PLUS LUCIS 3/94

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

祝在北京举办的
第二十五屆國際物
理奥林匹克竞賽取
得圓滿成功。

李鵬
一九九四年育月

Lehrplandiskussion
Physikolympiade
Exkursionenen
Chemie-Entsorgung
Freihandexperimente
Lichtgeschwindigkeit
Unterrichtsideen
Helmholtz
Pauli
Nobelpreis
Bücherecke

Beijing 1994
IPhO XXV

49. Fortbildungswoche

27.2. - 3.3.1995

Physik
Chemie

Impressum

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

Erscheint viermal jährlich.

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

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

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

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

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

Beiträge werden erbeten an:

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

HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg

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

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

Inhalt

Vorwort: Die Welt in unserer Hand 1

Lehrplan

Reaktionen 2

Aktuelles

25. Internationale Physikolympiade in Peking 4

ICPE-Medaille für Internationale Physikolympiade 6

Physikexkursion nach Hamburg 7

Für die Praxis

Entsorgung von Chemikalien 11

Physikunterricht: Gedanken - Ideen - Möglichkeiten 27

Exkursion zum CERN 29

Der Weltraum im Klassenzimmer 29

Ein mechanisches Beispiel für Symmetriebrechung 30

Messung der Lichtgeschwindigkeit 31

Freihandexperimente

Aufstieg und Fall eines Gummibärchens 34

Fotorecycling 35

Wissenschaftsgeschichte

100. Todestag von Hermann v. Helmholtz 36

Wolfgang Pauli 37

Sir Horace Lamb 40

Aktuelles

Schwere Elemente im interstellaren Gas 29

Nobelpreis für Physik 1994 33

Schärfste Bilder der lebenden Netzhaut 36

Bücherecke 39

Hinweis:

In PLUS LUCIS 3a/94 wurde kurzfristig ein Vortrag in Wien angekündigt. Diese Nummer wurde aus Kostengründen nur in Wien versandt.

Umschlagbild:

Grußadresse des chinesischen Vizepremiers Li LanQing an die Teilnehmer der IPhO: "...wish the 25th International Physics Olympiad in Beijing a complete success"

Das τ aus Teilen der chinesischen Mauer verbindet Errungenschaften alter Kultur und neuer Physik in einem einzigen Symbol

Die Welt in unserer Hand

Future is a race between education and catastrophe.
H. G. Wells

Im folgenden soll über eine Tagung in Eger (Ungarn, August 1994) über Konsequenzen der Gipfelkonferenz von Rio 1992 für den naturwissenschaftlichen Unterricht berichtet werden. Teilnehmer aus 26 Staaten fanden sich in dem schönen Barockstädtchen, der Heimat des Erlauer Stierbluts, ein. Aus dem reichen Tagungsprogramm seien einige Schwerpunkte dargestellt.

Wie der ungarische Staatspräsident Arpad Göncz in seiner Botschaft an die Teilnehmer betonte, sind mit dem Ende des Kalten Kriegs globale und lokale Umweltprobleme wesentlich stärker bewußt geworden.

Art Hobson (American Physical Society) setzte den Akzent des ersten Tages mit dem Hinweis auf die Notwendigkeit zu einer Education in Global Change angesichts einer Abschätzung, daß sich die Weltbevölkerung bis zum Jahr 2100 auf 12 Mrd. verdoppeln wird, die Wasser-, Nahrungs- und Energievorräte dafür nicht ausreichen. Er formulierte einige Grundsätze: verantwortlich mitentscheiden zu können erfordert naturwissenschaftliche Bildung; globale Umweltaspekte müssen Thema des Unterrichts werden; Prinzip des Mißtrauens gegenüber den Folgen einer neuen Technologie; Lösung von Umweltproblemen erfordert das verantwortliche Handeln jedes Einzelnen (über die Erreichbarkeit dieser Einsicht hatte Hobson sehr optimistische Vorstellungen: beeindruckt von der Wiener U-Bahn übersah er den Verkehrsinfarkt auf Gürtel und Südosttangente).

George Marx (Budapest) rief die wahren und die eingebildeten Risiken des Alltags in Erinnerung. Dazu führte er den Begriff Mikrorisiko ein. (1 Mikrorisiko entspricht einer individuellen Dosis, die bei insgesamt 1 Million Menschen einen Todesfall verursacht.) Die Gesetzgebung reduziert chemische Risken stark: Die Aufnahme von 10 mg As in Wasser bedeutet 1 Mikrorisiko, der Grenzwert liegt bei 0,05 mg As pro Liter. Dem gegenüber bedeutet das Rauchen von 2 Zigaretten bereits 1 Mikrorisiko, was bei einer stark rauchenden Bevölkerung wie in Ungarn 26000 jährliche Todesfälle bedeutet. 1 Mikrorisiko entspricht auch 12 km Radfahren, 60 km Autofahren, 2000 km Flugreise oder einer Strahlendosis von 0,02 mSv. Die gesamte technische und natürliche Strahlenbelastung beträgt etwa 3 mSv - das damit verbundene Risiko sollte wohl mit dem Risiko unserer Reiselust verglichen werden!

Tritium als Indikator für das Alter von Grundwasser, insbesondere in Grundwasserströmen, die vom Stauwerk Gabcikovo betroffen sind, nutzte ein Physiklehrer aus Eger. Er konnte das Maximum des durch die atmosphärischen H-Bomben-Tests produzierten Tritiums in Strömungsprofilen verfolgen und in Modellrechnungen die Auswirkung des Stauwerks auf die Fließgeschwindigkeit berechnen. Dies hat deshalb Bedeutung, da Verschmutzungen sehr lange Verweildauern bekommen.

Zwei Referate über Radon in Gebäuden berichteten über epidemiologische Studien in Schweden und in den USA. Während in den Silberstollen von Schneeberg (Sachsen) bei über 20 kBq/m^3 (Radonaktivität der Luft) die Folgen allzu deutlich waren (2 von 3 Bergleuten starben an Lungenkrebs), ist die Situation bei niedrigeren Aktivitäten (Weltmittel 40 Bq/m^3) weniger klar. 9000 Häuser in Schweden und 270000 Häuser in den USA und das Schicksal ihrer Bewohner wurden untersucht. Danach scheint das Lungenkrebsrisiko durch Radon gegenüber dem durch Rauchen gering zu sein, wobei das Raucherrisiko in Gebäuden mit mehr als 400 Bq/m^3 allerdings drastisch erhöht zu sein scheint. Nach der USA-Studie scheint der Reparaturmechanismus der Zellen durch niedrige Radonaktivität angeregt zu werden und die weitverbreitete Vorstellung eines linearen Zusammenhangs zwischen Strahlenbelastung und Risiko scheint unbegründet zu sein.

Die Frage, warum die Erde im Gegensatz zu den anderen Planeten ein bewohnbarer Ort ist, führt auch zur Frage, wieweit das Leben Teil des Regelmechanismus der Zusammensetzung der Atmosphäre ist (Gaia-Hypothese). Leben auf der Erde existiert seit mehr als 3 Mrd. Jahren. Die Leuchtkraft der Sonne ist seit der Entstehung der Erde um 20% angestiegen, während das Klima anders als auf der Venus lebensfreundlich blieb. Unbestritten ist allerdings, daß alle Selbstregulationsmechanismen der Erde langsam ablaufen. Insgesamt ist die Gaia-Hypothese ein faszinierendes Thema, das alle naturwissenschaftlichen Disziplinen verknüpft.

Joe Farman, der Entdecker des Ozonlochs, berichtete über Vergangenheit und Gegenwart dieses dramatischen Effekts. So sank am 13.10.1992 in 15 km Höhe der Ozonanteil über der Antarktis auf 1/80 seines Normalwerts. Die meteorologischen Verhältnisse am Südpol begünstigen die Ausbildung des "Lochs", das in der nördlichen Halbkugel nicht so ausgeprägt ist. Am Boden konnte ein vierfacher Anstieg der UV-B-Strahlung in Chiles südlichster Stadt Punta Arrenas zwischen 4. und 6.10.1992 registriert werden.

Von den zahlreichen parallel am Nachmittag stattgefundenen Arbeitskreisen sei hier nur auf zwei hingewiesen: die Vorstellung von Global Lab durch Bob Tinker (USA) und von Materialien zu "Education in Global Change" durch Waddington und Stoltman. Tinker hat ein einfaches Spektrometer entwikkelt, mit dem durch Vergleich der verschiedenen UV-Komponenten des Sonnenlichts die Dicke der Ozonschicht gemessen wird. Schulen sind eingeladen, sich an einem weltweiten Netz von Meßstationen zu beteiligen, ihre Daten über Internet in eine zentrale Datenbank einfließen zu lassen, aus der die gesammelten Daten auch wieder abgerufen werden können.

"Education in Global Change" stellt problemorientierte Unterlagen (Schüleraktivitäten, Lehrerunterstützung, Datensammlungen) bereit für Kurse in Biologie, Chemie und Physik, um die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Verständnisses der Welt von morgen zu fördern. Beispielsweise wird die Frage gestellt - und die notwendigen Daten bereitgestellt, wie Überschallpassagierflugzeuge in der Stratosphäre die Ozonschicht beeinflussen (das bei der Verbrennung freiwerdende NO wirkt als Katalysator für den Ozonabbau).

Nach Erscheinen des Tagungsbandes wird über die Arbeitskreise eingehender zu berichten sein.

Fortbildungswoche 1995 und 100-jähriger Bestand des Fördervereins: Ihre Wünsche, Anregungen und Angebote sind gefragt. Gestalten Sie das Jubiläumsjahr aktiv mit!

Ihr Helmut Kühnelt

Stellungnahmen zum Lehrplanentwurf für die 3. und 4. Klasse

Zum Lehrplanentwurf Chemie 4. Kl. AHS

1) Die Zusammenfassung des Stoffes in 8 statt in 12 Kapitel wie bisher ergibt einerseits eine gewisse Straffung des Konzeptes, zumindest wird das suggeriert - andererseits werden Dinge in ein Kapitel gepreßt, die nichts miteinander zu tun haben, wie etwa "Dosis als Kriterium für Schädlichkeit" und "Oxidation und Reduktion". Wenn überhaupt, so gehört ein Kapitel "Schadstoffe und ihre Messung" *hinter* das Kapitel "Luft und Wasser".

2) Bedauerlich ist das völlige Fehlen eines Kapitels "Chemische Stromerzeugung" (Batterie, Akku). Dies umso mehr, als es auch im Lehrplanentwurf Physik 3. Klasse kaum mehr vorkommt (Kap. 2 Ende: Energieumformung in galvan. Zellen... Wie genau ist das? Wie genau kann es sein, ohne daß chemisches Grundwissen bei den Schülern vorausgesetzt wird?)

3) Ein eigenes Kapitel "Riesenmoleküle" wird im Unterricht schwer nachvollziehbar sein, weil es zu einer willkürlichen Abtrennung wichtiger Stoffklassen von ihrem Umfeld führt (Kohlenwasserstoffe, Kohlenhydrate, Proteine u.a.) und dadurch mehr Zeit beansprucht. Die Position als letztes Kapitel läßt außerdem befürchten, daß einer der wichtigsten und interessantesten Bereiche der modernen Chemie in Prüfungsstreß und Schulschlußhektik untergeht.

