!

### Enttäuschende Verstärkung des Magnetfeldes

Es wird oft erwartet, daß das Magnetfeld einer Spule mit einem Faktor  $\mu_r$  von der Größenordnung 1000 (der Permeabilitätszahl) verstärkt wird, wenn man einen Eisenkern in die Spule steckt. Die magnetischen Flußdichten am Spulenende wurden in beiden Fällen mit einer Hallsonde gemessen und zudem mit Hilfe der beim Ein- und Ausschalten des Stromes in einer kurzen Spule auftretenden Spannungstöße verglichen: Der Eisenkern bewirkt bei Verwendung der im Unterricht üblichen Spulen jeweils nur eine Erhöhung von  $B$  auf etwa den *fünffachen* Wert, sowohl bei mäßiger als auch bei hoher Stromstärke, also weitgehend unabhängig von der Permeabilitätszahl des Eisens (die ja keine Konstante ist). Der Grund: Der Eisenkern vermindert zwar den magnetischen Widerstand im Spuleninneren drastisch, der magnetische Außenwiderstand (etwa  $1/5$  des magnetischen Gesamtwiderstandes) bleibt aber fast unverändert. Vgl. die ausführliche Darstellung in [1], S. 40 ff.

### Bau einer einfachen Halbleiterdiode

Man schmilzt in einer Epruvette Schwefel und taucht einen blanken dicken Kupferdraht kurze Zeit in die Schmelze (es bildet sich eine Schicht Kupfersulfid). Den am Draht verbleibenden Schwefel läßt man abbrennen und wischt den Draht trocken ab (ohne grob zu reiben). Man legt das so präparierte Drahtende auf ein Stück nicht eloxiertes Aluminiumblech (es ist mit Aluminiumoxid überzogen) und beschwert es wenig. Über einen Schutzwiderstand von ca.  $250 \Omega$  und ein Amperemeter (für Gleichstrom bis 30 mA) legt man eine Gleichspannung von ca. 6 V an (Pluspol am Cu-Draht). Sollte kein Strom fließen, so wird die Lage der Elektroden zu einander etwas verändert. Dann werden die Anschlüsse an der Spannungsquelle vertauscht (es fließt kein Strom). Neben den gut bekannten Halbleitern gibt es eine Fülle anderer Stoffe mit Halbleitereigenschaften (auch Kunststoffe, Polymere, vgl. [5]).

### Mehr Spaß am Unabhängigkeitsprinzip

Es wird der vom Autor entwickelte und von der ÖLA vertriebene *Schußapparat* vorgeführt: Ein Wurfpeil wird gegen eine ruhende Zielscheibe geschossen. Durch einen einfachen Mechanismus wird erreicht, daß die Scheibe zu fallen beginnt, wenn der Wurfpeil startet. Er trifft stets die fallende Scheibe.

*Hinweis:* Da die ÖLA jede Eigenproduktion von physikalischen Geräten eingestellt hat, werden im Rahmen einer Lagerbereinigung einige Reststücke des Gerätes (Kat. Nr. OE 61 543 000) zum stark ermäßigten Preis von S 1000,-/Stück abverkauft. Dies gilt auch für den *Kraft-Weg-Schreiber* (Kat. Nr. OE 60650 000, Preis: ÖS 4000,-).

### Rotierende Kugel auf der rotierenden Scheibe

Auf einer gleichförmig rotierenden horizontalen Scheibe (mit Gummiauflage) wird eine große Stahlkugel durch ein darübergestülptes Rohr solange an jeder Translation gehindert, bis sie mit größtmöglicher Winkelgeschwindigkeit rotiert (sie ist ein Kreisel). Entfernt man nun das Rohr, so müßte die im Inertialsystem ruhende Kugel beim *Fehlen jeglicher Reibung* in Ruhe bleiben. Durch das Zusammenwirken der unvermeidlichen

Reibung und der Kreiselwirkung (Präzession) bewegt sie sich aber auf Kreisbahnen zum Zentrum. Die vielfältigen Möglichkeiten (geneigte Scheibe, andere Anfangsbedingungen,...) und die etwas umfangreiche Theorie wird in [4] behandelt. Für den Unterricht ist dabei lehrreich, daß ähnliche Versuche oft zur Demonstration des Verhaltens von Körpern in rotierenden Bezugssystemen benützt werden; es muß dabei das komplizierte Zusammenwirken von Reibung und Kreiseffekten vernachlässigbar sein.

## Physikprogramme OSZILLA und BEUGUNG

Die Diskette [2] bietet zahlreiche Programme an, mit denen wesentliche physikalische Sachverhalte sehr bequem in graphischer Darstellung demonstriert werden können. Zwei Beispiele wurden gezeigt:

Das Programm OSZILLA behandelt die lineare Schwingung unter sehr vielfältig variierbaren Bedingungen. Es ist zwar allgemein bekannt, daß bei Resonanz und geringer Dämpfung leicht Schwingungsamplituden gefährlicher Größe auftreten können. Bild 4 zeigt aber die Anregung eines Schwingers mit beträchtlicher Dämpfung durch eine periodische Kraft weit über (Bild 4 oben) und weit unter seiner Eigenfrequenz (Bild 4 unten). Der Einschwingvorgang kann im ersten Fall zu beträchtlicher Amplitude führen (z.B. Gefährdung von Bauwerken durch Windstöße).

Das Programm BEUGUNG behandelt die Beugung am Spalt und an Gittern. Bild 5 zeigt damit die oft sehr zweckmäßige Struktur eines Beugungsgitters: Wählt man die Breite der Gitterlinien eines Spaltes gleich dem halben Linienabstand (Gitterkonstante), so verschwinden die Beugungsbilder gerader Ordnung völlig (die 3., 5.,... Ordnung fast). Umso intensiver ist das Beugungsbild 1. Ordnung, eine Überlappung mit dem Beugungsbild 2. Ordnung wird ausgeschlossen. Die im Bild zudem dargestellte Intensitätsverteilung für die Beugung am Einzelspalt macht das leicht verständlich.

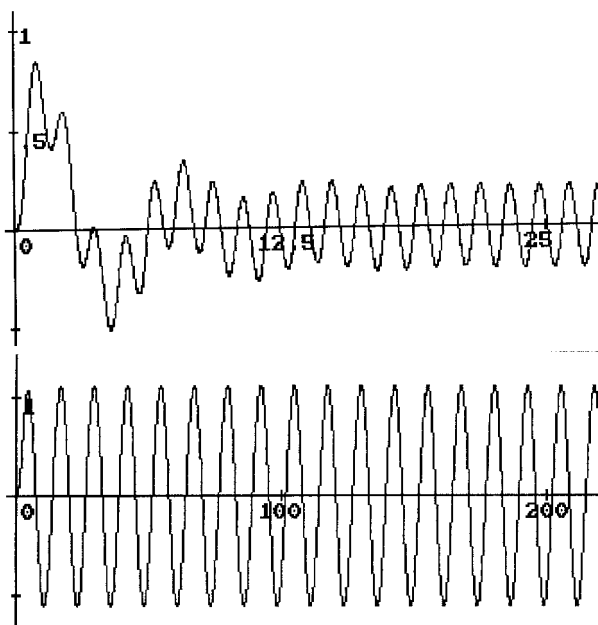


Bild 4: Einschwingvorgänge einer stark gedämpften Schwingung:  
oben: Anregung mit 4,5-facher Eigenfrequenz;  
unten: Anregung mit halber Eigenfrequenz

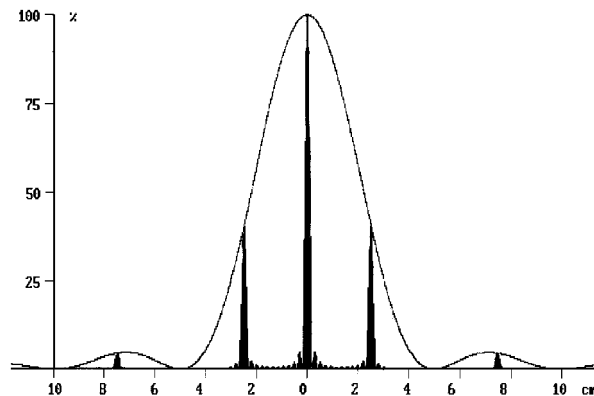


Bild 5: Intensitätsverteilung bei Beugung an einem Liniengitter mit gleich breiten hellen und dunklen Linien; die Kurve für die Beugung am Einzelspalt begrenzt die Intensität in allen Beugungsbildern

## Literatur

- [1] J. Schreiner: *Begleitband Physik*, AHS Oberstufe, HPT, 1994
- [2] J. u. R. Schreiner, Chr. Wolny: *Diskette PHYSIK-PROGRAMME zum Lehrbuch für die Oberstufe der AHS und HTL*, nur direkt bei HPT beziehbar, S. 300,-
- [3] Spektrum der Wissenschaft: 2, 3/1986: *Phasenkongruenz, Anwendungen*
- [4] Praxis der Naturwissenschaften – Physik: 6/1983, 183 ff.: K. Weltner: *Überraschende Bewegungsformen rollender Kugeln auf rotierenden Scheiben*
- [5] Wissenschaftliche Nachrichten, Jänner 1995, S. 39: *Polymerer für Leuchtdioden*

## Leserbrief

PLUS LUCIS 2/95 ist besonders interessant und anregend gelungen! Leider kann ich mir die praktische Umsetzung der "neuen Methoden" (schüler-handlungs-problemorientiert, ...) in Chemie-Oberstufe schwer vorstellen. (*Zeitproblem* bei 2 mal 2 Stunden, geeignete Unterrichtsinhalte, verzichtbare Kapitel, ...) Gibt es praktische Erfahrungen? Bitte weitere Berichte!

Eine "Entlastung" der Chemie durch bessere Koordination von Ph / Ch (Vorwissen aus Ph verwenden – z.B. Atombau) wäre hilfreich! Und eine bessere Koordination mit BiU könnte auch beide Fächer sehr bereichern!! (Proteine ...)

Danke für die gute Zeitschrift und weiterhin viel Erfolg wünscht dem Verein

Mag. Heidemarie Haid, Wien

# Wo die Sonne mittags im Norden steht und Photonen in Resonanz gerate n

## Ein Bericht über die 26. Internationale Physik-Olympiade 1995 in Canberra/Australien

Helmuth Mayr

### Töne und Gegentöne

Der weißbemale Mann klopfte mit einem eigenartig geformten Holzstück rhythmisch auf ein anderes, während er gelende, kurze Laute ausstieß, sodaß ein heller Klang entstand, der zusammen mit dem auf- und abschwellenden Ton eines von einem anderen Weißbemaltem angeblasenen, ausgehöhlten Baumstammes und dem in einer völlig unbekanntem Sprache vorgetragenen Gesang von drei orangerot gekleideten Damen einen Eindruck entstehen ließ, der den halbdunklen Raum in fremdartiger Weise erfüllte. Zwei Scheinwerfer tauchten die ungewohnte Szene in fahles Licht und ließen nur erahnen, daß im Raum ein fasziniertes Auditorium von zirka 350 Personen der Darbietung aufmerksam und gespannt lauschte.

Als Applaus aufbrandete, und der Saal wieder hell wurde, konnte man 239 Schüler und 8 Schülerinnen aus insgesamt 51 Nationen und deren Betreuer/innen sowie Beobachter, Ehrengäste, Organisatoren und Vertreter aus Politik und Wissenschaft erkennen, die sich am 6. Juli 1995 zur Eröffnungsfeier der 26. Internationalen Physik-Olympiade auf dem Universitätsgelände in Canberra, Australiens Hauptstadt, versammelt und die Darbietungen einer Gruppe australischer Ureinwohner gespannt verfolgt hatten. Ihr waren Reden von Vertretern des öffentlichen Lebens Australiens vorangegangen, die alle beton-

*Aborigine mit Schlaghölzern*

ten, daß sie stolz wären, eine derart wichtige Veranstaltung wie die Internationale Physikolympiade erstmals in der südlichen Hemisphäre der Erde begrüßen zu können.

