

# PLUS LUCIS

# 1/93

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

ENTWURF FÜR DAS OFFIZIELLE BEGUTACHTUNGSVERFAHREN

HÖHERE LEHRANSTALT FÜR TOURISMUS

I. Stundentafel  
 (Gesamtstundenzahl und Stundenausmaß der einzelnen  
 Unterrichtsgegenstände)

A. Pflichtgegenstände	Wochenstunden Jahrgang					Lehrver- pflicht.- gruppe
	I.	II.	III.	IV.	V.	
<b>KERNBEREICH</b>						
1. Religion	2	2	2	2	2	10 III
2. Deutsch	3	3	2	2	3	13 I
3. Englisch	3	3	3	3	3	15 I
4. Zweite lebende Fremdsprache	3	3	3	3	3	15 I
5. Geschichte und Kultur	-	-	2	2	2	6 III
6. Biologie und Ökologie	-	3	-	-	-	3 III
7. Mathematik und angewandte Mathematik	-	2	2	2	2	8 I
8. Tourismusgeographie	-	-	2	2	2	6 III
9. Tourismus- und Marketing	-	-	2	2	2	6 III
10. Verkehr und Reisebüro	-	-	2	2	2	6 III
11. Betriebswirtschaft, Volks- wirtschaft und gast- gewerbliche Betriebslehre	2	2	2	2	2	10 II
12. Rechnungswesen und Controlling 1)	3	3	3	2	3	14 I
13. Wirtschaftsinformatik	3	2	-	-	2	7 III
14. Textverarbeitung 1)	3	2	-	2	2	7 III
15. Politische Bildung und Recht	2	-	-	-	-	2 IV
16. Ernährung	3	3	3	3	-	12 III
17. Küchenführung	1	1	-	-	-	2 IV
18. Getränke	2	2	2	2	-	8 Va
19. Restaurant	3	2	2	2	-	9 IV
20. Betriebspraktikum	2	2	2	2	2	10 IVa
21. Leibesübungen und sportliche Animation	2	2	2	2	2	10
	33	33	34	35	32	165

Chemie und Physik an BHS  
 Krise des Physikunterrichts  
 Holografie  
 DERIVE im Physikunterricht  
 Nobelpreise 1992  
 Auer von Welsbach  
 Historische Geräte  
 Freihandexperimente  
 Bücherecke  
 Aktuelle Mitteilungen  
 Veranstaltungen

Programm der  
 47. Fortbildungswoche  
 22.-26. Februar 1992

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. Rentzsch und Helga Stadler.

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

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

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

Beiträge werden erbeten an:  
Dr. H. Kühnelt, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien  
HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg  
Dipl.-Ing. W. Kostjak, Danningerweg 6, 1210 Wien  
Mag. H. Stadler; Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien

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

## Inhalt

Vorwort.....	3
<b>Kontroverse</b>	
Chemie und Physik an den humanberuflichen mittleren und höheren Schulen .....	4
Mehr Technik für Geisteswissenschaftler .....	4
Krise des Physikunterrichts .....	5
Theorie - Experiment .....	9
<b>Aus der Praxis</b>	
Herstellung von Transmissionshologrammen im Unterricht .....	10
Ein Modell des realen Gases mit Hilfe von DERIVE.....	13
<b>Aktuelles aus der Forschung</b>	
Physik-Nobelpreis 1992: Georges Charpak.....	18
Chemie-Nobelpreis 1992: Rudolph A. Marcus.....	20
<b>Historisches</b>	
Wissenschaftler auf Briefmarken .....	21
Der lauchgrüne Zwilling - Dr. Carl Auer v. Welsbach .....	21
100. Geburtstag von Frau Univ.-Prof. F. Seidl.....	23
Historische naturwissenschaftliche Geräte.....	24
<b>Freihandexperimente</b>	
Schon probiert? Schnapsglaskaskade.....	25
Versuch zur Brownschen Bewegung.....	25
Didaktik des Freihandversuches .....	26
<b>Bücherecke</b>	
"Chemie in faszinierenden Experimenten", G. Wagner .....	27
"Strahlen und Strahlenschutz", H. Kiefer, W. Koelzer .....	27
"Messen mit dem Computer", W. Asselborn et al.....	28
<b>Aktuelles</b>	
Bundesweite Arbeitstagung der LAG-Leiter Physik/Chemie an HS.....	29
Aufgaben des Kustos für Physik und Chemie (HS).....	29
Resolution der LAG-Leiter zum Chemikalien- und Sicherheitserlaß.....	30
LAG-Leiter-Forderung zum Computereinsatz in Physik/Chemie (HS).....	30
Resolution der AG-Leiter Physik zur Lehramtsausbildung .....	31
Ausschreibung des Sexl-Preises der ÖPG für besondere Leistungen in Unterricht und Lehre der Physik .....	32
Internationale Physikolympiade 1992 .....	32
ÖPG-Initiative: Frauen in der Physik .....	34
<b>Veranstaltungen</b>	
Programm der 47. Fortbildungswoche .....	16
Workshop Computer im Physikunterricht in Linz .....	33
Sommer-Workshop Physik .....	33
Experimentierpraktikum an Universität Salzburg .....	33
<b>Vereinsinterna</b>	
Vorstellung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft und des Fachausschuß Lehrer an höheren Schulen und Lehrerfortbildung.....	31
Vorstellung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts.....	35
Nachruf auf Frau Prof. Mag. Dr. Agnes Ruis .....	34

## Vorwort

Schon wieder eine neue Zeitschrift! Nicht genug der Papierflut? Ich höre schon Ihren begreiflichen Stoßseufzer.

Vor Ihnen liegt nun die erste Nummer - oder ist es die Probenummer? - des wiederbelebten Mitteilungsblattes des Fördervereins. Wer soll das finanzieren? Lohnt sich der Aufwand? Wie lange wird das Material reichen? Wann entschläft das Blatt wieder? Aber nein, reine Vereinsnachrichten brauchen wir nicht!

PLUS LUCIS soll von den Mitgliedern für die Mitglieder gemacht werden. Welche Mitglieder?

PLUS LUCIS wird gemeinsam vom Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und vom Fachausschuß für Lehrer an höheren Schulen der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft herausgegeben. PLUS LUCIS - bekanntlich der Wahlspruch von Auer v. Welsbach, dem in dieser Ausgabe ein Artikel gewidmet ist - soll neben den notwendigen organisatorischen Mitteilungen einmal pro Quartal Informationen zum physikalischen und chemischen Unterricht für die verschiedenen Schularten der Mittel- und Oberstufe bringen.

An Ihnen und Ihrer Mitarbeit wird es liegen, wenn es gelingt, ein Blatt regelmäßig herauszubringen, das nützlich ist. Vom Leserbrief über Vorschläge zu Experimenten bis zur Darstellung geglückter und gescheiterter Projekte ist Ihr Beitrag willkommen. Im Blattinneren finden Sie nochmals eine - unvollständige - Aufstellung möglicher Themen. Werben Sie auch Inserenten!

Dieses Heft erscheint in einer Auflage von 2700 Stück. Es enthält zur Erinnerung das Programm der 47. Fortbildungswoche vom 22.-26. Februar 1993. Neben den Mitgliedern geht es an sämtliche höhere Schulen (AHS, BHS) und Hauptschulen, die weiteren Nummern dieses Jahres werden nur an die Mitglieder versandt werden.

### *Ende des Physik- und Chemieunterrichts an BHS?*

Auf der Titelseite haben Sie den Entwurf der neuen Stundentafel der Höheren Lehranstalt für Tourismus gesehen, einer Schulform, die laut Lehrplan nicht nur der Berufsausbildung dient, sondern auch die uneingeschränkte Hochschulreife verspricht. Fehlen auch Ihnen Physik und Chemie in dieser Stundentafel?

War schon bisher die physikalisch-chemische Ausbildung mit 2 Wochenstunden Physik, 2 Wochenstunden Chemie und 3 Wochenstunden Technologie des Gastgewerbes eher schmal, so sollen diese 7 Wochenstunden ersatzlos gestrichen werden!

Ähnliche Reduktionen sind auch in anderen Bereichen des berufsbildenden höheren Schulwesens (Handels-

akademie, Maschinenbau, HBLA für wirtschaftliche Berufe) teils bereits verwirklicht, teils für den Herbst 1993 vorgesehen. Welche Berater hat sich da das BMUK gesucht? Aus vielen Gründen ist mir diese Stundenreduktion unständig. Welches Berufsbild und welche Gestaltung des Lebens der Maturanten jener Schulen schwebte den Verantwortlichen im BMUK vor Augen?

Für die meisten Maturanten ist die Oberstufe die letzte Gelegenheit einer umfassenden naturwissenschaftlichen Bildung. Unsere Umwelt wird - ob wir es begrüßen oder nicht - immer stärker technisiert. Es ist dies wohl der unvermeidliche und einzige Ausweg, mit dem eine weiter wachsende Weltbevölkerung einigermaßen erhalten werden kann. Ökologische Problemlösungen erfordern hohes naturwissenschaftlich-technisches Wissen. Die Konkurrenzfähigkeit der Bürger unseres Landes am Weltmarkt wird von ihrer technischen Kompetenz bestimmt. Die vielbeschworene Europareife unseres Landes kann nicht durch die Abschaffung des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts erreicht werden! Auch Hotelfachleute und Kaufleute haben Entscheidungen zu treffen, die mit Problemen der Technik verbunden sind. Mündige Bürger wollen und sollen über Großprojekte mitbestimmen - wo haben sie die dafür notwendigen Grundlagen erworben?

Was ist aber das Schicksal jener nicht unbeträchtlichen Schar von Maturanten aus dem BHS-Bereich, die ein Studium im medizinisch-technisch-naturwissenschaftlichen Bereich absolvieren wollen. Ihnen fehlt ein Grundstock an Wissen und Fertigkeiten, zu dessen nachträglichem Erwerb die Zeit nicht reicht - der Studienabbruch ist vorprogrammiert! Der uneingeschränkte Hochschulzugang kann für sie nicht mehr aufrecht erhalten werden, Vorbereitungslehrgänge und Studieneingangsprüfungen werden unvermeidlich.

*Hat der naturwissenschaftliche Unterricht versagt?  
Wird er daher abgeschafft?*

Sicherlich steckt der Physikunterricht in einer Krise (s. den Artikel von D. Nachtigall). Naturwissenschaft und Technik sind für Jugendliche weiterhin interessante Themen - der Erfolg der Zeitschrift *P.M.* bezeugt dies -, doch selten in der Schule. Sollen wir daher Physik und Chemie aus der Schule verbannen? Wohl nein! Wir sind alle aufgerufen, an der Überwindung der Krise mitzuarbeiten - diese Zeitschrift soll mit Ihrer Hilfe einen Beitrag dazu leisten.

Allen, die zum Gelingen dieser Ausgabe beigetragen haben, möchte ich herzlich danken. Sie, liebe Leser, möchte ich einladen, uns Ihre Meinung zu sagen, aber auch eigene Beiträge einzusenden.

Ihr Helmut Kühnelt

# Chemie und Physik an den humanberuflichen mittleren und höheren Schulen

## Resolution der Lehrplangruppe

*Die Lehrplangruppe Physik und Chemie an Lehranstalten für wirtschaftliche Berufe hat anlässlich ihrer Sitzung vom 6.-8. Oktober 1992 eine Resolution an BM Dr. Scholten gerichtet, die allgemeine Beachtung verdient.*

Sehr geehrter Herr Bundesminister!

Angesichts der weltweit progressiven Entwicklung der Naturwissenschaften zur Sicherstellung künftigen humanen und technologischen Fortschrittes, ist es dringend notwendig, "alpenländisches Inseldenkmal" abzuliegen und der Tendenz durch eine entsprechende Qualität in der Ausbildung Rechnung zu tragen. Die Aufgabe einer modernen Bildungspolitik ist es, Schüler zu mündigen Staatsbürgern heranzubilden, die aufgrund einer fundierten Allgemeinbildung ihre Meinung äußern und mit ihren Entscheidungen am politischen und wirtschaftlichen Alltagsgeschehen teilhaben können. Wie jedoch sollen junge Menschen ohne grundlegende Kenntnisse über naturwissenschaftliche Vorgänge, beziehungsweise Entwicklungen und deren Auswirkungen zu einem verantwortungsbewußten und kritischen Umwelt- und Konsumverhalten erzogen werden?

Zunehmende Bedeutung des Umweltschutzes, der Gentechnik und Biotechnologie sowie Fragen der zukünftigen Energieversorgung und der steigenden Strahlenbelastung erfordern entsprechendes naturwissenschaftliches Grundwissen, das mit einer verringerten Anzahl von Stunden nicht mehr in ausreichendem Maße vermittelt werden kann.

Auch der "Rat und die Minister des Bildungswesens" bekräftigten in einer Sitzung im Juni dieses Jahres in Luxemburg die Notwendigkeit einer umfassenden Umweltbildung. Sie wiesen darauf hin, daß der Umweltschutz heute mehr als je zuvor Anliegen aller Bürger Europas darstelle und der Bildung eine sehr wichtige Rolle bei der Sensibilisierung der Jugend in Umweltfragen zukomme.

Sie selbst, Herr Minister, betonen immer wieder die Bedeutung der Allgemeinbildung als notwendige Basis für spätere Mobilität und Flexibilität der Absolventen unserer Bildungseinrichtungen.

Wir protestieren daher vehement gegen die drastische, geradezu unverantwortliche Beschneidung der Allgemeinbildung, speziell im Bereich der Naturwissenschaften (Streichung von 6! Wochenstunden), durch die geplante "Modernisierung" der humanberuflichen mittleren und höheren Schulen und fordern:

- Beibehaltung der Fächer CHEMIE und PHYSIK als eigenständige Unterrichtsgegenstände mit mindestens 5 (Chemie), bzw. 4 (Physik) Wochenstunden in den höheren Lehranstalten für wirtschaftliche Berufe.
- Wiederaufnahme des Unterrichtsgegenstandes PHYSIK mit 2 Wochenstunden in den Fächerkanon der Fachschule für wirtschaftliche Berufe.

Für die Lehrplangruppe Chemie und Physik mit freundlichen Grüßen

Prof. Mag. Waltraud Schigan, HBLA für wirtschaftliche Berufe, 8530 Deutschlandsberg  
Prof. Mag. Andrea Schidl, HBLA für wirtschaftliche Berufe, 3100 St. Pölten

---

## Mehr Technik für Geisteswissenschaftler

Der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) fordert die Ergänzung geisteswissenschaftlicher Studiengänge durch naturwissenschaftliche und technische Themen:

"Wer die ökonomischen und sozialen Bedingungen schaffen will, unter denen sich technischer Fortschritt zum Wohl der Menschen entwickeln kann, muß Technik beurteilen können. Das Verständnis für technische Kausalitäten ist für Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft ebenso wichtig wie für Multiplikatoren in der öffentlichen Meinungsbildung.

Gegenwärtig enthalten fast alle sozial- und geisteswissenschaftlichen Studiengänge an deutschen Universitäten keine natur- oder ingenieurwissenschaftliche Komponente. Dies führt häufig dazu, daß Technikkritik oder Forderungskataloge an die Technik von nichttechnischer Seite durch Unkenntnis oder Vorurteile belastet werden. Technikkritik ist wichtig, sie muß aber auf Kenntnissen über naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge aufbauen, um so zu einer fundierten Technikbewertung zu gelangen.

Gerade der Verband Deutscher Elektrotechniker sieht sich durch seine fachlichen Schwerpunkte in der Informations- und Energietechnik herausgefordert, mit Nachdruck auf die Verflechtung technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklungen hinzuweisen."

(Quelle: Phys. Bl. 48 (1992) 985)

*(Dem VDE kann ja wohl nicht Praxisferne vorgeworfen werden. An Österreichs BHMS wird hingegen der Physik- und Chemieunterricht schrittweise verkürzt und zur Farce gemacht, deren Mißerfolg den Grund zur völligen Abschaffung von PHYSIK und CHEMIE liefern wird. H.K.)*

# Krise des Physikunterrichts

## Fünf Thesen zu einem aktuellen Thema

D. K. Nachtigall, Lehrstuhl für Didaktik der Physik,  
Universität Dortmund

### Eine Grundposition

Physik hat, so scheint es, Konjunktur. Niemals zu einem früheren Zeitpunkt hat es mehr Physiker auf der Welt gegeben als heute. Die Anzahl der jährlichen Publikationen steigt ständig. Was als physikalisches Wissen angesehen wird, verdoppelt sich innerhalb von 10 Jahren, wächst also exponentiell. Die Technologie als Nutznießer physikalischer Forschung boomt und der Golfkrieg, der insbesondere die Rolle der Waffentechnologie wieder ins Bewußtsein der Menschen gebracht hat, wird zur Folge haben, daß überwunden geglaubte 'Trends' zu Forschungsprioritäten, wie z.B. SDI, wieder neue Schubkraft erhalten werden. Ob das die richtige forschungspolitische Strategie zur Lösung des anstehenden Nord-Süd-Konfliktes ist, kann mit guten Gründen bezweifelt werden. Aber diejenigen, denen Verantwortung für die Erziehung, die Bildung und die Ausbildung junger Menschen übertragen wurde, d.h. die Bildungspolitiker, die Schuladministratoren, die Lehrerausbilder an den Universitäten und Hochschulen und die Lehrer aller Schulstufen (sie alle seien hier unter dem Begriff Edukatoren zusammengefaßt) müssen sich Gedanken machen über Ziele, Inhalte und Methoden schulischen Physikunterrichts vor dem Hintergrund der Hoffnung, daß auch in der Politik Verstand und Verantwortungsethik zu Vernunftlösungen führen werden, die einen friedlichen und gerechten Ausgleich des Nord-Süd-Gefälles ermöglichen.

Dazu wird es hilfreich sein, wenn Edukatoren erkennen und als Thema in die schulische Unterrichtspraxis einbringen helfen, daß der gegenwärtige Waffenfetischismus selbstvernichtungsträchtig ist, daß er für den überwältigenden Teil der Menschheit wohlstandshindernd und armutsfördernd ist, daß er ökologische Katastrophen geradezu provoziert und daß er als schamanenartig ausgeführte nationale Staatsdoktrin im Osten wie im Westen, im Norden wie im Süden endlich zu Grabe getragen werden muß. In einer Zeit, in der einem arabischen Diktator zugetraut werden muß, B- und C-Waffen zum Durchsetzen seiner Machtansprüche einzusetzen und gegen diejenigen zu richten, die ihn mit dem Know-how dazu erst ausgestattet haben, und in der als Antwort auf diese Bedrohung der Einsatz von A-Waffen diskutiert wird, als ob Hiroshima, Nagasaki und Tschernobyl noch nicht abschreckend genug

wären, kann kein Edukator ignorieren, daß diese Fragen Überlebensfragen der Menschheit sind und daß sie, wenn Schule auf das Leben vorbereiten soll, Thema des Unterrichts und des Physikunterrichts werden müssen. Nie nach 1945 war m. E. eine Sentenz aus Bert Brecht's 'Leben des Galilei' aktuellerer Unterrichtsinhalt als heute. Galilei sagt zum Schluß des Stückes:

"Ich halte dafür, daß das einzige Ziel der Wissenschaft darin besteht, die Mühseligkeit der menschlichen Existenz zu erleichtern. Wenn Wissenschaftler, eingeschüchert durch Machthaber, sich damit begnügen, Wissen um des Wissens willen anzuhäufen, kann die Wissenschaft zum Krüppel gemacht werden, und eure neuen Maschinen mögen nur neue Drangsale bedeuten. Ihr mögt mit der Zeit alles entdecken, was es zu entdecken gibt, und euer Fortschritt wird doch nur ein Fortschritt von der Menschheit weg sein. Die Kluft zwischen euch und ihr kann eines Tages so groß werden, daß euer Jubelschrei über irgendeine neue Errungenschaft von einem universalen Entsetzensschrei beantwortet werden könnte."

Kann man sich vor diesem Hintergrund freuen, daß die Physik 'Konjunktur' hat? Max Born sollte nicht nur Physikern als Vorbild sein, sondern auch Edukatoren ein Wegweiser zur Erziehung zu mehr Menschlichkeit.

"Es hängt von uns ab, von jedem einzelnen Staatsbürger in allen Ländern der Erde, daß dem herrschenden Unsinn ein Ende gemacht wird. Heute sind es nicht mehr die Cholera oder Pestbazillen, die uns bedrohen, sondern das traditionelle zynische Denken der Politiker, die Stumpfheit der Massen und das Ausweichen der Physiker und anderer Wissenschaftler vor der Verantwortung. Das was sie, wie ich zu zeigen versucht habe, angerichtet haben, läßt sich nicht rückgängig machen: Wissen läßt sich nicht auslöschen, und die Technik hat ihre eigenen Gesetze. Aber das Ansehen, das ihr Wissen und Können ihnen gibt, können sie und sollten sie anwenden, um den Politikern den Rückweg zu Vernunft und Menschlichkeit zu weisen..." [1]

Aktuell erweist sich, daß die zunehmende Armut in Drittweltländern auch Choleraepidemien wieder mit sich bringt.