4) Vor allem vermisse ich den experimentell-didaktischen Ansatz in allen Kapiteln. Während im Lehrplanentwurf Physik der 3. Klasse immer wieder vom "Planen und Durchführen von experimentellen Untersuchungen" die Rede ist, werden in der 4. Klasse Chemie zwar Trennverfahren experimentell durchgeführt, dann aber ist nur mehr an einer Stelle vom Einsatz von Molekülbaukästen die Rede. Sicherlich hat der Lehrer hier jeden Spielraum, dennoch sollte die Forcierung des Experimentes auch im Lehrplan festgeschrieben werden. Hier sind sowohl Schüler- als auch Lehrerversuche gemeint.

5) Das Hauptübel des Entwurfs freilich ist durch die Arbeit der Lehrplangruppe nicht zu beheben: es ist die zu geringe Stundenzahl. Das Fach Chemie hatte 2 Wochenstunden, als Aluminium eine Kuriosität und Eiweiß eine rätselhafte Substanz war, als es noch keine Kunststoffe gab und Erdöl hauptsächlich der Beleuchtung diente. In allen Lehrplanreformen seitdem, zuletzt in der Lehrplanreform 1986, erhielt das Fach Chemie eine Reihe neuer Lehraufgaben übertragen: Dosisproblematik, Umweltbelastung, Recycling, Sicherheitserziehung und anderes, während kaum etwas weggefallen ist. Auch die Erarbeitung der chemischen Bindung wird heute - mit Recht - auf einem höheren Niveau gefordert als vor zwanzig oder mehr Jahren. Bereits 1986 wurde der Ruf nach der 3. Chemiestunde laut, er sollte in den zuständigen Gremien auch weiterhin nicht verstummen!

OStR Mag. Johann Krisper

Stellungnahme der Bundesarbeitsgemeinschaft der DidaktikerInnen für Physik und Chemie an den 14 Pädagogischen Akademien Österreichs.

Bei der letzten Bundestagung der *Arbeitsgemeinschaft der DidaktikerInnen für Physik/Chemie an den Pädagogischen Akademien* vom 17. bis 20. Oktober 1994 in Schlägl wurde u. a. der Lehrplanentwurf für Physik/Chemie in der 4. Klasse Hauptschule diskutiert. Als Ergebnis dieser Diskussionen hat die Arbeitsgemeinschaft einige **Änderungsvorschläge** ausgearbeitet, die dazu beitragen könnten, daß der Unterricht aus Physik/Chemie den Anforderungen unserer Zeit noch besser angepaßt werden kann.

Grundsätzlich begrüßt die Arbeitsgemeinschaft der PC-Didaktiker an den 14 Pädagogischen Akademien Österreichs die Didaktisierung der Lehrpläne für Physik und Chemie z. B. durch die Strukturierung in Lernziele und Lerninhalte und dankt der Lehrplanprojektgruppe für die geleistete Arbeit.

Noch klarer würde die Strukturierung allerdings ausfallen, wenn man zwischen Kernstoff und Erweiterungsstoff (Randstoff) unterscheiden könnte. Bei genauer Durchsicht erscheinen außerdem viele (verbindlich gedachte) Lernziele eher eine vage Beschreibung dessen zu sein, was im (unverbindlich vorgesehenen) Lerninhalt viel deutlicher formuliert wurde.

Durch die Tatsache, daß seit heuer im Rahmen der Schulautonomie an Österreichs Hauptschulen mehrheitlich Stundenverschiebungen bzw. Stundenkürzungen im Gegenstand Physik/Chemie vorgenommen wurden, die an den AHS nicht mitvollzogen wurden und in diesem Ausmaß nicht vorhersehbar waren, erscheint eine **Überarbeitung des Lehrplanentwurfes der 3. und 4. Klasse unter Berücksichtigung dieser Entwicklung unbedingt notwendig.** Die Arbeitsgemeinschaft der PC-DidaktikerInnen ersucht die Lehrplangruppe deshalb dringend, in der endgültigen Lehrplanfassung folgende Punkte zu berücksichtigen:

1) Eine Ausweitung der Lernziele und Lehrplaninhalte in der 4. Klasse (mit insgesamt 8 Lernfeldern!) durch den Transfer der Grundlagen der Chemie (Atombau, Ordnungsprinzip der Elemente, Stoffklassen, Bindungsarten) aus der 3. Klasse in die 4. Klasse erscheint nicht praxiskonform, weil die Mehrheit der österreichischen (Haupt-)Schüler in der 4. Klasse im Zuge der Autonomie derzeit nur mehr einen verkürzten Physik/Chemie-Unterricht konsumiert. Statt 4 Wochenstunden Physik/Chemie gibt es mehrheitlich in der 4. Klasse HS nur mehr 3 Stunden Physik/Chemie, wobei von der Kollegenschaft nachweislich mehr chemische als physikalische Inhalte gekürzt werden.

2) Mit einer Rückverlegung des Lernfeldes I (Chemie, die Welt der Stoffe - Erklärung von Stoffeigenschaften) an das Ende der 3. Klasse wäre einerseits die Jahresplanung für die veränderte Situation in der 4. Klasse realistischer, anderseits wären für manche HS-KollegInnen stärkere Anreize bzw. auch Argumente gegeben, im Rahmen der Schulautonomie wieder auf die nach Meinung von vielen Hauptschullehrern bewährte, ursprüngliche PC-Stundentafel (2. Klasse 2 Stunden, 3. u. 4. Klasse je 3 Stunden PC) zurückzukehren. Eine derartige Lö-

sung würde den Verlust einer Stunde in der 4. Klasse der HS wieder kompensieren. Diese Vorgangsweise erscheint außerdem auch lernpsychologisch sinnvoller, weil im Anschluß an die Einführung des Teilchenmodells in der 2. Klasse schon in der 3. Klasse weitere Details in Richtung noch kleinerer Teilchen bzw. daraus resultierende Eigenschaften der Materie behandelt werden können.

3) Die verbindliche (!) Behandlung des angesprochenen Lernfeldes (Atombau...) in der 3. Klasse erscheint ohnehin zwingend notwendig, weil sonst die im Lehrplanentwurf der 3. Klasse geforderten Lernziele

a) Verstehen von elektrischen Erscheinungen aus dem Erfahrungsbereich der Schüler durch Erweiterung des Teilchenmodells

b) Anwenden dieser Erkenntnisse auf die Struktur der Materie

c) Verstehen der unterschiedlichen Leitfähigkeit von Stoffen

nicht erreichbar sind. Metalle und Salzlösungen als Leiter bzw. molekulare Stoffe als Isolatoren werden nur verständlich, wenn die Grundlagen der chemischen Bindung behandelt wurden.

4) Um in der 4. Klasse den Wissensstand der SchülerInnen vom Aufbau der Materie vereinheitlichen zu können bzw. den ChemielehrerInnen in den 4. Klassen der AHS die Möglichkeit zu geben, die Grundlagen des Modelldenkens der Chemie mit den Schülern persönlich erarbeiten zu können, könnte das derzeit geplante Lernfeld "Welt der Stoffe - Erklärung von Stoffeigenschaften" gezielt aus der Sicht der Lerninhalte Stofftrennungen, Verbindungen, Elemente, chemische Reaktionen neu formuliert werden. So könnte dieses fundamentale Kapitel der Chemie entweder mit Zeitgewinn vertiefend wiederholt oder aber (an AHS auf Wunsch der KollegInnnen) auch neu erarbeitet werden.

Diese Vorgangsweise wäre durchaus konform mit den Intentionen der Lehrplanprojektgruppe, bei der Umsetzung des Lehrplans der Kollegenschaft (auch an den weit über 1000 Hauptschulen Österreichs!) möglichst viel Spielraum in ihrer Unterrichtsarbeit zu lassen.

5) Bei der Überarbeitung des angesprochenen Lernfeldes müßte als ein verbindliches Lernziel unbedingt die Planung und Durchführung von einfachen Schülerexperimenten zur Untermauerung der erarbeiteten Inhalte (z. B. Stofftrennungen, chemische Reaktionen) angeführt sein, um die unverzichtbaren Randbedingungen eines modernen Chemieunterrichts von der Kollegenschaft auch tatsächlich einfordern zu können.

Diese Forderung nach Durchführung von (Schüler)-Versuchen wäre auch bei allen anderen projektierten Lernfeldern der 4.Klasse explizit auszuformulieren. Bereits Robert Boyle meinte, daß nur der Versuch schlüssig sei und niemals die unbewiesene Behauptung.

6) Damit bei den SchülerInnen noch mehr lernpsychologisch wirksame Querverbindungen hergestellt bzw. die Lernfelder in der 4. Klasse ein wenig reduziert werden können, erscheinen noch folgende Anregungen überlegenswert: Die Lernfelder 3 und 4 könnte man u. U. zu einem Bereich "Säuren, Basen, Salze" zusammenfassen. Im Lernfeld 5 könnte man die Esterbildung ausformulieren, weil sie in weiterer Folge im Lernfeld 6 zum Verständnis der Fette beiträgt. Die Lerninhalte "Hartes/ Weiches Wasser" aus dem Lernfeld 7 könnte man durchaus auch zum Lernfeld 2 verlagern, wo Wasser als Lösungsmittel ja bereits angesprochen wird.

In der Hoffnung, daß diese von der Bundesarbeitsgemeinschaft der DidaktikerInnen für Physik/Chemie an den Pädagogischen Akademien Österreichs erarbeiteten Anregungen, die im konkreten Wortlaut insbesondere von den DidaktikerInnen der Pädagogischen Akademien Feldkirch, Linz, Baden und Graz in dieser Form zusammengefaßt wurden, von der Lehrplangruppe positiv aufgenommen werden, verbleiben wir

Dr. Ekkehard Lex
im Namen der DidaktikerInnen für Physik/Chemie
an Pädagogischen Akademien Österreichs

Betr.: Lehrplan HS Chemie

Vor mir liegen die Entwürfe des Lehrplans 3. Klasse HS Physik/Chemie AHS Physik (am Gymnasium und Realgymnasium) und AHS Chemie (Gymnasium und Realgymnasium) HS Chemie 4. Klasse.

Diese Lehrplanentwürfe können in dieser Fassung aus der Sicht der Hauptschule nicht akzeptiert werden:

1) In der Hauptschule heißt dieser Gegenstand *Physik und Chemie*. Die Chemie fehlt im Vorentwurf der 3. Klasse fast zur Gänze!

2) An den PÄDAK ist die Lehrerausbildung nach wie vor auf *Physik und Chemie* ausgerichtet, und das ist gut so.

3) Zur Situation der Hauptschüler: viele treten - aus den verschiedensten Gründen - nach der 3. Klasse aus und gehen in den Beruf. Sie hätten dann nicht einmal Grundbegriffe der Chemie mitbekommen! Und das in der heutigen Zeit, in der Umweltfragen, Luftreinhaltung, Chemie im Haushalt, ... eine so große Rolle spielen! Dies ist eine erschreckende Mißachtung der Problematik eines großen Teiles der Schülerpopulation.

4) Die Stoffülle in der 4. Klasse führt voraussichtlich zu rigorosen Kürzungen der Chemie.