Als österreichische Vertreter waren – vom 26-Stundenflug und der Zeitverschiebung noch ein bißchen "angeschlagen" – die Schüler *Stefan Dorner* (8. Klasse, Villach), *Wolfgang Gatterbauer* (8.Kl., Linz), *Marcus Lang* (7. Kl., Graz), *Manuel*

*Mörtelmaier* (8. Kl., Wels) und *Martin Puchwein* (8. Kl., Linz) sowie Prof. Günther Lechner (BRG-Wörgl) und ich anwesend.

### Eindrücke in einer "verkehrten Welt"

Für Mitteleuropäer mag der in Australien übliche Linksverkehr zwar ungewohnt aber nicht neu sein. Völlig ungewohnt ist es jedoch, wenn man Anfang Juli kühle, kurze Tage erlebt, und überall Schilder mit der Aufschrift "Winterausverkauf" Kunden anzulocken versuchen.

Eine fahle Wintersonne beleuchtete nur wenige Stunden am Tag die bewaldete, hügelige Landschaft Südostaustraliens, wobei die Sonne zu Mittag im Norden (!) steht.

Die weit verbreiteten Eukalyptusbäume sehen durch ihre hellen, bizarr verzweigten Äste fremdartig aus, ebenso wie eine Vielzahl unbekannter Sträucher und Büsche, die das Universitätsgelände und die Stadt Canberra schmücken, die sich an bewaldete Hügel schmiegt.

Auf einem weitläufigen, buschbestandenen Gebiet lagen die verschiedensten Gebäude des Universitäts-Campus verstreut. Wer beschreibt unser Erstaunen, als plötzlich – mitten durch das Universitätsgelände – eine Herde Känguruhs hüpfte?

Am meisten erstaunt (und auch erfreut) hat uns die Vogelwelt Südost-Australiens, insbesondere die Papageien. Diese erfüllen dort jene Rolle, die bei uns den Spatzen zukommt: Einzeln oder in Gruppen findet man verschiedensten Papageienarten als Kulturfolger in allen Straßen und Plätzen der Stadt, wo sie sich mit viel Geschick und entsprechender Lärmentwicklung um alles Freßbare zanken und dabei akrobatisch wirkende Verrenkungen ausführen. Nachts konnten wir eine Mondsichel beobachten, die für unser Empfinden "schief" am Himmel stand.

### Die theoretischen Aufgaben

Am Nachmittag des Eröffnungstages versammelten sich die Leader der 51 Teilnahmestaaten, die Internationale Kommission, um die vorgelegten theoretischen Aufgaben zu beraten und anschließend in die jeweiligen Landessprachen zu übersetzen.

Zunächst wurde uns eine englischsprachige Rohfassung der *ersten Theorieaufgabe* (und deren Lösungsvorschlag) präsentiert. In ihr wurden Photonen betrachtet, die von einem fiktiven Stern unserer Galaxie ausgesandt werden. Als Einstiegsproblem sollten die Kandidaten/innen zunächst die Gravitations-Rotverschiebung dieser Photonen analysieren. Anschließend wurde ein Verfahren zur Bestimmung der Masse und des Sternradius vorgeschlagen, bei dem in einer Ionenkammer eines fiktiven Raumschiffes Resonanzbedingungen für Meßzwecke verwendet werden. Die Teilnehmer/innen hatten die

Mag. Helmuth Mayr, BGRG Wien 15-Schmelz und Universität Wien

### Die Olympioniken und ihre Betreuer

Aufgabe, das Verfahren auszuarbeiten, durchzurechnen und aus gegebenen Daten die Masse und den Radius des Sternes zu bestimmen. Durch die Analyse von Detailvorgängen sollte die Genauigkeit des aufgefundenen Verfahrens untersucht werden.

Der vorgeschlagene Text wurde in längeren Diskussionen zwecks größerer Verständlichkeit so lange verändert, bis eine (durch Abstimmung) allgemein akzeptierte englische Version vorlag, die die Grundlage für unsere Übersetzungsarbeit darstellte. Bei der Diskussion der Lösungsvorschläge spielte die damit verknüpfte Punktebewertung eine zentrale Rolle.

Die *zweite Theorieaufgabe* behandelte die durch die Parameter Tiefe, Temperatur und Salzkonzentration beeinflusste Schallausbreitung im Meerwasser. Unter gegebenen Anfangs- bzw. Randbedingungen waren unterschiedlichste Ausbreitungsverhältnisse zu analysieren.

Nach einem wohlverdienten Abendessen machten wir uns dann an die *dritte Theorieaufgabe*. Zunächst wurde uns ein Text vorgelegt, der die durch Laserlicht hervorgerufenen Kraftwirkungen auf einen Spiegel behandelte. Obwohl die Aufgabe physikalisch nicht uninteressant war, fand sie nicht allgemeines Gefallen. Einerseits war sie für den zur Verfügung stehenden Zeitraum viel zu lang, andererseits überwog der mathematisch-rechnerische Aufwand gegenüber den physikalischen Lösungsinhalten, und überdies wurde beim Wettbewerb der 24. Internationalen Physikolympiade 1993 in den USA ein ähnliches Problem behandelt. Daher wies die Internationale Kommission nach intensiven Diskussionen diese Aufgabe zurück und wählte die Ersatzaufgabe, die jedes Aufgabenteam vorbereitet haben muß.

Die Ersatzaufgabe behandelte die unterschiedlichen Schwingungs- bzw. Pendelbewegungen einer im Wasser schwimmenden und mit einem Stabilisator versehenen Boje. Bei näherer Betrachtung ergaben sich aber dabei mathematisch-physikalische Probleme, die für Schüler/innen als unlösbar erachtet wurden. Daher einigte man sich nach längerer Diskussion darauf, daß die Boje die Form eines Zylinders mit einem aus der

Mantelfläche herausragenden Stab haben solle und die möglichen Schwingungen durch vereinfachte Modellannahmen physikalisch-rechnerisch zugänglich gemacht werden sollten. Die Aufgabe wurde in diesem Sinne umgearbeitet.

Diese Verhandlungspause nutzten wir, um mit der Übersetzung der ersten beiden Aufgaben zu beginnen. Da nicht nur in Österreich sondern auch in Deutschland und Teilen der Schweiz Deutsch gesprochen wird, konnten wir die Übersetzungsarbeit mit Kollegen dieser Staaten teilen. (Nicht alle Leader können sich des Vorteils einer "Sprachinsel" erfreuen, beispielsweise sind die Isländer oder Südkoreaner auf sich allein gestellt.)

Nach etwa einer dreiviertel Stunde konnte die Diskussion über die Bojenaufgabe weiter gehen. Es zeigte sich, daß auch das Pendelverhalten dieser Boje nur mit sehr groben Modellannahmen für Schüler/innen erfaßbar gemacht werden konnte. Nach längeren, teilweise eher hitzig geführten Diskussionen wurde dann doch eine autorisierte Schlußfassung samt Punkteschema verabschiedet, und wir konnten uns an die Fertigstellung der Übersetzungen und an die endgültige Erstellung aller Aufgabentexte für unsere Schützlinge machen.

Als wir um etwa drei Uhr früh die Arbeiten beendeten und die kopierfähigen Angabetexte den Organisatoren übergeben konnten, waren wir rechtschaffen müde.

### Die experimentellen Aufgaben

Am Samstag, dem 8. Juli, kam die Internationale Kommission wieder zusammen. Diesmal ging es um die beiden experimentellen Aufgaben, die den Schülern und Schülerinnen am darauffolgenden Sonntag zur Bearbeitung vorgelegt werden sollten.

Für das *erste Experiment* standen pro Arbeitsplatz ein hohes, glyceringefülltes Gefäß, sieben Sätze unterschiedlich großer Metallzylinder aus verschiedenen Materialien sowie Kleinmaterial, ein Lineal und eine Stoppuhr zur Verfügung.

Für die Widerstandskraft eines in Glycerin fallenden Zylinders wurde folgende Formel angegeben:

$$F_{\text{Zylinder}} = 6\pi\kappa\eta r^m v$$

Dabei steht  $r$  für den Zylinderradius und  $v$  für die Geschwindigkeit. Für und folgt aus dem gegebenen Zusammenhang die Formel für eine im widerstrebenden Medium fallende Kugel.

Zunächst sollten die Kandidaten und Kandidatinnen zeigen, daß die Endgeschwindigkeit des fallenden Zylinders durch den Zusammenhang

$$v_E = Cr^{3-m}(\rho - \rho')$$

gegeben ist, wobei die (bekannte) Zylinderdichte  $\rho$  und  $\rho'$  die (unbekannte) Glycerindichte und  $C$  eine Systemkonstante sind.

Dann wurde die experimentelle Bestimmung des Zahlenwertes des Exponenten  $m$  und der Glycerindichte verlangt.

Für uns Kommissionsmitglieder war ein Gerätesatz aufgebaut,

so daß wir den experimentellen Ablauf nachvollziehen konnten. Eingehende Diskussionen ergaben einige Änderungen im Text und im Punkteschema der Bewertung. Dann konnte die autorisierte englische Fassung durch Abstimmung verabschiedet werden.

Für das *zweite Experiment* standen für jeden Arbeitsplatz eine Laserdiode, ein Metall-Lineal, ein Plexiglasgefäß, ein Vorrat an Wasser und Milch, ein Satz Transmissionsfilter, zwei Linsen und diverses Kleinmaterial zur Verfügung.

Zunächst sollten die Teilnehmer/innen die Laserwellenlänge experimentell ermitteln. Dann wurde die Bestimmung der Transmissionskoeffizienten für verschiedene Wasser-Milch-Gemenge verlangt, wobei eine Beziehung zwischen dem Streuwinkel und der Milchkonzentration zu erarbeiten war. Außerdem wurde von den Schüler/innen verlangt, durch geeignete Messungen aus der Beziehung

$$I = I_0 e^{-\mu z} = T_{\text{Milch}} I_0$$

den Zahlenwert des Exponenten bei einer Milchkonzentration  $\mu$  von 10% zu bestimmen.

Auch für diese Experimentalaufgabe stand uns ein Gerätesatz zur Verfügung.

Wieder teilten wir Deutschsprachigen uns die Arbeiten beim Übersetzen und Erstellen der kopierfähigen Angabebblätter für unsere Schüler. Erfreulicherweise waren wir diesmal bereits um zwei Uhr früh fertig.

## Punkte und Verhandlungen

Bei allen internationalen Physikolympiaden korrigieren immer die Aufgabenteams des einladenden Staates die Arbeiten der Schüler/innen und geben Kopien der Schülerarbeiten an die Vertreter der Teilnehmerstaaten. Diese korrigieren die Arbeiten ihrer Schüler an Hand des vorgeschlagenen Punkteschemas.

Dann treffen sich die Vertreter der Teilnahmestaaten mit Mitgliedern der Aufgabenteams der einzelnen Aufgaben, um sich auf eine beidseitig anerkannte Bewertung und Punkteanzahl zu einigen.

Nachdem wir (wie üblich irgendwann in den Nachtstunden) die Aufgaben unserer Schüler korrigiert hatten, verhandelten wir am 10. und 11. Juli mit Mitgliedern der Aufgabenteams über die Qualität der Lösungen unserer Schüler. Man glaubt gar nicht, wie viele Probleme und Mißverständnisse dabei auftreten können!

## Österreicher, Punkte und Medaillen

Die Verteilung der Medaillen und 4. Preise erfolgt nach einem Prozentschema, das sich an den höchsten erzielten Einzel-Leistungen orientiert. Außerdem können die Veranstalter für besondere Leistungen Sonderpreise vergeben.

*Marcus Lang* (7. Klasse, Graz) belegte gemeinsam mit je einem Schüler aus Estland, Großbritannien und Rumänien den 27. von insgesamt 84 Rängen. Erfreulicherweise können wir ihm zu einer *Bronzemedaille* gratulieren.

*Wolfgang Gatterbauer* (8. Klasse, Linz) belegte gemeinsam mit je einem Schüler aus Ungarn, Südkorea, Litauen und Rest-

Jugoslawien den 33. Rang. Wir können ihm ebenfalls zu einer *Bronzemedaille* gratulieren.