*Erste These: Naturwissenschaft und Technologie dürfen nicht von der Menschheit wegführen, sondern sollen zum Wohle und mit dem Ziel der gerechten Anteilnahme aller Menschen an ihren möglichen Segnungen betrieben werden. Das ist eine Erziehungsaufgabe, an der der Physikunterricht maßgebenden Anteil hat.*

### Die Misere der 'Stofffülle'

Das physikalische Wissen verdoppelt sich innerhalb von zehn Jahren, die Anzahl der Physikstunden in den Schulen bleibt dieselbe. Sie wird womöglich, weil andere Schulfächer hinzukommen oder verstärkt werden (z.B. Rechtslehre, Gesundheitslehre, Informatik), reduziert werden.

Bis heute enthalten die meisten Schul-Physikbücher zu mehr als 80% Physik des 19. Jahrhunderts. Die so-

nannte Moderne Physik erscheint als gestückeltes Anhängsel, meistens ohne Verknüpfung mit dem traditionellen Stoff, der, in gleichförmiger Orthodoxie angeordnet, als Schwall von Fakten, Definitionen und Formeln sich über die Lernenden ergießt. Dabei wird die Lücke zwischen gelehrtem Physikstoff in der Schule und dem Stand dieser Wissenschaft immer größer, der Zeitdruck immer stärker, die Tendenz des 'Stoffdurchziehens' immer deutlicher und das Interesse der meisten Schüler immer geringer. Die Folge ist, daß Physikunterricht, um überhaupt 'Erfolge' zu zeitigen, entartet zu rein verbaler Indoktrination. Zum Zwecke des Bestehens von Prüfungen und des Erlangens von akzeptablen Zensuren erhält Memorieren Priorität vor Verstehen und Einsicht und die Schüler werden zu passiven Informationsempfängern degradiert. Curricula des physikalischen Vokabulars, nicht die Konzepte, bestimmen die Praxis.

Jeder Abiturient, der heute als Haupt- oder Nebenfächler ein Physikstudium beginnt, kann das 3. Newtonsche Gesetz der klassischen Mechanik aufsagen. Nur ganz wenige können es im Alltag richtig anwenden. Viele 'gute' Leistungskursabsolventen der Schule können eine Version der Heisenbergschen Unschärferelation hinschreiben. Kaum einer kann artikulieren, daß und wieso zu ihrer Interpretation eine drastische Änderung der eigenen Denkstruktur nötig ist.

Was kann aus dieser Misere führen? Klassische Physik drastisch kürzen und sich auf moderne Physik konzentrieren? Physik ist eine additive, man kann sagen intensive Disziplin. Um Thermodynamik, statistische Mechanik und Quantenmechanik zu verstehen, muß klassische Mechanik internalisiert sein. Alle diese Gebiete befruchten und bereichern sich in rückwirkender oder vorwirkender Erhellung. In dieser Tatsache liegt auch der Ausweg. Nicht die Menge der Fakten, nicht das Volumen der Informationen macht das bildende Element beim Physiklernen aus. Physik darf nicht als Füllhorn voll mit Einzelfakten erscheinen. Auch A. Einstein ist davon abgeschreckt worden [2]. Als junger Student in Zürich machte er diese Erfahrung:

"Freilich war auch die Physik in Spezialgebiete geteilt, deren jedes ein kurzes Arbeitsleben verschlingen konnte, ohne daß der Hunger nach tieferer Erkenntnis befriedigt wurde. Die Masse des erfahrungsgemäß Gegebenen und ungenügend Verbundenen war auch hier überwältigend. Aber bald lernte ich es hier, dasjenige herauszuspüren, was in die Tiefe führen konnte, von allem Anderen aber abzusehen, von dem Vielen, das den Geist ausfüllt und von dem Wesentlichen ablenkt. Der Haken dabei war freilich, daß man für die Examina all diesen Wust in sich hineinstopfen mußte, ob man wollte oder nicht. Dieser Zwang wirkte so abschreckend, daß mir nach überstandenen Endexamen jedes Nachdenken über wissenschaftliche Probleme für ein ganzes Jahr verleidet war."

Fakten, Formeln und Fossilien gibt es in Hülle und Fülle, ja viel zu viele in unseren Physikbüchern. Was

fehlt sind Schneisen der Orientierung, Vernetzung der Konzepte, Verknüpfungen mit der Lebenswelt, Herausforderungen zum Selberdenken, Ermutigungen zur Konstruktion mentaler Bilder, Modellen der Realität, Metaphern als eigene, innere Schöpfung, Anregung zu Interpretation und Reinterpretation im Lichte erhellender Diskussionen. Kein Mensch kommt auf die Idee, ein Pferd dadurch zu tränken, daß er es an die Mündung eines Hochdruckfeuerwehrschauches führt. Aber viele Lehrplan- und Curriculumkonstrukteure, Lehrbuchschreiber und Lehrer sehen nicht, daß eine analoge Methode für's Physiklernen nur schädlich ist.

*Zweite These: Physikalischer Schulunterricht muß von der Faktenhuberei befreit werden. Weniger Einzelfakten, aber mehr Fragen, weniger Wert auf kurzzeitig abrufbar Memoriertes, aber mehr Wert auf Erkennen von Zusammenhängen, weniger idealisierte Standardbeispiele, aber mehr Probleme aus der Lebenswelt, weniger faktenmäßige, mehr intellektuelle Inhalte.*

### Die Schülermotivation

Weltweit hat sich unter Schülern die Meinung gebildet, daß Physik eine schwere, langweilige, lebensfremde, rigide, unverständliche, eine auf alle Fragen zwar eine Antwort wissende, aber für das Leben des normalen Schülers bedeutungslose Disziplin sei. Physik erscheint wie ein graues Mosaik aus Bausteinen verschiedenster Größe und Formen, aber ein zusammenhängendes Bild läßt sich nicht erkennen.

Die Ursache ist weitgehend in dem vorhergehenden Abschnitt enthalten. Wahr ist sicherlich, daß keinem Schüler gegen seinen Willen Physik gelehrt werden kann. Ein altes chinesisches Sprichwort sagt, daß man ein Pferd zwar zur Tränke führen könne, aber man könne es nicht zwingen zu trinken. Viele Lehrer versuchen es mit Zwang, d.h. mit der sogenannten Zensurenkeule. Die Zensur 'ungenügend' ist ein viel angewendetes Machtmittel des Lehrers, mit dem er das gescheiterte Interaktionsexperiment 'Lehrer und Schüler sollen Physik treiben' beendet. Lehren und Lernen ist ein zu initiiertender Wechselwirkungsvorgang. Wenn er scheitert, hat, ungerechterweise, der Schüler allein die Folgen zu tragen. Aber Lehren bedeutet Schüren von Interesse, Erwecken von Enthusiasmus, Aufwühlen von Neugierde, in Erregung bringen von Imagination, Ermutigung zum Zweifeln, Sensibilisierung von Verständnis für die Natur, Wegweisen zum Zusammenfügen von Einzelaspekten. Entwicklungshilfe leisten bei der intellektuellen und ethischen Entwicklung der Schüler, Schaffen eines angstfreien Klimas zur freien Entfaltung von Denken, Fühlen und Phantasieren, Vorbereiten einer materiellen Umgebung, in der Erfahrungen gesammelt, ohne drohende Sanktionen Fehler gemacht, Regelmäßigkeiten gefunden, Strukturen entdeckt, Staunen erlebt und Selbstvertrauen gewonnen

werden können... Lehren ist also von 'nur Schulstoff vortragen' so weit entfernt wie ein Freibad von einer 'Schüssel mit Wasser'.

Lernen bedeutet selbständig aktiv handeln, fragen, antworten, kommunizieren mit Mitschülern und Lehrern, Hypothesen wagen, neue Ideen aufnehmen, eigenes Wissen durch neue Erfahrungen erweitern und vernetzen, Schlußfolgerungen ziehen, andere Wege suchen als im Lehrbuch stehen, bereit werden, eigene Denkstrukturen in Frage zu stellen und zu ändern, sich die Neugierde bewahren, mit bloßem Konsumieren sich nicht zufrieden geben, im Physikalischen Schönheit und Ästhetik suchen, sich Zeit nehmen und Muße haben zum Denken, Nachdenken und Vordenken, seine eigenen Vorstellungen auf den Prüfstand des Diskurses stellen, damit scheitern können ohne an Selbstwertgefühl einzubüßen, das Recht zum Nachfragen und Zweifeln wahrnehmen, eine mystische Formel als Antwort auf eine Frage nicht anzuerkennen...

Lernen ist also vom 'Faktenabspeichern und Memorierekönnen' so weit entfernt, wie eine Geschichte erzählen vom 'Aufsagen des Alphabetes'. Eine Art 'Schüssel mit Wasser' als Symbol für eine armselige Lehrmethode und so etwas wie ABC-Aufsagen zur Veranschaulichung von pervertiertem Lernen finden wir bei R.P. Feynman [3] beschrieben. Er hat diese Szene in Brasilien beobachtet. Aber Brasilien ist wohl überall!

"Später wohnte ich einer Vorlesung an der Technischen Hochschule bei. Die Vorlesung lief, ... etwa so ab: 'Zwei Körper . . . gelten als äquivalent . . . , wenn gleiche Drehmomente ... gleiche Beschleunigung hervorrufen. Zwei Körper gelten als äquivalent, wenn gleiche Drehmomente gleiche Beschleunigung hervorrufen.' Die Studenten saßen alle da und nahmen ein Diktat auf, und wenn der Professor den Satz wiederholte, kontrollierten sie, ob sie auch alles richtig mitgeschrieben hatten. Dann schrieben sie den nächsten Satz hin und so weiter. Ich war der einzige, der wußte, daß der Professor über Objekte mit gleichen Trägheitsmomenten sprach, und es fiel schwer, das zu verstehen. Ich sah nicht, wie sie daraus etwas lernen konnten. Er stand da und redete über Trägheitsmomente, aber es wurde nicht besprochen, daß eine Tür, wenn man außen schwere Gewichte anhängt, schwerer zu öffnen ist, als wenn man die Gewichte in der Nähe der Angeln befestigt nichts! Nach der Vorlesung sprach ich mit einem der Studenten: 'Sie machen sich all diese Notizen. Was tun Sie damit?' 'Oh wir lernen damit', sagte er. 'Wir müssen ein Examen ablegen.' 'Was wird dabei geprüft?' 'Ganz einfach. Ich kann Ihnen jetzt schon sagen, wie eine der Fragen lauten wird.' Er schaute in sein Notizbuch und sagte: 'Wann sind zwei Körper äquivalent?' Und die Antwort ist: 'Zwei Körper gelten als äquivalent, wenn gleiche Drehmomente gleiche Beschleunigung hervorrufen.' Es war also möglich, die Prüfungen zu bestehen und dieses ganze Zeug zu 'lernen', ohne das geringste zu wissen, abgesehen von dem, was auswendig gelernt worden war."

*Dritte These: Jemandem Schulstoff vortragen ist nicht lehren; etwas im Gedächtnis abspeichern ist nicht lernen; Abgespeichertes Memorieren können ist kein Nachweis für Ver-*

*ständnis; Lehren erfordert, sich mit Lehrstoff und Lernenden gleichsam solidarisch einzulassen. Aber Lernen ist eine Aktivität, die von, nicht an einem Individuum verrichtet wird.*

Dies ist eine Art 'Kleiner Katechismus' der Physikdidaktik. Würde er allseits beherzigt, hätten wir die Krise nicht.

#### Lehrer von Lehren

Lehrer neigen dazu, so zu lehren, wie sie selbst in ihrer Ausbildung Lehre erfahren haben. Die Physiklehrer zumindest diejenigen für Gymnasien die mit zukünftigen Physikern zusammen studieren, aber in der Minderheit sind, später nicht 'Diplomanden' werden und deshalb weniger Interesse der Lehrenden erwecken, werden wie zukünftige Wissenschaftler ausgebildet, was sie nicht werden, und es wird ihnen das vorenthalten, was sie als Essential für ihren zukünftigen Beruf brauchen: die Entwicklung und Anerkennung von didaktischen Fähigkeiten als neben der Fachkompetenz gleichwertige und gleichgewichtige Berufskomponente. Zu viele Physikprofessoren vergessen oder beherzigen nicht, was V. Weisskopf beim Empfang des Didaktikpreises der Deutschen Physikalischen Gesellschaft ausgeführt hat [4]:

"... denn das Lehren und Darstellen der Physik ist eigentlich schwerer als das Forschen.

... leider ist es sehr schwer, die Fähigkeit, gut zu lehren, zu unterrichten.

... wird die Fähigkeit, gut zu unterrichten, nicht genügend anerkannt. Bei Promotionen, bei Berufungen ist immer die Originalforschung das Wichtigste. Wie verschieden ist das z.B. in der Musik, wo der reproduzierende Künstler, der Pianist, der Violonist, der Dirigent viel mehr Ehre, Publizität und Geld bekommt als der Komponist. Wir müssen in der Wissenschaft einen Mittelweg finden. Wir müssen bei Promotionen, Habilitationen und Berufungen doch irgendwie auch didaktische Kriterien heranziehen..."

Die Frage ist, ob die Jahrhunderte alte Methode der Vorlesung (oft noch wörtlich genommen) für die Vermittlung von Physik für Physiklehrer noch angemessen ist. Gewiß nicht, denn was im vorigen Abschnitt über Lehren und Lernen in der Schule gesagt wird, trifft in vieler Hinsicht auch auf die Universität zu. Ein Lehrer, der in der Schulklasse seinen vorlesungshaltenden Professor von der Universität imitiert, weil er damit 'wissenschaftlichen' Anspruch an sich selbst und seine Schüler zu stellen meint, ist ein Unglück für die Schüler und wird selber wohl, da er kaum Unterrichtserfolg haben wird, ein Sozialfall werden.

Modernisierte Physikerausbildung, wie bei uns in Dortmund mit dem sogenannten 'Integrierten Kurs', bei dem die klassische viersemestrige Experimentalphysikvorlesung und die sonst darauffolgende Theoretische Physik als einheitliche Physik im engen Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment von sich gegenseitig abstimmenden

Kollegen derart gehalten wird, daß stets beide Blickwinkel zur Geltung kommen, hat ja den tieferen Sinn, daß die für die fortgeschrittene Ausbildung notwendige Integration von Experiment und Theorie nicht den Studenten als den Unerfahrensten aufgebürdet wird, sondern von den Professoren zu leisten versucht wird.

Wenn dies schon bei der Physikerausbildung als nützlich erkannt wird, in wie stärkerem Maße ist solche Integration von Teilgebieten der Berufswissenschaft der Physiklehrer nötig. Deren Berufswissenschaft ist ja nicht die Physik. Es ist die Didaktik der Physik, d.h. die Disziplin, die Physik, Psychologie, Pädagogik, Soziologie und Philosophie zu integrieren hat.

Ein angehender Lehrer lernt im allgemeinen die Komponenten, die zur Lehrerkompetenz führen sollen, isoliert, fachlich getrennt, ohne Verbindung und Verknüpfung. Kaum ein Physikprofessor weiß oder interessiert sich dafür, was seine Lehrerstudenten in Psychologie oder Pädagogik zu lernen haben. Es sind dies ja auch häufig als zweitklassig angesehene 'Buchwissenschaften'. Und Psychologen und Pädagogen sind als Opfer der Trennung in zwei Kulturen manchmal gern und ohne Bedauern bereit zuzugeben, daß sie Physik in der Schule nie verstanden haben. Aber ein Physiklehrer, so fragmentiert ausgebildet, ist ja, wenn er in die Klasse geht, nicht für 10 Minuten Physiker, für 5 Minuten Soziologe, für 7 Minuten Philosoph und für den Rest der Schulstunde einfach nur Mensch. Er soll die ganze Zeit über Mensch und Physiklehrer sein und vom ersten Augenblick an all seine Teilkompetenzen situationsadäquat so integrieren, daß erfolgreicher Unterricht daraus wird. Was die Professoren während der Ausbildung nicht schaffen, ja gar nicht versuchen, muß der Lehrer von der ersten Unterrichtsminute an leisten. Und sehr viele scheitern dabei.

Im Grunde ist die wissenschaftliche Ausbildung der Lehrer an Universitäten unwissenschaftlich. Richard Feynman hat das sehr deutlich gesehen und gesagt. Im Vorwort im Band I seines berühmten Lehrbuches steht:

"Ich glaube jedoch, daß die einzige Lösung für dieses Bildungsproblem die Erkenntnis ist, daß der beste Lehrerefolg erzielt wird, wenn eine direkte, persönliche Beziehung zwischen dem Studenten und einem guten Lehrer besteht ein Zustand, bei dem der Student die Ideen diskutiert, über die Dinge nachdenkt, und darüber spricht. Es ist unmöglich, sehr viel zu lernen, wenn man nur in einer Vorlesung sitzt ..." [5]

Jeder Physikprofessor, der Physiklehrer ausbildet, sollte sich bei seiner Vorlesung mit einer Videokamera aufnehmen lassen, sich dann das Band ansehen, beurteilen und sich fragen: Würde es mir gefallen, wenn meine eigenen Kinder in der Schule Physikunterricht von einem Lehrer bekämen, der so unterrichtet wie ich?

*Vierte These: Es gibt noch viel Raum für die Verbesserung der Physiklehrerausbildung an den Universitäten. Betracht*

*ten wir Lehren nicht als Belastung, sondern, wie das Forschen, als begeisternde Herausforderung. Dann kann das Lernen der zukünftigen Lehrer zu einem aufregenden Abenteuer werden, dem man nicht entgehen möchte.*

### Größte Defizite der Physiklehrer

Die Unwissenschaftlichkeit bei der Ausbildung von Physiklehrern hat zu erheblichen Defiziten geführt. Das gravierendste scheint mir zu sein, daß bisher nur sehr wenige Physiklehrer problembewußt geworden sind bezüglich der Mißkonzepte, die ihre Schüler und sie selbst insbesondere dann zeigen, wenn nach intuitiven Urteilen über physikalische Phänomene gefragt wird, die nicht zum Standard-Übungsstoff des Unterrichts gehören.

So glaubten bei einem Test mit über 600 Abiturienten die meisten, daß ein von links oben nach rechts unten auf einer Parabelbahn fliegender Ball außer der Gravitationskraft noch einer nach rechts wirkenden 'Seitwärtskraft' 'Schwungkraft', 'Triebkraft', 'Zweitkraft', 'Geschwindigkeitskraft', 'von der Geschwindigkeit erzeugter Impulsvektorkraft', 'der tangentialen mitgeführten Wurfkraft', etc. ausgesetzt sei [6].

Solche Fehlurteile, beruhend auf dem Mißkonzept, daß Kraft und Geschwindigkeit proportional seien, treten dann auf, wenn sogenannte Präkonzepte, d.h. common-sense-Vorstellungen über das Verhalten der Natur, die vor jedem Physikunterricht gebildet werden, und die jeder Schüler in individueller Ausprägung mitbringt, beim Einsetzen des Physikunterrichtes weder bewußt gemacht noch mit den physikalischen Konzepten konfrontiert werden. In diesem Falle besagt das Präkonzept, daß für jede Bewegung eine Kraft benötigt wird. Keine Kraft, keine Bewegung. Wenn Bewegung, dann wirkt auch Kraft in Bewegungsrichtung. Als das diesem Präkonzept widersprechende physikalische Konzept, nämlich Newtons Trägheitsgesetz, im Unterricht eingeführt wurde, haben die Lehrer beide Konzepte sicherlich nicht gegenübergestellt, haben nicht den Widerspruch aufgedeckt, nicht den mentalen Konflikt, der bei Bewußtwerden des Widerspruchs auftritt, herausgestellt, so daß die Schüler beim 'Lernen' des Trägheitsgesetzes als Merksatz gar nicht wahrnahmen, daß dessen Inhalt völlig gegen die eigene Intuition gerichtet war. Und diese ist sehr resistent, wenn sie nicht überzeugend widerlegt wird. Nach Einstein [7] ist dieser Konflikt das Merkmal der intellektuellen Entwicklungsprozesse:

"Es ist mir nicht zweifelhaft, daß unser Denken zum größten Teil ohne Verwendung von Zeichen (Wörter) vor sich geht und dazu noch weitgehend unbewußt. Denn wie sollten wir sonst manchmal dazu kommen, uns über ein Erlebnis ganz spontan zu 'wundern'? Dieses 'sich wundern' scheint dann aufzutreten, wenn ein Erlebnis mit einer in uns hinreichend fixierten Begriffswelt in Konflikt kommt. Wenn solcher Konflikt hart und intensiv erlebt wird. Dann wirkt er in entscheidender Weise zurück auf unsere

Gedankenwelt. Die Entwicklung dieser Gedankenwelt ist ... eine beständige Flucht aus dem 'Wunder'."