5) Eine Umfrage bei HS-Lehrer/innen in ganz Österreich (sie wurde vom VCÖ, Prof. Obendrauf, durchgeführt) hat ergeben, daß im Rahmen der päd. Autonomie Stundenreduzierungen in Physik/Chemie in der 4. Klasse vorgenommen werden. Das ergibt zwingend Streichungen von Lehrplaninhalten.

Außerdem ist es eine Tatsache, daß die Schüler in der 4. Klasse eher "schulmüde" sind und daher diese Stoffülle kaum zu bewältigen sein wird!

Ich ersuche dringend, nochmals über diese Umverteilung der Lehrplaninhalte Chemie, die den Hauptschülern eine ungleich schlechtere Chance für gute, gediegene Allgemeinbildung gibt, nachzudenken und die Entwürfe entsprechend zu ändern.

OSR Alois Krebs,
Obmann der ZAG für Physik und Chemie, Wien

Zitternde Quarks am Platz des himmlischen Friedens

25. Internationale Physik-Olympiade in Peking / China vom 11. Juli bis 19. Juli 1994

Helmuth Mayr

Mozart in China

Etwa 300 Augenpaare aus 47 Nationen blickten gebannt auf ein nicht alltägliches Schauspiel: Ein ungefähr 12-jähriges, entzückendes Mädchen mit hübschen Mandelaugen verschwand fast hinter einem riesigen Akkordeon, dem es gekonnt Mozarts "Türkischen Marsch" entlockte.

Das musikalische Nachwuchstalent spielte vor dem Hintergrund einer großen Tafel, die in deutlich lesbaren Lettern verkündete:

第二十五届国际物理奥林匹克竞赛

XXV International Physics Olympiad
JULY 11. - 19. 1994 BEIJING, CHINA

Dieser musikalische Genuß bildete den Schlußpunkt einer Vielzahl von Reden und musikalischen Darbietungen zur Eröffnung der Physik-Olympiade. Dieser Wettbewerb findet seit 1967 jährlich in einem andern einladendem Land statt. Heuer folgten 11 Schülerinnen und 218 Schüler aus allen fünf Kontinenten der Einladung Chinas, um in einem friedlichen Wettstreit ihre physikalischen Fähigkeiten zu messen.

Die Schüler Ewald Rößl, BRG Leibnitz (8. Kl.), Wolfgang Gatterbauer, BRG Linz/Auhof (7. Kl.), Manfred Wießner, BRG Köflach (8. Kl.), Marcus Lang, BG Graz/Carnerigasse (6. Kl.) und Andreas Mehrle, BRG Innsbruck/A. Pichlerplatz (8. Kl.) bildeten gemeinsam mit Prof. Lechner aus Wörgl und mir die österreichische Delegation bei dieser Olympiade.

Über Singapur und die Wüste Gobi nach Peking

Unsere Reise zur 25. IPHO begann bereits am 6.Juli 1994 in aller Herrgottsfrühe am Flughafen Wien-Schwechat, wo wir nach einigen organisatorischen Erledigungen und den letzten Impfungen einen Jumbo bestiegen, der uns nach etwa halbtägiger Reisezeit zunächst nach Singapur brachte.

Anfänglich bereitete uns dort die Zeitverschiebung einige Schwierigkeiten. Aber diese zu überwinden war ja einer der Gründe für den Zwischenstopp in Singapur.

Der zweite Grund war das sogenannte Spezialtraining: Kollege Lechner und ich konfrontierten unsere Schützlinge mit kniffligen Problemen, um den "Olympioniken" den letzten Schliff zu geben.

Am 11. Juli bestiegen wir dann jenen Jumbo, der uns nach fast sechsstündigem Flug (mit herrlichen Aussichten auf das Meer und die Wüste Gobi) ohne lästige Zeitverschiebung wohlbehalten nach Peking brachte.

Das Ritual der 94 Köpfe

Am Nachmittag des 11. Juli 1994, kurz nach Beendigung der Eröffnungszeremonie, konnten die 229 Schüler/innen aus aller Welt ihre Freizeit entweder in ihrem Hotel oder irgendwo in Peking genießen.

Wir 94 Begleitlehrer hingegen versammelten uns in jenem Raum, in dem die Eröffnungszeremonie stattgefunden hatte. Dort wurden uns die drei theoretischen Probleme (Gott sei Dank auf Englisch und nicht auf Chinesisch!) vorgestellt, die unsere Schüler/innen am nächsten Vormittag zu knacken bekommen würden:

- Mesonen und Quarks: In der ersten Aufgabe wurde ein Meson als System zweier schwingender, ultrarelativistischer Quarks vorgestellt. Das Bewegungsverhalten dieses Systems war rechnerisch und graphisch zu analysieren.
- Der Supraleiter und die Spule: Die zweite Aufgabe behandelte das elektrische Verhalten eines aus einem Supraleiter, einer parallel geschalteten Spule, einem Drehwiderstand, einer Batterie und einem Schalter bestehendem Stromkreis. Von den Schülern/innen wurde erwartet, daß sie das

Die Helden sind müde.
Unsere Mannschaft in der Hotelhalle

Prof. Mag. Helmuth Mayr,
BRG 15 Wien und
Institut für Theoretische Physik der Universität Wien

Systemverhalten auf Grund diverser Überlegungen und Rechnungen graphisch darstellen.

- Das "Scheiben-Billard": Die dritte Aufgabe handelte von einem nicht-zentralen Stoßvorgang zwischen einer anfänglich ruhenden und einer "seitlich versetzt" stoßenden Scheibe, deren Bewegungsverhalten zu berechnen war.

Unsere Aufgabe als Betreuer war es, die Problemstellungen und die angebotenen Lösungen sowie das vorgeschlagene Beurteilungspunkteschema genau zu prüfen und Änderungsvorschläge einzubringen.

Da - wie ja alle Physiklehrer aus eigener Erfahrung wissen - die Textierung von Aufgaben besonders heikel ist, läßt sich leicht vorstellen, was das in einem Forum von 94 Betreuern bedeutet: Eine Vielzahl von teilweise äußerst unterschiedlichen Meinungen, Anregungen und Änderungsvorschlägen wurde vorgebracht und (nach eingehender Diskussion) demokratisch abgestimmt und genehmigt. Endlich, lange nach dem Abendessen, war die Diskussion um etwa 22 Uhr beendet.

Anschließend "zerfiel" das Auditorium in "Sprachinseln". Wir mußten jetzt den in "international broken kitchen English" vorliegenden Text in unsere Landessprache übersetzen. Angenehmerweise können wir Österreicher uns dabei die Arbeit mit den Begleitlehrern aus Deutschland teilen, während etwa die Isländer auf sich gestellt sind.

Bei diesen Übersetzertätigkeiten kann es auch zu eher ungewöhnlichen Vorgängen kommen: So gab es beispielsweise vor einigen Jahren drei unterschiedliche Übersetzungen vom "international English" ins Englische: eine "britische Variante" für Großbritannien und Singapur, eine "amerikanische Variante" für USA und Kanada und eine "australische Variante". Gott sei Dank konnten wir uns bisher mit unseren deutschen Kollegen auf solche Ausdrucksweisen einigen, die sowohl unserem als auch dem Sprachgebrauch unserer nördlichen Nachbarn entsprechen!

Nach dem Ausdrucken, Aufkleben von diversen Abbildungen und der Endkontrolle konnten wir aufatmend unsere Tätigkeit gegen 2 Uhr früh beenden.

Das Kopieren und Verteilen der Angabetexte besorgten dann am Morgen die Veranstalter.

Schwitzende Schüler und wandernde Lehrer

Der nächste Tag, der 13. Juli, war für die 229 Schüler/innen wesentlich anstrengender als für uns 94 Lehrer. Bereits um 7 Uhr früh versammelten sich die Teilnehmer/innen in einer großen Hotelhalle, um die gestellten drei theoretischen Aufgaben zu bearbeiten.

Inzwischen wanderten wir Lehrer - ziemlich unausgeschlafen und müde, wie sich denken läßt - im Zuge einer Exkursion ein Stück der chinesischen Mauer entlang bzw. stiegen vier Stockwerke tief unter die Erde, um die Ming-Gräber zu bestaunen.

Abends trafen dann Schüler und Lehrer bei einem Dinner zusammen, um über die Aufgaben und deren Lösungen eingehend zu diskutieren.

Exkursionen und Diskussionen

Der 14. Juli war für alle Schüler/innen ein verdienter Erholungstag, den sie mit Exkursionen zum Platz des Himmlischen Friedens, im Zhong Shan Park und im Palastmuseum angeregt plaudernd zubrachten.

Wir Lehrer besichtigten vormittags den ehemaligen kaiserlichen Sommerpalast, um uns nach dem Mittagessen zur nächsten Sitzung wiederzutreffen; diesmal ging´s um die experimentellen Aufgaben.

Wieder trat das "Ritual der 94 Köpfe" in Aktion: Zunächst wurden uns die experimentellen Aufgaben (mit Besichtigung und Ausprobieren der Experimentiergeräte) vorgestellt, dann wurde wieder stundenlang um eine allgemein akzeptable Textierung gerungen und abgestimmt, und anschließend brachten wir viel Zeit mit dem Übersetzen und Herstellen der Angabetexte zu.

Die Organisatoren teilten die Schüler/innen in zwei Gruppen. Eine davon wurde am nächsten Vormittag, die andere am Nachmittag mit folgenden experimentelle Aufgaben konfrontiert:

- Nichtlinear polarisiertes Laserlicht mit schwankender Strahlungsleistung fällt auf einen Strahlenteiler und dann auf zwei Intensitätsmeßgeräte. Zwei Polarisationsfilter, ein dielektrisches Plättchen und Geräte zur Winkelmessung ergänzten die Ausrüstung.

  Mit diesen Hilfsmitteln sollten die Schüler/innen die Polarisationsebene eines Filters, die lineare Abhängigkeit zwischen der Lichtintensität und dem Amperemeterausschlag eines der Intensitätsmeßgeräte, das Reflexionsvermögen einer Komponente des linear polarisierten Lichtes am Plättchen und dessen Brechzahl bestimmen.

- Die Schaltung im Inneren einer Black Box war durch Messungen mittels Oszilloskop und Tonfrequenzgenerator zu ermitteln und das elektrische Verhalten graphisch darzustellen.

In der Hitze des Labors und am Platz des Himmlischen Friedens

Unsere Schüler fanden es anstrengend, nach einem Frühstück um 5^{40} Uhr und einer Busfahrt zur Universität von 7 Uhr früh bis 13^{40} Uhr an je zwei verschiedenen Laborplätzen je 2½ Stunden lang die vorhin geschilderten Aufgaben bei hochsommerlichen Temperaturen zu bearbeiten.

Schüler/innen anderer Nationen wurden der anderen Gruppe zugeteilt, die von 13^{30} bis 19^{10} Uhr mit denselben Aufgaben konfrontiert wurden.

Wir Lehrer hingegen unternahmen (schon wieder verschlafen) Exkursionen zum Platz des Himmlischen Friedens und in die Verbotene Stadt.

Das erholsame Dasein von "Veteranen"

Mit dieser letzten, großen Anstrengung hatten die Schüler/innen ihr Arbeitspensum erledigt und verbrachten - fast schon als Olympiadeveteranen - den 16. und 17. Juli 1994 mit Ausflügen zur großen Mauer und zum Sommerpalast, mit einem

Besuch in einem Theater mit chinesischen Artisten und einer Party mit chinesischen Schülerinnen und Schülern zu.