*Stefan Dorner* (8. Klasse, Villach) belegte gemeinsam mit einem Finnen und einem Polen den 45. Rang und erwarb sich dadurch einen 4. Preis. Außerdem löste Stefan die erste Experimentalaufgabe derart genial, daß er von den Veranstaltern dafür mit einem *Sonderpreis* belohnt wurde.

*Manuel Mörtelmaier* (8. Klasse, Wels) belegte gemeinsam mit je einem Schüler aus Estland, Island und Norwegen den 49. Rang.

*Martin Puchwein* (8. Klasse, Linz) belegte gemeinsam mit je einem Schüler aus Spanien, Kroatien, Neuseeland und Singapur den 53. Rang.

Herzliche Gratulation!

## Und wie geht's weiter?

Seit Beginn dieses Schuljahres knacken österreichweit ungefähr 550 Schüler/innen eifrig physikalische Nüsse. Über Wettbewerbe auf Schul- und Landesebene sowie durch den österreichweiten Schlußwettbewerb werden sich wieder fünf Schüler/innen für die nächstjährige Internationale Physikolympiade in Oslo qualifizieren.

Ich wünsche allen Beteiligten viel Freude und Vergnügen beim Knobeln und bestmöglichen Erfolg!

*Die IPhO-Teilnehmer M. Lang, W. Gatterbauer, S. Dorner und M. Puchwein (v.l.n.r) wurden zur ÖPG-Tagung in Leoben eingeladen. In Anerkennung ihrer Leistungen erhielten sie Bücher und Zeitschriftenabonnements. (M. Mörtelmaier war auf Weltreis#*

*An dieser Stelle sei dem BMUK und insbes. Herrn MR Dr. Sziruczek für die Finanzierung, den zahlreichen betreuenden Lehrern der Physikolympiadekurse für ihren Einsatz, den Organisatoren der Landeswettbewerbe und der letzten Runde in Österreich, sowie dem Betreuerteam während der IPhO gedankt.*

Die Aufgaben der IPhO werden mit den Lösungen ab dem nächsten Heft in PLUS LUCIS abgedruckt. H.K.

# Fachbereichsarbeiten aus Physik 1995

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft hat auch heuer zur Prämierung besonders guter Fachbereichsarbeiten aus Physik eingeladen. Das Echo war sehr befriedigend. 20 Arbeiten wurden eingesandt, davon stammten 6 von Mädchen, während im Vorjahr lediglich Burschen vertreten waren. Die Arbeiten wurden von einer vierköpfigen Jury eingehend studiert und gereiht. Die Entscheidung war keineswegs leicht, waren doch viele Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Schließlich ergab sich die folgende Reihung der ersten drei:

1. Andrea Schlögl (Aloisianum Linz, Prof. J. Natschläger):  
*Experimentalserie zur Polarisierung von Lichtwellen*  
Nach einem kurzen Theorieteil werden 18 Experimente beschrieben und photographisch dokumentiert. Die Experimente werden in diesem Heft abgedruckt, die Abbildungen können über den WWW-Server betrachtet werden.
2. Caroline Ljubicic (BORG Lauterach, Prof. M. Huber):  
*Die wissenschaftliche Erforschung des Erdmondes*  
Nach einer historischen Einleitung werden Mondkraterhöhen aus photographischen Aufnahmen bestimmt. WWW
3. Rainer Matischek (BGRG Bruck/Mur, Prof. A. Mayer):  
*Laser - Anwendungen und Grundlagen*  
Nach einer allgemeinen Darstellung von Aufbau und Funktion von Lasern wird die Ansteuerung für eine vom Verfasser selbst erstellte Lasershow beschrieben. WWW

Die Preisträger wurden zur Jahrestagung der ÖPG nach Leoben eingeladen und wurden der Versammlung vorgestellt. Ein naturwissenschaftliches Buch und ein Jahresabonnement von *Physik in unserer Zeit* (mit einem weiteren Jahresabonnement für die Schule) konnten dank der Spendenfreudigkeit des Atominstututs und des Verlags HPT überreicht werden. Als weitere Anerkennung wurden sie mit ihren Betreuungslehrern zu einer Spezialführung in das Forschungszentrum Seibersdorf eingeladen. In Leoben hatten sie auch Gelegenheit, den Vorträgen am Lehrertag zu folgen und an einer Exkursion (Stahlwerk Donawitz, Erzberg) teilzunehmen.

Die weiteren Arbeiten:

Franz Brandauer (BGRG Hallein): *Die Aerodynamik des Fliegens*, Manfred Burdis (pG Kalksburg): *Die Phasen der Sternentwicklung und ihre thermodynamischen Fusionsprozesse*, Markus Frühwirth (BRG 9, Wien): *Behandlung und Endlagerung radioaktiver Abfälle aus Atomkraftwerken*, Markus Hartmann (pRG 1150 Wien): *Turbulenzen im Feigenbaum*, Thomas Klungenböck (BRG St. Pölten): *Stephen Hawkings Ideen über das Universum*, Matthias Leonhard (BRG Fadingerstraße Linz): *Infrarot-Fotografie*, Barbara Linnert (BG Zaunerg. Salzburg): *Holographie - das besondere Bild*, Maria Muthenthaler (BG Vöcklabruck): *Photovoltaik*, Lukas Neumann (BRG A.Pichlerplatz Innsbruck): *Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie*, Martin Polak (BRG 16 Wien): *Physik des*

*Paragleitens*, Stefan Pöllitzer (pG Salzburg): *Geophysikalische Methoden bei der Suche und Erkundung von Öl- und Erdgaslagerstätten*, Claudia Ringer (BORG Hasnerplatz Graz): *Halbleiter - ein Stoff revolutioniert die Erde*, Claus Schininger (BGRG Hallein): *Messwertgewinnung und -verarbeitung in der Physik*, Gerald Seißl (Aloisianum Linz): *Das Standardmodell der Teilchenphysik*, Georg Weingart (BG 1140 Wien): *Chaotische Systeme in der Schulphysik*, Dolores Wolfram (pG Bregenz): *Geschichte der Entdeckung und Erforschung des Atoms*

Gegenüber dem Vorjahr ist eine Zunahme jener Arbeiten festzustellen, die eine eigene Untersuchung enthalten – und dies ist erfreulich. Es soll damit nicht der Wert einer tiefeschürfenden Literaturliteraturarbeit herabgesetzt werden – es finden sich eindrucksvolle Beispiele, bei denen zu beobachten ist, wie die Verfasser ein ihnen weitgehend neues Gebiet der Physik betreten, sich mit großer Begeisterung einen guten Überblick verschaffen und dies verständlich, richtig und liebevoll illustriert zu Papier bringen. Es wird auch immer Theoretiker geben mit zwei linken Händen, die sich vielleicht an einer mathematischen Modellierung eines physikalischen Systems versuchen könnten. Jedoch sei auch den Verfassern von Monographien über Sternentwicklung, Halbleiterphysik und andere schwierige Themen Anerkennung gezollt.

Um die interessantesten Arbeiten breiter bekannt zu machen, wurden die Verfasser eingeladen, ein Exemplar ihrer Fachbereichsarbeit der Zentralbibliothek für Physik in Wien zur Verfügung zu stellen. Ebenso werden einige am WWW-Server *Naturwissenschaftliches Forum* zum Zugriff über Internet bereitgestellt.

Der ÖPG sei für ihre Initiative, den Juroren für ihre Mühe und den Sponsoren für ihren Beitrag gedankt. Helmut Kühnelt

v.l.n.r.: Prof. Mag. Natschläger, Prof. Mag. Mayer und die Autoren der ausgezeichneten Fachbereichsarbeiten Andrea Schlögl, Caroline Ljubicic und Rainer Matischek bei der ÖPG-Jahrestagung 1995

# Experimente zur Polarisation von Licht

Andrea Schlögl

*In meiner im Schuljahr 1994/95 (Betreuer Mag. Franz Josef Natschläger) verfaßten Fachbereichsarbeit Experimentalserie zur Polarisation von Lichtwellen kommt dem Experiment als Weg, physikalische Erscheinungen und Tatsachen erlebbar zu machen, große Bedeutung zu. Einen Teil der in meiner FBA behandelten Experimente möchte ich hier vorstellen.*

Die im folgenden verwendeten Linearpolarisationsfilter und Phasenverschiebungsplättchen stammen aus folgender Quelle:

Edmund Scientific Company  
101 E. Gloucester Pike  
Barrington, New Jersey  
08007-1380 USA

Filtergröße 5x5 cm.  
Bestellnummer E38.490

Kosten für ein Set: ca. 20\$ (ohne Versand und Zoll).

Produktbeschreibung im Katalog von 1995 auf S. 67 (beinhaltet leider keine Zirkularpolarisationsfilter). Empfehlenswerter Katalog!

Die Zirkularpolarisationsfilter erhält man bei:

B+W-Filter  
Postfach 2463  
55513 Bad Kreuznach  
BRD  
Tel.: 0049-671 601-0

Der Preis ist abhängig von der Folienstärke und dem Format. B+W hat selbstverständlich auch Linearpolarisationsfilter und Phasenverschiebungsplättchen im Verkaufsprogramm, das Filterset von Edmund Scientific ist aber preiswerter.

## Linearpolarisationsfilter

### Experiment 1: Versuch mit zwei Linearpolarisationsfiltern – Gesetz von Malus

*Material:* 2 Linearpolarisationsfilter

*Anmerkung:* Im beiliegenden Filterset sind zwei runde Linearpolarisationsfilter und fünf quadratische in blau und braun zu finden. Welche zwei man verwendet, ist für den Versuch selbst nicht von Bedeutung, da das Ergebnis das gleiche bleibt, jedoch empfiehlt es sich, für dieses Experiment die runden zu benutzen, da sie zwei Kerben besitzen, die die Vorzugsrichtungen ausweisen.

Die beiden Filter werden zuerst so übereinander gelegt, daß deren Vorzugsrichtungen parallel sind. In dieser Stellung ist die Intensität des durchgehenden Lichtes am größten. Dreht man die Filter langsam gegeneinander, nimmt die Intensität immer mehr ab, bis die Vorzugsrichtungen normal aufeinander und völlige Dunkelheit herrscht.

Dies ergibt sich auch aus dem *Gesetz von Malus*:

- Parallelstellung:  $\varphi = 0^\circ \Rightarrow I = I' \cos^2 0^\circ \Rightarrow I = I'$

Daß in Wirklichkeit die Intensität des ausfallenden Lichtes nicht exakt gleich der des einfallenden ist, sondern etwas von der Einfallintensität verloren geht, rührt daher, daß in der Formel der Absorptionsfaktor des Filters nicht berücksichtigt ist.

- Normalstellung:  $\varphi = 90^\circ \Rightarrow I = I' \cos^2 90^\circ \Rightarrow I = 0$

Das durchgelangene Licht hat die Intensität Null, es herrscht Dunkelheit.

### Experiment 2: Versuch mit drei Linearpolarisationsfiltern

*Material:* 3 Linearpolarisationsfilter

Wird zwischen zwei sich in gekreuzter Stellung befindlichen Linearpolarisationsfiltern ein drittes Filter eingeschoben und gedreht, so gibt es wieder zwei Stellungen, für die im Überschneidungsbereich der Filter maximale Helligkeit bzw. Dunkelheit festzustellen ist: Helligkeit, wenn die Vorzugsachse des eingeschobenen Filters sich unter  $45^\circ$  in bezug auf die anderen beiden befindet. Dunkelheit, wenn sie zu einem der beiden parallel steht.

Zur Helligkeit kommt es, weil bei  $45^\circ$ -Stellung des mittleren Filters ein Teil des wieder in zwei (Parallel- und Normal-) Komponenten aufspaltbaren linear polarisierten Lichtes des ersten Filters die zur Vorzugsrichtung des mittleren Filters parallele Komponente das Filter durchdringen kann. Durch das dritte Filter gelangt wiederum der zu dessen Vorzugsrichtung parallele Anteil des Lichtes hindurch, das die beiden vorhergehenden Filter passieren konnte.

Für alle von  $45^\circ$  abweichenden Stellungen ergibt sich eine abnehmende Intensität, die ihr Minimum bei jeder zu den beiden anderen Filtern parallelen Stellung hat (völlige Dunkelheit).