Ein auf intellektuelle Entwicklung der Lernenden zielender Physikunterricht sollte also mentale Konflikte geradezu provozieren. Die Konfrontation der verschiedenen vorphysikalischen Präkonzepte der Schüler mit dem physikalischen Konzept, die Diskussion darüber, was ein Experiment ergeben würde, wenn das Präkonzept zutreffend, was aber voraussagbar eintreffen müßte, wenn das physikalische Konzept die bessere, quantitative Aussagen gestattende Alternative wäre, diese Konfrontation wirkt auf den Schüler ähnlich wie auf den Forscher, dem ein Paradigmenwechsel zugemutet wird. Darüber schrieb W. Heisenberg [8]:

"Die Forderung nach Änderung der Denkstruktur kann das Gefühl erwecken, es sollte einem der Boden unter den Füßen weggezogen werden. Gerade der Wunsch, so wenig wie möglich zu ändern, macht deutlich, daß es sich bei dem Neuen um einen Sachzwang handelt, daß die Änderung in der Denkstruktur von den Phänomenen, von der Natur selbst erzwungen wird, nicht von irgendwelchen menschlichen Autoritäten."

*Fünfte These: Die physikalische Lehr-Lernforschung hat zwingende Evidenzen für die Bedeutung von Präkonzepten der Schüler beim Lernen von Physik erbracht. Ohne deren Thematisierung im Physikunterricht, ohne ihre Konfrontation mit physikalischen Konzepten, ohne die auslösende Wirkung des Bewußtwerdens des mentalen Konfliktes auf Änderungsprozesse in den Denkstrukturen kann die weitverbreitete Bildung von Mißkonzepten auch in Zukunft nicht verhindert werden. Dadurch würde Physikunterricht weiterhin ineffektiv bleiben. Strategien zur Überwindung vorhandener Mißkonzepte zur Erhebung von Präkonzepten und ihre Transformation in physikalische Konzepte sind deshalb die wichtigsten aktuellen Themen für die Physik-lehrerfortbildung.*

#### Literatur:

- [1] Born, Max: Physik im Wandel meiner Zeit, Vieweg, Braunschweig, 1966, S. 277
- [2] Einstein, Albert: Autobiographical Notes, Open Court Publishing Comp., La Salle, 1979, S. 14
- [3] Feynman, Richard P.: Sie belieben wohl zu scherzen , Mr. Feynman? Piper, Zürich, 199, S. 281-282
- [4] Weisskopf, Victor: Probleme der Popularisierung der modernen Physik, Phys. Bl. 46, (1990), Nr. 3, S. 7376
- [5] Feynman, Richard P.: Lectures on Physics, Vol. I, Addison-Wesley, Menlo Park
- [6] Nachtigall, Dieter: Skizzen zur Physikdidaktik, Lang, Frankfurt, 1987, S. 142 ff
- [7] Einstein, Albert: Autobiographical Notes, Open Court Publishing Comp., La Salle, 1979, S. 6

[8] Heisenberg, Werner: Änderung der Denkstruktur im Fortschritt der Wissenschaft, in Schritte über Grenzen, Piper, München, 1984, S. 239 ff

---

## Theorie - Experiment

Denjenigen, die überzeugt sind, daß nur eins zählt, nämlich die Übereinstimmung der Theorie mit dem Experiment, möchte ich eine fiktive Unterhaltung zwischen einem Maya-Astronomen und seinem Schüler zu bedenken geben. Vorausschicken möchte ich, daß die Maya Sonnenfinsternisse oder die Stellung von Mond oder Venus am Himmel mit großer Präzision vorausberechnen konnten, und zwar ausschließlich mit Hilfe der Arithmetik. Sie zählten und subtrahierten und so weiter und ließen den Mond Mond sein. Sie fragten nicht, was er war oder auf welcher Bahn er sich bewegte, sie begnügten sich damit, die Zeit einer Mondfinsternis zu berechnen oder das Einsetzen des Vollmonds und so weiter anzugeben. Nehmen wir nun an, ein junger Mann suchte den Astronomen auf und erklärte: "Ich habe eine Idee. Vielleicht sind die Gestirne da droben Kugeln aus etwas wie Felsgestein und laufen im Kreis herum, und wir könnten berechnen, wie sie sich wirklich bewegen, statt lediglich anzugeben, wann sie am Himmel erscheinen." - "Mag schon sein", antwortete der Astronom, "aber wie genau kannst du eine Mondfinsternis vorhersagen?" - "Bis jetzt", entgegnete unser junger Mann, "habe ich meine Idee noch nicht sehr weit entwickelt." Darauf der Astronom: "Dann vergiß sie. Wir können es sehr genau! Also taugt unsere Mathematik viel mehr als deine Idee."

Diese Neigung, Leute, die mit neuen Ideen wie "Die Welt könnte doch auch so und so beschaffen sein" aufwarten, mit der Frage abzuspeisen: "Und wie lautet deine Antwort auf dieses ganz spezielle Problem?", ist sehr weit verbreitet. Sagt der Neuerer dann: "Soweit bin ich noch nicht", bekommt er zu hören: "Nun, wir sind schon viel weiter und erhalten präzise Antworten." Offensichtlich ist es gar nicht leicht zu entscheiden, ob man sich um die Philosophien hinter Ideen kümmern soll oder nicht.

Ein anderer Weg besteht natürlich darin, neue Prinzipien zu erraten. So vermutete Einstein, daß ... es keinen Unterschied macht, ob man sich in einem gleichmäßig beschleunigten Wagen oder in einem Gravitationsfeld befindet, und als er dieses Prinzip den anderen hinzufügte, gelang es ihm, die korrekten Gravitationsgesetze abzuleiten.

(Quelle: Richard P. Feynman: Vom Wesen physikalischer Gesetze, Piper-München 1990, S. 207)

# Herstellung von Transmissionshologrammen im Unterricht

Franz Josef Natschläger, Kollegium Aloisianum, Freinbergstr. 32, 4020 Linz

## 1) Das Aufnahmeverfahren:

Seit meinem Artikel in den "Wissenschaftlichen Nachrichten" vor drei Jahren habe ich bei der Herstellung von Hologrammen einiges verändert. Die wichtigste Modifikation ist sicher die Tatsache, daß ich nun ohne Raumfilter arbeite und dadurch auch während einer Unterrichtsstunde Hologramme aufzeichnen kann. Ferner mußte ich von Ilford Filmmaterial auf Produkte der Firma AGFA umsteigen, weil Ilford 1991 die Produktion des holographischen Aufnahmematerials und der zugehörigen Entwicklungschemikalien einstellte. Die AGFA-Planfilme sind aber meiner Meinung nach mindestens genauso gut wie jene von Ilford und kosten nur die Hälfte. Die Chemikalien für den AGFA-Prozess kosten sogar nur mehr ein Sechstel und können zum Teil beim Schulchemiker (Schwefelsäure, Kaliumdichromat) besorgt werden.

In einer Unterrichtsstunde kann ich bis zu drei Hologramme belichten und entwickeln. Der Aufbau ist denkbar einfach:

Aufnahmeanordnung:



He-Ne-Laser Linse  $f = +5\text{ cm}$   
Distanzen: Laser-Linse ca. 1m, Linse-Objekt ca. 5m, Objekt-Film wenige cm.

Die Sammellinse dient zuerst zur Fokussierung und anschließend zur Aufweitung des Strahles eines 1mW-He-Ne-Lasers, damit die transparenten Aufnahmeobjekte ausgeleuchtet werden können. Staubteilchen oder Kratzer auf der Linse können im Laserstrahl störende Interferenzen erzeugen. Letztere sind aber deutlich sichtbar, wenn man den durch die Linse aufgeweiteten Strahl - natürlich erst in einigen Metern Entfernung vom Brennpunkt - auf ein Stück weißes Papier einfallen läßt. Man sieht dann keinen kreisförmigen homogenen roten Fleck, sondern im Inneren des Fleckes treten dunkle Interferenzringe auf.

Läßt man den Laserstrahl aber auf einer relativ unversehrten und sauberen Stelle der Linse auftreffen, können diese Störungen so gering sein, daß sie eine holo-

grafische Aufzeichnung nicht mehr behindern. Von Juli 88 bis Jänner 90 hatte ich immer mit einer Lochblende (angekörnte Alufolie) gearbeitet. Bei einer Aufnahmeserie ließ ich einmal aus Neugierde die Folie weg, weil ich wissen wollte, wie sich das auf die Aufzeichnung auswirkte. Ich war sehr verblüfft, als ich trotzdem ein Hologramm erhielt. Es war heller als die anderen Hologramme dieser Serie, weil bei gleicher Belichtungszeit die Lochblende einiges an Licht "schluckte".

Seither habe ich nie mehr mit einer Lochblende gearbeitet, weil die Justierung des fokussierten Strahles auf die Lochblende die zeitraubendste Angelegenheit beim Holografieren war (Dauer bis zu einer Stunde!). Erst dadurch war es mir möglich, Hologramme im Unterricht herzustellen.

Professionelle Raumfilter kosten mehrere tausend Schilling und bestehen aus einem Mikroskopobjektiv und einer durch drei Schrauben in allen drei Raumrichtungen verstellbaren Lochblende, welche genau im Brennpunkt des Objektivs positioniert werden muß.

Während Mikroskopobjektive mit einigen Millimetern Brennweite einen Laserstrahl schon nach wenigen Dezimetern so stark aufweiten, daß eine Ausleuchtung von ca. 10 cm großen Objekten möglich ist, benötigt man dafür bei einer 5 cm-Linse schon einige Meter. Dies ist aber kein Problem, weil Klassenzimmer dies im allgemeinen zulassen.

Bei fester Distanz Laser-Aufnahmeobjekt können sie sogar die Größe des Fleckdurchmessers des aufgeweiteten Strahles am Ort des Objektes innerhalb gewisser Grenzen variieren, wenn sie die Distanz Laser-Linse verändern. Ursache ist die geringe Divergenz des Laserstrahles nach dem Austritt aus dem Gerät (sie beträgt üblicherweise 1 bis 2 mrad).

Diese Erscheinung nutze ich, um verschieden große Objekte optimal auszuleuchten. Bei kleinen Objekten arbeite ich mit 10x12 cm Planfilm und einem Fleckdurchmesser von etwa 13 cm, bei größeren Objekten wähle ich ca. 2 m Abstand zwischen Laser und 5 cm-Sammellinse und kann dann sogar 25 cm große Objekte auf Film im Format 20x25 cm holographieren. Letzteres führe ich aber ausschließlich in meiner Freizeit durch.

Je größer das Aufnahmeobjekt, umso kritischer wird das Schwingungsproblem. Professionelle Holographen arbeiten oft mit tonnenschweren Granittischen, und Amateurholographen lagern ihre Apparaturen auf Sand. Ziel ist die Vermeidung von Vibrationen während der Belichtung. Es soll ja ein Interferenzmuster über einen Zeitraum von mehreren Sekunden oder gar Minuten so gespeichert werden, daß sich später ein dreidimensionales Bild ergibt. Da aber die Wellenlänge des He-Ne-Lasers 632,8 nm beträgt, ist bereits eine Verschiebung eines Elementes der Aufnahmeapparatur

um Tausendstel Millimeter kritisch.

Diesen Punkt hatte ich anfangs am meisten gefürchtet. Aber auch hier zeigte sich, daß es ohne weiters möglich ist, Hologramme im Format 10x12 cm aufzuzeichnen, obwohl die Aufzeichnungselemente (Laser, Linse, Film und Objekt) nur auf Schultischen aufgestellt sind. Ursache dafür ist sicher die wesentlich geringere Vergrößerung der 5 cm-Linse gegenüber dem Mikroskopobjektiv und die daraus resultierende weitgehende Unempfindlichkeit gegen Schwingungen. Hat man die Wahl zwischen einem tiefer gelegenen Stockwerk oder einem höheren, sollte man natürlich ersteres vorziehen. Der Physiksaal, in dem ich meine Hologramme herstelle, befindet sich im Erdgeschoß.

Nachdem ich den Film zwischen den Glasplatten eingespannt habe, warte ich natürlich einige Minuten, bis sich die durch die Aufnahmeprobereitungen ausgelösten Schwingungen vermindert haben. Außerdem können dann die Glasplatten und der Planfilm einen Temperatenausgleich durchführen, damit sich der Film nicht während der Belichtung dehnt oder zusammenzieht. Etwas Geduld vor der Aufnahme minimiert immer den Ausschuß.

## 2) Die Aufzeichnung von Hologrammen:

Stellen Sie den Laser auf einen Tisch und, in ca. 1m Entfernung davon, die auf einem Reiter befindliche Linse. Ich arbeite ganz bewußt mit einer 5 cm - Sammellinse, weil ich mir bei allen Arbeiten auf holographischem Gebiet vorgenommen hatte, möglichst Geräte zu verwenden, welche in einer physikalischen Sammlung vorrätig sind. Manche Schulen haben sogar 5 cm Zerstreulinsen, welche natürlich ebenfalls verwendet werden können. Kürzere Brennweiten kann ich aber wegen der vorher erwähnten höheren Empfindlichkeit gegenüber Schwingungen nicht empfehlen.

In ca. 4 m Distanz von der Linse befindet sich der zwischen zwei Glasplatten eingespannte Film und natürlich das Aufnahmeobjekt. Irgendwo zwischen Linse und Film stellen Sie einen Karton auf einen Tisch, um in der Zeit zwischen zwei Aufnahmen den Strahl unterbrechen zu können.

Vor der ersten Aufnahme sollte der Laser schon etwa eine Stunde eingeschaltet sein, damit er seine Betriebstemperatur erreichen kann. Alle Aufnahmeprobereitungen können trotz völlig freiliegendem Film bei schwach grüner Beleuchtung vorgenommen werden. Dazu kaufte ich mir nicht eine teure Speziallampe, sondern stülpte früher über eine 15-Watt Glühbirne zwei dunkelgrüne Heftumschläge. Später besorgte ich mir eine grüne Grabvase, welche ich über die Lampe stellte. Mit dieser Lichtquelle arbeite ich seit nunmehr zwei Jahren und sie ist wesentlich billiger (Preis 12 S) als die von den Filmfirmen angebotenen

"darkroomlights for holography".

Das Filmmaterial ist für grünes Licht sehr wenig sensibel. Verwenden Sie Filmmaterial mit einem Auflösungsvermögen von etwa 5000 Linien pro mm, so können Sie sowohl Transmissionshologramme als auch Reflexionshologramme herstellen.

Günstig sind kleine Kristallglasschüsseln, weil sie erstens das Licht wegen der Gravur stark brechen und zweitens wegen ihrer geringen Höhe keinen großflächigen Schatten auf den Film werfen. Durch die Brechung wird das Licht ja ohnehin in den oberen Teil des Filmes abgelenkt und interferiert dort mit dem Referenzstrahl. Bei der Rekonstruktion des Hologrammes sieht man dann von oben in die Schüssel hinein. Dies hat auch den Vorteil, daß man nicht direkt in Richtung Laser blickt.

Als Aufnahmeobjekte sind ferner Automodelle aus Glas oder am Boden liegende Kristallglassektflöten recht gut geeignet. Zwischen Aufnahmeobjekt und Film sollte man aber unbedingt eine Lupe aufstellen. Beim fertigen Hologramm kann man dann durch die Lupe auf den Gegenstand blicken und verschiedene Details vergrößern (Hologramm mit integrierter Lupenfunktion). Die Glasplatten mit dem Film sollten etwa 2 cm höher liegen als die Ebene mit den Aufnahmeobjekten. Man stellt sie z. B. auf eine Holzplatte. Die vorzugsweise niedrigen Objekte sollen möglichst wenig Schatten am Film erzeugen. Im Schattenbereich des transparenten Objektes fällt nämlich nur der Objektstrahl auf den Film und es kommt zu keiner gewünschten Interferenz Objektstrahl-Referenzstrahl. Man kann also in diesem Bereich auch keine dreidimensionalen Bilder wahrnehmen.

Die Belichtungszeit hängt von verschiedenen Faktoren ab (Laserleistung, Filmempfindlichkeit, Brechungsvermögen etc.). Führen Sie also bei einem Objekt zuerst eine Belichtungsserie durch und notieren Sie die Werte. Zur späteren Identifikation verschiedener Hologramme eines Objektes habe ich den Film vor der Belichtung gekennzeichnet (verschiedene Anzahl an Filmecken abschneiden). Man kann dann in einer 20x25 cm großen Tasse gleichzeitig vier Planfilme im Format 10x12 cm entwickeln und sie später rasch unterscheiden. Für die Belichtungsserie empfehle ich 10 Sekunden, 25 Sekunden und 1 Minute (bei einem 1 mW-Laser). Es ist eine falsche Meinung, daß eine längere Belichtungszeit auch hellere Hologramme ergibt. Im Gegensatz zur Fotografie ist hier nicht die Gesamtschwärzung relevant, sondern nur das Verhältnis der Intensitäten von Objekt- und Referenzstrahl. Da man fast nie ein Verhältnis (Fachjargon "ratio") von 1:1 erhält, wird einer der beiden Strahlen stärker sein. Bei zu langer Belichtungszeit wird zwar eine höhere Schwärzung erzielt, aber es kommt nur zu einer ungenügenden Interferenz der beiden Hologrammstrahlen (Objekt- u. Referenzstrahl).

Für Transmissionshologramme würde ein Auflösungsvermögen von ca. 2000 Linien pro mm ausreichend sein, bei Reflexionshologrammen sollte es um die 5000 Linien pro mm liegen.

### 3) Die Entwicklung von Transmissionshologrammen:

Hier halten Sie sich bitte an ein Rezept des Buches von Peter Heiß (Hologramme verstehen und selber machen - Verlag Wittig, Hückelhoven). Die folgende Mixtur hat vier entscheidende Vorteile: Die Substanzen sind leicht zu beschaffen, preiswert, sie arbeiten sehr rasch und sind lange haltbar (Monate).

**Entwickler:** 200 ml Dokumol von Tetenal und 800 ml dest. Wasser (also 1:4). T = 20° C, t = 2 min. Im Fotohandel erhältlich.

**Stoppbad:** Ilford Stoppbad IN-1 und dest. Wasser im Verhältnis 1:37. T = 20° C, t = 20 sec. Im Fotohandel erhältlich.

**Das Licht kann bereits nach dem Stoppbad eingeschaltet werden.**

**Fixierbad:** 5g Kaliumdichromat und 5 ml konz. Schwefelsäure in 1 l dest. Wasser auflösen. (Achtung: Schwefelsäure in Wasser gießen und nicht umgekehrt!). T = 20° C. Zeit: So lange, bis alles Silber verschwunden ist.

**Wässern:** So lange, bis das Gelb herausgewaschen wurde. (Der letzten Wässerung einige Tropfen Netzmittel - z.B. Ilfotol von Ilford beifügen).

Fixpunkte sind also die Tatsache, daß alle Bäder bei Raumtemperatur (20°C +/- 2°C) durchgeführt werden können, und ferner nur 4 Bäder erforderlich sind (Entwicklung, Stoppbad, Fixierung und Schlußwässerung). Zur Verdünnung der Bäder sollten Sie ausschließlich destilliertes Wasser verwenden und während der Entwicklung die Hologramme mittels Zangen möglichst viel, aber vorsichtig, bewegen.

Während des ersten Bades (Entwicklung) bildet sich durch Reduktion an den belichteten Stellen aus dem Silberbromid metallisches Silber (wie bei einem SW-Foto). Unterbrechen Sie nach dem Stoppbad den Entwicklungsvorgang, so erhalten Sie ein Amplitudenhologramm. Leider ist dieses relativ lichtschwach, was leicht erklärbar ist.

Wo auf der Filmschicht kein Silber ist, haben die Lichtwellen beim Durchgang durch das Filmmaterial eine große Geschwindigkeit und ihre Amplitude verringert sich auch nur minimal. An den dunklen Silberablagerungsstellen aber hat die Filmschicht einen höheren Brechungsquotienten, welcher die für das Hologramm erforderliche Phasenverschiebung ergibt. Leider erfolgt gleichzeitig eine Amplitudenverkleinerung durch Absorption. Man sollte sich aber die Holo-

gramme nach dem Stoppbad unbedingt ansehen. Generell gilt: Hologramme, welche nicht allzu stark geschwärzt sind, eignen sich gut als Amplitudenhologramme, stärker geschwärzte Hologramme sind meist lichtstärkere Phasenhologramme.

Im Fixierbad wird nun das dunkle Silber in ein transparentes Silbersalz umgewandelt, welches einen anderen Brechungsindex als die unbelichteten Filmstellen hat. Obwohl nun über den ganzen Planfilm die Lichtdurchlässigkeit annähernd gleich ist und daher keine Amplitudenverminderung erfolgt, kann die erforderliche Phasenverschiebung durch die örtlichen Brechzahländerungen gewährleistet werden. Bei gleicher geometrischer Weglänge differiert die optische Weglänge. Man nennt gebleichte Hologramme daher Phasenhologramme und zieht sie wegen der größeren Lichtstärke den Amplitudenhologrammen vor.