Sie hatten sich diese Erholung wirklich verdient!

Konferieren und Diskutieren

Wir Lehrer hatten in der Zwischenzeit Kopien der Arbeiten unserer Schüler erhalten, um sie gemäß dem vereinbarten Punkteschema zu korrigieren und zu bewerten. Ich weiß beim besten Willen nicht mehr genau, wann wir dazu Zeit fanden; es war jedenfalls pure Nachtarbeit.

Mit diesen Unterlagen ausgestattet verbrachten wir die nächsten beiden Tage damit, mit den Korrekturteams der einzelnen Aufgaben deren Korrektur mit der unseren zu vergleichen und uns auf eine faire Punkteanzahl zu einigen. Das hieß in erster Linie Warten, Verhandeln, "Pingelig-sein" und Nerven behalten.

Den Abschluß des zweiten Verhandlungstages bildete dann die letzte Sitzung der "94 Köpfe", die hochoffiziell Internationale Kommission heißt. In dieser Sitzung wird die offizielle Rangordnung der Teilnehmer/innen gemäß ihrer nach Punkten erzielten Leistungen und die Zuordnung der Preise festgelegt. Statutengemäß gilt das arithmetische Mittel der höchsten drei Punkteanzahlen als 100%.

Alle Teilnehmer/innen, die mindestens 90% erreicht haben, erhalten eine Goldmedaille. Heuer wurden sieben Goldmedaillen vergeben. 78% ist die Grenze für eine Silbermedaille, von denen diesmal fünf vergeben werden konnten, und 65% die Grenze für eine Bronzemedaille, über die sich bei dieser IPHO 21 Schüler freuen konnten. Alle jene Teilnehmer/innen, deren Leistungen zwischen dieser Grenze und 50% liegt, erhalten eine sogenannte "honorable mention". Das waren in unserem Falle 37 Schüler/innen. Außerdem vergeben die Veranstalter Sonderpreise für besonders beachtenswerte Einzelleistungen.

Nach Abschluß dieser Rangordnung finden noch Beratungen diverser Interna statt. Anschließend spricht ein Vertreter jenes Staates, der im kommenden Jahr Gastgeber der Olympiade sein wird, eine offizielle Einladung aus. Heuer lud ein Vertreter Australiens zur 26. Internationalen Physikolympiade-1995 in Canberra ein.

Vom Big-Band-Sound zum Radetzkymarsch

Am letzten Tag, dem 18. Juli 1994, fand die Preisverleihungsfeier statt. Alle, die irgend etwas mit der Olympiade zu tun hatten, versammelten sich im großen Saal des Beijing International Conference Center zu einem Festakt.

Zunächst empfing uns ein Schulorchester mit Bigbandsound. Dann hielten diverse Honoratioren verschieden lange Reden, die auf Englisch übersetzt wurden. Nach einer musikalischen Einlage wurden der Reihe nach die Preise vergeben: Zunächst diverse Spezialpreise, dann die honorable mentions, die Bronze- und Silbermedaillen und zum Schluß die Goldmedaillen. Zuallerletzt wurde der "absolut winner" beklatscht, der außer einer Goldmedaille noch einen Spezialpreis erhielt. Heuer war dies ein chinesischer Schüler. Den Abschluß bildeten Gesang- und Tanzeinlagen sowie die musikalischen Darbietungen eines Orchesters chinesischer Schüler. Wer beschreibt mein Erstaunen und meine Freude, als dieses Orchester den Festakt ausgerechnet mit dem Radetzkymarsch abschloß?

Österreich gegen den Rest der Welt

Im Zuge dieser Olympiade konnten unsere Schüler leider nicht an Leistungen früherer Jahre anknüpfen, doch haben sie sich wacker geschlagen:

Ewald Rößl aus Leibnitz und Andreas Mehrle aus Innsbruck lösten die erste theoretische Aufgabe so glänzend, daß sie dafür je einen Sonderpreis erhielten.

In der inofiziellen Nationenwertung liegt Österreich diesmal an 22. Stelle unter den 47 Nationen.

Und wie geht es weiter?

Auch in diesem Schuljahr haben sich österreichweit wieder rund 500 Schülerinnen und Schüler dazu entschlossen, freiwillig am Nachmittag im Laufe einer Doppelstunde physikalische Nüsse zu knacken. Fünf dieser Nachwuchstalente werden sich zwischen April und Juni im Zuge von drei Wettbewerbsstufen auf Schul-, Landes- und Bundesebene für die Teilnahme an der 26. IPHO in Australien qualifizieren.

Die österreichische Delegation bei der 25. IPhO in Beijing

Auszeichnung für die Internationale Physik-Olympiade

Im Juli 1993 verlieh die International Commission on Physics Education (ICPE), die eine Unterkommission der International Union of Pure and Applied Physics ist, die ICPE-Medaille für hervorragende Beiträge zur Physikausbildung der Internationalen Physikolympiade. Die Medaille wird an das jeweils nächste Veranstalterland weitergegeben. Bei der Verleihung wurde die Rolle von Rotislav Kostial (Brünn), Rudolf Kunfalvi (Budapest) und Czeslav Scislowski (Warschau) besonders gewürdigt, die 1965 die Einrichtung dieses erstmals 1967 durchgeführten Wettbewerbs anregten.

Unter den bisher sechs Preisträgern befindet sich Prof. Victor F. Weisskopf, der die Auszeichnung 1986 erhielt.

Von 1981 bis 1986 war Prof. Roman Sexl Vorsitzender der ICPE.

Physikexkursion nach Hamburg - Ostern 1994

Günter Kreutzer

Eine Gruppe interessierter Physikkollegen unternahm heuer in den Osterferien eine Exkursion nach Hamburg, wobei die Kosten von jedem Teilnehmer selbst zu tragen waren. Die Organisation einer solchen Reise und Exkursion erfordert sehr viel Mühe und Arbeit. Dafür sei Kollegen Mag. Josef Gröchenig, der diese Exkursion in hervorragender Weise vorbereitet und organisiert hat, an dieser Stelle besonders herzlich gedankt.

In drei Tagen wurde ein sehr umfangreiches und ein äußerst interessantes Programm absolviert: eine Besichtigung der Schiffswerft BLOHM & VOSS, eine Führung durch die ICE-Betriebswerkstätte (ICE = Inter City Express, das deutsche Gegenstück zum französischen Hochgeschwindigkeitszug TGV) und als Höhepunkt die eintägige Besichtigung des Deutschen Elektronensynchrotrons DESY. Im folgenden Bericht wird nur auf die Besichtigung des Deutschen Elektronensynchrotrons DESY eingegangen.

Das Forschungszentrum DESY entstand Ende der fünfziger Jahre und verdankt seinen Namen dem ersten auf seinem Gelände errichteten Teilchenbeschleuniger, dem Elektronensynchrotron. Die beiden Schwerpunkte der Forschungstätigkeit bei DESY sind einerseits die Elementarteilchenphysik und andererseits die Forschungen mit Hilfe der *Synchrotronstrahlung*.

Für die Elementarteilchenforschung bietet DESY den Physikern in den neunziger Jahren zwei leistungsfähige Ringbeschleuniger an: den Elektron-Positron-Speicherring DORIS mit dem Experiment ARGUS und seit 1992 die Proton (Hadron)-Elektron-Speicherringanlage HERA mit den Experimenten H1 und ZEUS. DORIS und HERA sind Ringbeschleuniger, in denen die Teilchenstrahlen in entgegengesetzter Richtung umlaufen, auf hohe Energien gebracht und über längere Zeit gespeichert werden. An bestimmten Stellen, den sog. "Wechselwirkungspunkten", werden die Teilchenstrahlen gegen einander gelenkt und zur Kollision gebracht. Bei diesen Kollisionen entstehen neue Teilchen, die in komplexen, aus mehreren hochempfindlichen Komponenten zusammengesetzten Apparaturen nachgewiesen werden. An den Wechselwirkungspunkten sind auch die oben genannten Experimente aufgebaut. Hinter den Experimenten der Elementarteilchenphysik stehen heute große, international zusammengesetzte Forschergruppen von mehreren hundert (!) Wissenschaftlern (z.B. beim Experiment ZEUS 430 Wissenschaftler von 50 Instituten aus 10 Nationen).

Der Speicherring DORIS hat einen Umfang von 289 Metern und speichert Elektronen und deren Antiteilchen, die Positronen bei einer Höchstenergie von je 5,6 Milliarden Elektronenvolt (5,6 GeV). An diesem Speicherring DORIS ist das Experiment ARGUS aufgebaut. ARGUS hat sich in den letzten Jahren auf die Übergänge im Spektrum der Quarks spezialisiert, die fundamentale Größen für das Standardmodell liefern.

Prof. Mag. Günther Kreutzer, Klagenfurt, ist Mitglied des Fachausschuß Lehrer an Höheren Schulen der ÖPG

Das Standardmodell

Nach dem heutigen Stand unseres Wissens besteht die Materie aus zwei Arten von winzigen Urbausteinen, den Quarks und den Leptonen und ihren entsprechenden Antiteilchen (mit entgegengesetzter elektrischer Ladung). Sie werden in "Generationen" unterteilt:

Generation:	1.	2.	3.	(Ladung)
Quarks:	u-Quark	c-Quark	t-Quark	(+2/3)
	d-Quark	s-Quark	b-Quark	(-1/3)
Leptonen:	Elektron	Myon	Tau	(-1)
	e-Neutrino	My-Neutrino	Tau-Neutrino	(0)

Anziehung, Abstoßung und Umwandlung zwischen diesen Teilchen werden von vier Urkräften verursacht, die von bestimmten "Ladungen" ausgehen und von "Austausch-" oder "Bindeteilchen" übertragen werden:

Wechselwirkung	Ladung	Bindeteilchen
starke Kraft	Farbe	Gluonen
elektromagn. Kraft	elektrische Ladung	Photon
schwache Kraft	schwache Ladung	W^+, W^-, Z^0
Gravitation	Masse	Graviton

Dabei müssen die Regeln der Quantentheorie und der relativistischen Mechanik berücksichtigt werden sowie auch die aus der klassischen Physik bekannten Erhaltungssätze (Energie, Impuls, Drehimpuls usw.).

Mit den Theorien, die für diese Wechselwirkungen entwickelt wurden und die freilich eine Reihe von Annahmen und über 20 gemessene Naturkonstanten enthalten, können die Ergebnisse aller bis heute durchgeführter physikalischer Experimente dargestellt werden. Dies bildet also die Grundlage für alle anderen Bereiche der Naturwissenschaften und wird als das "Standardmodell der Teilchenphysik" bezeichnet. Allerdings bleiben dabei einige wichtige Fragen offen, insbesondere bezüglich der Entstehung des Universums.

Quarks und Antiquarks erscheinen in der Natur immer in Dreiergruppen (die Baryonen und Antibaryonen) oder in Paaren von einem Quark und einem Antiquark (die Mesonen). Alle Quarkverbindungen werden als Hadronen bezeichnet.