### Experiment 3: Versuch mit Wachspapier – Depolarisation

*Material:* 2 Linearpolarisationsfilter,  
Stück Wachspapier (oder Backpapier)

Wachspapier ist ein mit gereinigtem Paraffin imprägniertes, wasserfestes Papier. Bei Paraffin handelt es sich um ein chemisch uneinheitliches Gemisch aus höheren Kohlenwasserstoffen. Tritt linear polarisiertes Licht durch diese Schicht, so wird es vielfach gestreut und somit depolarisiert.

Fügt man eine vielfachstreuende Schicht zwischen zwei gekreuzte Linearpolarisationsfiltern, ist nicht mehr Dunkelheit sondern Aufhellung festzustellen, da depolarisiertes Licht immer eine zur Vorzugsrichtung des zweiten Filters parallele Komponente besitzt (unabhängig von der Stellung der Filter zueinander oder der Lage der vielfachstreuenden Schicht).

Vielfachstreuende Schichten sind unter anderem folgende:

- Wachspapier, dünne Schicht aus weißem bzw. hellem Wachs
- Backpapier oder auch nicht zu dickes normales Papier
- Milchglas
- Stück weißer bzw. heller Seide oder eines ähnlichen Stoffes

*Anmerkung:* Da diese Stoffe Licht mehrfach streuen, sind sie eher durchscheinend als durchsichtig.



## Phasenverschiebungsplättchen

Für die folgenden Versuche seien hier die wichtigsten Eigenschaften von Polfiltern und Phasenverschiebungsplättchen festgehalten:

### Polfilter

- erzeugen linear polarisiertes Licht, indem sie jeweils nur die zur Vorzugsrichtung parallele Komponente einer Lichtwelle passieren lassen.
- Bei gekreuzter Stellung der bevorzugten Durchlaßrichtungen zweier Filter herrscht Dunkelheit, bei paralleler Helligkeit.

### Phasenverschiebungsplättchen

$\lambda/4$  ( $\lambda/2$ )-Plättchen bewirken, daß die Wellenkomponenten einer in sie einfallenden Lichtwelle mit einem Gangunterschied von einem Viertel (der Hälfte) der Wellenlänge austreten.

- Die Polarisationsebene von linear polarisiertem Licht wird durch ein  $\lambda/2$ -Plättchen um  $90^\circ$  gedreht, wenn dessen optische Achse und die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtes einen Winkel von  $45^\circ$  einschließen.
- Ein  $\lambda/2$ -Plättchen verwandelt rechtszirkular polarisiertes Licht in linkszirkular polarisiertes und umgekehrt.
- Ein  $\lambda/4$ -Plättchen verwandelt zirkular in linear polarisiertes Licht (und umgekehrt), wenn die Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtes um  $45^\circ$  zu den optischen Achsen des Phasenplättchens geneigt ist.
- Ein Phasenverschiebungsplättchen kann unpolarisiertes Licht nicht in polarisiertes verwandeln.

### Experiment 4: Versuch mit einem $\lambda/4$ -Plättchen

*Material:* 1  $\lambda/4$ -Plättchen, 2 Linearpolfilter

*Hinweis:* Die Phasenverschiebungsplättchen des Sets ( $\lambda/2$ ,  $\lambda/4$ ) sind durchsichtige Plättchen, die dadurch unterscheidbar sind, daß den  $\lambda/4$ -Plättchen eine Ecke abgeschnitten wurde. (Sind beide Plättchen aus dem gleichen Material gemacht, so sind die  $\lambda/2$ -Plättchen genau doppelt so dick wie die  $\lambda/4$ -Plättchen, in dem vorliegenden Set ist dies jedoch nicht der Fall.)

Wird das  $\lambda/4$ -Plättchen zwischen gekreuzte Polfilter geschoben, so ist eine Beobachtung ähnlich der aus dem Versuch mit drei Filtern zu machen: für einen Winkel von  $45^\circ$  des eingeschobenen Plättchens ist Helligkeit festzustellen, bei Parallelität hingegen völlige Dunkelheit.

Diesmal ist der Grund folgender: Nach dem Durchgang durch das  $\lambda/4$ -Plättchen ist das durch das erste Filter linear polarisierte Licht zirkular polarisiert. Gelangt es auf ein weiteres Linearpolfilter, so kann durch dieses der zum Filter parallele Anteil des zirkular polarisierten Lichtes hindurch. Es kommt somit an den Stellen, an denen zwischen den gekreuzten Polfiltern ein solches Plättchen liegt, zur Aufhellung. Das hindurchgelangende Licht ist linear polarisiert, die Schwingungsebene liegt klarerweise in Richtung der Vorzugsachse des letzten Filters.

### Experiment 5: Versuch mit einem $\lambda/2$ -Plättchen

*Material:* 1  $\lambda/2$ -Plättchen, 2 Linearpolfilter

Beim Einschoben eines  $\lambda/2$ -Plättchens zwischen zwei Polfilter in Kreuzstellung ist ebenfalls wieder in dem Bereich, indem alle drei Folien übereinander liegen, Helligkeit zu beobachten (gelblicher Eindruck aufgrund der Rotationsdispersion,

siehe Experiment 11), wenn die Achse des Phasenverschiebungsplättchens nicht parallel zu einer der beiden Durchlaßrichtungen der Linearfilter ist.

Wie bereits erwähnt, dreht ein  $\lambda/2$ -Plättchen bei einer  $45^\circ$ -Stellung die Schwingungsebene von linear polarisiertem Licht um  $90^\circ$ . Folglich kann durch es hindurchgelangtes Licht das nächste Filter passieren, da es ja nun parallel zu dessen Vorzugsrichtung schwingt.

### Experiment 6: Versuch mit mehreren $\lambda/2$ -Plättchen

*Material:* 2 (oder mehr)  $\lambda/2$ -Plättchen, 2 Linearpolfilter

Wenn zusätzlich zu der Anordnung von Experiment 5 weitere  $\lambda/2$ -Plättchen eingeschoben werden, so sind folgende Fälle je nach Anzahl der Plättchen, Einschriebwinkel und Lage der langsamen und schnellen Achsen zu unterscheiden:

- *Fall 1:* Ein weiteres Plättchen wird so eingeschoben, daß dessen optische Achsen parallel bzw. senkrecht zu den Filtervorzugsrichtungen stehen. In diesem Fall herrscht nach wie vor Helligkeit, da ein  $\lambda/2$ -Plättchen keinen Einfluß auf den Polarisationszustand hat, wenn dessen Achsen parallel bzw. senkrecht auf die Schwingungsebene des einfallenden Lichtes stehen (was hier ja der Fall ist: nach dem Durchgang durch das erste Filter ist das Licht linear polarisiert, der Lichtvektor schwingt parallel zur Vorzugsrichtung und wird dann durch das erste  $\lambda/2$ -Plättchen um  $90^\circ$  gedreht. Das zweite  $\lambda/2$ -Plättchen beeinflußt in dieser Stellung den Polarisationszustand des Lichtes nicht, weshalb es das zweite Filter passieren kann.)
- *Fall 2:* Wird das zweite  $\lambda/2$ -Plättchen nun weitergedreht, so nimmt die Helligkeit zusehends ab, bis sich schließlich für die Stellungen von  $45^\circ$  der optischen Achsen in bezug auf die Vorzugsrichtungen folgende Fälle feststellen lassen:
  - a) Die beobachtete Erscheinung ist schwarz, also gleich der Farbe, die ohne  $\lambda/2$ -Plättchen herrschen würde.
  - b) In der von der Stellung in a) um  $90^\circ$  verschiedenen Lage der optischen Achsen des zweiten Phasenverschiebungsplättchen ist die Erscheinung farbig.

Aus dieser Beobachtung läßt sich schließen, daß die Lage der optischen Achsen der Phasenverschiebungsplättchen zueinander von Bedeutung ist, da sonst der entstehende Eindruck für beide Stellungen gleich sein müßte. Die Ursache für die unterschiedlichen Beobachtungen muß folglich in den unterschiedlichen Achsenlagen begründet sein.

Für den Fall 2a) gilt, daß die Achsen der beiden Phasenplättchen *normal* aufeinander stehen. Die Schwingungsebene des durch das erste Filter linear polarisierten Lichtes wird, wie bereits bekannt, durch das erste  $\lambda/2$ -Plättchen um  $90^\circ$  gedreht. Was jedoch bei den bisherigen Experimenten außer acht gelassen wurde (und auch für den jeweiligen Effekt nicht von Bedeutung war), ist die Tatsache, daß einfallendes breitbandiges, also nicht monochromatisches Licht aus einem Gemisch von verschiedenen Wellenlängen besteht. Strenggenommen bewirkt ein  $\lambda/2$ -Plättchen nur für eine einzige Wellenlänge (Farbe) eine Drehung der Schwingungsebene um genau  $90^\circ$  – welche dies ist, hängt vom jeweiligen Plättchen ab. Für alle übrigen Wellenlängen gilt, daß sie in Abhängigkeit von ihrer Frequenz<sup>1)</sup> teils mehr, teils weniger als  $90^\circ$  gedreht werden und in elliptische Polarisationszustände übergehen.

Dieses Verhalten wird als *Rotationsdispersion* bezeichnet und ist auch der Grund für die unterschiedlichen Beobachtungen a) und b): stehen die schnellen bzw. langsamen Achsen der beiden *senkrecht* aufeinander (Fall a)), bewirkt dies, daß das durch das erste Plättchen gedrehte Licht (bei dem die Schwingungsebene nur einer Wellenlänge auch wirklich um  $90^\circ$  gedreht wurde) um genau den gleichen Betrag wieder *zurückgedreht* wird.

Da das *gesamte* Licht nun wieder in der ursprünglichen – also zur Vorzugsrichtung des zweiten Linearfilters senkrechten – Ebene schwingt, existiert kein Parallelanteil für dieses zweite Filter: der Eindruck muß schwarz sein.

Anders hingegen ist dies im Fall b): hier sind die beiden schnellen Achsen der Plättchen *parallel*. Dadurch wird die Wellenlänge, die das erste Filter um genau  $90^\circ$  drehte, wieder um  $90^\circ$  weitergedreht, kann also das zweite Linearfilter nicht passieren. Für alle anderen, die wieder um einen von  $90^\circ$  verschiedenen Winkel *weitergedreht* werden, existieren hingegen zur Vorzugsrichtung parallele Komponenten. Diese können das Filter passieren und rufen den farbigen Eindruck hervor. Ist der Farbeindruck, er ist abhängig von der spektralen Zusammensetzung der Lichtquelle, z.B. Blau, so bedeutet dies, daß die Phasenplättchen die Wellenlänge für gelbes Licht zweimal hintereinander um  $90^\circ$  drehen, und Gelb den Analysator somit nicht passieren konnte. Die blaue Farbe – die Komplementärfarbe – stellt die Mischfarbe des durchgelassenen Lichtes dar. Wird, wie in Experiment 4, nur ein Phasenplättchen verwendet, ist der Eindruck dann natürlich nicht Blau, sondern Gelb, da ja die Wellenlänge, die den Eindruck Gelb (in diesem Beispiel) hervorruft, um  $90^\circ$  gedreht wurde und somit das zweite Filter passieren kann.

Dieser Versuch kann mit beliebig vielen weiteren Plättchen fortgesetzt werden, das Prinzip bleibt dabei immer das gleiche: parallele Achsen bedeuten ein Weiterdrehen der einfallenden Wellenlängen (also ein Verstärkung der Rotationsdispersion und einen weiteren Farbeindruck), senkrechte hingegen ihr Zurückdrehen. Je nach der Kombination können so die unterschiedlichsten Effekte beobachtet werden.

Ebenso kann diese Versuchsserie anstatt mit gekreuzten mit parallelen Linearfiltern durchgeführt werden: der Unterschied besteht darin, daß bei einem Phasenplättchen der zu beobachtende Farbeindruck der jener Wellenlängen ist, die nicht um  $90^\circ$  gedreht wurden, bei zwei hingegen der jener Farbe, von der die Schwingungsebene um  $90^\circ$  gedreht wurde (genau umkehrt also wie bei gekreuzten Filtern!).