Das Fixierbad können Sie dann unterbrechen, wenn Sie am Film kein metallisches Silber mehr wahrnehmen. Beim Entwicklungsbad und beim Stoppbad müssen Sie noch bei schwach grüner Beleuchtung arbeiten, nach dem Stoppbad kann die Raumbelichtung wieder eingeschaltet werden. Die Wässerung der nach dem Bleichfixierbad gelben Hologramme sollte laut Literatur in fließendem Wasser erfolgen. Da ich aber kein Fließwasser habe, welches die Prozeßtemperatur (ca. 20° C) besitzt, lege ich sie zuerst in einen großen Wasserbehälter und bewege sie mit der Zange hin und her. Dabei verlieren sie den Großteil der Farbe des Bleichmittels. Nach einer neuerlichen Wässerung mit sauberem Wasser, welchem ich einige Tropfen eines Netzmittels beifüge, lehne ich die Hologramme zum Trocknen an der Kante einer Schachtel an. Als Unterlage verwende ich Küchenrollenpapier, weil es das abfließende Wasser rasch aufsaugt. Wegen dem oberflächenspannungsvermindernden Netzmittel entstehen auch keine Trocknungsflecken aus Kalk.

Obwohl Transmissionshologramme schon im nassen Zustand - der Film ist hier milchig weiß - betrachtet werden können, erreichen sie ihre höchste Brillanz erst nach der Trocknung. Man sollte sie daher den Schülern auch in der nächsten Physikstunde nochmals zeigen.

Manche Holografen unterscheiden schon bei der Aufnahme zwischen den beiden verschiedenen Filmseiten (Schicht und Gelatine). Dies ist mittels der Kerben beim Planfilm - Betrachtung nur bei schwach grünem Licht! - leicht möglich. Da aber der Film völlig durchsichtig ist, habe ich mir bei der Aufnahme keine Gedanken darüber gemacht. Manchmal zeigt die Filmschicht zum Laser und manchmal die Gelatine. Bei einer undurchsichtigen Emulsion für photographische Zwecke wäre dies natürlich nicht möglich.

Bei der Entwicklung hingegen lege ich den Film so in die Schalen, daß die Silberbromidschicht oben liegt. Sie wird dann besser umspült. Zur Bestimmung der

Schichtseite nehmen Sie bitte den Film an den beiden kürzeren Seiten in die Hände. Befindet sich die Kerbe rechts unten oder links oben, dann zeigt die Schicht zu Ihnen.

#### 4) Das Filmmaterial:

Verwenden Sie rotempfindliches holographisches Aufnahmematerial (für He-Ne-Laser) von Agfa mit einem Auflösungsvermögen von ca. 5000 Linien pro mm. (Filmbezeichnung HOLOTEST FI 8E75 T3HD NONAH - Kosten: 100 Blatt im Format 4x5 inch ca. 1500 S). Der Zusatz NONAH bedeutet "non-Anti Halo". Damit wird ausgedrückt, daß dieses Filmmaterial Reflexionen in der Filmschicht zuläßt, was für Reflexionshologramme unbedingt erforderlich ist. Sie können mit der in diesem Artikel beschriebenen Aufnahmeanordnung auch Reflexionshologramme herstellen, wenn sie als Aufnahmeobjekt einen hochreflektierenden Gegenstand (z.B. einen Zinnbecher) hinter den Film stellen. Diese Hologramme können im Licht einer möglichst punktförmigen Weißlichtquelle betrachtet werden (Sonnen, Diaprojektorlichtkegel, Halogenlampe etc.)

Bei einem Transmissionshologramm von eher kleinen Objekten (Schachfiguren aus Plexiglas) kann die Reflexion in der Filmschicht Doppelbilder erzeugen. In diesem Fall sollte man auf größere Objekte oder das ebenfalls erhältliche Anti-Halo-Filmmaterial umsteigen. Mit letzterem können aber keine Reflexionshologramme hergestellt werden.

#### 5) Die Bezugsadresse:

AGFA - GEVAERT Ges.m.b.H., Mariahilferstr. 198,  
1153 Wien (Sachbearbeiterin Frau Elke Strobl  
Tel.: (0222) 891 12-218)

#### 6) Eine gelungene Rekonstruktion:

Das verblüffendste Experiment mit den selber hergestellten Transmissionshologrammen ist sicher folgendes:

Spannen sie das getrocknete Hologramm wieder zwischen Glasplatten ein und rekonstruieren sie genau den Aufbau, den sie bei der Belichtung hatten. Dadurch können sie das virtuelle Bild des Hologrammes und die realen Aufnahmeobjekte exakt zur Deckung bringen. Lassen sie nun den Betrachter durch das transparente Planfilmscheibchen (Hologramm) auf die Objekte blicken und entfernen sie vor seinem Auge diese Gegenstände. Er wird keinen Unterschied in der Betrachtung wahrnehmen, weil er immer noch das Hologramm der Anordnung sieht. Solche Experimente kann ihnen derzeit keine Lehrmittelfirma anbieten. Dazu muß man nämlich die Hologramme selber herstellen, wozu ich viel Erfolg wünsche.

## Ein Modell des Realen Gases mit Hilfe von DERIVE

Dr. Johann Zöchling, BG-Berndorf, 2560 Berndorf, Sportpromenade 19

### 1. Einleitung

Wärmelehre und Gasdynamik zählen für Schüler im Allgemeinen zu den "langweiligen" Kapiteln der Physik. Durch die Einführung von Schülerexperimenten in den letzten Jahren, konnte das Interesse etwas gehoben werden. Die Versuche beschränken sich jedoch auf die Bestimmung von Wärmekapazitäten von Festkörpern, einfache Messungen zur Wärmeleitung sowie Wärmestrahlung. Die Gasdynamik ist nach wie vor auf das Lehrereperiment angewiesen und wird daher von den Schülern größtenteils ignoriert.

Mit Hilfe der Computer-Algebra-Software DERIVE [1] wurde nun versucht, jeden Schüler aktiv in die Behandlung der Gasdynamik einzubeziehen.

Dabei standen zwei Ziele im Vordergrund:

- a) die Visualisierung der Zustandsgleichung des Idealen Gases,
- b) die Entwicklung einer Modellgleichung für Reale Gase.

Zusätzlich sollte den Schülern der Modellcharakter physikalischer Gleichungen sowie Effektivität und Grenzen physikalischer Modelle nähergebracht werden.

In den folgenden Punkten wird nur Teil b), die Entwicklung einer Modellgleichung für Reale Gase, behandelt.

### 2. Das Eigenvolumen der Moleküle

Es wird hier vorausgesetzt, daß der Schüler mit dem Modell des Idealen Gases bereits vertraut ist. Für das Ideale Gase wurden zwei wesentliche Einschränkungen angenommen:

- a) Das Volumen der Gasmoleküle ist im Verhältnis zum Volumen des Gasgefäßes vernachlässigbar klein.
- b) Zwischen den Molekülen gibt es keinerlei Wechselwirkung.

Wir berücksichtigen zunächst das Eigenvolumen der Moleküle.

Das Eigenvolumen eines Moleküls sei  $V$ , die Summe aller Molekülvolumina sei  $b$ .

Für das Ideale Gas gilt:

$$2.1 \quad pV = RT.$$

Berücksichtigen wir das Eigenvolumen der Moleküle, so ergibt sich die verbesserte Gasgleichung zu:

$$2.2 \quad p(V - b) = RT.$$

Wir zeichnen nun mit Hilfe von DERIVE die Isothermen des korrigierten Modellgases:

Eingabe Ausgabe auf dem Bildschirm

a) AUTHOR:  $p(V-b)=RT$  1:  $p(V-b)=RT$

b) DECLARE: (variable) R (value) 1 2:  $R:= 1$

c) DECLARE: (variable) b (value) 0.1 3:  $b:= 0.1$

d) SOLVE: #1, (variable) p 4:  $p = \frac{10T}{10V - 1}$

Wir definieren nun eine Funktion für den Druck:

e) DECLARE: (function) pv (value) rechte Seite von 4: markieren und mit F3 fixieren

$$5: \quad pv(T, V) := \frac{10T}{10V - 1}$$

Mit Hilfe der Vektoroption definieren wir nun eine Isothermenschar

f)  $[pv(2.4, V), pv(3.2, V), pv(4, V)]$

Unter Verwendung des PLOT-Befehls können alle Isothermen gleichzeitig dargestellt werden.

Zum Vergleich werden die Isothermen des Idealen Gases zu den Isothermen des korrigierten Gases dazu geplottet (siehe Abbildung 2.1).

Wir erhalten als erstes Resultat: **Berücksichtigt man das Eigenvolumen der Moleküle, so werden die Isothermen zu höheren Druckwerten verschoben, die Form der Isothermen bleibt gleich.**

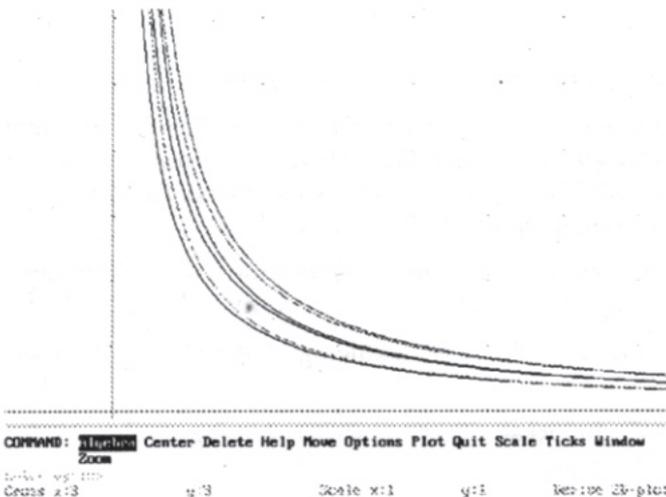


Abb. 2.1

### 3. Molekülkräfte

Wegen der Anziehungskräfte der Moleküle wird der

Druck, den das Gas auf die Gefäßwände ausübt, reduziert. Wir messen daher einen Druck  $p$ , der geringer ist als der tatsächliche Druck im Inneren des Gases.

Unsere Gasgleichung wird jetzt um einen Druckfaktor  $p'$  korrigiert:

$$3.1 \quad (p + p')(V - b) = RT$$

Welche Aussagen können wir über  $p'$  machen? [2]

Die potentielle Energie zwischen zwei Molekülen sei  $E(r)$  (Abb. 3.1).

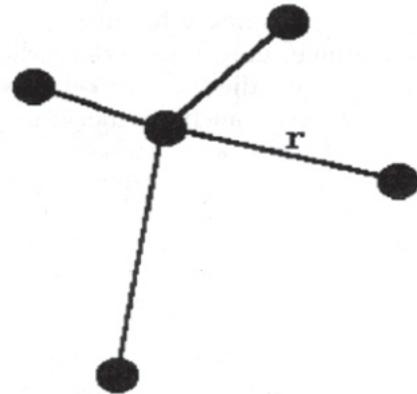


Abb. 3.1

Die gesamte potentielle Energie, die ein Molekül spürt, ergibt sich zu:

$$3.2 \quad E_{sum} = \sum_{i=1}^{N-1} E(r_i)$$

Die Gesamtenergie  $E_{sum}$  ist unbekannt. Wir wissen nur, daß sie zur Anzahldichte des Gases proportional ist.

$$3.3 \quad E_{sum} = \frac{1}{2} \frac{N}{V} K$$

wobei  $K$  eine unbekannte Konstante ist.

Berücksichtigt man die Wechselwirkung aller Moleküle und zählt man die Wechselwirkung zwischen zwei Molekülen nur einmal, so erhält man für die gesamte potentielle Energie

$$3.4 \quad E_{sum} = \frac{1}{2} \frac{N(N-1)}{V} K \approx \frac{N^2}{V} K'$$

Die Molekülkräfte bewirken daher eine Energieänderung im Gas. Diese Energieänderung bewirkt eine Druckänderung

$$3.5 \quad p = \frac{E}{V}$$

Der Korrekturterm für den Druck ergibt sich daher zu:

$$3.6 \quad p' = \frac{N^2}{V^2} K'$$

Beziehen wir unser Volumen wieder auf ein Mol, so erhält man:

$$3.7 \quad p' = \frac{a}{V^2}$$

Wir erhalten somit für unsere verbesserte Zustandsgleichung:

$$3.8 \quad \left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

Das ist die bekannte Zustandsgleichung für Reale Gase von Johannes Diderik van der Waals (1837-1923).

In dieser Gleichung sind  $a$  und  $b$  Konstanten, die von der Molekülsorte des Gases abhängen.

Da wir nur an einer qualitativen Untersuchung des Realen Gases interessiert sind, verwenden wir für  $a$  und  $b$  willkürliche Werte, ebenso setzen wir die Gas-konstante wieder gleich Eins.

Wir verfahren wie in Kapitel 2, setzen  $a = 1$ ,  $b = 0.1$ , definieren eine Funktion  $pr$  und erhalten schließlich auf dem Bildschirm von DERIVE:

$$pr(T, V) = \frac{10T}{10V - 1} - \frac{1}{V^2}$$

Wir definieren wieder einen Vektor für die Temperaturwerte  $t=2.5, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2$  und plotten die Isothermen (siehe Abb. 3.2).

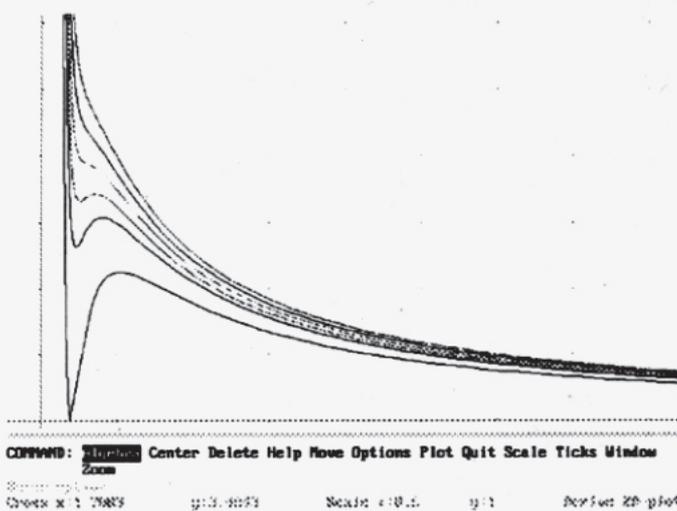


Abb. 3.2

Zusätzlich werden die Isothermen mit verschiedenen Skalierungen der  $p$ -Achse gezeichnet (siehe Abb. 3.3).

Wir erhalten Isothermen, die sich von den bis jetzt bekannten völlig unterscheiden, zumindest im tiefen Temperaturbereich.

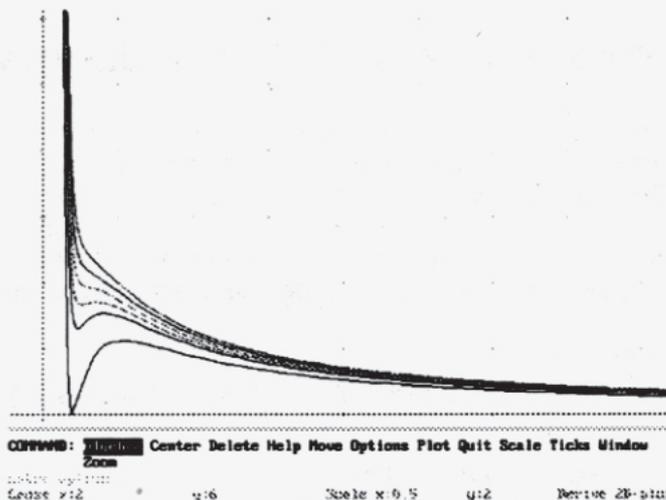


Abb. 3.3

#### 4. Physikalische Interpretation der Plots

Besonders auffällig ist der starke Druckanstieg im linken Teil der Isothermen. Jede weitere Volumsverringering ist hier praktisch unmöglich, das Gas ist inkompressibel geworden.

Der inkompressible Zustand wird aber immer mit Flüssigkeiten in Verbindung gebracht.

Wir können mit unserer Zustandsgleichung den Phasenübergang gasförmig-flüssig beschreiben.

Die Maxima und Minima sind in unserem Modell unbrauchbar. In diesem Bereich kann unsere Gasgleichung die Vorgänge im Gas nicht beschreiben.

Die Isotherme mit der horizontalen Tangente nennen wir die kritische Isotherme, sie entspricht der kritischen Temperatur. Oberhalb der kritischen Temperatur tritt die Verflüssigung nicht mehr ein, die Isothermen nähern sich immer mehr den Isothermen des Idealen Gases.

#### 5. Abschlußbemerkung

Die Behandlung des Idealen sowie Realen Gases mit DERIVE wurde am BG-Berndorf bereits zweimal (Neusprachliches und Realistisches Gymnasium) durchgeführt. Der Zeitaufwand für das Reale Gas betrug ungefähr drei Stunden, wobei den Schülern die Grundfunktionen von DERIVE bereits bekannt waren. Maximal zwei Schüler arbeiteten an einem Computer.

Die Plots wurden ausgedruckt und in das Lehrstoffheft geklebt. Einige Schüler führten noch zusätzliche Untersuchungen mit anderen "Gas-Sorten", d.h. unterschiedliches  $a$ , durch.

#### 6. Software- und Literaturverzeichnis

- [1] DERIVE, Soft Warehouse Europe, Schloß Hagenberg, A-4232 Hagenberg
- [2] Ch.Kittel-H.Krömer: Physik der Wärme, S.287ff, R.Oldenbourg Verlag München Wien, 1984

# Programm der 47. Fortbildungswoche vom 22. bis 26.2.1993

Das vollständige Programmheft wurde bereits ausgesandt. *Wir bitten, den geänderten Termin des Praktikums am Atominstitut (Freitag, 26.2.1993) zu beachten.*

Die Veranstaltungen am 22. und 23.2.1993 werden gemeinsam von der Arbeitsgemeinschaft der Physiklehrer an AHS (Wien) und dem Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, die Veranstaltungen am 24., 25. und 26. Februar 1993 werden gemeinsam von der Arbeitsgemeinschaft der Chemielehrer an AHS in Wien und dem Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts durchgeführt.

## Vorträge:

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

### Montag, 22. Februar 1993

- 9.00 Uhr Eröffnung
- 9.10 Uhr Dr. Karin ERNST: *"Entdeckendes Lernen in offenen Lernsituationen - Grundlinien eines anderen Lernverständnisses"*
- 10.15 Uhr Prof. Mag. Ursula SILBER: *"Physikalischer Mensch - menschliche Physik: ein Unterrichtsprojekt an einem neusprachlichen Gymnasium 1989-1992"*
- 11.30 Uhr Univ.-Prof. Dr. Karl LUCHNER: *"Physikalische Beobachtungen in Natur und Alltag"*
- 14.00 Uhr Univ.-Prof. Dr. Hans KUZMANY: *"Fullerene, Fullerite, Fulleride: eine neue Phase des Kohlenstoffs auf der Spielwiese der Materialwissenschaftler"*
- 15.15 Uhr Dr. Lothar BECKEL: *"Technik der Satellitenaufnahmen und deren digitaler Verarbeitung"*
- 16.30 Uhr Dipl.-Ing. Dr. Peter KORCZAK: *"Das Solar-Wasserstoff-Projekt in Neunburg vorm Walde"*
- 19.00 Uhr Prof. Hermann MUCKE: *"Das Planetarium als didaktisches Hilfsmittel"*. Ort: Planetarium der Stadt Wien, 1020 Wien, Oswald Thomas Platz (U- und Straßenbahnstation Praterstern). Kostenbeitrag S 20,- ist an der Abendkasse zu begleichen. Interessierte Schüler der Oberstufe sind willkommen.

### Dienstag, 23. Februar 1993

- ab 13.00 Uhr: Lehrmittelausstellung im Stiegenhaus der physikalischen Institute
- 14.00 Uhr Univ.-Prof. Dr. Peter STEINHAUSER, Dr. Ilse FABIAN: *"Projekt TAWES - Teilautomatisches Wettererfassungssystem der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik"*
- 15.00 Uhr Dr. Veronika ZWATZ-MEISE: *"Satellitenmeteorologie"*
- 16.30 Uhr Prof. Mag. Leo LUDICK *"Schülerexperimente und Projekte im Physikunterricht"*
- 17.15 Uhr cand. rer. nat. Werner GRUBER, *"Freihandexperimente mit Rauchringen"*:
- 18.00 Uhr Univ.-Prof. Dr. Othmar PREINING: *"Univ.-Prof. Dr. Franziska Seidl - Erinnerungen und Experimente"*

### Mittwoch, 24. Februar 1993

#### SCHWERPUNKT RECYCLING

- 14.30 Uhr Univ.-Doz. Dr. Gerhard VOGEL: *"Recyclingpotentiale in Österreich"*
- 15.30 Uhr Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Werner WRUSS: *"Recycling von Batterien und Leuchtstoffröhren"*
- 16.15 Uhr Dipl. Ing. Dr. Birgit BLASCH: *"Recycling von Kunststoffen"*
- 17.00 Uhr Ing. Ernst HANSEL und Dr. Wilfried HANTSCH: *"Recycling von Papier"*

### Donnerstag, 25. Februar 1993

#### SCHWERPUNKT NEUE STOFFE

- 14.00 Uhr Univ.-Doz. Dr. Julius SCHUSTER: *"Neue Keramik- und Verbundwerkstoffe"*
- 15.00 Uhr Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Otto HINTERHOFER: *"Neue Kunststoffe"*
- 16.15 Uhr Univ.-Prof. Dr. Mag. pharm. Wilhelm FLEISCHHACKER: *"Neue pharmazeutische Wirkstoffe"*

### Exkursionen und Praktika:

Für die Exkursionen, Praktika, IMAX-Kino, etc. ist wegen begrenzter Teilnehmerzahl die Anmeldung unbedingt erforderlich.