Nur die Teilchen der ersten Generation sind stabil. Die Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen (Nukleonen), die ihrerseits aus Quarks (hauptsächlich der u und d Art), und aus den Austauschteilchen der Quarkkräfte, den Gluonen, aufgebaut sind. Die meisten der früher als "elementar" betrachteten Teilchen haben eine ähnliche Struktur.

(Quelle: Desy-Journal 1-92)

Das Standardmodell ist die gängige physikalische Theorie für die Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen (WW) und wurde bisher glänzend von den Experimenten bestätigt; sie enthält allerdings einige unbestimmte Parameter, denen die Teilchenforscher, u. a. eben auch die ARGUS-Gruppe, auf der Spur sind.

Die Quarks treten in 6 Arten auf, die sich in 3 "Familien" gruppieren. Zu jeder Familie gehört ein Quark mit der elektrischen. Ladung -1/3 und eines mit der elektrischen Ladung +2/3. Außerdem gibt es zu jedem Quark ein Antiteilchen mit entgegengesetzter elektrischer. Ladung. Die Quarks können zwar nicht einzeln auftreten, aber sie können sich untereinander und mit ihren Antiteilchen so zu Zweier- und Dreiergruppen "zusammenballen", daß die Summe ihrer Ladungen eine der erlaubten Elementarladungen ergibt und ein freies Teilchen gebildet wird. So sind die Protonen und Neutronen als Bestandteile aller Atomkerne und damit aller Materie aus jeweils 3 Quarks der 1. Familie aufgebaut: Proton (uud), Neutron (udd). Die Quarks der 2. und 3. Familie haben eine größere Masse. Während das s-Quark noch in der kosmischen Strahlung nachweisbar ist, kann man die drei schweren Quarks (c, b und t-Quark) nur an großen Beschleunigern erzeugen und untersuchen.

Unter bestimmten Umständen kann sich ein Quark in ein anderes umwandeln. Diese Übergänge können innerhalb einer Familie erfolgen, zwischen benachbarten Familien oder auch von der dritten in die erste Familie. Das führt zu neuen erlaubten Übergängen im Spektrum der Quarks, die durch 4 meßbare Parameter charakterisiert werden (die drei "Mischungswinkel" W12, W23 und W13, die die Übergänge zwischen den Familien repräsentieren, sowie die "Phase", die für das beobachtete unterschiedliche Verhalten von Teilchen und Antiteilchen verantwortlich gemacht wird).

Die Untersuchung der B-Mesonen (Mesonen nennt man alle Teilchen, die aus zwei Quarks aufgebaut sind) und ihrer Eigenschaften ist in den letzten Jahren entscheidend von der ARGUS-Gruppe bei DESY vorangetrieben worden. Dabei gelang es, über 200 000 Paare von B-Mesonen und ihren Antiteilchen, den Anti B-Mesonen zu erzeugen und mit dem ARGUS-Detektor aufzuzeichnen. Die B-Mesonen zerfallen praktisch sofort wieder in andere Teilchen und gerade diese Zerfälle sind von grundlegender Bedeutung für das Standard Modell. Denn neben den Massen des b- und des t-Quarks können aus diesen Zerfällen auch die oben erwähnten Parameter ermittelt werden.

Die ARGUS-Gruppe konnte bereits 1987 aus den Meßergebnissen beim sogenannten Beta-Zerfall der B-Mesonen schließen, daß die Übergänge zwischen der 3. und der 2. Familie einerseits ca. zwanzigmal schwächer sind als die zwischen der 2. und der 1. Familie, andererseits aber mindestens zehnmal stärker sind als die Übergänge zwischen der 3. und der l. Familie.

Der zweifelsfreie Nachweis der Übergänge zwischen den Quarks der 3. und der 1. Familie gelang erst im Jahre 1990, wobei das ARGUS-Team Zerfälle von B-Mesonen beobachtete, bei denen sich ein b-Quark in ein u-Quark umwandelt. Wie verantwortungsvoll die Elementarteilchenforscher mit den ihnen von der Gesellschaft zur Verfügung gestellten finanziellen Mitteln umgehen, zeigt allein die Tatsache, daß mit dem bereits 18 (!) Jahre alten Speicherring DORIS, wie in den obigen Ausführungen angedeutet, Forschung auf vorderster Front betrieben wird.

Der zweite Ringbeschleuniger ist die erst 1992 fertiggestellte Proton-Elektron-Ringanlage HERA, in der Protonen und Elektronen in entgegengesetzter Richtung umlaufen. Der unterirdische HERA-Tunnel (10 m - 25 m unter der Erdoberfläche) mißt 6336 Meter im Umfang und beherbergt zwei übereinanderliegende Speicherringe. In dem unteren kreisen Elektronen bei einer Energie von 30 GeV, in dem oberen die fast 2000-mal schwereren Protonen bei 820 GeV. An zwei Stellen werden die beiden Ringe zusammengeführt und die Teilchen gegen einander gelenkt; an diesen beiden Wechselwirkungspunkten sind die beiden Experimente H1 und ZEUS aufgebaut. In beiden Speicherringen von HERA wird die Supraleitung in großtechnischem Maßstab eingesetzt, jedoch mit ganz unterschiedlichen Zielsetzungen. Um beim gegebenen Ringumfang von 6,3 km eine Protonenenergie von mehr als 800 GeV zu erreichen, braucht man sehr kräftige Magnetfelder, wie sie sich nur mit supraleitenden Magneten erzeugen lassen. Daher ist nahezu der gesamte Protonenring mit supraleitenden Ablenk- und Fokussierungsmagneten aufgebaut.

Die Maximalenergie der Elektronen liegt viel niedriger und ist nicht durch die Stärke der magnetischen Führungsfelder, sondern durch die Synchrotronstrahlungsverluste begrenzt. So strahlt z. B. ein 30 GeV-Elektron pro Umlauf eine Energie von 140 MeV in Form von UV-Licht und Röntgenstrahlung ab, und dieser Energieverlust wächst mit der 4. Potenz der Teilchenenergie an. Um die Energie eines Elektronenstrahls zu verdoppeln, muß man die Beschleunigungsleistung auf das sechzehnfache erhöhen. Da aber stößt man natürlich sehr schnell an Grenzen, und das ist es, was die Beschleunigung der Elektronen praktisch begrenzt. Zur Kompensation der Synchrotronstrahlungsverluste ist ein sehr leistungsfähiges Hochfrequenz-Beschleunigungssystem erforderlich. Die Energie von 30 GeV im Elektronenring kann nur dadurch erreicht werden, daß die normalleitenden Beschleunigungsstrecken durch supraleitende Beschleunigungsstrecken ergänzt werden.

Die bei HERA eingesetzten Supraleiter sind die "Tieftemperatur"-Supraleiter aus Niob, die bei der Temperatur des flüssigen Heliums von -269 °C den Strom widerstandslos leiten. Zur Kühlung der supraleitenden Magnete und Beschleunigungseinheiten von HERA wurde deshalb bei DESY Europas größte und leistungsfähigste Helium-Verflüssigungsanlage errichtet.

Der interessanteste Elementarprozeß bei HERA ist der Zusammenstoß eines Elektrons und eines Quarks und die sehr hohen Energien, die bei HERA erreicht werden, erlauben einen tiefen Einblick in das Innere des Protons und ermöglichen die Untersuchung der Struktur seiner Bausteine, der Quarks und Gluonen, aber auch der Elektronen, falls diese wirklich eine Struktur haben sollten. Es sollte sich mit HERA auch klären lassen, wie weit die sechs bekannten Quark-Typen und die sechs verschiedenen Leptonen wirklich die Urbausteine der Materie sind, als die sie sich derzeit noch den Physikern präsentieren. Sollten sich die Quarks als strukturiert erweisen, dann könnten sie und die möglicherweise ebenfalls strukturierten Leptonen alle aus dem gleichen "letzten" Urbausteinen aufgebaut sein, aus dann wirklich "unteilbaren" kleinsten Teilchen, den "Atomen" im ursprünglichen Sinne von Demokrit. Auch Tests der Quantenchromodynamik (QCD) sind mit HERA möglich.

Beschleuniger bei DESY

Eine Kette von sieben Vorbeschleunigern versorgt die Speicherringe DORIS und HERA mit Elektronen (e^-), Positronen (e^+) und Protonen (p) der erforderlichen Anfangsenergie. Es sind drei Linearbeschleuniger, ein Akkumulations-Speicherring und drei Kreisbeschleuniger.

Das System von Vorbeschleunigern/Injektoren: mit Angabe von Länge/Umfang, Maximal-Energie (in Elektronenvolt), Inbetriebnahme der letzten Ausbaustufe

Vorbeschleuniger

LINAC I	Elektronen-Linearbeschleuniger (20 m; 220 MeV; 1984)
LINAC II	Elektronen/Positronen-Linearbeschleuniger (70 m; 450 MeV; 1979)
LINAC III	Protonen(H^-)-Linearbeschleuniger (32 m; 50 MeV; 1988)
PIA	Elektronen/Positronen-Akkumulator (25 m; 450 MeV; 1991)
DESY II	Elektronen/Positronen-Synchrotron (300 m; 9 GeV; 1986)
DESY III	Protonen-Synchrotron (317 m; 7,5 GeV; 1988)
PETRA II	Elektronen/Positronen- und Protonen-Ringbeschleuniger (2300 m; 14 GeV (e^-/e^+), 40 GeV (p); 1990)

Die Hochenergie-Speicherringe

HERA	Hadron-Elektron-Speicherring-Anlage (6336 m; 30 GeV (e^-), 820 GeV (p); 1991) Elektronenring mit supraleitenden Resonatoren, Protonenring mit supraleitenden Magneten Hochenergie-Experimente H1 und ZEUS
DORIS III	Elektron-Positron-Speicherring und Synchrotronstrahlungsquelle (289 m; 2 mal 5,6 GeV; 1991) Hochenergie-Experiment ARGUS, mehr als 30 Meßplätze im HASYLAB

(Quelle: DESY-Information)

Ungemein beeindruckend sind auch die gewaltigen Abmessungen der Maschinen, mit denen die heutige Elementarteilchenforschung die Struktur der kleinsten Bausteine der Materie untersucht. Der ZEUS-Detektor z.B. hat folgende Abmessungen: 20 m x 12 m x 11 m. Die Masse beläuft sich auf 3600 t (!) soviel wie 4 vollständige ICE-Züge der Deutschen Bundesbahn mit je zwei Triebköpfen und 14 Mittelwagen.