*Anmerkung:* Es ist darauf zu achten, daß die Farben immer aus einem Blickwinkel von  $90^\circ$  (also senkrecht von oben) beobachtet werden, da für alle anderen Blickwinkel gilt, daß die Strecke, die das Licht auf seinem Weg durch das Phasenplättchen zurücklegen muß, länger ist und somit andere Farbeindrücke entstehen. Verschiedene Blickwinkel bewirken also verschiedene Farben, da ja dann das Plättchen für eine jeweils andere Wellenlänge genau als  $\lambda/2$ -Plättchen wirkt.

<sup>1)</sup> Frequenz:  $7 \cdot 10^{14}$  Hz .....  $3 \cdot 10^{14}$  Hz  
Wellenlänge: 400nm ..... 500nm ..... 600nm ..... 700nm  
Farbe: Violett ... Blau ..... Grün ..... Gelb ..... Orange ... Rot  
(→ der Drehwinkel wächst mit der Frequenz, nimmt also mit zunehmender Wellenlänge ab)

## Zirkularpolarfilter

Zirkularfilter erzeugen zirkular polarisiertes Licht. Zwar gibt es sie fertig zu kaufen, doch kann man sie ebenso gut aus einem Linearpolarfilter und einem  $\lambda/4$ -Plättchen zusammensetzen: Das  $\lambda/4$ -Plättchen wird so auf das Linearpolarfilter gelegt, daß die bevorzugte Durchlaßrichtung des Polaroids in einem Winkel von  $45^\circ$  zu den optischen Achsen des  $\lambda/4$ -Plättchens steht. Im Filterset befindet sich auch ein fertiges Zirkularfilter, das im Prinzip auch nur aus einem an ein Linearpolarfilter geklebten  $\lambda/4$ -Plättchen besteht.

Bei ersten Versuchen zu diesem Thema ist die Verwendung von zusammengelegten anstatt von fertigen Zirkularfiltern aus dem einfachen Grund günstiger, daß so dessen durch seinen Aufbau bedingte Wirkungsweise offensichtlich bleibt, da ja die einzelnen Bestandteile sichtbar sind.

### Experiment 7: Versuch mit Linearpolarfilter

*Material:* 1 Zirkularfilter (oder: 1 Linearfilter mit einem  $\lambda/4$ -Plättchen), 1 Linearpolarfilter

Werden die beiden Filter so aneinandergelagt, daß die  $\lambda/4$ -Seite des Zirkularfilters dem Linearfilter zugewandt ist, so wird für keine Stellung der Filter völlige Dunkelheit feststellbar sein: das auf das Linearpolarfilter auftreffende Licht ist schließlich zirkular polarisiert, daß heißt, daß für jede Filterstellung eine Parallelkomponente existiert. Klarerweise ist das Licht nach dem Durchgang durch diese Filterkombination linear polarisiert.

Sind die Filter hingegen so angeordnet, daß sich die beiden Linearfilter gegenüberstehen, ist wieder Dunkelheit für jene Stellung beobachtbar, in der die beiden Vorzugsrichtungen senkrecht aufeinander stehen, Helligkeit hingegen für Parallelstellung.

Da das auf das Zirkularfilter auffallende Licht zuerst auf die Phasenverschiebungsseite trifft, ist diese Anordnung vergleichbar mit einer aus nur zwei Linearfiltern bestehenden, denn auf unpolarisiertes Licht hat ein Phasenverschiebungsplättchen keinen Einfluß. Der Unterschied bei der Verwendung von Zirkularfiltern zu der aus einzelnen Filtern zusammengesetzten Version besteht darin, daß die Filter im ersten Fall bei Dunkelheit aufgrund der Anordnung ihrer Moleküle einen Winkel von  $45^\circ$  einschließen, im zweiten Fall 'wie gewohnt' senkrecht aufeinander stehen.

### Experiment 8: Versuch mit metallischer Oberfläche

*Material:* 1 metallische Oberfläche, 1 Zirkularfilter

Wenn ein Zirkularfilter auf eine metallische Oberfläche gelegt wird und dabei die Linearpolarfilterseite dieser zugewandt ist, so ist in jeder Stellung Helligkeit beobachtbar, da eine Metalloberfläche auf linear polarisiertes Licht keinerlei Auswirkung hat. Ist aber die Phasenverschiebungsseite der metallischen Oberfläche hingewandt, so kommt es zur Auslöschung, da auf eine metallische Oberfläche auftreffendes rechtszirkular polarisiertes Licht in linkszirkular polarisiertes umgewandelt wird (und umgekehrt) und somit das Zirkularfilter nicht mehr durchdringen kann.

## Experiment 9: Versuch mit photoelastischem Material

*Material:* 2 Zirkularfilter, 1 Kurvenlineal

Für ein zwischen zwei Zirkularpolfilter gebrachtes Kurvenlineal lassen sich grundsätzlich zwei Phänomene feststellen: das eine sind die dabei auftretenden Farben, die sich auf die Photoelastizität des verwendeten Materials zurückführen lassen. Das andere ist die Tatsache, daß sich diese Farben bei Parallel- und Kreuzstellung der beiden Filter nicht ändern, sondern – ganz im Gegensatz zu den Farben des gleichen Kurvenlineals zwischen zwei Linearfiltern, bei denen eine Drehung um 90° die Komplementärfarben ergibt – gleich bleiben:

## Versuche zur Doppelbrechung

### Kristalle

#### Experiment 10: Doppelbrechung durch einen Calcitkristall

*Material:* Calcitkristall, Linearpolfilter

Wird ein doppelbrechender Kristall, z.B. ein Calcitkristall<sup>2)</sup>, auf einen Schriftzug gelegt, so ist die Aufspaltung des einfallenden Lichtes in einen ordentlichen und einen außerordentlichen Strahl sehr schön zu erkennen – man sieht zwei etwas versetzte Schriftzüge, die, wie mit einem Polfilter leicht gezeigt werden kann, zueinander senkrecht polarisiert sind: legt man ein Polfilter über den Kristall, so existieren zwei um 90° verschiedene Positionen, für die der jeweils entgegengesetzt polarisierte Schriftzug vollständig ausgelöscht wird, also nicht mehr sichtbar ist. Nach einer Drehung des Filters um 90° ist dieser dann sichtbar, der andere dafür nicht mehr.

### Klebstreifenbilde r

#### Experiment 11: Doppelbrechung durch Klebstreifenschichten

*Material:* mit Klebstreifen beklebter Objektträger, 2 Linearpolfilter

Handelsüblicher Klebstreifen besitzt aufgrund der bei seiner Herstellung entstandenen Struktur<sup>3)</sup> ebenfalls doppelbrechende Eigenschaften, wirkt also wie ein Phasenverschiebungsplättchen (= er dreht die Schwingungsebene von polarisiertem Licht). In bestimmten Fällen, also bei entsprechender Dicke, kann er auch exakt als  $\lambda/2$ - bzw.  $\lambda/4$ -Plättchen wirken, in allen anderen erzeugt er elliptisch polarisiertes Licht.

Wird ein mit verschiedenen Klebstreifenschichten beklebtes Glasplättchen zwischen zwei Polfilter gebracht, so werden meist (dies ist vom jeweils verwendeten Klebstreifen abhängig) je nach Anzahl der übereinander geklebten Schichten die unterschiedlichsten Farben zu sehen sein. Wie diese zustande kommen, ist mit dem Prinzip der *Rotationsdispersion* zu erklären: die verschiedenen Schwingungsebenen der einzelnen Wellenlängen werden von dem jeweils verwendeten Klebstreifen unterschiedlich lang gedreht – wie weit ist von der Schichtdicke und der Wellenlänge abhängig. Für diese jeweils

<sup>2)</sup> = Kalkspat, Doppelspat; sehr häufiges Mineral aus der Gruppe der Carbonate; chemische Zusammensetzung:  $\text{CaCO}_3$

<sup>3)</sup> Er wird dabei stark in die Länge gezogen, wodurch sich seine Moleküle ausrichten und so anisotrope Verhaltensweisen ermöglichen

unterschiedlich weit gedrehten Wellenlängen existieren jeweils unterschiedliche Parallelkomponenten, die das zweite Linearfilter passieren können und die in ihrer Überlagerung den jeweiligen Farbeindruck hervorrufen, der natürlich außerdem noch vom Beobachtungswinkel abhängig ist: für einen senkrechten Blickwinkel ergibt sich die kürzeste Strecke, die das Licht auf dem Weg zum Auge durch die doppelbrechenden Substanz zurücklegen muß, für alle davon verschiedenen eine jeweils längere. Dies hat klarerweise Auswirkungen auf den Farbeindruck, da dann die Wellenlängen jeweils unterschiedlich lang gedreht werden können.

## Versuche zur Spannungsdoppelbrechung

Im Jahre 1816 wurde eine weitere sehr bedeutsame Entdeckung gemacht – und zwar wiederum von Sir David BREWSTER. Er fand heraus, daß normal transparente, isotrope Substanzen durch mechanische Belastung, durch Druck oder Zug, anisotrop gemacht werden können, wodurch sie die Eigenschaften eines einachsigen Kristalles annehmen, dessen optische Achse in Richtung der Belastung liegt. Diese erzwungene Doppelbrechung ist dabei proportional zur Belastung und wird als *Spannungsdoppelbrechung* oder *Photoelastizität* bezeichnet. Sie kann auch durch außerordentliche magnetische oder elektrische Einflüsse zustande kommen.

### Schaffen von permanenten Materialspannungen

Permanente Spannungsdoppelbrechung kann dadurch entstehen, daß z.B. stark erhitztes Glas rasch abgekühlt wird (Sicherheitsglas). Die dabei entstehenden Materialspannungen können in polarisiertem Licht (zwischen zwei Linearpolfiltern) sichtbar gemacht werden:

#### Experiment 12: Kurvenlineal zwischen Polfiltern

*Material:* Kurvenlineal (= permanent spannungsdoppelbrechendes Material), 2 Linearpolfilter

Ein zwischen gekreuzte Linearpolfilter gelegtes Kurvenlineal bietet ein wunderschönes Beispiel für das Sichtbarmachen von in einem solchen Materialteil herrschenden Spannungen und kann unter anderem zeigen, an welchen Stellen das Stück besonders bruchgefährdet ist. Werden die Polfilter um 90° gedreht, so sind die jeweiligen Komplementärfarben zu sehen.

### Sichtbarmachung von permanenten Materialspannungen

#### Experiment 13: Gedehte Plastikfolie zwischen Polfiltern

*Material:* Plastikfolie, 2 Linearpolfilter

Normale Plastikfolie (wie die zum Einpacken von Gefrierkost) zeigt zwar u.U. zwischen gekreuzten Polfiltern eine Aufhellung, was auf starkes Dehnen in eine Richtung bei ihrer Herstellung hinweist, jedoch meist keine spannungsoptischen Linien. Diese können nun ganz einfach durch starkes Ziehen in eine Richtung geschaffen werden: Zwischen gekreuzten Polfiltern zeigt sich die dadurch geschaffenen Bereiche starker Spannung. Wiederum sind im Hellfeld, also bei parallelen Filtern, die Komplementärfarben beobachtbar.

# Unterrichtsprojekt Raps – Chemie 4. Klasse e

Wilhelm Haslauer, Gerhard Brandhofer, Helga Moosbauer

## Rund um den Raps

**Raps:** Kreuzblütler mit ölhältigem Samen, tiefe Wurzeln (Pfahlwurzeln), bereits im 17. Jhd. als Grundlage der Ölmüllerei und Seifensiederei in Verwendung.