#### Dienstag, 23. Februar 1993

- 8.15 Uhr *Fa. Römerquelle*, Edelsthal (Fahrtkostenbeitrag S 70,--)
- 9.00 Uhr *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*, Hohe Warte 38, 1190 Wien
- 9.00-11.30 Uhr Univ.-Prof. Dr. Karl LUCHNER, Dr. Rainer PIPPIG: *Experimente zur Physik in Natur und Alltag.*
- 9.00-12.00 Uhr Prof. Mag. Robert Hofstetter: *Philosophische Probleme der Quantentheorie*
- 9.00-12.00 Uhr Prof. Mag. Gregor LINGL: *Physik erforschen mit Standardsoftware.*
- 9.00-11.30 Uhr Dr. Karin ERNST, Fachbereich 22, Technische Universität Berlin: *Entdeckendes Lernen in offenen Lernsituationen - Grundlinien eines anderen Lernverständnisses.*
- 9.30-12.00 Uhr Univ.-Doz. Dr. Viktor GRÖGER und Dr. Franz SACHSLEHNER: *Experimentalvorführung Supraleitung und ihre Anwendungen.*

#### Mittwoch, 24. Februar 1993

- 8.50-12.00 Uhr *Kriminaltechnische Zentralstelle*, Lichtenwerderplatz 5, 1090 Wien
- 9.00-11.30 Uhr *Österreichisches Kunststoffinstitut*, Arsenal
- 9.00-10.30 Uhr *Müllverbrennungsanlage Spittelau*, Spittelauerlände 45, 1090 Wien
- 9.00-13.00 Uhr *Abfallbeseitigungsanlagen der Stadt Wien: Rundfahrt Rinterzelt, Deponie Rautenweg-EBS.*

#### Donnerstag, 25. Februar 1993

- 8.30-11.30 Uhr *Zugsteuerung und Streckensicherung auf der Schnellbahnlinie S45.*
- 9.00-12.00 Uhr HOL Mag. Paul KRAL und HOL Werner RENTZSCH: *Experimentalvortrag - Chemie Unterstufe: Vom Essen und Waschen (Proteine, Vitamine und Mineralstoffe/ Stoffe für Reinigung und Hygiene)*
- 9.00-12.00 Uhr Prof. Dr. Ralf BECKER und Prof. Mag. Alfred MOSER: *Experimentierpraktikum - Chemie: Wasser und Luft - Urelemente des Lebens..*
- 8.45-11.45 Uhr HL Hans PFAFFL: *Experimente mit einfachen Mitteln .*
- 9.00-12.00 Uhr Prof. Mag. Franz NATSCHLÄGER: *Herstellung von Transmissionshologrammen ohne Raumfilter*
- 9.00-12.00 Uhr Prof. Mag. Alfred NUSSBAUMER und Prof. Mag. Peter NUSSBAUMER: *Elektronik: Praktische Übungen zu elektronischen Grundsaltungen*
- 20.30 Uhr IMAX-Kino beim Technischen Museum, Mariahilfer Straße 212: *"Blue Planet" Wie entstand die Erde? Wie verändert sie sich und welche Rolle spielt der Mensch dabei? Faszinierende Bilder auf einer Projektionswand von 400 m<sup>2</sup>. (Ermäßigter Eintritt S 70,-. Dauer ca. 45 Minuten)*

#### Freitag, 26. Februar 1993

- 9.00-12.00 Uhr HOL Mag. Paul KRAL und HOL Werner RENTZSCH: *Experimentalvortrag - Chemie Unterstufe: Vom Essen und Waschen (Proteine, Vitamine und Mineralstoffe/ Stoffe für Reinigung und Hygiene)*
- 9.00-12.00 Uhr Prof. Dr. Ralf BECKER und Prof. Mag. Alfred MOSER: *Experimentierpraktikum - Chemie: Wasser und Luft - Urelemente des Lebens..*
- 9.00-12.00 Uhr HOL Leo KÖBERL: *Informationstechnische Grundbildung: Computer im Physikunterricht der Unterstufe - Grundlagen für Messen, Steuern, Regeln*
- 9.00-12.00 Uhr HOL Franz WEISSKIRCHER: *Umwelt und Radioaktivität*
- 9.00-12.00 Uhr Univ.-Prof. Dr. C. LEUBNER: *Grundlagen der Quantenphysik*
- 9.30-16.00 Uhr *Praktikum Ionisierende Strahlung und Strahlenschutz: Atominstut der Österreichischen Universitäten, Schüttelstraße 115, 1020 Wien*

**Hinweis:** Dienstag, 23.2.1993, und Mittwoch, 24.2.1993:  
13.00-18.30 Uhr: Lehrmittelausstellung im Stiegenhaus der Physikalischen Institute

# Nobelpreisträger Georges Charpak<sup>1</sup>

Meinhard Regler  
Institut für Hochenergiephysik der ÖAW

## Charpak als Wissenschaftler

Georges Charpak bekam den Nobelpreis für die Erfindung und Entwicklung von Teilchennachweisgeräten und insbesondere für die Erfindung der Vieldrahtproportionalzählkammer, einer unkonventionellen Aneinanderreihung von Proportionalzählern unter Weglassung der Zwischenwände. Er veröffentlichte diese Erfindung 1968, gerade 40 Jahre nach der berühmten Arbeit der Österreicher G. Ortner, J. Schintlmeister und G. Stetter über quantitative physikalische Aussagen mit Hilfe des Proportionalzählrohres.

Während die Teilchenphysik nach den Erfolgen mit den Nebelkammern (Nobelpreis an C. T. R. Wilson) und den Blasenkammern (Nobelpreis an D. A. Glaser) in den Sechzigerjahren stagnierte und auch mit Hilfe der Funkenkammer nur mühsam weiterkam, bedeutete die Vieldrahtproportionalzählkammer (unter den Schülern Charpaks noch immer "Charpak-Kammer" genannt) einen Meilenstein in der experimentellen Teilchenphysik. Zum Glück war auch die integrierte Elektronik gerade weit genug entwickelt, um diese Erfindung nützen zu können, und die ersten Großrechner standen zur schnellen Datenverarbeitung zur Verfügung.

Die wesentlichen Fortschritte waren:

Ereignisraten von  $10^2$  Hz können bewältigt werden.  
Die Kammern sind ständig unter Spannung, so daß sie zu "Triggerentscheidungen" herangezogen werden können.

Auch beim gleichzeitigen Auftreffen vieler Teilchen, wie sie bei hochenergetischen Stößen beschleunigter Teilchen entstehen, bleibt das Ansprechvermögen nahezu hundertprozentig.

Ortsauflösung ca. 0,5 mm.

Minimaler Untergrund, so daß die Messung differentieller Wirkungsquerschnitte plötzlich über 8 Dekaden möglich wurde.

Detektoren sind mechanisch robust und stören benachbarte Detektoren nicht.

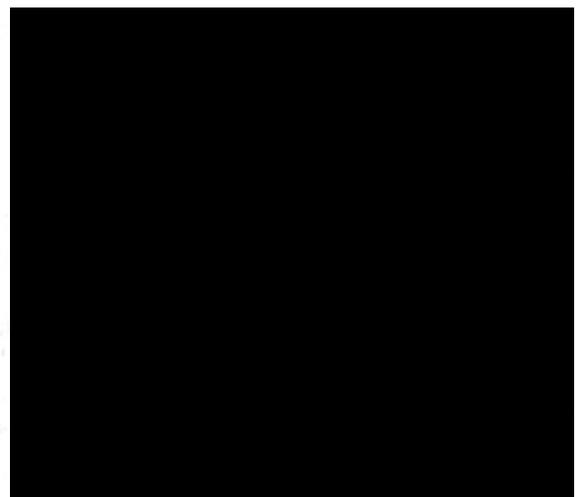
Als CERN und damit Europa 1971 mit den CERN-Speicherringen die Führung in der experimentellen Teilchenphysik übernahm, war dies nur dank der Vieldrahtproportionalzählkammer möglich, die 1972 beim ersten Großdetektor an den CERN-Speicherringen eingesetzt wurde (Split Field Magnet-Detektor, SFM). In der Weiterentwicklung wurde dann auch die Driftzeit der freigesetzten Elektronen zum Anodendraht gemessen,

wodurch eine Genauigkeit von 100  $\mu$ m erzielt wurde. (An dieser Weiterentwicklung waren auch deutsche Physiker wesentlich beteiligt.)

Durch Stapeln dieser Driftkammern und neuerlichem Weglassen von Zwischenwänden entsteht die Zeitprojektionskammer, die heute das Herz jedes Großdetektors an Kollisionsmaschinen ist. Werden diese Kammern im reinen Proportionalbereich betrieben (die Vieldrahtproportionalzählkammern arbeiteten ursprünglich im oberen Proportionalbereich), so ist in der Zeitprojektionskammer auch Teilchenidentifikation möglich. Darüber hinaus fanden die Drahtkammern auch bei der Messung der Energie neutraler Teilchen Verwendung ("Kalorimeter"). Ohne Charpaks Leistung wären spätere Entdeckungen, beispielsweise der Nachweis der charm-Quarks (Nobelpreis an B. Richter und S. C. C. Ting), bzw. der Nachweis der intermediären Vektorbosonen nicht möglich gewesen. An letzterem Experiment war das Institut für Hochenergiephysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien maßgeblich beteiligt - Nobelpreis an C. Rubbia (Generaldirektor des CERN bis 31.12.1993) und S. van der Meer (an letzteren für die Beschleunigung von Antiprotonen).

Ein besonderes Anliegen war G. Charpak der Einsatz von Vieldrahtkammern in der Medizin. So werden Vieldrahtkammern in russischen Spitälern routinemäßig für computergestützte Röntgenuntersuchungen mit geringer Strahlenbelastung verwendet, und ein Tomograph, der Drahtkammern verwendet, steht z.B. im Kantonsspital in Genf.

## Georges Charpak als Mensch



George Charpak

Georges Charpak wurde 1924 in Polen geboren, kam bereits 1931 nach Frankreich, wo er bald die französische Staatsbürgerschaft bekam. G. Charpak, der die französische Sprache akzentfrei spricht und sie in ihrem vollen Reichtum beherrscht, ist heute "Grand Seigneur" des französischen Wissenschaftsgeschehens.

<sup>1</sup>Vortrag gehalten von M. Regler



Links: **Eindraht-Zählrohr**. In der Region um den dünnen Meßdraht, in der die Feldstärke proportional zu  $1/r$  wächst, erfolgt Ladungsvervielfachung. Mitte: **Vieldrahtproportional-kammer (Multiwire Proportional Chamber)**. Rechts oben: Feld- und Äquipotentiallinien der Hochspannung; darunter: Bewegung der Ladungsträger und Ausbildung der Lawine.



**Driftkammer**. Mit Hilfe von „feldformenden Drähten“ wird durch einen Spannungsteiler ein nahezu konstantes Feld über die gesamte Driftstrecke erreicht. In der Meßdrahtregion müssen Korrekturen die dort nichtlineare Ort-Zeit-Beziehung berücksichtigen. Wegen der Diffusion der Elektronen hängt die Ortsauflösung stark von der Driftstrecke ab.



„**Zeitprojektionskammer**“ (Time Projection Chamber). Die beim Durchgang eines geladenen Teilchens freigesetzten Elektronen driften über 1 Meter weit. An den Endflächen wird die Ladung im Feld um die Anodendrähte vervielfacht. Das Bogenmaß  $R\Phi$  wird durch die segmentierten Kathodenstreifen mit jeweils festem Radius  $R_1, \dots, R_{16}$  gemessen,  $z$  aus der Driftzeit. Somit ist die räumliche Lage der Spur bestimmt.

AUTOREN: W. Lucha, H. Pietschmann, M. Regler, B. Southworth (HEPHY-Wien / CERN)

Nach einer Professur in Paris kam er 1959 zum CERN (gerade in dem Jahr, in welchem Österreich dem CERN beitrug). Neben seiner wissenschaftlichen Leistung war G. Charpak auch als Lehrer sehr beliebt. Mit seinen jungen Kollegen war er jederzeit bereit, auch Nächte durchzuarbeiten. Schon erwähnt wurde sein Engagement in der Medizin. G. Charpak war auch Initiator vieler humanitärer Aktivitäten: in Frankreich, in Entwicklungsländern und in der Sowjetunion. Besonders spektakulär war, als es ihm gelang, dem russischen Dissidenten Yuri Orlow die Ausreise in den Westen zu ermöglichen, nachdem bereits berühmte Staatsmänner gescheitert waren.

### **Georges Charpak und das Institut für Hochenergiephysik der Österreichischen Akademie der Wissenschaften**

Wissenschaftler des Instituts für Hochenergiephysik lernten Georges Charpak 1968 (dem Jahr der Veröffentlichung der Vieldrahtproportionalzählkammer) bei der Arbeit kennen, um - neben den laufenden Verpflichtungen - in einer von ihm (gemeinsam mit A. Minten) geleiteten Arbeitsgruppe den ersten Großdetektor an der ersten Hadron-Kollisionsmaschine der Welt (Intersecting Storage Ring) vorzubereiten. W. Bartl entwickelte danach am Institut für Hochenergiephysik komplexe technische Varianten der "Charpak-Kammer", die Charpaks Beitrag zum erwähnten Großdetektor ergänzten; M. Regler befaßte sich an den damals noch recht bescheidenen "Großrechnern" mit der Entwick-

## **Rudolph A. Marcus Chemie-Nobelpreis 1992**



Der Nobelpreis für Chemie wurde dem am California Institute of Technology in Pasadena wirkenden physikalischen Chemiker Professor Rudolph A. Marcus (geb. 1923) für "seine Beiträge zur Theorie der Elektronenübertragung in chemischen Systemen" verliehen. Die Grundlagen der Theorie wurden bereits 1956-1965 entwickelt. Die "Marcus-Theorie" des Elektronentrans-

fers schneller Algorithmen zur Bewältigung der enormen Datenmengen, die an den CERN-Speicherringen dank der "Charpak-Kammern" gesammelt werden konnten, und der zugehörigen Optimierung der Auslegung der Drahtkammern; und W. Wilmsen war maßgeblich an der Entwicklung von mehrstufigen elektronischen Auswahlverfahren ("Multi Level-Trigger") beteiligt. Alle drei Gebiete wurden Forschungsschwerpunkte des Instituts. Als das Institut für Hochenergiephysik 1978 am Atominstitut die erste "Internationale Drahtkammerkonferenz" abhielt, war der Festredner dieser Tagung, G. Charpak, sicher maßgeblich an deren Erfolg beteiligt (so kam etwa Nobelpreisträger Leon Lederman anlässlich einer Drahtkammerkonferenz eigens nach Wien, um G. Charpak in den Räumen der Akademie der Wissenschaften zu treffen). Die vielseitige Anwendung der Drahtkammern führte dazu, daß die Drahtkammerkonferenz - nun im neuen Physikgebäude der TU-Wien - eine Weltkonferenz für Teilchenstrahldetektoren wurde.

1989 veranstaltete das Institut für Hochenergiephysik gemeinsam mit dem Wirtschaftsförderungsinstitut der Bundeswirtschaftskammer ein Symposium über den Einsatz von Drahtkammern in der Medizintechnik (Med-Tech 89), dem der voll engagierte spätere Nobelpreisträger bei der Podiumsdiskussion den richtigen Glanz gab.

Einige Mitglieder unseres Instituts sind G. Charpak auch heute noch in Freundschaft verbunden.

---

fers führte zum Verständnis der Dynamik jener Prozesse, bei denen ein einzelnes Elektron von einem "Donor"-Molekül zu einem "Akzeptor"-Molekül wandert. Beispiele solcher Prozesse sind die Korrosion von Eisen und die primären Prozesse der Photosynthese.

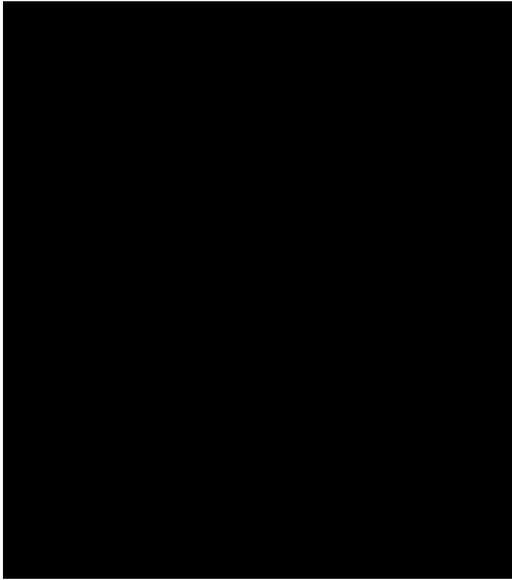
Beim Studium von Redox-Prozessen bei Ionen in Lösung erkannte Marcus, daß die veränderte Ladungsverteilung beim Elektronentransfer eine Umorganisation der Lösungsmittelmoleküle bedingt. Es gelang ihm, die dafür notwendige Reorganisationsenergie auf meßbare Größen zurückzuführen.

Die Reorganisationsenergie spielt neben der Änderung der freien Energie eine entscheidende Rolle bei der Berechnung der Geschwindigkeit des Elektronentransfers. Da sich während des Elektronentransfers wegen der großen Masse der Atomkerne deren Abstände nicht ändern, erfolgt der Übergang vom Anfangs- in den Endzustand über einen Zwischenzustand, zu dessen Erreichung eine Aktivierungsenergie nötig ist. Deren Größe bedingt die unterschiedliche Geschwindigkeit solcher Prozesse. (Zu den schnellsten Elektronentransferprozessen zählt der erste Schritt der bakteriellen Photosynthese, in dem ein Elektron innerhalb von 3 Picosekunden über einen Abstand von 1,7 Nanometer übertragen wird.)

## Große Köpfe - kleine Marken

W. Rentzsch stellt vor:

Wissenschaftler auf Briefmarken



4.8.1954: "25. Todestag von Dr. Carl Auer Ritter von Welsbach". StTdr.Kz.141/4:131/2 (Chemiker, Erfinder des Gasglühlichtes, 1858-1929). Nr. 1015 im Austria-Netto-Katalog. S 1,50, ultr., Auflage 900.000.

## DER LAUCHGRÜNE ZWILLING -

Dr. Carl

Freiherr Auer von Welsbach

*"Wüßte nicht, was sie Besseres erfinden könnten, als wenn die Lichter ohne Putzen brennten."*

*J. W. von Goethe*

Ein Leben dem Licht gewidmet - PLUS LUCIS steht am Auer-von-Welsbachdenkmal in der Wiener Währingerstraße beim Chemischen Institut.

Im Jahre 1858 kam Carl um zwei Monate zu früh in Wien zur Welt - eine äußerst begabte Frühgeburt.

Seine Vorfahren stammten aus Wels und wohnten, wie es sich für Flößer und Zimmerleute gehört, am Mühlbach; aus dem Mühlbach wurde der Welsbach - daher der Name. Alois Auer von Welsbach (1813 - 1869), Carls Vater, ein gelernter Schriftsetzer, erlernte autodidaktisch mehrere Sprachen und schrieb auch eine eigene Grammatik. Er wurde im Jahre 1841 Direktor der Hof- und Staatsdruckerei und erfand die selbsttätige Schnellpresse, sowie die automatische Kupferpresse. Er trat im Jahre 1864 in den Ruhestand und übernahm persönlich die Ausbildung des sechsjährigen Sohnes. Alois Auer von Welsbach starb 1869 - Carl war gerade elf Jahre alt.

Die schulische Ausbildung folgte: erst Zögling im Löwenburgschen Konvikt in der Piaristengasse, dann Gymnasium in Mariahilf und später das Josefstädter Gymnasium. Aufgrund früher naturwissenschaftlicher Spezialisierung war das Interesse für Latein eher gering und Carl wechselte in die Josefstädter Realschule.

Dort maturierte A.v.W. im Jahre 1877 mit Vorzüglich in Chemie, Zeichnen und Turnen.

Den anschließenden Militärdienst absolvierte er bei der Artillerie als Einjährig-Freiwilliger und beendete ihn als Leutnant der Reserve.

In Wien studierte A.v.W. von 1878 bis 1880 an der Universität bei Adolf LIEBEN (1836-1914) Chemie; er besuchte auch Vorlesungen bei Alexander BAUER (1836-1921) an der Technischen Universität. Bei Robert Wilhelm BUNSEN (1811-1899) setzte A.v.W. in Heidelberg seine Studien fort. Mit G.R. KIRCHHOFF (1824-1887) entwickelte Bunsen die Methode der Spektralanalyse als neues analytisches Verfahren - sie entdeckten mit Hilfe der Spektrogramme die Elemente Cäsium und Rubidium. Der Student A.v.W. arbeitete mit Bunsen an der Trennung der Seltenen Erden (Lanthanide). 1882 promovierte A.v.W. bei Bunsen, der auf die Abfassung einer Dissertation verzichtete.