Um die notwendige Anfangsenergie für die weitere Beschleunigung bei DORIS und HERA zu erreichen, müssen die Elektronen, Positronen und Protonen eine Kette von sieben Vorbeschleunigern (drei Linearbeschleuniger, ein Akkumulations-Speicherring und drei Kreisbeschleuniger) durchlaufen. (Siehe Lageplan von HERA und DORIS sowie Übersicht über die Beschleuniger bei DESY)

Neben der Teilchenphysik hat in den letzten Jahren die Nutzung der bei DORIS anfallenden Synchrotronstrahlung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die Synchrotronstrahlung, gewissermaßen ein "Nebenprodukt" der großen Teilchenbeschleuniger, entsteht in den Kurvenabschnitten von Elektronenbeschleunigern und ist auch verantwortlich für den bereits weiter oben angesprochenen Energieverlust der umkreisenden Elektronen. Allerdings hat diese Strahlung einige wichtige Eigenschaften, die man mit keiner anderen Strahlungsquelle sonst erhält:

- Sie erstreckt sich mit einem kontinuierlichen Spektrum vom Infrarot über das sichtbare Licht bis hin zu harter Röntgenstrahlung.
- Die beschleunigten Elektronen sind die intensivste Lichtquelle, die den Physikern zur Verfügung steht. In jedem Wellenlängenbereich übertrifft die Synchrotronstrahlung alle bekannten Lichtquellen an Intensität; außerdem hat man Methoden (mit sog. "Wigglern") entwickelt, ihre Intensität noch zu vervielfachen.
- Die Photonen der Synchrotronstrahlung sind sehr eng gebündelt (Röntgenstrahlen aus einer Röntgenröhre lassen sich im Gegensatz dazu nur unzureichend bündeln). Weiters sind sie polarisiert und werden in sehr kurzen, exakten Impulsen von ca. 10^{-10} s, wie aus einer Stroboskop-Blitzlampe abgestrahlt. Damit lassen sich zum Beispiel ultraschnell ablaufende Vorgänge studieren. Die Zeit von 10^{-10} s entspricht einer Länge der "Elektronenpakete" im Speicherring von einigen cm.

Auf Grund dieser Eigenschaften findet die Synchrotronstrahlung auf sehr unterschiedlichen Gebieten Anwendung, besonders in der Festkörper- und Oberflächenphysik, der Molekularbiologie, Chemie und Medizin. Die Arbeiten erstrecken sich von reiner Grundlagenforschung bis hin zu technischen Untersuchungen. In einem spezialisierten Labor HASYLAB (Hamburger Synchrotronstrahlungs- Labor) stehen den Wissenschaftlern mehr als 30 Meßplätze für Untersuchungen mit Synchrotronstrahlung zur Verfügung.

Ohne auf Details einzugehen, seien noch einige Anwendungen des Arbeitens mit Synchrotronstrahlung angeführt:

- Historiker können im Röntgenlicht von DORIS die Zusammensetzung der Druckerschwärze und so u. U. auch das Alter eines wertvollen Druckes bestimmen, ohne ihn selbst dabei zu zerstören. So konnte z. B. die Zusammensetzung der Druckerschwärze festgestellt werden, die Gutenberg beim Druck seiner Bibel benutzt hat.
- Besonders interessant erscheint in der Medizin ein Verfahren zur Durchleuchtung der Herzkranzgefäße, die sogenannte Koronarangiographie. Es wird hier an einem neuen und schonenderen Verfahren (ohne Einführung eines Katheters direkt ins Herz, wie bisher üblich) zur Darstellung der Herzkranzgefäße gearbeitet, der *nichtinvasiven Koronar-Angiographie.*
- Das starke Interesse der Mikrobiologen an der Nutzung der Synchrotronstrahlung gilt der Zusammensetzung und Funktion von Zellen des lebenden Organismus. Das herkömmliche Elektronenmikroskop arbeitet nur im Vakuum; daher sind biologische Präparate in ihrer natürlichen Umgebung und lebende Zellen von einer Untersuchung mit dem traditionellen Elektronenmikroskop ausgeschlossen. Im Röntgenlicht der Synchrotronstrahlung können dagegen Proben in ihrer natürlichen Umgebung untersucht werden. Somit konnte man lebende Zellen mit einer noch nie erreichten Auflösung darstellen. Es kamen dabei vollständig unbekannte Strukturen und Details zum Vorschein, an deren Interpretation die Biologen intensiv arbeiten.
- Die Röntgenstrukturanalyse erlaubt es auch, den Feinbau von komplexen Biomolekülen, zum Beispiel Eiweißverbindungen, bis in atomare Einzelheiten zu erkennen. Da die Synchrotronstrahlung gepulst abgegeben wird, lassen sich sogar dynamische Prozesse, die innerhalb von Mikrosekunden ablaufen, in einzelnen Momentaufnahmen festhalten
- Zu den spektakulärsten Anwendungen der Synchrotronstrahlung gehört die Röntgenlithographie, wodurch Strukturen kleiner als ein Tausendstel Millimeter auf Siliziumscheiben abgebildet werden können. Sie ist ein wichtiges Verfahren zur Herstellung höchst integrierter Schaltkreise.
- Schließlich ermöglicht in der Materialforschung die Mikrotomographie die Zusammensetzung kleinster Proben mit einer Ortsauflösung bis zu einem Tausendstel Millimeter schichtweise zu ermitteln und dreidimensional darzustellen. Untersucht werden dabei Modellsubstanzen für Katalysatoren und kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe, die in der Technik als Ersatzstoffe für Stahl von Interesse sind.

Die hier angeführten Beispiele zeigen sehr deutlich, daß in den letzten Jahren die Nutzung der Synchrotronstrahlung ständig an Bedeutung gewonnen hat und so ist es auch verständlich, daß der Andrang auf die Meßplätze im HASYLAB entsprechend gestiegen ist.

Die obigen Ausführungen zeigen sehr deutlich, daß dieser eine Tag bei DESY für uns Physiker äußerst interessant und lehrreich und wirklich der Höhepunkt unserer diesjährigen Osterexkursion war.

An dieser Stelle soll auch Herrn Dir. Prof. Mag. Kurt Wagner gedankt werden, der durch viele Jahre hindurch die Osterexkursionen in hervorragender Weise organisierte und immer wieder äußerst interessante Ziele sowohl hinsichtlich der physikalischen Grundlagenforschung als auch der industriellen Anwendungen fand.

Entsorgung von Chemikalien aus dem Bereich Physik/Chemie an Allgemeinbildenden Pflichtschulen

Entsorgungserlaß

Der Stadtschulrat von Wien hat auf der Grundlage des Erlasses des BMUK (Zl. 12.160/7-I/7/93) einen Erlaß zur Entsorgung von Chemikalien herausgegeben. Da von Kollegen außerhalb Wiens großes Interesse an der enthaltenen Entsorgungsliste geäußert wurde, wird der Erlaß mit Zustimmung von LSI Dr. Weidinger hier wiedergegeben.

I. Grundsätzliches

Zu den Bildungs- und Erziehungsaufgaben der Schule zählt die Umwelterziehung mit einem Schwerpunkt im Unterrichtsgegenstand Physik/Chemie. Daher ist der Entsorgung aus grundsätzlichen Erwägungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die Schule hat die Aufgabe, auch in Fragen der Entsorgung chemischer Abfälle vorbildlich zu sein.

Bei der Verwendung von Chemikalien besteht eine gesetzliche Verpflichtung zur Entsorgung; nachstehende Grundsätze sind daher unbedingt zu beachten:

- Kennzeichnung von Chemikalienbehältern entsprechend der Gefährlichkeit ihrer Inhaltsstoffe mit Gefahrensymbolen und Gefahrenbezeichnungen
- Ersatz gefährlicher und umweltbelastender Stoffe
- Verwendung angemessener Stoffmengen
- Planung und Durchführung von Versuchen in einer Weise, daß die Entsorgung nach den nachstehenden Richtlinien möglich ist
- Berücksichtigung von möglichen Rückgewinnungsverfahren
- Beachtung von Gefahren, die bei nicht sachgemäßer Entsorgung und Rückgewinnung auftreten können.

Diese Maßnahmen sollen den Anfall von Chemikalienresten in der Schule minimieren und deren Entsorgung als gefährlichen Abfall möglichst unproblematisch erfolgen lassen.

II. Gefährlicher Abfall aus Schullaboratorien

1. Entsorgung

Bei der Entsorgung soll wie folgt vorgegangen werden:

1.1 Säuren und Laugen, die frei von organischen Stoffen und Schwermetallen sind.	Vor dem Ausgießen sind konzentrierte Säuren und Laugen zu verdünnen und zu neutralisieren; auf Wärmeentwicklung und Spritzgefahr ist dabei zu achten!
1.2 Neutralisation von Säuren, die Stoffe enthalten, die gemäß Punkt 2 entsorgt werden müssen.	Die Säuren sind mit Calciumoxid zu neutralisieren. Die erhaltenen Salzlösungen organischer Säuren müssen gemäß Punkt 2.1 in Flasche B, schwermetallhaltige Salzlösungen anorganischer Säuren in Kanister S (anorganische Schwermetallsalze) gegossen werden.
1.3 Aufarbeitung von Lösungsmitteln	Lösungsmittelgemische mit Aceton, Leichtbenzin (Petroleumbenzin), Alkohole, die Reinigungszwecken dienten und dienen sollen, können durch Destillation (mit Hilfe von geschlossenen elektrischen Heizgeräten) aufgearbeitet werden.
1.4 Stoffe, bei deren Beseitigung Gase entstehen können.	Calciumcarbid: in kleinen Mengen mit Wasser im Abzug oder im Freien umsetzen; Reste nach Neutralisation in den Ausguß leeren. Alkalimetalle: In Spiritus bis zum Aufhören der Gasentwicklung auflösen, mit Salzsäure neutralisieren und wegschütten. Bei Kalium ist an Stelle von Spiritus Butanol zu verwenden. Alkalimetalle sind grundsätzlich nur in kleinen Portionen zu entsorgen.
1.5 Nitrite	Mit Hypochlorit-Lösung zum Nitrat oxidieren; dabei darf jedoch der pH-Wert 4 nicht unterschritten werden, weil sich sonst Cl_2 entwickelt.
1.6 Phosphor (weiß)	Mit $CuSO_4$-Lösung oder $KMnO_4$-Lösung umsetzen. Kleine Mengen auf Papier oder Verbrennungslöffel (im Abzug) abbrennen.

1.7 Diethylether, Schwefelkohlenstoff, Trichlormethan (Chloroform)	Kleine Mengen (wenige Milliliter) im explosionsgeschütztem Abzug oder im Freien abdunsten lassen. Trichlormethan soll nach Möglichkeit durch 1.1.1 Trichlorethan ersetzt werden. Für Bromlösungen Wasser, Methanol, Essigsäure oder Tetrachlorethen empfohlen.
1.8 Kaliumchlorat	Mit Thiosulfat mischen, gegebenenfalls wenig Wasser zusetzen, dann vorsichtig Zugabe verdünnter Schwefelsäure; nach Neutralisation in den Ausguß leeren.
1.9 Kaliumcyanid	Mit dem fünffachen Überschuß neutraler oder schwach basischer Hypochlorit-Lösung (Chlorkalk-Aufschlämmung) oxidieren, drei Tage stehen lassen, dann nach Neutralisation in den Ausguß leeren.
1.10 Natriumfluorid	Mit Calciumhydroxid (Kalkmilch) im Überschuß behandeln und das entstandene Calciumfluorid in den Ausguß leeren.
1.11 Brom	Mit ca. 10%iger Natronlauge umsetzen, gebildetes Hypobromit mit Thiosulfat zerstören, nach Neutralisation in den Ausguß leeren.
1.12 Jod	Gegebenenfalls in Spiritus lösen, mit Thiosulfat umsetzen, in den Ausguß leeren.
1.13 Quecksilber (metallisch)	Quecksilber-Reste sind in starkwandiger Glasflasche unter Wasser aufzubewahren. Kleinere Mengen von metallischem Quecksilber können in Salpetersäure im Abzug gelöst und nach anschließender Neutralisation in den Kanister für Schwermetallsalze geleert werden.
1.14 Acetonitril, Piperidin	In kleinen Portionen (wenige Milliliter) im explosionsgeschützten Abzug (oder im Freien) verbrennen. Verdünnte wäßrige Lösungen in Flasche "B" leeren.
1.15 Methanal (Formaldehyd), Ethanal (Acetaldehyd)	Mit einem Überschuß an konzentrierter Natrium-Hydrogensulfit-Lösung behandeln. Danach in Flasche "B" leeren.
1.16 Schwermetallhältige Oxidationsmittel (Chromat, Permanganat)	Nach Neutralisation mit Thiosulfat behandeln und anschließend in Kanister "S" leeren.