**Rapssaat:** geernteter Rapssamen.

**Rapskuchen:** Rückstand aus der Ölgewinnung durch Pressen mit ca. 30% Rohprotein und 8% Rohfett.

**Rapsschrot:** Rückstand aus der Ölgewinnung durch Extrahieren (32% Rohprotein, 1-2% Rohfett).

**Rapsöl:** Öl aus der Rapssaat, das durch Pressen und Extrahieren gewonnen wird.

**Rapsmethylester (RME):** Rapsöl, das in katalytischer Reaktion (Lauge als Katalysator) mit Methanol verestert wurde – Motorentreibstoff (Biodiesel)

**Methanol:** Methylalkohol  $\text{CH}_3\text{OH}$  (giftig! führt zur Erblindung, auch Holzgeist genannt)

**Glycerin:** Propantriol  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}$ , ungiftiger, süßlich riechender Alkohol

## Raps aus biologischer Sicht

- Raps ist eine Kulturpflanze, die es seit Jahrhunderten in unsere Umgebung gibt.
- Ersatzfrucht in Kriegs- und Notzeiten als Fettlieferant
- Raps liebt mildes und feuchtes Klima
- bevorzugt tiefgründige, humus- und kalkreiche milde Lehmböden
- Kreuzblütler mit ölhältigem Samen
- Tiefwurzler (Pfahlwurzel) durchdringt den Boden, sorgt für eine gute Durchlüftung
- bedeckt viele Monate den Boden (August bis Mitte Juli), vermindert Abtragung des Bodens durch Witterungseinflüsse
- speichert Stickstoff im Boden
- nützt organischen Dünger (Jauche, Gülle, Mist)
- kann Nährstoffe gut speichern, daher kaum Auswaschung von Nitraten ins Grundwasser
- Grundstoff für umweltfreundliches Produkt, die biologisch abbaubar sind somit die Umwelt schonen

## Vom Raps zum RME aus Sicht des Chemikers

Aus Rapsöl wird Rapsmethylester hergestellt. Ester entsteht durch Reaktion einer Säure mit Alkohol.

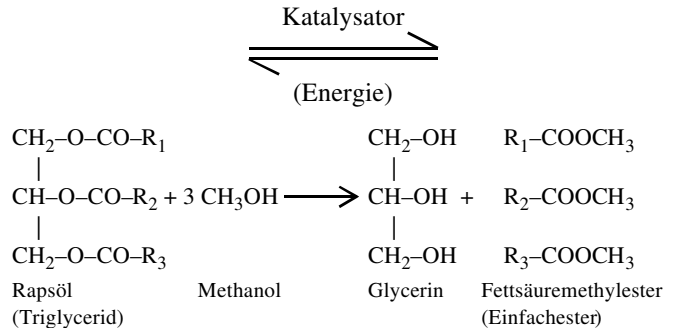
Rapsöl ist ein Ester aus Glycerin (mehrwertiger Alkohol) und Fettsäuren (Ölsäure, Linolsäure, Linolensäure,...)

Damit Rapsöl ähnliche Eigenschaften wie Dieselöl bekommt, muß die Molekularstruktur verändert werden. Dies geschieht durch ...

HL Wilhelm Haslauer, vHL Gerhard Brandhofer, HL Helga Moosbauer und die Klassen 3b, 4a, 4b, 4c der HS Wieselbug

## Umesterung

mit Hilfe eines Katalysators (Kalium- oder Natriumhydroxid) wird Glycerin durch einen einwertigen Alkohol (Methanol) ersetzt



## Versuche

### Schülerversuch – einfache Durchführung

Rapsöl ist leicht zu transportieren, da es nicht explosiv ist. Wenn man allerdings einen Docht in Rapsöl eintaucht, brennt dieser an der Luft.

### Lehrerversuch – Herstellung von RME

**Chemikalien:** 1,5 g reines Kaliumhydroxid, 20 g Methanol, 100 g Rapsöl

**Durchführung:** KOH mit Methanol gut mischen, ca. 20 Minuten rühren, die Umesterung setzt rasch ein (auch bei Kälte!) Glycerin und Rapsmethylester bilden zwei Phasen. Nach der Entmischung kann im Scheidetrichter getrennt werden. Um den Rapsdiesel von Methanol zu reinigen, muß der Rapsdiesel unter vermindertem Druck (Wasserstrahlpumpe) in einem Kolben erwärmt werden. Dabei werden Methanol und gelöste Seifen abgeschieden.

oder:

**Chemikalien:** 1 g reines Natriumhydroxid, 20 g Methanol, 100 g Rapsöl

**Durchführung:** die Hälfte des Methanols mit NaOH mischen, die andere Hälfte mit dem Rapsöl mischen und dann erst zusammen geben und rühren. Die Umesterung geht rasch vor sich. Glycerin und Rapsmethylester bilden zwei Phasen. Der Rapsdiesel kann vom Methanol wie oben beschrieben gereinigt werden, es empfiehlt sich aber die Zugabe von Zitronensäure, weil NaOH härtere Seifen bildet.

## Projekttablauf im Unterricht

### Einstieg

- Durch Energieumsetzung kann Arbeit verrichtet werden.
- Besprechen der Energieträger bezüglich der Umweltfreundlichkeit
- Biomasse als alternativer Energieträger
- Wiederholung der Photosynthese-Energiekette: Strahlungsenergie der Sonne wird durch die Photosynthese in chemi-

sche Energie umgewandelt und gespeichert. Beim Verbrennen wird die chemische Energie der Biomasse als Wärmeenergie frei und kann Arbeit verrichten.

### Aufbau von RME

(Handelsmarken: Biodiesel bzw. ÖKO-Diesel)

Zu diesem Zeitpunkt sollten die Schüler bereits die Begriffe Alkohol, Fettsäure und Esterbildung kennen. Es ist aber durchaus möglich, die Alkohole, Ester und Fettsäuren an dieser Stelle zu besprechen.

- Wie gewinnt man aus Samen Öle? (Vgl.: Wie entstehen Sonnenblumen-, Kürbiskernöl, ...?)
- Rapssamen müssen gepreßt und in der Raffinerie verarbeitet werden (Erklärung anhand von Folien, Durchführung von Versuchen zur Umesterung)
- Chemischer Aufbau von RME
- Vorteile von RME darstellen (umweltfreundlich), aber auch Nachteile klären (Geruch nach "Pommes", etwas geringerer Wirkungsgrad als Dieselöl)

### Ausklang

Verträglichkeit von RME in Traktor- und Automotoren. Sollten die Schüler noch nichts über Motore gelernt haben, bietet sich hier die Gelegenheit.

Insgesamt bietet sich bei diesem Projekt die Möglichkeit, erstaunlich viele Inhalte der Chemie und Physik auf einen gemeinsamen Nenner – nämlich RME – zu bringen.

## Farbtransparente für Atom- und Kernphysik

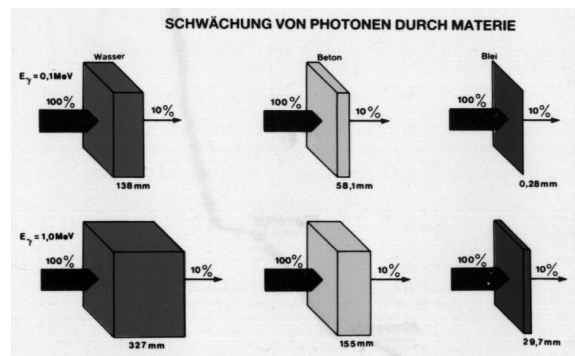
Univ.-Doz. Dr. H. Böck hat 4 Foliensätze zu je 15 Farb-OH-Folien im Format A4 entwickelt zu den Themen:

- Grundlagen der Atom- und Kernphysik 1/2
- Radionuklide in Technik, Medizin und Umweltschutz
- Grundlagen des Strahlenschutzes

Der Preis pro Foliensatz beträgt öS 1800. Bestellungen werden erbeten über:

Nuclear Services & Supplies  
Ortsstraße 18  
2313 Vösendorf

Telefon: (0222) 692320 Fax: (0222) 695733



## Naturwissenschaften – Wechselwirkungen und Auswirkungen Engelbert-Broda-Seminar

Wintersemester 1995/96

Datum	Vortragender	Titel
17. 11. 1995	Karl Sigmund	Das Gefangenendilemma und die Evolution von Altruismus
24. 11. 1995	Franz Mairinger	Wer war es ? Reichweite und Grenzen der naturwissenschaftlichen Fahndung nach den Schöpfern von Kunstwerken
1. 12. 1995	Peter Hille	Kernenergie (fast) ohne Reue? Energimultiplikation durch subkritische Kernreaktoren
12. 1. 1996	Anton Zeilinger	Messung ohne Wechselwirkung? Neue Quantenexperimente und deren Interpretation
24. 1. 1996	Horst Seidler	Menschenrassen Revision eines Konzepts im Licht der modernen Biologie

Ort: Großer Hörsaal des Instituts für Experimentalphysik,  
1090 Wien, Strudlhofgasse 4

Zeit: Freitag, 16.15 – 17.45

# Freihandexperimente

## Natrium sucht Natrium

*Material:* Overheadprojektor, Kristallisierschale, Schutzwand, Natrium, Messer, Filterpapier, Phenolphthaleinlösung

*Durchführung:* In eine Kristallisierschale füllt man ca. 1 cm hoch Phenolphthaleinlösung. In die Schale wirft man 2 - 3 sehr kleine (frisch entrindete und von Paraffinöl gereinigte) Natriumstückchen (höchstens linsengroß).

Die Natriumstückchen werden durch den entstehenden Wasserstoff auf der Wasseroberfläche bewegt. Die entstehende Natronlauge färbt die Schwimmspur rot. Die Teilchen werden an der Schalenwand reflektiert und können manchmal auch miteinander verschmelzen.

**Sicherheitshinweise für den Umgang mit Natrium beachten!**

## Der kleine Flammenwerfer

*Material:* 5 ml Spritze mit feiner Kanüle, kleines Becherglas, Benzin, Brenner

*Durchführung:* Aus einem Becherglas saugt man bei abgenommener Kanüle Benzin an. Die Kanüle wird aufgesetzt und das Benzin durch eine Brennerflamme gespritzt.

Es entsteht - je nach Druckstärke - ein langer Feuerstrahl.

*Vorsicht:* Kanüle beim Versuch festhalten - kann sonst durch den großen Druck weggeschleudert werden; Feuerstrahl nicht direkt auf Personen richten.

## Die ungewöhnliche Zündung

*Material:* 2 Abdampfschalen, Spritzflasche, feuerfeste Unterlage, Holzspan, Spiritus, Kupferchlorid, Strontiumchlorid, Benzin

*Durchführung:* In zwei Abdampfschalen füllt man etwas Spiritus. In die erste Schale gibt man etwas Kupferchloridlösung und in die zweite Strontiumchloridlösung. Man stellt die Schalen knapp nebeneinander auf eine feuerfeste Unterlage und zieht mit der Spritzflasche eine "Benzinspur". Die Benzinspur wird mit einem brennenden Holzspan entzündet.

Das brennende Benzin entzündet den Spiritus in den beiden Schalen; Kupferchlorid färbt die Flamme grün, Strontiumchlorid rot.

Stößt man leicht an die Schalen mit dem brennenden Spiritus, leuchten die Farben besonders schön auf.

*Vorsicht im Umgang mit Benzin - Spritzflasche vor dem Entzünden entfernen.*

## Der Löschhandschuh

*Material:* 2 Lederhandschuhe oder Arbeitshandschuhe, Spritzflasche mit Benzin, offenes Feuer (Kerze, Brenner, ...)

*Durchführung:* Man träufelt aus der Spritzflasche etwas Benzin auf die Handinnenfläche der angezogenen Handschuhe. Man entzündet das Benzin eines der beiden Handschuhe an der offenen Flamme und klatscht leicht in die Hände - auch das Benzin am zweiten Handschuh beginnt zu brennen. Drückt man die brennenden Handflächen dicht aneinander, so erlöschen die Flammen.

Verwendet man nur einen Handschuh, kann das brennende Benzin auch unter einem Arbeitsmantel oder einem Sakko gelöscht werden.

Um nicht zur lebenden Fackel zu werden, ist es günstig, nur kleine Benzinmengen zu verwenden; um nicht mit der Spritzflasche mit Benzin in Kontakt zu kommen, ist es sicherer, wenn ein Helfer das Benzin auftröpfelt.