Nach Wien zurückgekehrt, arbeitete er als Privatgelehrter bei Lieben, wobei er von seiner Mutter finanziell unterstützt wurde.

### Hauptarbeitsgebiete:

#### a) Die Seltenen Erden

In Wien führte der handwerklich geschickte A.v.W. Verbesserungen am Spektroskop durch und untersuchte das in Monazitsand enthaltene vermeintliche Element DIDYM. 1885 gelang ihm die Trennung in zwei neue Elemente, PRASEODYM und NEODYM, durch fraktionierte Kristallisation. Der Name des Elements Praseodym, das grüngefärbte Salze bildet, entstand aus dem griechischen Wort für lauchgrün und dem griechischen griechischen Wort für Zwilling. Neodym bedeutet der "neue Zwilling" (das neue Didym).

Viele Jahre später, zwischen 1905, bis 1907, beschäftigte sich A.v.W. wieder mit Seltenen Erden. Er versuchte nachzuweisen, daß das Element YTTERBIUM kein einheitlicher Stoff sei. Die Trennung ergab die Elemente ALDEBARANIUM und CASSIOPEIUM. Kurz vorher hatte schon G. URBAIN (1872-1938) die Auftrennung vorgenommen. Der Stoff Aldebaranium bekam den Namen YTTERBIUM (entdeckt von J.-Ch.G. de MARIIGNAC (1817-1894) und L.F. NILSON (1840-1899)); der lange in der deutschen Sprache gebräuch-

liche Name Cassiopeium wird heute nicht mehr verwendet - das Element heißt LUTETIUM.

#### b) Das Auerlicht (Gasglühlicht)

Im Jahre 1884 tränkte A.v.W. verschiedene Textilien mit Salzlösungen der neu gefundenen Stoffe (Seltene Erden) und stellte ein starkes Emissionsvermögen beim Erhitzen fest. In der Folge tränkte er sogenannte Auerstrümpfe - die ersten wurden angeblich von seiner Mutter selbst aus Baumwollfäden gehäkelt - mit Salzlösungen und glühte die Fasern aus. Es entstand ein helles leicht grünliches Licht, das sich nur begrenzte Zeit einiger Beliebtheit erfreute.

Bei Thoriumuntersuchungen gelang 1891 der Durchbruch mit den stabileren und helleren Gasglühkörpern aus 99,1% Thoriumoxid und 0,9% Cerdioxid. Diese Mischung wurde zum Patent angemeldet und ist noch heute beim Gasglühlicht in Verwendung. Die Gaslichtlampen wurden fabrikmäßig ab 1892 in der Fabrik A.v.W.'s in Atzgersdorf hergestellt. Einige Jahre war das Gaslicht eine starke Konkurrenz für das elektrische Licht; der Gaspreis betrug nur ein Sechstel des Strompreises, und die Glühlampen waren noch unausgereift. Gasbeleuchtung bei Straßenlaternen gab es in den Außenbezirken Wiens noch nach dem Zweiten Weltkrieg.

#### c) Die Osmiumlampe

A.v.W. beschäftigte sich im Jahre 1898 mit der Verbesserung der Edison'schen elektrischen Kohlefadenlampe. So wie Bunsen war A.v.W. ein Praktiker, der nicht viel Vertrauen in die Richtigkeit des weitergegebenen Wissens in Büchern hatte. Als er Bunsens Bibliothek kaufte, waren noch viele Bände unaufgeschnitten, und sie blieben es auch größtenteils. Bei seinen Untersuchungen nach dem geeignetsten Metall für Glühfäden studierte er ein Buch über Osmium und erfuhr fälschlicherweise, daß dieses Metall den höchsten Schmelzpunkt besitze. So verfertigte er nach vielen Versuchen einen Metallfaden aus Osmium, der sich als Glühdraht sehr gut bewährte und 1900 bei der Weltausstellung in Paris erstmals gezeigt wurde.

In den Jahren vor dem Ersten Weltkrieg verdrängten allerdings die Wolframlampen seine Erfindung. Wolfram besitzt einen höheren Schmelzpunkt als Osmium.

#### d) Das Auermetall

Im Jahre 1907 beschäftigte sich A.v.W. mit der Zusammensetzung und der Erzeugung von künstlichen Zündmetallen (Feuerstein). In einem von der Alpine Montan stillgelegten Eisenwerk in Treibach (Kärnten) produzierte er die Feuersteinrohlinge aus 30% Eisen und 70% Cer. In dem mit einem eigenen Kraftwerk

ausgerüsteten Werk wurden die Rohlinge zu Drähten geformt und geschnitten; die ersten dazupassenden Feuerzeuge stellte A.v.W. noch selbst her. Die Produktion im Werk deckt noch heute den halben Weltbedarf.

Im Jahre 1948 fand das 50jährige Bestandsjubiläum des Betriebes statt. Ein Jubiläumsredner wies darauf hin, daß ca. eine Million Kilogramm Cereisen im Werk hergestellt worden waren, und daß die daraus verfertigten 6 Milliarden Feuersteine 6 Billionen Zündungen ergeben hatten. Das entspricht 6 Billionen Streichhölzern, für die man 2 Millionen Festmeter Holz benötigt habe.

Auer von Welsbach war ein vielseitiger und manchmal auch recht eigenwilliger Mann. Vor Antritt einer Zugsreise desinfizierte er sein Abteil mit einer eigenen Spritzpumpe. Auch sein Vertrauen zu Ärzten war so gering, daß er seine Zähne mit Hilfe eines Spiegels selbst plombierte und bis zu seinem Lebensende keine Ärzte konsultierte.

Schon früh kaufte A.v.W. in Kärnten den Marienhof, der nach Anbauten für seine Laboratorien schließlich Schloß Welsbach genannt wurde. Hochzeit 1899 in Helgoland; der Ehe entstammten vier Kinder (eine Tochter, drei Söhne).

Auf Schloß Welsbach und den dazugehörigen Gütern beschäftigte sich A.v.W: neben seinen Hauptarbeitsgebieten noch mit vielen anderen Dingen. Er besaß Gewächshäuser, betrieb eine Rosenzucht und veredelte beispielsweise eine kanadische Apfelsorte, die er auf acht Hektar anbaute - den sogenannten Auerapfel.

A.v.W. gehörte auch zu den Pionieren der Farbphotographie, die er mit den 3-Farbenplatten der Brüder Lumière betrieb.

Große Teile seiner Einnahmen spendete er für wohltätige Zwecke. Er ließ 1908 die Kaiser-Franz-Josef-Jubiläumsschule in Maiselding, Kärnten, bauen und bezahlte selbst die schulärztliche Betreuung. Im Ersten Weltkrieg kaufte er für die Klagenfurter Kinder 80 Kühe, die monatlich 30 000 Liter Milch lieferten. Nach dem Krieg verkaufte er sein Wiener Haus und spendete den Erlös als Notstandshilfe, die teilweise zum Ankauf von Röntgenapparaten für die Wiener Bevölkerung verwendet wurde.

Seine sehr reinen Proben der Seltenen Erden stellte er vielen Laboratorien auf der ganzen Welt zur Verfügung, so z.B. Rutherford im Cavendish Laboratorium in Cambridge.

A.v.W. starb im Jahre 1929 auf seinem Schloß in Kärnten. Er wurde er in Wien in der Familiengruft am Hietzinger Friedhof (1130 Wien, Maxingstraße 15, Gruppe 19, 26 D) beigesetzt.

W. Rentsch

### Quellen:

- Adler, Josef; Gruber, Clemens: Berühmte Gräber in Wien. Verlag Perlen-Reihe. Band 1012, Wien
- Bausteine der Erde 3. Herausgeber: I. W. Petrijanow-Sokolow. Verlag MIR (Urania-Verlag Leipzig) Moskau, 1976
- Figurovski, N.: Die Entdeckung der chemischen Elemente und der Ursprung ihres Namens. Aulis Verlag Deubner & CoKg, Köln, 1981
- Kleindel, Walter: Das große Buch der Österreicher. Kremayr & Scheriau, Wien, 1989
- Köhler, Alexander: Das Bestimmen der Minerale. Springer-Verlag, Wien 1949
- Pötsch, Winfried R.: Lexikon bedeutender Chemiker. Verlag Harri Deutsch, Thun, 1989
- Römpps Chemielexikon. Herausgeber: Neumüller Otto-Albrecht. Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1987
- Sendung der Wissenschaftsredaktion ORF: 'Köpfe' 1992
- Sterk, Harald (Herausgeber: Wiener Allianz) Industriekultur in Österreich (1873-1918). Christian Brandstätter, Wien/München, 1985
- Strube, Wilhelm: Der historische Weg der Chemie (Band II). VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1981
- Wolff, Robert: Die Sprache der Chemie. Dümmler, Bonn, 1971

## 100. Geburtstag von Frau Univ.-Prof. Dr. Franziska Seidl

Erinnerungen und Experimente präsentierte Univ.-Prof. Dr. O. Preining, unterstützt von Frau Dr. V. Berner und Herrn Dr. H. Tilgner, am 23. Juni 1992 anlässlich des 100. Geburtstages der langjährigen Vorsitzenden und Ehrenpräsidentin des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts. Umrahmt von Tondokumenten und eingeleitet durch ein Streichquartett des BORG für Studierende der Musik wurde der Lebenslauf einer bemerkenswerten Persönlichkeit dargestellt, ihre Rolle auch in der Ausbildung von Lehramtskandidaten gewürdigt und einige ihrer "Lieblingsexperimente" vorgeführt.

### Kurzbiographie:

- 1892 geboren am 1. Juli. Schulen in Wien, Musikunterricht
- 1895 30. März: Gründungsversammlung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts im Festsaal des kk.Staats-Real- und Obergymnasiums im 6. Bezirk
- 1911 Heirat mit Gymnasialprofessor Wenzel Seidl
- 1916 Prof. W. Seidl fällt in der Isonzoschlacht. Franziska Seidl beginnt das Studium an der Universität Wien
- 1923 8. Dezember: Promotion. Doktorvater war Ernst Lecher. Sie wird seine Assistentin mit 1.1.1923.
- 1932 Habilitation für Experimentalphysik.
- 1938 Geschäftsführerin des Vereins
- 1942 Verleihung des Titels Außerordentlicher Universitätsprofessor.
- 1945 25. September: Betrauung mit der interimistischen Leitung der physikalischen Institute
- 1947 Begründung der Fortbildungswochen, die seither jährlich stattgefunden haben.
- 1958 27. Jänner: Ernennung zum außerordentlichen Professor
- 1960 Organisation und Leitung einer großen OEEC-Tagung in Wien und Salzburg
- 1963 30. September: Emeritierung nach Absolvierung des Ehrenjahres
- 1968 Verleihung des großen Ehrenzeichens für Verdienste um die Republik Österreich
- 1983 verstorben am 14. Juni

Dankenswerterweise hat Prof Preining zugesagt, den Vortrag im Rahmen der 47. Fortbildungswoche am Dienstag, 23.2.1993, zu wiederholen.

*Auers Laboratorium im Chemischen Institut der Universität Wien. (Bild auf der Titelseite des "Illustrierten Wiener Extrablattes", 1. Februar 1886)*

# Historische Naturwissenschaftliche Geräte

Dr. Anton Held, Spielzeugmuseum Salzburg

In Österreich wurde und wird die museale Verwaltung historisch-wissenschaftlicher Apparate nicht so aufmerksam betrieben wie z.B. in westeuropäischen Ländern; vergleicht man die physikalisch-chemischen Spezialmuseen in Florenz, Genf, Oxford, London und Cambridge, in Utrecht, Haarlem oder Leyden, so tut es einem leid, daß solche Fachsammlungen in Österreich nicht vorhanden sind, noch dazu, wo vor allem im 19. Jahrhundert auch die Wiener Feinmechaniker und Optiker als hervorragende und gesuchte Apparatebauer in Europa galten. (Es muß gesagt werden, daß das Techn. Museum in Wien auch wissenschaftliche Geräte sammelt und ausstellt, aber leider nur, sozusagen nebenbei; vielleicht bringt der jetzige Umbau des Museums eine Besserung der Zurschaustellung.)

Da nach geforderter Tradition die Schulen der benediktinischen Stifte auch den Naturwissenschaften immer größtes Gewicht beimaßen, sind ihre technischen Hilfssammlungen, sei es für persönliche Forschungsarbeiten, sei es für unterrichtliche Zwecke (Naturlehrekabinette), seit je immer gut ausgerüstet worden.

Das Museum im Mathematischen Turm zu Kremsmünster ist weitem bekannt und wird bestaunt; daß auch z.B. die Nachbarstifte Seitenstetten und Melk reichhaltige und zeitlich weit zurückreichende naturwissenschaftliche Gerätebestände haben, ist noch wenig publik geworden. Ihre bisherige Isoliertheit in geschlossenen Kabinetten hat übersehen lassen, daß sich auch hier vergleichsweise schöne und originelle Apparaturen befinden, die aus heutiger Sicht beispielhaft den historischen Erkenntnisfortschritt der Menschheit zu dokumentieren vermögen.

Aus Vorbereitungen für die großen niederösterreichischen Landesausstellungen 1989 und 1991 hat sich nun die erfreuliche Möglichkeit einer Durchmusterung und ersten musealen Ordnung der physikalisch-chemischen und astronomischen Sammlungen der Stifte Melk und Seitenstetten ergeben und schließlich sogar eine öffentliche Ausstellung von Teilen davon.

In Seitenstetten steht dafür ein großer dreiteiliger Glaskasten zur Verfügung, der im Fenstergang parallel zur berühmten Stiftsbibliothek dauerhaft aufgestellt ist; in Melk sind es drei Großvitrinen, zwei Buchvitrinen und einige verglaste Sonderplätze, die in einem der Kaiserzimmer rechts neben der Kaiserstiege stehen. Im Rahmen von Stiftsführungen können sie besichtigt werden (alle Gegenstände sind bezeichnet bzw. benannt, in Melk ist auch ein bebildeter Kurzkatalog erhältlich).

Mit diesem Artikel seien alle interessierten Lehrpersonen auf diese kleinen Ausstellungen aufmerksam gemacht und eingeladen, sie eventuell in die Besichtigungsprogramme von Schulausflügen oder Exkursionen einzufügen! Die Apparate werden bestimmt viel Neugier und auch nostalgische Erinnerungen wecken, wodurch wir schließlich erreichen können, daß ganz allgemein mehr Bewußtsein der Werte dieser überlegten und auch handwerklich meisterhaften Leistungen menschlichen Tuns und Geistes geweckt und gefördert, schlußendlich auch der Geschicklichkeit unserer Väter die gebührende Referenz erwiesen wird!

Zur Anregung seien einige "Gustostückerl" genannt:

- Melk: astronomischer Quadrant, 1600
- Astrolabium, frühes 17. Jhd.
- Ringsonnenuhr, um 1700
- Seitenstetten: Papiermikroskop, 18. Jhd.
- Kastenmikroskop, Ende 18. Jhd.
- Zylinderelektroskop, 1790
- Reibungselektroskop (Empire-Stil), um 1810
- Galvanische Trockensäule, um 1830
- Daguerotypiekamera (die 91. Ganzmetallkamera der Welt!), 1841
- Döbereiner'sche Feuerzeuge, um 1830
- Melk: Große Leydener-Flasche mit Transportschachtel, 1860
- Reibungselektroskop, 1863
- Elektromotor nach Page, 1863
- Héronsbrunnen, 1865
- Dampfmaschinenmodell (Holz und Pappe, tw. Schnitt) 1863
- Seitenstetten: Elektr. Luftthermometer nach Rieß, 1870
- Melk: Großes Induktorium nach Rühmkorff, 1871
- Anamorphotische Bilder mit Kegel- oder Zylinderspiegel, 1871
- Halbkugeln nach Cavendish, 1872
- Differentialthermoskope nach Leslie und Thompson, 1870, 1876
- Seitenstetten: Kali-Kugel-Apparat nach Liebig, 1873
- Melk: Reflexionsstereoskop nach Wheatstone, 1874
- Kompressionsapparat mit Piezometer nach Oerstedt, 1875
- Melk und Seitenstetten: Plattenkondensator nach Franklin, 1880, 1884
- Melk: Influenzelektroskop nach Holtz, um 1880
- Camera obscura, um 1890
- Seitenstetten: Phonoautograph nach Edison, System Scott, 1886
- Seitenstetten: Plattengrammophon, System Wiener, 1890
- Modell einer Armillarsphäre, 1893
- Melk: Fallmaschine nach Atwood, 1893
- Seitenstetten: Elektroskop mit Zampionisäule, nach Fechner, 1900

# Freihandexperimente

## Schon versucht? Schnapsglaskaskade

Werner Rentzsch

Der im folgenden dargestellte Versuch kann zu Hause (von Schülern aber natürlich auch von Lehrern) oder im Labor ausgeführt werden.

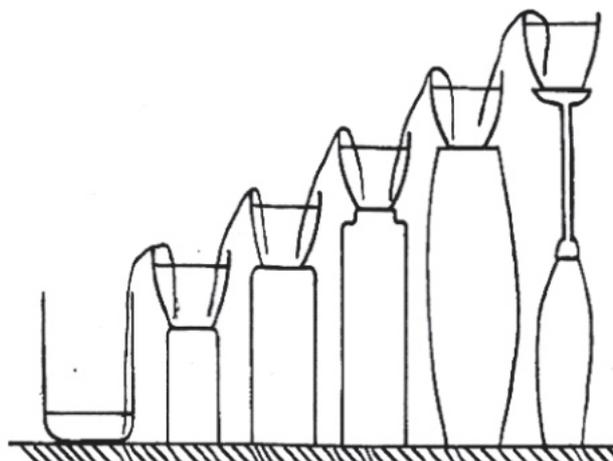
In der Schule eignet er sich besonders als Motivationsversuch zum Einstieg in das Kapitel Säuren und Basen. Da der gesamte Versuch über eine Stunde dauert, ist es günstig, für den Schulversuch die Rotkrautlösung und die Gläserterre vorzubereiten. Je nach Menge der zutropften Säure und Base und der Reihenfolge ergeben sich durch wechselseitige Neutralisation sowie Unter-, bzw. Überschichtungen der einzelnen Farben sehr schöne Effekte.

**Bedarf:** Küchenreinderl, Schneidebrett, Messer, größeres Glas, kleines Sieb, einige Schnapsgläser (z.B. 5) "Unterstellgläser" und Kaffeetassen (für den Laborversuch: Bechergläser, Stellzeug und Brenner), Wollfaden, Schere, Essig, Natronlauge (oder Waschlauge), 2 kleine Tropfpipetten (ev. Nasen- oder Augentropfpipetten), weißer Karton.

**Vorbereitung:** Einige Rotkrautblätter werden mit dem Messer feinblättrig geschnitten und, mit Wasser bedeckt, einige Minuten am Herd erhitzt (einmal aufkochen lassen) - die verwendete Wassermenge soll zur Füllung der Schnapsgläser ausreichen. Nach dem Abkühlen des Rotkrautauszuges wird mit dem Sieb die Flüssigkeit abgetrennt. Der "Rotkrautindikator" wird in die Schnapsgläser gefüllt - sollte die Lösung zu farbintensiv sein, fügt man Wasser zu, bis sie durchscheinend violett ist.

Nun stellt man die Schnapsgläser auf umgedrehte verschieden hohe Gläser bzw. Tassen (selbstverständlich können auch Unterstellklötzchen verwendet werden) - die jeweilige Höhendifferenz sollte ca. 1/2 Schnapsglashöhe betragen; das unterste Glas, das direkt am Tisch steht, sollte mindestens das Fassungsvermögen aller Schnapsgläser zusammen haben.

In die 5 Gläser tropft man Essig und verdünnte Base, z.B. nach dem Vorschlag der Abbildung. Natürlich können auch viele andere Varianten probiert werden, z.B. in das oberste Glas nur Base oder Säure (es entsteht eine Art Verdünnungsreihe). Von Glas zu Glas legt man mit Wasser befeuchtete Wollfäden. Es ist günstig, die Fließgeschwindigkeit des Wollfadens vorher mit 2 Wassergläsern auszuprobieren - der Transport der Flüssigkeit sollte nicht zu langsam sein (ev. Wollfaden doppelt nehmen). Günstig ist es, einen weißen Hintergrund zu verwenden.



nur	3 Tropfen	4 Tr.	1-2 Tr.	wenig	viel
Indikator-	Essig	Base	Essig	Base	Essig
lösung				(türkis-	(rot)
(blauviolett)	(rotviolett)	(grün)	(violett)	grün)	

**Ablauf und Beobachtung:** Die Flüssigkeit "wandert" von oben nach unten von Glas zu Glas. Je nach Variante treten die verschiedensten Farbänderungen auf. Die Farbänderungen beruhen auf der Indikatorwirkung der in Rotkraut enthaltenen Anthocyane.