2. Sammlung, Aufbewahrung und Entsorgung von Chemikalienabfällen

Stoffe, die nicht gemäß Punkt 1.1 sowie 1.3 bis 1.12 entsorgt werden können, sind zu sammeln, aufzubewahren und einer außerschulischen Entsorgung zuzuführen. Bei ihrer Sammlung und Aufbewahrung ist auf Reaktionen zu achten, bei denen Wärme entwickelt wird oder gasförmige Stoffe entstehen.

2.1 Sammlung und Aufbewahrung in der Schule bis zum Abtransport

Die Sammlung und Aufbewahrung erfolgt in den vom Schulerhalter beigestellten vier Gefäßen im Bereich des Kustodiats für Physik/Chemie, vorzüglich im Sonderunterrichtsraum Physik/Chemie. Die Aufbewahrungsgefäße müssen dauerhaft beschriftet und mit den nachstehend beschriebenen Kennzeichnungen versehen sein.

Die mit Cl, A und B bezeichneten Flaschen sollen unter einem Abzug bzw. in einem gut zu lüftenden Raum aufbewahrt werden.

→ Flasche mit Kennzeichnung Cl

Gefahrenbezeichnung "F" und "Xn" und entsprechende Gefahrensymbole.

Organische Abfälle, die Halogene und/oder Schwefel enthalten, einschließlich entsprechender Lösungsmittel

→ Flasche mit Kennzeichnung A

Gefahrenbezeichnung "F" und "Xn" und entsprechende Gefahrensymbole.

Organische Lösungsmittel, die in Wasser nicht oder nur beschränkt löslich sind und die weder Halogene noch Schwefel enthalten: höhere Alkohole und Aldehyde und Ketone, Benzine, aromatische Kohlenwasserstoffe. Stark oxidierende Substanzen wie zum Beispiel Chromate, Permanganate, Nitrate, Chlorate und Wasserstoffperoxid dürfen nicht enthalten sein.

→ Flasche mit Kennzeichnung B

Gefahrenbezeichnung "F" und "Xn" und entsprechende Gefahrensymbole.

Organische Lösungsmittel und Abfälle, die in Wasser löslich sind und die weder Halogene noch Schwefel enthalten: Methanol, Propanol, Pyridin, Glykole. Stark oxidierende Substanzen wie zum Beispiel Chromate, Permanganate, Nitrate, Chlorate und Wasserstoffperoxid dürfen nicht enthalten sein.

→ Flasche mit Kennzeichnung S aus Polyethylen (chemikalienbeständig)

Gefahrenbezeichnung "Xn" und entsprechendes Gefahrensymbol.

Lösungen von Schwermetall-Kationen, neutral oder schwach basisch, möglichst unverdünnt. Beispiele: Hg^{2+}, Hg_2^{2+}, Ag^+, Ni^{2+}, Cr^{3+}, Sb^{3+}, Zn^{2+}, Ba^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}, Cu^{2+}. Dieser Kanister muß vor seiner Verwendung mit Natriumcarbonat oder mit basischem Natriumsulfid unter Zusatz von Wasser beschickt werden, um möglichst unlösliche Carbonate oder Sulfide zu erhalten.

Die Metallsalzlösungen sollen möglichst unverdünnt in den Kanister geleert werden. Er sollte von Zeit zu Zeit von der überstehenden Lösung dekantiert und diese Lösung gegebenenfalls entsprechend eingeengt werden, um kein zu großes Flüssigkeitsvolumen zu erhalten. Stark oxidierende Substanzen wie Nitrate, Chlorate und Wasserstoffperoxid dürfen nur in verdünnter Lösung dazugegeben werden.

Nicht mehr identifizierbare Chemikalien, insbesondere aus älteren Beständen, sind prinzipiell gesondert der Entsorgung zuzuführen.

2.2 Entsorgung und Abtransport

Der Schulerhalter bzw. bei Bundesschulen die Schulbehörde erster Instanz hat vorzusehen, daß die nicht im schuleigenen Bereich entsorgbaren oder aufbereitbaren Chemikalienabfälle mindestens einmal im Jahr (Schuljahresende) von einem Sonderabfallsammler abgeholt und einer Entsorgung zugeführt werden. Da jeder Behälter mit entsorgungspflichtigen Chemikalien ebenfalls Entsorgungsgut ist, werden die Lösungen in den Behältern A, B und Cl vor ihrer Ablieferung von den Beauftragten der Entsorgungsfirma umgefüllt, so daß die Flaschen A, B und Cl im nächsten Jahr wiederverwendet werden können.

Öffentliche Pflichtschulen können die Entsorgungsbehälter (sofern diese nicht bereits vorhanden sind) mittels Dienstzettel bei der MA 56/Ref.2 anfordern.

Als Entsorgungstermin ist der Juni des laufenden Kalenderjahres vorgesehen. Bei Bedarf ist Mitte Mai die MA 56 mittels Dienstzettel unter Angabe des zu entsorgenden Behälters zu verständigen.

Privatschulen haben für die Beschaffung der entsprechenden Gebinde und eine fachgerechte Entsorgung selbst zu sorgen.

Entsorgungsliste

Die in den Tabellen auf den Seiten 15 bis 26 angeführten Chemikalien stellen eine Auswahl von in der Schule häufig verwendeten Stoffen dar. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist natürlich völlig unverbindlich. Sie soll eine Hilfestellung bei der Auswahl der entsprechenden Entsorgungsfälle geben.

In der ersten Spalte sind die Stoffe in alphabetischer Reihenfolge angeführt. Gibt es für Stoffe noch ältere gebräuchliche Bezeichnungen oder sogenannte Trivialnamen, so sind diese in der zweiten Spalte angeführt, aber auch noch zusätzlich in Spalte eins zu finden.

Spalte drei gibt die Struktur- oder Summenformel der Chemikalien an.

Die Spalten vier und fünf geben Auskunft über R-Sätze und S-Sätze.

R-Sätze: Hier findet man Gefahrenhinweise; die Abkürzung "R" kommt vom engl.: risk = Risiko.

S-Sätze: Hier findet man Sicherheitsratschläge; die Abkürzung "S" kommt vom engl.: safety = Sicherheit.

Die entsprechenden Kennzahlen findet man entweder direkt auf den Etiketten der Chemikalienflaschen oder in eigenen R- und S-Satzlisten.

Spalte sechs gibt die entsprechenden Gefahrensymbole an.

In Spalte sieben findet man die Kennbuchstaben der vier Entsorgungsbehälter (Cl, A, B und S) in welche die angegebenen Stoffe nach dem Versuch gefüllt werden sollen. Der Buchstabe R gibt mit der entsprechenden Kennzahl an, welche Reaktionen laut Entsorgungserlaß durchgeführt werden sollen. Stoffe mit dem Kennbuchstaben N sind zu neutralisieren - erst dann dürfen sie in den Ausguß geschüttet werden.

(Die Tabellen wurden von Werner Rentzsch zusammengestellt.)

Exemplarische Ersatzstoffliste

Gefahrstoff	Stoff mit geringerem Gefahrenpotential
n-Hexan	n-Pentan n-Heptan
Benzol	Xylol Mesitylen Ethylbenzol
Dichlormethan Chloroform Tetrachlor-methan 1,2-Dichlor-ethan 1,1,2-Trichlor-ethan	1,1,1-Trichlor-ethan
Brom-methan	Brom-ethan
Trichlor-ethen	Tetrachlor-ethen (niedrigerer Dampfdruck)
Schwefelkohlenstoff	Toluol
Methanol	Ethanol
Formaldehyd	Furfural
Diethyl-ether	Diisopropyl-ether
Dioxan	Tetrahydrofuran
Hydrochinon	Brenzcatechin Resorcin
Kaliumchlorat	Kaliumnitrat
Kupfer(II)-chlorid	Kupfer(II)-sulfat
Kalium-chromat(VI) Kalium-dichromat(VI)	Kaliumpermanganat
Cadmium-chlorid	Cadmium-nitrat
Cadmium-sulfat	Cadmium-nitrat
Quecksilber(II)-oxid	Silber-oxid
Quecksilber(II)-nitrat	Quecksilber(II)-chlorid

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Aceton	siehe Propanon					
Acetylsalicylsäure	Aspirin(R)	$C_9H_8O_4$	22		Xn	A
Aktivkohle gekörnt		C				
Aktivkohle-Pulver		C				
Alizarin	siehe 1,2-Dihydroxy--9,10-anthrachinon					
Alkane (Raffinerieprodukte)			48/20	9-24	F, Xn	A
Aluminium-Pulver		Al	10-15	7/8-43.6	F	
Aluminiumchlorid		$AlCl_3.6\ H_2O$			Xi	
Alaun	siehe Kalium-aluminiumsulfat					
Aluminiumsulfat		$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$				
Ameisensäure	siehe Methansäure					
Ammoniakwasser 25%		NH_4OH	36/37/38	2-26	Xi, C	N
Ammoniakwasser ca. 5%	Salmiakgeist	NH_4OH				N
Ammoniumcarbonat		$(NH_4)_2CO_3$				
Ammoniumcarbonat (1Tl.) + Ammoniumhydrogencarbonat (2Tl.)	Hirschhornsalz	$(NH_4)_2CO_3$ + $(NH_4)HCO_3$				
Ammoniumchlorid	Salmiak	NH_4Cl	22-36	22	Xn	
Ammoniumheptamolybdat		$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	22		Xn	S
Ammoniumhydrogencarbonat		NH_4HCO_3				
Ammoniumnitrat	Ammonsalpeter	NH_4NO_3	8-9	15-16-41	O	
Ammoniumsulfat		$(NH_4)_2SO_4$				
Äpfelsäure	siehe Hydroxybutan-disäure					
Ascorbinsäure	Vitamin C	$C_6H_8O_6$				