Werner Rentzsch

---

## Der blinkende Weihnachtsbaum

Mein Bastelvorschlag ist alt, aber bewährt und zur Vorweihnachtszeit passend. Ich fand den Schaltplan in der Zeitschrift "Elektor" im Heft Dezember 1986. Seither haben meine Schüler der Physikalischen Übungen mit dieser einfachen Schaltung ihre ersten Löterfahrungen gesammelt und gleichzeitig Eltern und Bekannten elektronische Weihnachtsgrüße beschert. Mit einer geringfügigen Änderung (Platine statt Karton) sind auch Oberstufenschüler (im Wahlpflichtfach) in der Vorweihnachtszeit sicher vom blinkenden Weihnachtsbaum zu begeistern. Als Arbeitszeit rechne ich 2 - 3 Doppelstunden, je nach Übung und Ausführung.

Man benötigt für die Unterstufenversion des blinkenden Baumes ein Stück weißen Zeichenkarton, einen Rest selbstklebender grüner Folie, 8 Widerstände, 6 rote Leuchtdioden, 1 Kon-

densator und 1 IC. Alle Bauteile sind im einschlägigen Elektronikfachhandel lagernd. Die Anschaffungskosten pro Weihnachtsbaum betragen ca. 40 S (ohne Batterie). Ich besorge die Bauteile immer für alle Schüler gemeinsam.

Auf die Vorderseite des Kartons kommt die grüne Folie, auf die Rückseite klebt man den linken Baum von Abb. 1. Anschließend werden jene Stellen, an denen später die Bauteile durchgesteckt werden, mit einem spitzen Gegenstand durchgestochen (Unterlage verwenden!). Schon kann man mit dem Bestücken beginnen. Die sechs Leuchtdioden und die LED-Vorwiderstände bringt man als Baumschmuck auf der Sichtseite, die restlichen Bauteile auf der Layoutseite des Baumes an. Den Weihnachtsgruß kann man vor oder nach der Montage aller Einzelteile beliebig schmücken, bemalen und besprühen. Nur Lamettafäden sind verboten. Sie beenden das Blinken des Weihnachtsbaumes durch einen unliebsamen Kurzschluß.

Etwas zur Standfestigkeit: am "Fuß" des Baumes sind zwei größere Löcher eingezeichnet. Hier wird ein 9V-Batterie-Clip von vorne durch den Karton gesteckt und mit dem Batterieblock hinten verbunden. Der Lichterbaum steht standhaft mit seinem Energiespender als Rückhalt!

Wenn man die Bauanleitung geringfügig abändert, ist der blinkende Weihnachtsbaum auch in einer Wahlpflichtgruppe in der 7. Klasse sehr gut einsetzbar. Dazu habe ich statt des weißen Zeichenkartons einen Platinenrest mit Photoschicht verwendet. Der linke Baum von Bild 2 dient als Platinenlayout für die Belichtung der Printplatte. Anschließend wird belichtet, entwickelt, geätzt und gebohrt. Und schon kann man wieder mit dem Bestücken beginnen. Ästheten können natürlich auf die Sichtseite wieder eine grüne Folie kleben, Elektroniker verzichten lieber darauf.

Nun zur Physik, die hinter dieser einfachen Schaltung steckt. Der IC 4060 ist ein 14-stufiger Binärzähler (1:16384) mit einem integrierten Oszillator. Und dies macht auch die äußere Beschaltung so einfach.

Blinkende LED-Kerzen werden simuliert, indem die LEDs über Strombegrenzungswiderstände an die Teilerausgänge Q4, Q5, Q6, Q7, Q8 und Q9 (Bild 1) angeschlossen werden. Die Ausgänge Q11, Q12 und Q13 wechseln bei der eingestellten Oszillatorfrequenz ihr Potential nur langsam. Die Ausgänge Q0, Q1, Q2 und Q10 sind nicht herausgeführt, der Ausgang Q3 "blinkt" zu schnell.

Der Oszillator kann auf drei Arten von außen eingestellt werden, zum einen als Quarzoszillator für Genauigkeitsfanatiker, zum zweiten als Schmitt-Trigger für alle, die gerne selbst bestimmen, und zum dritten als einfacher RC-Oszillator für alle "Weihnachtsgrüße-Bastler".

Mit R1, R2 und C1 werden die IC-Pins 11, 10 und 9 beschaltet. In der gewählten Anordnung liegt die Zählfrequenz bei etwa

140 Hz. Die Frequenz läßt sich leicht durch Variieren von R2 und C1 verändern, R1 muß dabei aber wesentlich größere Werte als R2 besitzen. Mühelos lassen sich damit Frequenzen bis in den Megahertzbereich erzielen. Der elektronische Weihnachtsgruß "strahlt" dann nicht nur Lichterglanz, sondern bereitet als Minisender unter Umständen erheblichen Ärger.

### Stückliste

*Widerstände:* R1 = 100 k $\Omega$ , R2 = 33 k $\Omega$ , R3 bis R8 = 1 k $\Omega$

*Kondensatoren:* C1 = 100 nF

*Halbleiter:* D1 bis D6 = LED (rot), IC1 = 4060

*Außerdem:* Batterieclip, 9V-Blockbatterie, Platinenrest oder Karton, grüne Klebefolie, Farbe und Schmuckmaterial

Nun noch viel Spaß beim Basteln und frohe Weihnachten!

Monika Turnwald



Abb. 2: Platinenlayout und Bestückungsplan: nicht alle Bauteile kommen auf die Layoutseite

## Isaac Newton

Johannes Wickert

rororo-Monographien 548, Rowohlt-Taschenbuchverlag, ISBN 3-499-50548-7, Ö.S. 100.-

Vor genau 2 1/2 Jahren, als in vielen Städten (hoffentlich auch in Ihrem Unterricht?) seines 350. Geburtstages gedacht wurde, hätte man sie sich gewünscht – die Newton-Biographie, die jetzt in der Reihe "rowohlts-monographien" erschienen ist. Denn es ist ein sehr facettenreiches Bild, das der Maler(!) und Univ.-Prof. für Psychologie, Johannes Wickert, von unserem physikalischen Lehrbuchhelden entwirft. Daß Newton nicht diese einheitliche, vernunftbesessene Persönlichkeit gewesen sein kann, als die er meist in unseren Lehrbüchern hingestellt wird, war ja spätestens seit dem "Bild-der-Wissenschaft"-Artikel von 1980 "Das verheimlichte Leben des Sir Isaac Newton" bekannt, in dem auf seine intensiven alchemistischen Versuche hingewiesen wurde.

Daß Newton kurz nach Vollendung seines 50. Lebensjahres in eine schwere körperliche und seelische Krise geriet, war den Newton-Biographen schon lange bekannt, aber daß die Ursache hierfür Schwermetallvergiftungen sein könnten, die Newton sich zuzog, als er nächtelang neben seinem (abzugslosen) Alchemistenofen schlief, ist erst seit wenigen Jahren sehr wahrscheinlich geworden, nachdem man vier erhaltene Haarproben Newtons mit modernsten Analysemethoden untersuchte und dabei ungewöhnlich hohe Konzentrationen von Blei, Antimon und Quecksilber fand. Möglich ist aber auch, daß Newtons schwere "midlife-crisis" ausgelöst wurde durch die zunächst fast vollständig ausbleibende Resonanz auf das Erscheinen seines Hauptwerkes, der "Principia" (1687), ja deren Ablehnung durch so profilierte Zeitgenossen wie G. W. Leibniz, Christian Huygens und Johann Bernoulli. Das Schicksal seiner Werke dürfte aber für den familienlosen Isaac Newton, für den seine Werke fast den Stellenwert eigener Kinder hatten, das Wichtigste im Leben gewesen sein. (Zitat: "Er hatte niemals eine eigene Wohnung und ließ zu keiner Zeit den Wunsch erkennen, eine Familie zu gründen; und niemand weiß, ob er je nahe Beziehungen zu einer Frau hatte.")

Mit seiner schwierigen Psyche haben offenbar auch seine zahlreichen wissenschaftlichen Streitigkeiten zu tun: Nicht nur der hinlänglich bekannte Prioritätsstreit mit G. W. Leibniz um die Erfindung der Infinitesimalrechnung, sondern auch der Streit um die Wellennatur des Lichtes mit Huygens, der intensive Streit mit seinem Kollegen Robert Hooke um die Entdeckung der Gravitation und jener mit dem Astronomen Flamsteed um die Originalität wichtiger astronomischer Daten belegen die Behauptung eines Zeitgenossen, der meinte: "Newton war empfindlich wie eine Mimose." All diese Streitigkeiten wurden übrigens immer erst durch den Tod eines der beiden Kontrahenten beendet. Zum Streit über die Wellennatur des Lichtes mit Huygens wäre hinzu zu fügen, daß Newton keineswegs der entschiedene Verfechter der Korpuskulartheorie des Lichtes war, als der er in unseren Physikbüchern meist hingestellt wird. Nach dem Zeugnis von Prof. Wickert könnte man

Newton vielmehr als ersten Vertreter des Welle-Teilchen-Dualismus bezeichnen (wie er überhaupt beim Aufstellen von Hypothesen sehr vorsichtig war: "Hypotheses non fingo")!

Die Überschrift, die Arthur Koestler in seinem biographisch unerschöpflichen Buch "Die Nachtwandler" für das Kapitel über Johannes Kepler wählte, nämlich "Die Wasserscheide", trifft voll auch auf Isaac Newton zu. Beide standen sozusagen mit einem Fuß noch im Mittelalter (Kepler mit seiner Astrologie-Gläubigkeit, Newton mit seiner Alchemie-Gläubigkeit) und mit dem anderen Fuß in der Neuzeit, indem sie von der Berechenbarkeit des Naturgeschehens überzeugt, ja besessen waren. Typisch, daß Newton seine alchemistische Tätigkeit gegenüber seinen Zeitgenossen völlig geheim hielt, genauso wie nur ein kleiner Freundeskreis von seiner intensiven, lebenslangen Beschäftigung mit der biblischen Chronologie (Newton gelangte so z.B. durch die Auswertung der genealogischen Tafeln des Alten Testaments zur Erkenntnis, daß die Erde im Jahre 4004 v.Chr. geschaffen wurde!), mit den Prophezeiungen Davids, den Offenbarungen des Johannes und den Schriften der alten Kirchenväter wußte! In der "Portsmouth Collection" gibt es über eine Million Worte aus Newtons Feder, die der Theologie gewidmet sind, von denen Prof. Wickert annimmt, daß sie noch nie vollständig von einem Fremden eingesehen wurden! Der später vor allem durch die popularisierende Wirkung Voltaires (und seiner Freundin) zum Apostel der Aufklärung "umfunktionierte" Isaac Newton schätzte die Schriften des deutschen Mystikers Jakob Böhme und wählte zu seinen großen Vorbildern die glaubenstarken Naturforscher Johannes Kepler und Robert Boyle! Es gibt in der Geschichte wohl kaum einen krasseren Fall historischer Umdeutung und gedanklicher Verdrehung wie im Fall des absolut gottgläubigen Isaac Newton, der via Pierre Simon de Laplace zu einem der Urväter des wissenschaftlichen Atheismus umgewidmet wurde.

Mit noch einem weit verbreiteten Irrtum räumt Johannes Wickert auf: mit der von manchen Autoren aufgestellten Behauptung, Newton habe nach seiner schweren körperlich-seelischen Krise um das Jahr 1693 seine frühere geistige Schaffenskraft nie wieder erlangt und jedes Interesse an physikalischer Forschung verloren (man hat dies auch auf seine Ernennung zum Direktor der Königlichen Münze 1696 zurückgeführt – einer durchaus auch naturwissenschaftlich anspruchsvollen Tätigkeit zurückgeführt, die übrigens mit dem köstlichen Titel eines 'Master of mint' verbunden war!). Johannes Wickert beweist sehr überzeugend, daß das Gegenteil der Fall war. So hat er etwa an der Ausarbeitung seiner "Principia" im Grunde 50 Jahre lang gearbeitet, da er sie bis zu ihrer dritten Auflage, die erst 1722 – also nur wenige Jahre vor seinem Tode 1727 – erschien, ständig verbesserte. Laut Wickert stellte die "Realisierung ihrer Intentionen eine dauernde Herausforderung an seine Kreativität bis ins hohe Alter dar. "Auch seine experimentelle und theoretische Beschäftigung mit der Optik



dauerte fast vier Jahrzehnte, ehe sie mit der zweiten Auflage der "Opticks" 1716 ihren krönenden Abschluß fand.