Die Flüssigkeit "wandert" auf Grund der Kapillarkräfte.

Viel Spaß und gutes Gelingen!

## Versuch zur Brownschen Bewegung

Rainer Pippig

Zwei gleiche zylindrische Glasgefäße (Durchmesser 8-15 cm, Höhe 3-6 cm) werden auf den Tageslichtprojektor gestellt. In eines gießt man kaltes Wasser (Leitungswasser genügt), in das andere heißes Wasser (80-90°) bis auf eine Höhe von 2-3 cm. Nun werden gleichzeitig(!) zwei Zuckerwürfel in die Mitte der beiden Schalen gelegt.

**Beobachtung:** Im heißen Wasser werden sofort kleine Zuckerbröckchen mit großer Schwung z.T. bis an den Rand geschleudert, der Würfelzucker ist nach einigen Sekunden zerfallen, seine Reste bedecken fast den ganzen Boden der Glasschale. Der Zucker im kalten Wasser zerfällt viel langsamer und bedeckt nach seinem Zerfall wesentlich weniger Fläche.

**Erklärung:** Anscheinend "zwängen" sich die heißen Wasserteilchen viel heftiger als bei kaltem Wasser in die Hohlräume des gepreßten Zuckerwürfels. Sie müssen sich also viel heftiger (stärker oder schneller) bewegen.

(Gefunden in Heft 3/92, S. 244 von Physik und Didaktik, Bayerischer Schulbuch-Verlag)

# Didaktik des Freihandversuches<sup>1</sup>

Prof. Mag. Leo Ludick, Bundesrealgymnasium Wels, Wallererstraße und Johannes-Kepler-Universität, Linz

Wenn ich hier über die besondere Bedeutung des Freihandexperiments referiere, dann bedeutet dies nicht, daß dies die einzige Art des Unterrichts in Physik sein soll.

Guter Physikunterricht braucht:

- das Demonstrationsexperiment des Lehrers
- das Schülerexperiment
- das Meßexperiment
- das Freihandexperiment
- den Frontalvortrag
- die Gruppenarbeit
- die mathematische Ableitung.

Guter Physikunterricht muß abwechslungsreich sein und muß die Schüler aktivieren, animieren und begeistern.

## Was sind Freihandexperimente?

Definition: Unter Freihandexperimenten verstehe ich jene Experimente, die ohne großen, gerätemäßigen Aufwand - praktisch immer und überall - durchgeführt werden können.

"Das Demonstrationsexperiment im Physikunterricht lebt in zunehmendem Maße von "schwarzen Kästen", die je nach Herstellerfirma in einer blauen, grauen oder anderen Farbversion zum Kauf angeboten werden". (Physik und Didaktik 2/1986). Ich führe Freihandexperimente deshalb durch, weil durch die Abwesenheit technischer Geräte die Physik sichtbar wird.

## Wozu soll überhaupt experimentiert werden?

a) Begründung aus dem Fach:

Galileo Galilei forderte, alles, was meßbar ist, zu messen und alles, was nicht meßbar ist, meßbar zu machen. Diese Forderung steht am Beginn dessen, was wir physikalisches Arbeiten im heutigen Sinn nennen.

b) Begründung aus dem Lehrplan:

Im Lehrplan finden sich vielfältige Hinweise auf den Einbau des Versuchs in die Unterrichtsdurchführung. Unter anderem heißt es im Lehrplan für Physik: *Der Schüler soll einfache Arbeitsweisen der Physik kennen und anwenden können, wie etwa: Beobachten, Beschreiben, Messen; ... Durchführen und Auswerten von Versuchen. Durch ausgewählte Experimente ... soll das Schülerinteresse geweckt werden. Der Physikunterricht geht von konkreten Beobachtungen aus.*

*Dies schließt den Einsatz von Schülerversuchen ein. Beobachtungen aufgrund von Experimenten ... und anschließende experimentelle Überprüfung von Lösungsansätzen ... Informierende Darbietung - womöglich unterstützt durch Experimente - ist anzustreben.*

Aus beiden Begründungen geht eindeutig hervor, daß das Experiment eine zentrale Stellung im Unterricht haben muß.

## Was ist ein Experiment im Physikunterricht?

Im Lexikon findet man unter dem Stichwort "Experiment" folgende zwei Deutungen:

Ein Experiment ist

- ein methodisch angelegter Versuch in Wissenschaft und Technik zur Klärung von Vorgängen,
- ein Wagnis, eine riskante Unternehmung.

Und die Experimente, die wir im Physikunterricht durchführen, sind beides.

## Wann kann man ein Experiment einsetzen?

*Das Experiment als Einstieg:* Durch einen Versuch am Beginn eines neuen Kapitels soll das Interesse geweckt werden. Hier lesen wir im Lehrplan der 2. Klasse (Lehrstoff): "Durch ausgewählte Experimente aus einigen Teilgebieten der Physik soll das Schülerinteresse geweckt werden".

*Das Experiment als Diskussionsentscheid:* Es ergeben sich öfters im Physikunterricht Diskussionen. Paradoxa sind solche Fälle. Das hydrostatische Paradoxon sei hier erwähnt. Gerade dann, wenn es Diskussionen um den Ausgang eines Experiments gibt, gilt der Satz Ludwig Boltzmanns "die letzte Wahrheit liefert das Experiment" besonders.

*Das Experiment für die Gesetzesfindung:* Hier sehen viele die ureigenste Domäne des Experiments - das Meßexperiment. Sehr viele Gesetze lassen sich durch einfache Experimente finden.

Halbquantitativ (je - desto) z.B. Zusammenhang zwischen Schräge einer Ebene und Geschwindigkeit; zwischen Temperatur und Ausdehnung; zwischen Windungszahl und Induktionsspannung; ...

Quantitativ z.B. Fallgesetz; Übersetzungsverhältnis bei Transformatoren; Ohmsches Gesetz;

*Das Experiment zur eindrucksvollen Demonstration:* Hier hat das Schulexperiment seine besondere Bedeutung. Durch das Ansprechen des Auges wird ein Sachverhalt eher gelernt. Denken Sie daran, daß der Mensch überwiegend visuelle Eindrücke verarbeitet.

*Das Experiment als Aufforderung zur Selbsttätigkeit:* Der wichtigste Grund für Schülerexperimente ist darin zu sehen, daß alles, was man selbst gemacht hat, viel eher im Gehirn haften bleibt. Gerade Experimente, die mit "Alltagsdingen" durchgeführt worden sind, regen die Schüler zum Nachahmen an.

<sup>1</sup>Nach dem vom Verfasser 1991 gehaltenen Vortrag auf der 45. Fortbildungswoche des Fördervereins

## Warum wird meist zuwenig experimentiert?

Experiment ist (auch) Wagnis - riskante Unternehmung. Ich möchte es etwa überspitzt formulieren: Der Lehrer, der einen Versuch durchführt, muß

- den Versuch aufbauen und abwickeln
- gleichzeitig
- den Versuch erklären und den Stoff darbieten
- gleichzeitig
- die Schüler und ihre Mitarbeit beobachten
- gleichzeitig
- pädagogische Maßnahmen setzen
- gleichzeitig
- soll er auch noch souverän dreinschauen.

Ja, es ist sicher leichter "Kreidephysik" zu betreiben!

Ein weiterer Entschuldigungsgrund für die Abstinenz vom Versuch ist die Ausrede von der fehlenden Ausstattung der Schulen.

Zur Überforderung: Aller Anfang ist schwer. Experimentieren kann und muß man - so wie jede manuelle Tätigkeit - durch Übung erlernen. Je mehr Experimente

man macht, desto weniger Fehler schleichen sich ein, desto mehr Routine bekommt man und desto gelassener kann man das Experiment durchführen.

Zum Mangel an Geräten: Viele Versuche lassen sich mit einfachen, in der Schule vorhandenen Geräten oder mit Alltagsgegenständen durchführen. Hier kann man findig sein und innovativ tätig werden.

Ich glaube auch, daß die umfangreiche Vorbereitungsarbeit mit ein Grund ist, warum den Schülern so wenige Experimente gezeigt werden, .

Jeder Physiklehrer, der Experimente durchführt, hat unzählige Vorbereitungsstunden im Physiksaal zugebracht und ist oftmals frustriert, weil so manches doch nicht funktioniert hat. Aber jeder Experimentator hat auch viele beglückende Stunden erlebt, wenn "seine" Experimente angekommen sind. Und wenn Schüler vielleicht noch nach Jahren von manch gelungenem Experiment schwärmen, so ist das der Lohn für so manchen experimentellen Rückschlag.

---

## Bücherecke

Georg Wagner

### Chemie in faszinierenden Experimenten

Aulis-Verlag, Köln 1991. 7., erw. Aufl., 144 S., 203 Abb., DM 18,60

Die siebte Auflage eines für den engagierten Chemielehrer unentbehrlichen Buches ist erschienen - eine Auswahl von 88 Versuchen aus 84 Chemiebüchern und Fachzeitschriften.

Zur Auflockerung des Unterrichts bietet die gute Zusammenstellung spektakulärer Experimente viele Möglichkeiten zu bestimmten Fachgebieten der Chemie, bzw. als Motivations- oder "Weihnachtsversuch". Ein Großteil der Versuche wurde von mir schon mehrmals begeisterten Zusehern vorgeführt. Die meisten Versuche "gelingen" bei einigem Geschick auf Anhieb, für einige Versuche, wie z.B. beim "Weiterschießen einer Kerzenflamme", benötigt man mehr Erfahrung und eine gehörige Portion Unerschrockenheit.

Neu an der 7. Auflage des bewährten Experimentalsbuches sind die entsprechenden Gefahrensymbole neben jedem Versuch, im Anhang sind die Chemikalien mit den R- und S-Sätzen aufgeführt, und zusätzlich sind Entsorgungsvorschläge für sechs Entsorgungsfäße genannt.

W. Rentzsch

---

Hans Kiefer, Winfried Koelzer

### "Strahlen und Strahlenschutz"

Vom verantwortungsbewußten Umgang mit dem Unsichtbaren

Springer-Verlag 1992. 3. Aufl. unter Berücksichtigung der neuen ICRP-Daten mit 49 z.T. farbigen Abb. und 49 Tab. XIV+144 S., DM 38,-

"... etwa ein Prozent unserer Bevölkerung kommt beruflich mit ionisierender Strahlung in Berührung, muß also im eigenen Interesse einiges vom Strahlenschutz verstehen. Die ganze Bevölkerung ist in sehr unterschiedlichem Maße der natürlichen Strahlenexposition sowie bewußt zumindest bei Röntgendiagnosen einem erhöhten Strahlenpegel ausgesetzt und damit betroffen. Strahlenfurcht entsteht durch die Veröffentlichung von Halbwahrheiten, indem Hypothesen als Fakten dargestellt werden, qualitativ richtige aber quantitativ falsche Aussagen behauptet werden oder Ja-Nein-Aussagen statt wahrscheinlichkeitsbezogener Extrapolationen erfolgen. Ein Ziel dieses Buches soll es deshalb sein, den Leser zum kritischen Leser in Strahlenschutzfragen zu machen..." so endet das Vorwort der ersten Auflage vom April 1986. Vermehrt durch das Kapitel "Der Reaktorunfall in Tschernobyl und seine Auswirkungen in der BRD" erlebte das Buch 1987 sogleich eine Neuauflage. Der offenkundliche Erfolg des schmalen, aber lesbar geschriebenen Bandes führte nun (1992) zur 3. Auflage, in der die neuen Daten der International Commission on Radiation Protection (ICRP) berücksichtigt sind.

Schwerpunkt der Darstellung sind natürliche und vom Menschen verursachte Strahlungsquellen, die Wirkung ionisierender Strahlung und die Abschätzung des Risikos. Die von der ICRP kürzlich vorgeschlagenen revidierten Empfehlungen für die zulässige Strahlenexposition gehen von der Erkenntnis aus, daß die Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki einer Strahlenbelastung ausgesetzt waren, die etwa 70% der bisher angenommenen betrug. Die ICRP-Grenzwerte betragen für strahlenexponierte Personen 20 mSv/Jahr (gemittelt über fünf aufeinanderfolgende Berufsjahre, aber maximal 50 mSv in einem einzelnen Jahr), für die Gesamtbevölkerung 1 mSv/Jahr. (Zum Vergleich: Die effektive Äquivalentdosis der natürlichen Strahlenbelastung beträgt 2-4 mSv/Jahr; der gesetzliche Grenzwert für beruflich exponierte Personen derzeit 50 mSv/Jahr mit einer maximalen Summe von 400 mSv für das gesamte Berufsleben.)

Eine eingehende Darstellung des Reaktorunfalls von Tschernobyl und eine Diskussion der in der BRD getroffenen Maßnahmen rundet das Buch ab. Deutlich wird der Unterschied zwischen einer Gefährdung und einer Risikominimierung herausgearbeitet - ein Unterschied, der nach Ansicht der Autoren auch den für die Vorsorgemaßnahmen zuständigen Behörden nicht immer klar gewesen sein dürfte.

Erwähnt werden sollte noch die Bauanleitung einer Diffusionsnebelkammer, die eine lohnende fächerübergreifende Aufgabe zwischen Physik/Chemie und Werken darstellt.

Alles in allem ein preiswertes Buch, das in keiner Schulbibliothek fehlen sollte.

H. Kühnelt

**W. Asselborn, H. Jacob und K.-D. Zils**  
**"Messen mit dem Computer im Chemieunterricht"**

Aulis-Verlag, Köln 1989.

Das 127 Seiten dünne Bändchen besteht aus einer Einleitung und 4 Kapiteln, die sich mit thermometrischen (9 Versuche), potentiometrischen (10 Versuche), konduktometrischen (7 Versuche) und photometrischen bzw. spektroskopischen Messungen (3 Versuche) beschäftigen. Jedes Kapitel ist in die Abschnitte "Theoretische Grundlagen", "Experimentelle Voraussetzungen", und "Versuche" gegliedert.

Die Einleitung ist sehr allgemein gehalten. "Der Computer als Meßinstrument" wird im 2. Abschnitt der Einleitung cursorisch beschrieben. Interface, A/D-Wandler und RS-232-Schnittstelle (sie wird übrigens unter "Software" besprochen), sind dem Wissenden vertraut, der Einsteiger muß sich anderswo

informieren. Zum Buch wird noch eine 5 1/4 Zoll Diskette (360 kB für MS-DOS Rechner), bzw. entsprechende Disketten für den Atari ST und für den Commodore 64 zum Preis von DM 39,- verkauft. Unterstützt wird lt. Buch nur die RS-232-Schnittstelle und der CGA-Graphik-mode. Dem Rezensenten stand allerdings keine derartige Diskette zur Verfügung.

Die jeweiligen Abschnitte "Theoretische Grundlagen" bzw. auch "Experimentelle Voraussetzungen" sind mit Vorsicht zu genießen, so findet man teilweise falsche Aussagen mit richtigen vermischt, z.B. Seite 20: "Die sich ergebenden Wärmemengen sind demnach Enthalpieänderungen" für Versuche, die bei konstantem Druck ablaufen, um dann richtig hinzuzufügen: "Besonders große Unterschiede zwischen Enthalpieänderung und Änderung der gesamten Reaktionsenergie liegen bei Gasreaktionen vor."; Seite 44: "Dieses Elektrodenpotential ist also in erster Linie konzentrationsabhängig", um richtig fortzufahren, "und stellt damit die meßtechnische Grundlage der Potentiometrie als Konzentrationsmeßmethode dar". Auch die Empfehlung (S. 48) eine "Gleichlaufbürette" zu verwenden, um eine konstante Auslaufgeschwindigkeit zu erzielen, hilft wenig, wenn diese Bürette nicht beschrieben wird. Verschiedene Kurven eines Diagramms werden nicht verschieden dargestellt, z.B. Abb. 48, S.104; Abb 50, S. 108.

Dennoch handelt es sich um ein interessantes Büchlein, denn die beschriebenen Versuche sind relativ einfach und geben weitere Ideen, was noch alles "computerisiert" werden könnte. Die Versuche behandeln wichtige Bereiche der Chemie wie Schmelz-, Lösungs-, und Reaktionswärmebestimmungen, bzw. Thermische Analyse, Redoxreaktionen, z.B. Bleiakкумуляtor, pH- und Fällungstitrationen, die enzymatische Spaltung von Harnstoff, die Verseifung eines Esters, die Kinetik der Entfärbung von Kristallviolett und die Verfolgung oszillierender Reaktionen (Iod-Uhr). Für den interessierten Lehrer gibt es so eine Fülle von Anregungen. Der Gefahr, daß Schüler nur mehr mit dem Computer zusammen experimentieren wollen, begegnen die Autoren mit dem Hinweis, daß zuerst das Experiment "normal" durchgeführt werden soll, bevor der Computer eingesetzt wird. Das läßt sich im normalen CU sicherlich nicht durchführen. Der CU kann aber durch eine Vermittlung quantitativer Zusammenhänge mittels Computer nur gewinnen. Denn oft ermöglicht erst das Erfassen der quantitativen Zusammenhänge das richtige Verständnis.

Erhard Hayer

## **Bericht über die bundesweite Arbeitstagung des BMUK der AG-Leiter Physik und Chemie vom 11.5.1992 bis 13.5.1992 in Eugendorf/Salzburg**

OSR Alois KREBS

Zu dieser Tagung waren alle LAG-Leiter/innen für Physik und Chemie der jeweiligen Bundesländer eingeladen. Es nahmen MR Dr. Satzke und OR. Mag. Stockhammer vom BMUK teil, sowie Didaktiker einiger Pädagogischer Akademien und Vertreter Pädagogischer Institute. Die Tagung wurde von den Kollegen Ernst Gunnacker und Leo Köberl/Stmk. geleitet.

Es galt, drei Themenbereiche zu beraten:

a) Initiativen zur Qualitätssteigerung des Unterrichts in Physik und Chemie. Prof. Dr. Nachtigall (Dortmund) stellte nochmals - wie schon im Vortrag in der Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts - sein Thema *Physikunterricht und die Änderung von Denkstrukturen - Empirische Befunde, theoretische Ansätze und ihre Umsetzung in Lernmodelle* dar.

b) Inhalt und Auswirkungen des Sicherheits- und Chemikalienerlasses des BMUK; die Neubemessung des Kustodates für Physik und Chemie wurde besprochen und eine neuerliche Resolution an BMUK, Personalvertretung und Gewerkschaft verabschiedet.

c) Und schließlich wurde das Konzept der Arbeitsgruppe Ph/Ch des BMUK zum Einsatz des Computers im Physik- und Chemie-Unterricht vorgestellt und entsprechende Konsequenzen für die Lehrerfortbildung erörtert.

### **Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Tagung:**

1. Den Ausführungen Dr. Nachtigalls entsprechend, werden die Teilnehmer Initiativen starten, um das Fach Physik/Chemie in der 5. Schulstufe einzuführen. Es ist nicht einzusehen, daß physikalisch-chemische Denkweisen, in der VS grundgelegt, ein Schuljahr lang nicht weitergeführt werden sollen.
2. Didaktische Prozesse während einer Unterrichtssequenz sollen an den Themen Drehmoment, Stromkreis, Optik von einer Arbeitsgruppe konkret festgestellt und entsprechende Lernschritte ausgearbeitet werden.
3. Für den Bereich Chemie sollen "alltägliche Zugänge zur Chemie" und kindgemäße Unterrichtsmodelle erarbeitet werden.

4. Der Arbeitsaufwand der Physik- und Chemie-Kustoden soll in Hinsicht auf den Sicherheits-, Chemikalien- und Entsorgungserlaß des BMUK konkretisiert werden (siehe unten).
5. In die Lehrerfortbildung sollen neue didaktische Überlegungen, wie sie Prof. Dr. Nachtigall vorgestellt hat, einfließen.
6. Die Einführung des Computers in den Physik/Chemie-Unterricht ist von der ARGE Ph/Ch des BMUK vorbereitet worden und soll nach diesem Konzept erfolgen (siehe unten).

Es ist an eine fächerübergreifende Lehrerfortbildung gedacht wie z.B.: WE/technische Informatik, Physik/Chemie, bei der die vorgestellte "Experimentierbox" nach Köberl/Schwaighofer im Selbstbau hergestellt werden kann.

Die Pädagogischen Institute in den Bundesländern werden dringend ersucht, diese Fortbildung dem Wunsch der LAG-Leiter entsprechend durchzuführen.

*Zum Schluß eine Einladung an alle Physik- und Chemielehrer/innen:*

Bitte richten Sie Wünsche und Forderungen, die sich aus Ihrer Unterrichtsarbeit ergeben, an die LAG-Leiter Ihres Bundeslandes. Adressen sind im Pädagogischen Institut oder beim Landesschulrat zu erfragen.

### **Aufgaben des Kustos für Physik und Chemie**

(Aus dem Sicherheits- und Chemikalienerlaß des BMUK in der dzt. vorliegenden Fassung zusammengestellt von OSR Alois Krebs)

1. Die Weitergabe aktueller Informationen, insbesondere über Neuanschaffungen;
2. die Überwachung der ordnungsgemäßen Lagerung der Chemikalien;
3. die Verpflichtung, Aufzeichnungen über Gifte zu führen.