An dieser Stelle folgt im Buch von Johannes Wickert (und sollte auch in jedem Physikunterricht) eine objektive Darstellung der unglücklichen Konfrontation der Newtonschen und der Goetheschen Farbenlehre (die eine Abhandlung für sich verdienen würde: siehe z.B. jene von Werner Heisenberg). Der arme und so empfindliche Newton war also nicht einmal im Grabe vor wissenschaftlichen Anfeindungen sicher. Laut Goethe-Biograph Richard Friedenthal "haßte Goethe Newton wie einen persönlichen Feind, der ihm das Leben verkümmert hat, ingrimmig, lebenslänglich, er nennt ihn "Bal Isaak" und versucht ihn mit allen Mitteln als Charakter, als Forscher, als Menschen zu verdächtigen". Wickert belegt, wie überaus vorsichtig Newton bei seinen optischen Untersuchungen vorging ("Manche Seiten der "Opticks" muten an wie ein lebendiger Erlebnisbericht. Newtons optische Schriften sind eine spannende Lektüre") – keine Rede also davon, daß Newton mit seinen Untersuchungen des Spektrums (Goethe nennt es "das Gespenst in der Höhle"), "die Natur auf eine Marterbank legen wollte, damit sie ihre Geheimnisse preisgibt" (so Goethe).

Die Ausfälle Goethes gegen Newton ließen sich noch beliebig vermehren. Man kann sie wahrscheinlich psychologisch nur ähnlich verstehen wie Newtons schwere Krise von 1693, nämlich durch das völlige Ausbleiben von Resonanz von Seiten der physikalischen Fachwelt auf das Erscheinen seiner "Farbenlehre" (die er persönlich in ihrer Bedeutung noch über den "Faust" stellte!). Man sollte die Bedeutung von Enttäuschung und Frustration im Laufe der Geistesgeschichte nicht unterschätzen. Es sei hier noch die Bemerkung gestattet: Wenn es ein Jenseits geben sollte und wenn dort für getanes Unrecht Abbitte geleistet werden muß, dann war Goethe nach seinem Ableben nicht zu beneiden. Nicht oft in der Wissenschaftsgeschichte hat ein Denker einem anderen so viel Unrecht widerfahren lassen wie Goethe Newton. (Das Ganze wäre übrigens ein schönes Thema für einen fächerübergreifenden Projektunterricht in den Fächern Physik und Deutsch, in denen sich ja nicht gerade viele Themen für derartige Projekte aufdrängen).

Ich hoffe damit möglichst vielen Kollegen Appetit auf die Lektüre der Newton-Biographie von Johannes Wickert gemacht zu haben, auch wenn man zugeben muß, daß einzelne Kapitel wie "Das unendlich Kleine" (über die Erfindung der Infinitesimalrechnung) und "Das unendlich Große" (über den absoluten Raum und die absolute Zeit als Grundlage seiner Principia) nicht immer leicht zu lesen sind, da sie weit in die Wissenschaftstheorie ausholen. Am Schluß wird man dafür mit einer schönen Zusammenstellung von Zeugnissen (man sollte sie besser Hommages, Huldigungen nennen), in denen die Großen der Naturwissenschaft von Immanuel Kant bis Stephen Hawking ihre tiefe Reverenz dem unvergleichlichen Genie Isaac Newtons erweisen, auch wenn sich keiner von ihnen zu solch einem pathetischen Vers versteigt, wie der Dichter Alexander Pope, der beim Ableben Newtons dichtete: "Nature and Nature's law lay hid in night. God said: Let Newton be! and all was light."

Mag. Manfred Wasmayr

## Experimente mit Spaß

Werner Rentzsch

Bd. 1: Wärme (plus Lerngymnastik), 141 S., ISBN 3-209-01745-X, Hpthek-Unterrichtsthemen Bd. 3, öS 148;  
Bd. 2: Bewegungen und Kräfte, 116 S., ISBN 3-209-01777-8, Hpthek-Unterrichtsthemen Bd. 4, öS 148;  
beide Hölder-Pichler-Tempsky 1995

"Aus der Praxis für die Praxis" lautet die Parole der ersten zwei Bände einer auf sieben Bände angelegten Reihe. Werner Rentzsch, den Vereinsmitgliedern bestens durch seine Experimentalseminare bekannt und der Initiator von Plus Lucis, gibt damit den Lehrern eine Sammlung leicht nachzuvollziehender physikalischer Experimente für die Schulstufen 5-8 zur Hand.

Der Teilband "Wärme" enthält über 130 Versuchsbeschreibungen vom Wärmeleitvermögen von Metallen bis zum Glashausseneffekt, während der Band "Bewegungen" mit etwa gleich vielen Beispielen in einem Rundgang durch die Mechanik von Trägheit, über Schwerpunkt und Hebel zu Bewegung, Energie und Kraft führt. Jede Beschreibung ist in 3 Teile gegliedert: "Das wird gebraucht", "So wird es gemacht" und "Das ist noch wichtig". Bei den verwendeten Materialien wurde auf leichte Beschaffbarkeit Wert gelegt: es wurden daher in großem Ausmaß Artikel des Haushalts verwendet. Die Bücher bestechen weiter durch eine ansprechende graphische Gestaltung und ganz besonders durch sehr übersichtliche, den Ablauf der Versuche bestens illustrierende Fotos des Autors. Der Schwerpunkt verlagert sich im 2. Band vom Demonstrationsexperiment zum Schülerversuch – in den Fotos erscheinen zahlreiche Schülerinnen und Schüler aus der HS Staudingergasse in Wien.

Die Erklärungen sind knapp, präzise und in allgemeinverständlicher Weise abgefaßt. Selbst einem kritischen Rezensenten fällt es schwer, Schwachpunkte zu finden. Im Teilband "Wärme" sind unter offensichtlichem Zeitdruck einige Versuchsabbildungen enthalten, die vom Standpunkt der Sicherheit nicht ganz entsprechen, doch wird im Text darauf hingewiesen und der Mangel ist beim Lehrerexperiment leicht vermeidbar. Die Erklärung des Glashausseneffekts (Bd.1, S. 134) ist unter Umständen mißverständlich und sollte in einer Neuauflage deutlicher werden. Das Experiment zeigt nur die Durchlässigkeit von Glas für Infrarotstrahlung und zwar in einer Weise, die nicht überrascht. Bei dem folgenden Hinweis auf Glashäuser könnte der (sicher ungewollte) Eindruck entstehen, daß die Erwärmung des Innenraums primär durch die Infrarotstrahlung der Sonne erfolgt (statt durch die Absorption des sichtbaren Lichtes und des kurzwelligen IR im Boden und durch die schlechte Durchlässigkeit von Glas für die vom warmen Boden emittierte langwellige IR-Strahlung mit dem unglücklichen Namen Wärmestrahlung).

Werner Rentzsch hat in kompetenter Weise in den beiden Bänden eine Fülle von Freihandexperimenten so aufbereitet, daß sie sofort und ohne großen Aufwand nachvollziehbar sind. Diese Experimente sprechen eine große Zahl von Grunderscheinungen und -begriffen an. Mit seinem handlungsorientierten Ansatz entspricht er den Intentionen des neuen Unterstufenlehrplans. Wir sind schon auf die kommenden Bände neugierig. Für heute mein Urteil: Wärmstens empfohlen!

Helmut Kühnelt

## **Klima von Wien. Eine anwendungsorientierte Klimatographie.**

**I. Auer, R. Böhm, H. Mohnl**

Großformat, 270 s., 147 Abb. (davon 55 in Farbe), 302 Tabellen; Wien 1989, öS 1290 (für Schulen öS 645)

Wer hätte erwartet, daß Adalbert Stifter den Begriff "Stadtklima" geprägt hat? Er war es auch, der einen Kreis von Amateurklimaforschern um sich scharte, die mehrere Jahre lang ein meteorologisches Meßnetz in Wien betrieben. Die ältesten meteorologischen Aufzeichnungen in Wien gehen übrigens bis zum Jahr 1775 zurück.

In dem vorliegenden Band werden die Aufzeichnungen vor allem der Jahre zwischen 1950 und 1986, aber auch – wenn auch nicht durchgehend – der letzten 100 Jahre aufbereitet. Ursprüngliches Ziel war die Erstellung von Unterlagen für die Stadtplanung, doch sind die präsentierten Auswertungen für alle am Wettergeschehen Interessierten durch ihre Anschaulichkeit sehr nützlich. In 11 großen Kapiteln werden die wichtigsten Wettergrößen besprochen: Temperatur (Luft, Boden, Wasser), Luftfeuchte, Bewölkung – Nebel, Niederschlag, Neuschnee und Schneedecke, Verdunstung, Luftdruck, Wind, Sonnenstrahlung, sowie kombinierte Größen (z.B. Schlechtwettertage für das Baugewerbe) und die thermisch-hygrische Befindlichkeit des Menschen in Wien.

Kurzgesagt: Ein umfassendes Tafelwerk mit hervorragender graphischer Aufbereitung über das Klima der Großstadt Wien mit ihren kontrastierenden Bereichen Innenstadt, Wienerwald und Rand des Marchfelds – interdisziplinär verknüpft mit Zitatenaus A. Stifters Kommission.

Helmut Kühnelt

## **Einstein. Der Weltweise und sein Jahrhundert. Eine Biographie.**

**Armin Hermann**

636 S., mehrere Abb., Verlag Piper München-Zürich, 2. Aufl. 1995, ISBN 3-492-03477-2

Einstein als Mensch und nicht primär als der makellose Geistesheros ist das Thema dieses vom Publikum gerne aufgegriffenen und nun bereits in der 2. Auflage vorliegenden Bandes. Armin Hermann, Physiker und Inhaber eines Lehrstuhls für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik an der Universität Stuttgart, ist den Spuren des großen Physikers gefolgt und hat in Archiven und Bibliotheken manches gefunden, das neue Akzente dem üblichen Einsteinbild hinzufügt. Aber auch über andere Persönlichkeiten erfahren wir Persönliches, das oft einem Drang zur Heroisierung geopfert wird. Die Affäre von 1911 um die Liebesbriefe von Marie Curie, Nobelpreisträgerin von 1903, 44 Jahre alt und seit 5 Jahren Witwe, an den verheirateten Kollegen Paul Langevin wurde gerade am Schlußtag des 1. Solvay-Kongresses journalistisch losgetreten. Die Betroffenen waren wie Einstein Teilnehmer dieser Ver-

sammlung von Spitzenphysikern ihrer Zeit und diskutierten das Problem der Quanten. Einsteins Einschätzung mag retrospektive amüsieren: "Frau Curie hat eine sprühende Intelligenz, ist aber trotz ihrer Leidenschaftlichkeit nicht anziehend genug, um jemandem gefährlich zu werden."

Breiten Raum nehmen naturgemäß die Berliner Jahre mit ihren politischen Wirrnissen und dem offenen, militanten Antisemitismus ein, von denen man sich heute kaum eine Vorstellung machen kann. Die politische Tätigkeit Einsteins vor allem nach dem 2. Weltkrieg wird durch den heurigen Friedensnobelpreis teilweise geehrt: Einstein unterzeichnete am 11. April 1955 – 7 Tage vor seinem Tode – das von Bertrand Russell verfaßte Manifest gegen H-Bomben und das Wettrüsten, das zur Gründung der Pugwash-Bewegung führte.

Noch ein Hinweis: Wer wissen möchte, wie es mit Einsteins Schulerfolg tatsächlich stand, findet ihn auf S. 79 im Facsimile. Aber wie viele Märchen wird auch das vom Schulversager Einstein weiter geglaubt werden.

Jedenfalls ist Armin Hermanns Buch eine Fundgrube für alle, die wissenschaftliche Forschung als menschliche Tätigkeit auch im gesellschaftlichen und persönlichen Spannungsfeld besser verstehen wollen.

Helmut Kühnelt