Nach §30 ChemG unterliegen Gifte einer Aufzeichnungspflicht.

Gemäß § 8 Abs. 2 der Giftverordnung 1989 muß der Lehrer, der zum Erwerb von Giften berechtigt ist (Kustos), eine chronologische und lückenlose Sammlung der Belege führen. Er/Sie hat auf jedem Beleg zu vermerken, daß die betreffenden Gifte für Unterrichtszwecke verwendet werden. Die Aufzeichnungen sind durch sieben Jahre, gerechnet vom letzten Tag der Eintragung an, aufzubewahren. Der Verlust oder die irrtümliche Abgabe von sehr giftigen oder giftigen Stoffen ist unverzüglich der Direktion und gemäß §35 ChemG der Bezirksverwaltungsbehörde oder der Bundespolizeibehörde zu melden.

4. die regelmäßige Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen;
5. die Erstellung einer Laborordnung;
6. die Mitwirkung bei der Erstellung des Notfallplanes, sowie der Brandschutzordnung für den Physik/Chemiebereich;
7. die Einweisung aller Lehrer/innen, die Unterricht im Sonderunterrichtsraum Physik/Chemie erteilen, in die Bestimmungen der Laborordnung, sowie über die Bestimmungen des Sicherheitserlasses am Beginn des Schuljahres;
8. Instandhaltung der Sammlung, ständige Ergänzung der Chemikalien, die Anschaffung von Lehrmitteln, Kleinmaterial, etc.;
9. schriftliche, nachweisliche Mitteilung an die Schulleitung von auftretenden Schäden, besonders die Sicherheitseinrichtungen betreffend ... zur weiteren Veranlassung;
10. Giftschränk - Aufbewahrung des Schlüssels;
11. eventuell Recycling und Entsorgung von "gefährlichen Abfällen" aus dem Chemiebereich;
12. Aufbewahren und Sammeln von "gefährlichen Abfällen" in eigenen Behältern: Veranlassung der Entsorgung durch Sonderabfallsammler im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes BGBl. Nr. 325/1990.

### **Resolution der LAG-Leiter für Physik und Chemie zum Chemikalien- und Sicherheitserlaß**

Der Chemikalien- und Sicherheitserlaß des BMUK in der letzten, den Tagungsteilnehmern vorliegenden Fassung hat gravierende Auswirkungen auf die Tätigkeit der Lehrerschaft, auf das Pflichtschulwesen und den zuständigen Schulerhalter.

Eine erfolgreiche Umsetzung der Erlässe kann grundsätzlich nur dann gewährleistet werden, wenn die entsprechenden materiellen Voraussetzungen vom Schulerhalter zur Verfügung gestellt werden und eine adäquate Fortbildung für alle betroffenen Lehrer/innen angeboten wird.

Schwerpunkte einer "Sicherheitsausbildung" sollten die folgenden Punkte sein:

- Umgang mit und Aufbewahrung von giftigen und gefährlichen Stoffen,
- Unfallgefahren bei Schüler- und Lehrerexperimenten,
- Kenntnis von ungefährlicheren Ersatzstoffen,
- Kennzeichnungspflicht der vorhandenen Chemikalien,
- Reinigung der Geräte, Entsorgung.

Soll auch in Zukunft an einem schülerorientierten Experimentalunterricht (wie vom Lehrplan gefordert) festgehalten werden, so ist mit einem beträchtlichen zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Physik- und Chemielehrer/innen und insbesondere für die Kustoden zu rechnen. Zur Abgeltung der durch die Erlässe

bedingten Tätigkeiten ist eine finanzielle Regelung für die Kustoden zu treffen. Die im Sicherheitserlaß angeführten Aufgaben (siehe Beilage) bedingen einen Mehraufwand von ca. 15 - 20 Arbeitsstunden im Monat, die in Form einer entsprechenden Zulage abgegolten werden sollten.

Um das Inkrafttreten der Erlässe nicht noch länger hinauszuschieben, ist eine rasche Erledigung der angesprochenen Vorkehrungen und Bedingungen erforderlich. Die Teilnehmer der Tagung müssen unter den derzeitigen Umständen der Kollegenschaft von der Übernahme eines Physik/Chemie-Kustodiats abraten.

### **Forderung der LAG-Leiter für Physik und Chemie zum Computereinsatz im Unterrichtsfach Physik/Chemie**

Unter Berücksichtigung der Entwicklung des Europäischen Wirtschaftsraumes erscheint den Teilnehmern der ARGE ein zeitgemäßer und zukunftsorientierter Physikunterricht unerlässlich.

Die zukünftige Gestaltung des Unterrichtes muß moderne Technologien in altersgemäßer Form an die Schüler der Pflichtschule heranbringen. Nur dadurch kann in Zukunft der Bildungs- und Lehrauftrag der Hauptschule erfüllt, sowie eine optimale Vorbereitung auf das Berufsleben gewährleistet werden.

Eine zentrale Stellung kommt bei der Realisierung der genannten Ziele der informationstechnischen Grundbildung zu. Gerade der Physikunterricht ermöglicht den Schülern Einblicke in die technischen Grundlagen und die vielfältigen praktischen Anwendungsmöglichkeiten des modernen Werkzeuges "Computer".

*Das bedingt eine sofortige Einleitung folgender Maßnahmen:*

- Flächendeckende Lehrerfortbildung nach dem Konzept der ARGE "Computereinsatz im Unterrichtsfach Physik/Chemie" (Entsprechende Aufforderung an die Pädagogischen Institute);
- Veröffentlichung einer Informationsbrochüre, in der die Einstiegsthemen aus didaktischer und technischer Sicht behandelt werden;
- Bereitstellung einer entsprechenden Einstiegssoftware.

Im Rahmen der Arbeitstagung haben die Tagungsteilnehmer das Konzept der "Experimentierbox" eingehend erprobt und für den Einstieg besonders geeignet befunden, die oben angeführten Ziele und Forderungen zu erfüllen.

Der Selbstbau der Experimentierbox erscheint als ideale Kombination von optimaler Lehrerfortbildung mit der kostengünstigen Fertigung eines Unterrichtsmediums.

## Die Österreichische Physikalische Gesellschaft und der Fachausschuß LHS

Die Österreichische Physikalische Gesellschaft (ÖPG) wurde 1950 als gemeinnütziger Verein zur Förderung und Verbreitung der physikalischen Wissenschaft in Forschung, Entwicklung und Unterricht gegründet. Sie bemüht sich, die österreichischen Physiker aus diesen Bereichen einander näher zu bringen und sie in ihrer Gesamtheit nach außen zu vertreten.

Die ÖPG ist Mitglied der European Physical Society, alle ÖPG-Mitglieder genießen daher Ermäßigungen bei EPS-Tagungen.

Die Mitglieder werden viermal jährlich durch ein Mitteilungsblatt über die Aktivitäten der ÖPG, über ausgeschriebene Preise, offene Stellen, etc. informiert. Die ÖPG vergibt den Physikpreis als Kohlrausch-Preis an jüngere Experimentalphysiker, als Boltzmann-Preis an Theoretiker, den Heß-Preis für ausgezeichnete Dissertationen, den AVL-List-Preis für Arbeiten aus dem Gebiet der angewandten Physik und den Sexl-Preis für besondere Leistungen in Unterricht und Lehre.

Das große Gewicht, das die ÖPG der Ausbildung in der Schule zumißt, geht aus der Tatsache hervor, daß in den Vorstand zwei Lehrer (LSI Mag. E. Gräupl und Dir. Mag. L. Ludick) gewählt wurden. Ebenso hat die ÖPG ihre finanzielle Unterstützung zur Herausgabe von PLUS LUCIS zugesagt.

Der Fachausschuß "Lehrer an höheren Schulen und Lehrerfortbildung" (FA LHS) führt gemeinsam mit dem lokalen Organisator der ÖPG-Jahrestagung den Fortbildungstag im September durch. Mehrere physikdidaktische Tagungen und Konferenzen wurden in den letzten Jahren abgehalten. Unter der Patronanz des FA treffen sich zweimal im Jahr die AG-Leiter Physik an AHS zu einer bundesweiten Besprechung und nehmen zu aktuellen Fragen Stellung. Mit wechselndem Erfolg werden im BMUK Proteste des ÖPG-Vorstands und des FA LHS gegen Maßnahmen des BMUK (Stundenreduktionen, etc.) vorgetragen.

Der Mitgliedsbeitrag beträgt S 400,-. Auch Schulen können Mitglied werden. Gegen eine stark ermäßigte Abonnementgebühr von S 440,- können die *Physikalischen Blätter* bezogen werden.

Beitrittsansuchen sind an den Vorsitzenden, Herrn Univ.-Prof. Dr. H. Mitter, Institut für Theor. Physik, Univ. Graz, Universitätsplatz 5, 8010 Graz, zu richten.

## Resolution der AG-Leiter Physik zur Lehramtsausbildung

Bei ihrer Sitzung im April 1992 in Dornbirn nahmen die AG-Leiter (Physik-AHS) zur Ausbildung der künftigen Physiklehrer Stellung. Die folgende Resolution wurde vom ÖPG-Vorsitzenden an die Studienkommissionen der Universitäten mit der Bitte weitergeleitet, die enthaltenen Forderungen aus der Praxis nach Möglichkeit zu realisieren:

**1. Unsicherheit beim Experimentieren:** Aufgrund des neuen Lehrplans kommt sowohl dem Lehrer- als auch dem Schülerexperiment eine verstärkte Rolle im Physikunterricht zu. Nach wie vor herrscht aber bei vielen Lehrern große Unsicherheit bei der Durchführung von Experimenten. Es erscheint uns in diesem Zusammenhang eine Reform des Anfängerpraktikums notwendig. Von Anfang an wäre die Durchführung einfacher Freihandversuche zu empfehlen. Ebenso wäre für selbständige Planung, Durchführung, Analyse, Fehlersuche etc. von Experimenten ausreichend Zeit vorzusehen. Dabei sollte nicht die Durchführung einer Vielzahl von Experimenten das Ziel sein, sondern Sicherheit beim Experimentieren und Vertrauen in die eigene Tätigkeit... Es könnte ein Teil des Praktikums für die Durchführung von Experimenten speziell für den Schulbereich vorgesehen werden.

**2. Großes Manko der kommunikativen Fähigkeiten in physikalischen Belangen:** Eine entscheidende Fähigkeit des Physiklehrers ist die Vermittlung physikalischer Begriffe, der Arbeits- und Argumentationsweise, der kritischen Ideen. Voraussetzung ist, Physik nicht in abstrakter, mathematischer Form, sondern in anschaulicher verbaler Weise anbieten zu können. Dies kann nicht in Vorlesungen gelehrt, sondern müßte verstärkt in Seminaren geübt werden. Ebenso erscheint eine stärkere didaktische Ausrichtung, die auf die Problematik des Schülerverständnisses eingeht, notwendig.

**3. Anwendungsorientiertheit:** Der neue Lehrplan sieht vermehrt den Anwendungsbezug der Physik und fächerübergreifenden Unterricht vor. Auch in dieser Hinsicht müßten ... entsprechende Kenntnisse vermittelt werden. Ebenso sollte die Durchführung von mindestens einem projektartigen Thema vorgesehen werden. Damit kann die Eigentätigkeit der Studenten gefördert werden. Dies bezieht sich vor allem auf das gänzliche Fehlen des Technikprinzips in der derzeitigen Ausbildung.

Die fachliche Qualifikation muß nach wie vor einen hohen Stellenwert haben. Außerdem sollten die Lehramtskandidaten in ihrer Ausbildung einen Überblick über Astronomie, Astrophysik und Meteorologie erhalten - Kenntnisse, die der Lehrplan zu vermitteln vorschreibt.

## Roman Ulrich Sexl-Preis der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft für besondere Leistungen in Unterricht und Lehre der Physik

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

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

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

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

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

Vorschläge müssen bis spätestens 28. Februar 1993 beim Vorsitzenden der ÖPG

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

schriftlich eingebracht werden.

Diese Vorschläge müssen folgende Informationen enthalten:

Name, Adressen und kurze Lebensläufe der für die Auszeichnung vorgeschlagenen Personen, bzw. Personengruppen (im letzteren Fall ist eine Kontaktadresse anzugeben); Beschreibung der auszuzeichnenden Arbeit(en); Nachweis der Bewährung der auszuzeichnenden Leistungen in der Lehrpraxis.

Bisherige Preisträger: Mag. Stütz (Linz),  
Dr. Pflug (Wien),  
Mag. Natschläger (Linz)

## Internationale Physikolympiade 1992 in Helsinki

An der 23. IPhO nahmen unter der Betreuung von Prof. Mag. Günther Lechner (BRG Wörgl) und Prof. Mag. Helmuth Mayr (BG Schmelz, 1160 Wien) als österreichische Vertreter Christoph Gadermaier (Salzburg), Stefan Katletz (OÖ), Walter Rantner (Tirol), Harald Schwarzmann (Wien) und Thales Schröttner (Stmk) teil.

Christoph Gadermaier errang eine Bronze-Medaille, auch die anderen Teilnehmer boten gute Leistungen. Es mußten drei theoretische und zwei experimentelle Aufgaben gelöst werden. (Über den Sinn so mancher Aufgabe müßte einmal ernsthaft nachgedacht werden. Anm. H.K.)

Auf Initiative des FA LHS wurden die Teilnehmer und ihre Betreuer anlässlich der Jahrestagung (24.-26.9.1992) der ÖPG nach Wien eingeladen. Vor dem Abendvortrag über den Stand der Kernfusion wurden sie den Anwesenden vom Vorsitzenden der ÖPG vorgestellt. Als kleines Zeichen der Anerkennung ihrer Leistung erhielten sie je ein Buch. Frau MR Mag. H. Dobrozemsky dankte bei dieser Gelegenheit den Lehrern und stellte das Engagement des BMUK für die Physik-, Chemie- und Mathematikolympiaden dar.

Eine der experimentellen Aufgaben betraf optische Gitter und Filter. Sie sei im folgenden gestrafft wiedergegeben.

### Optische Gitter und Filter

Zur Verfügung stehen:

eine kleine Taschenlampe,  
ein Reflexionsgitter mit kreisförmigen Rillen,  
einige Plastikbauteile, die als Stützen verwendet werden können,

sieben optische Objekte,

Millimeterpapier und ein Karton zum Aufbau des Experiments.

Aufgaben:

- 1) Bestimmen Sie die Gitterkonstante des Gitters und schätzen Sie den Fehler ab.
- 2) Die Gegenstände 1-5 sind Farbfilter. Welche Wellenlängen werden von jedem Filter durchgelassen? Identifizieren Sie den Bauteil Nr. 6.
- 3) Der Gegenstand Nr. 7) ist ein Drahtnetz. Bestimmen Sie die Entfernung der Drähte.

## Einladung zum 11. Treffen des Arbeitskreises "Computer im Physikunterricht"

Im Februar 1983 fand das 1. Treffen des Arbeitskreises "Computer im Physikunterricht" in Bad Honnef statt. Nach 10 Jahren will erstmalig der Arbeitskreis, der nun auch in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft integriert ist, ein Treffen in Österreich abhalten. Beim vorjährigen Treffen wurden Mag. H. Stemmer (Bundesministerium für Unterricht und Kunst) und H. Kühnelt gebeten, die Organisation durchzuführen.

*Generalthema:* Veränderung des Physikunterrichts durch den Computereinsatz - Bisherige Erfahrungen - Erwartungen an die Zukunft - Internationaler Vergleich. Neben den traditionellen Einsatzformen des Computers (Simulation, Meßwerterfassung und Steuerung, Lernprogramme) zeichnet sich eine multimediale Zukunft ab. Welches Potential steckt in Multimedia?

*Ort:* Linz/Donau; Informations- und Schulungszentrum für Informationstechnologien (IST-Zentrum) Linz an der Pädagogischen Akademie der Diözese Linz, Salesianumweg 3, 4020 Linz. Es stehen dort Hörsäle, Computerlabor, Physiksaal und auch eine Mensa zur Verfügung.

*Zeit:* Beginn 8. März 1993, 8:30 Uhr.  
Ende 9. März 1993, 17:00 Uhr

*Quartier:* Die Teilnehmer werden voraussichtlich im Gästehaus der Landwirtschaftskammer bei ausgezeichnetem Komfort und kostengünstig (ca. DM 50,- pro Nacht) untergebracht. Sollte die Kapazität dieses Hauses nicht ausreichen, gibt es eine Ausweichmöglichkeit. Jedenfalls sollte die Unterbringung möglichst gemeinsam erfolgen, damit Fachgespräche immer möglich sind.

Interessenten wenden sich, auch mit Beitragsvorschlägen, an  
Prof. Dr. H. Kühnelt  
e-mail: KUEHN@pap.univie.ac.at  
FAX: (0043-1)-310 2683  
Tel: (0043-1)-319 1366-284, oder Sekretariat des Instituts 319 1366-260, 250  
Institut für Theor. Physik der Universität Wien  
AG Physikdidaktik  
Boltzmannngasse 5  
A-1090 Wien

---

## Workshop Physik: Sommer 1993 am Attersee

Von 10. bis 16. Juli 1993 findet wieder ein Workshop Physik als bundesweites Seminar des BMUK gemeinsam mit dem FA LHS der ÖPG am Attersee statt. Unter den Referenten befinden sich Prof. Schönwiese (Institut für Meteorologie der Universität Frankfurt) mit dem Thema "Klimaproblematik" und Prof. Luchner (Physikdidaktik der Universität München).

Informationen sind bei Dir. Mag. Leo Ludick, BRG Wels, Wallererstraße, 4600 Wels, erhältlich. Auch Anmeldungen von Beiträgen mögen an diese Adresse gerichtet werden.

---

## Experimentierpraktikum an der Universität Salzburg

Die Abteilung Experimentalphysik (Leitung Univ.-Prof. Dr. A. Asenbaum) am Institut für Physik und Biophysik der Universität Salzburg veranstaltet gemeinsam mit der Arbeitsgemeinschaft der Physiklehrer (AHS) des Landes Salzburg am 11.3.1993 ein ganztägiges Experimentierpraktikum im neu eingerichteten physikalischen Praktikum.

Die Veranstaltung soll dem Kennenlernen moderner Demonstrationsmaterialien dienen.

Diesem erfreulichen Lebenszeichen der Abteilung Experimentalphysik, die damit ihr Engagement für den Physikunterricht in den Schulen zeigt, mögen noch zahlreiche weitere folgen.

(Mitgeteilt von Dr. A. Held)

## Frauen in der Physik

Im Anschluß an eine Vortragsreihe von prominenten Physikerinnen an der Universität Linz hat sich eine Arbeitsgruppe der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft gebildet, die Aufschluß erhalten will, warum so wenige Frauen das Physikstudium beginnen, bzw. beenden. In diesem Sinne ergeht ein Appell an unsere Leserinnen (natürlich auch an unsere Leser) mit der Bitte, uns mitzuteilen, welche spezifischen Gründe sie dafür sehen.

Wodurch werden Mädchen in der Schule von Physik abgeschreckt? (Dies zeigt sich am Wahlverhalten bei

Wahlpflichtfach, Matura, Physikolympiade.) Ist das Interesse der Mädchen an Physik tatsächlich geringer als bei Burschen?

Welche spezifischen Schwierigkeiten gibt es im Studium, insbesondere am Anfang?

Welche besonderen Probleme treten nach Beendigung des Studiums auf?

Mag. Helga Stadler  
Institut für Theor. Physik/AG Physikdidaktik  
Universität Wien  
Boltzmanngasse 5  
1090 Wien

### Nachruf auf Frau Dr. Agnes Ruis

Mit großer Betroffenheit und innerer Anteilnahme geben wir den Tod unserer Kollegin

**Frau OStR Mag. Dr. Agnes Ruis**

bekannt, die am 17. November 1992 im Alter von 51 Jahren nach langer, schwerer Krankheit verstorben ist.

Als Mitglied des Beirats des Vereins und als Leiterin der Arbeitsgemeinschaft für Chemielehrer an den AHS in Wien hat sie wesentlich an der Gestaltung de Schwerpunkt Chemie im Rahmen der Fortbildungswochen mitgewirkt. Mit besonderer Dankbarkeit erinnern wir uns an die ganztägige Veranstaltung "Immunologie" in der Fortbildungswoche 1992.

An der Universität Wien war Frau Dr. Ruis Lektorin für die Lehrveranstaltung "Besondere Unterrichtslehre Chemie" und hat in diesem Rahmen durch Weitergabe ihrer Ideen und Erfahrungen einen wichtigen Beitrag zur Ausbildung des Chemielehrenachwuchses geleistet.

In der Todesanzeige ihrer Schule wurde Frau Dr. Ruis mit folgenden Worten gewürdigt:

*Sie war ein Lehrer, wie es nur wenige gibt: ein Mensch mit Hirn und Herz und einer Begeisterung, der auch lange Jahre und unvermeidbare Ärgernisse nichts anhaben konnten. Sie hat es wie kaum jemand verstanden, in Gymnasiasten die Liebe zur Chemie zu wecken und zu nähren.*