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Bariumhydroxid	Barythydrat	$Ba(OH)_2.8H_2O$	20/22	28.1	Xn	S
Bariumnitrat		$Ba(NO_3)_2$	20/22	28.1	Xn	S
Bariumsulfat		$BaSO_4$				S
Benzencarbonsäure	Benzoesäure	$C_7H_6O_2$				
1,2-Benzendicarbonsäure	Phthalsäure	$C_8H_6O_4$	36/37/38		Xi	N
1,2-Benzendicarbonsäure-anhydrid	Phthalsäureanhydrid	$C_8H_4O_3$	36/37/38		Xi	N
1,3-Benzendiol	Resorcin	$C_6H_4(OH)_2$	22-36/38	26	Xn	B
1,3,5-Benzentriol	Phloroglucin	$C_6H_6O_3$	36/37/38		Xi	B
Benzoesäure	siehe Benzencarbon-säure					
Blei gekörnt		Pb	20/22-33-47	53-13-20/21	Xn	S
Bleiacetat	Bleizucker	$Pb(CH_3COO)_2.3H_2O$	20/22-33	13-20/21	Xn	S
Bleicarbonat	Bleiweiß	$PbCO_3$	20/22-33	13-20/21	Xn	S
Blei(II)-nitrat		$Pb(NO_3)_2$	20/22-33	13-20/21	Xn	S
Blei(II)-oxid	Bleiglätte	PbO	20/22-33	13-20/21	Xn	S
Blei(II,IV)-oxid	Bleimennige, Minium	Pb_3O_4	20/22-33	13-20/21	Xn	S
Borax	siehe Dinatrium-tetraborat					
Borsäure		H_3BO_3			C	
Braunstein	siehe Mangan(IV)-oxid					
Brennspiritus (Ethanol ca.92,5%-denaturiert)	Spiritus	C_2H_5OH	11	7-16	F	B
Brom		Br_2	26-35	7/9-26	T^+,C	R (1.11)
Bromthymolblau (7,1)		$C_{27}H_{28}Br_2O_5S$				
Bromwasser ca.1%		Br_2.aqu	20/22-36/37/38	7/9-26	Xn,Xi	R (1.11)
2,3-Butandioxim	siehe Diacetyldioxim					

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG
Calcium		Ca	15	8-24/25-43.6	F	R (1.4)
Calciumcarbid	Carbid	CaC_2	15	8-43	F	R (1.4)
Calciumcarbonat-Pulver	Kalk	$CaCO_3$				
Calciumcarbonat	Marmor	$CaCO_3$				
Calciumchlorid		$CaCl_2.2H_2O$	22-36	24	Xi, Xn	
Calciumfluorid	Flußspat	CaF_2				
Calciumhydroxid	Löschkalk	$Ca(OH)_2$	34	26-36	C	N
Calciumoxid	Branntkalk	CaO	34	26-36	C	N
Calciumsulfat	Gips	$CaSO_4.2H_2O$				
Calciumsulfat	gebrannter Gips	$CaSO_4.1/2H_2O$				
Carbamid	Harnstoff	$H_2N-CO-NH_2$				
Cetylalkohol	siehe 1-Hexadecanol					
Chloroform	siehe Trichlormethan					
Chlorwasserstoffsäure	siehe Salzsäure					
Chrom(III)-oxid	Chromoxid	Cr_2O_3			T	S
Citronensäure	2-Hydroxy-1,2,3-propantricarbonsäure	$C_6H_8O_7.H_2O$				
Diacetyldioxim	2,3-Butandioxim, Dimethylglyoxim	$C_4H_8N_2O_2$	(22)		(Xn)	A
2,6-Dichlorphenol-indophenolnatrium	Tillman's Reagenz	$C_{12}H_6Cl_2NNaO_2$ 2.H_2O				Cl
Diethylether	Ether, Ethoxyethan	$H_5C_2-O-C_2H_5$	12-19	9-16-29-33	F^+	R (1.7)
1,2-Dihydroxy-9,10-anthrachinon	Alizarin	$C_{14}H_8O_4$	22		Xn	A
Dihydroxybutandisäure	Weinsäure	$C_4H_6O_6$	38	2	Xi	N
Dimethylglyoxim	siehe Diacetyldioxim					
Dinatriumtetraborat	Borax, Natriumtetraborat	$Na_2B_4O_7.10H_2O$				

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Eisenammoniumsulfat		$Fe(NH_4)_2SO_4 .6H_2O$				
Eisen(III)-chlorid		$FeCl_3.6H_2O$	(22-38-41)	26	(Xn)	S
Eisen(III)-oxid		Fe_2O_3				S
Eisen(II,III)-oxid	Eisenhammerschlag	$FeO.Fe_2O_3$				S
Eisen-Pulver		Fe				S
Eisen(II)-sulfat	Eisenvitriol	$FeSO_4.7H_2O$	(22-41)	26	(Xn)	S
Eisen(II)-sulfid	Schwefeleisen	FeS			Xn	S
Eisendisulfid	Pyrit	FeS_2				S
Eisessig	siehe Ethansäure					
Eosin	2',4',5',7'-Tetra-bromfluorescin-Di-natriumsalz	$C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$				Cl
Essigsäure	siehe Ethansäure					
Ethandisäure	Oxalsäure	HOOC-COOH. 2 H_2O	21/22	2-24/25	Xn	R (1.10)
Ethanol	Ethylalkohol, Wein-geist	C_2H_5OH	11	7-16	F	B
Ethansäure 100%	Eisessig	CH_3COOH	10-35	2-23.2-26	C	N
Ethansäure 80%	Essigsäure	CH_3COOH	10-35	2-23.2-26	C	N
Ethansäureanhydrid	Essigsäureanhydrid, Acetanhydrid	$(CH_3CO)_2CO$	10-22-34	26	C, Xn	N
Ether	siehe Diethylether					
Ethoxyethan	siehe Diethylether					
Fehling'sche Lösung I	siehe Kupfersulfat					
Fehling'sche Lösung II	siehe Kaliumnatrium-tartrat u. Natron-lauge					
Formaldehyd	siehe Methanal					
Fruchtzucker	siehe Fructose					

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Fructose	Fruchtzucker	$C_6H_{12}O_6$				
Fuchsin		$C_{20}H_{20}ClN_3$				
Gelatine		$C_vH_wN_xO_yS_z$				
Gelbes Blutlaugensalz	siehe Kaliumhexa-cyanoferrat(II)					
Gerbsäure	siehe Tannin					
Glaswolle		SiO_2				
Glycerin	siehe 1,2,3-Propantriol					
Glycin	Glycocoll	NH_2CH_2COOH				
Graphit-Pulver		C				
Harnstoff	siehe Carbamid					
1-Hexadecanol	Cetylalkohol	$C_{16}H_{33}OH$				A
Hexadecansäure	Palmitinsäure	$C_{15}H_{31}COOH$				
n-Hexan	Hexan	C_6H_{14}	48/20	9-24	F, Xn	A
1-Hexen		C_6H_{12}			F	A
Hirschhornsalz	siehe Ammonium-carbonat					
Holzkohle		C				
2-Hydroxybenzencarbonsäure	Salicylsäure	$C_7H_6O_3$	22-36	26	Xn	N, B
Hydroxybutandisäure	Äpfelsäure	$C_4H_6O_5$				
2-Hydroxypropansäure	Milchsäure	$CH_3CHOHCOOH$	34	26	C	N
Indigo		$C_{16}H_{10}N_2O_2$				A
Iod		I_2	20/21	23.2-25	Xn	R (1.12)
Iod-Kaliumiodid-Lösung	Lugol'sche Lösung	$I_2.KI$				
Kalilauge verd.	Kalilauge ca.5%	KOH	35	2-26-27-37/39	C	N
Kaliumaluminiumsulfat	Alaun	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$				

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Kaliumbromid		KBr				
Kaliumcarbonat	Pottasche	K_2CO_3	22		Xn	N
Kaliumchlorid		KCl				
Kaliumchromat		K_2CrO_4	A45-36/37/38-43	53-22-28.1	T, Xi	R (1.16)
Kaliumdichromat	Kaliumbichromat	$K_2Cr_2O_7$	A45-36/37/38-43	53-22-28.1	T, Xi	R (1.16)
Kaliumhexacyanoferrat(II)	Gelbes Blutlaugensalz	$K_4[Fe(CN)_6]$ .3 H_2O				S
Kaliumhexacyanoferrat(III)	Rotes Blutlaugensalz	$K_3[Fe(CN)_6]$				S
Kaliumhydrogentartrat	Weinstein	$C_4H_5KO_6$				
Kaliumhydroxid	Ätzkali	KOH	22/35	2-26-37/39	C	N
Kaliumiodid		KI				
Kaliumnatriumtartrat	Seignettesalz, Fehling II	$C_4H_4KNaO_6$ .4 H_2O				
Kaliumnitrat	Kalisalpeter	KNO_3	8	16-41	O	
Kaliumpermanganat		$KMnO_4$	8-22	2	Xn, O	R (1.16)
Kaliumsulfat		K_2SO_4				
Kaliumtetraoxalat	Kleesalz	$KHC_2O_4 \cdot H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	21/22	2-24	Xn	R (1.10)
Kaliumthiocyanat	Kaliumrhodanid	KSCN	20/21/22-32	2-13	Xn	
Kongorot (4,0)		$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$				Cl
Kupfer(II)-acetat		$Cu(OOC-CH_3)_2$				S
Kupfer(II)-chlorid		$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	25-36	44	T	S
Kupfer(I)-oxid		Cu_2O	22		Xn	S
Kupfer(II)-oxidpulver		CuO				S

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Kupfer-Pulver		Cu				S
Kupfer-Späne		Cu				S
Kupfer(II)-sulfat	Kupfervitriol, Fehling'sche Lösung I	$CuSO_4.5H_2O$	22		Xn	S
Lackmus (ca.7)						
Lactose	Milchzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$				
Leinöl						A
Lithium		Li	14/15-34	8-43.7	C, F	R (1.4)
Lithiumchlorid		LiCl	22	25	Xn	
Lugol'sche Lösung	siehe Iod-Kalium-iodid-Lösung					
Magnesium-Band		Mg	11-15	7/8-43.3	F	
Magnesium-Pulver		Mg	11-15-18a	7/8-16-43	F	
Magnesiumchlorid		$MgCl_2.6H_2O$				
Magnesiumoxid	Magnesia usta	MgO				N
Magnesium-silikat-hydrat	Talkum	$3MgO.4SiO_2.H_2O$				N
Magnesiumsulfat	Bittersalz	$MgSO_4.7H_2O$				
Maltose	Malzzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$				
Mangan(IV)-oxid	Mangandioxid, Braunstein	MnO_2	20/22	25	Xn	S
Mangan(II)-sulfat		$MnSO_4.H_2O$				S
Messing-Blech		Cu_xZn_y				S
Methanal 40%	Formaldehyd 40%	H_2CO	23/24/25--34-40-43	26-36/37--44-51	T	R (1.15)
Methanol	Methylalkohol	CH_3OH	11-23/25	2-7-16-24	T, F	R (1.14)
Methansäure	Ameisensäure	HCOOH	35	2-23.2-26	C	N

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Methylenblau		$C_{16}H_{18}ClN_3S$	25		T	B
Methylorange (3,4)		$C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$				
Methylrot		$C_{15}H_{15}N_3O_2$				
Milchsäure	siehe 2-Hydroxypropansäure					
Milchtzucker	siehe Lactose					
Naphthalen	Naphthalin	$C_{10}H_8$	22		Xn	A
Natrium		Na	14/15-34	5-8-43.3	C, F	R (1.4)
Natriumacetat		H_3C-COONa. 3 H_2O				
Natriumcarbonat	Kristallsoda, Soda	$Na_2CO_3.10H_2O$	36	22-26	Xi	N
Natriumchlorid	Kochsalz	NaCl				
Natriumdithionit		$Na_2S_2O_4$	7-22-31	7/8-26-28.1-43	Xn	
Natriumhydrogencarbonat	Speisesoda, Natron, Natriumbicarbonat	$NaHCO_3$				
Natriumhydrogensulfat		$NaHSO_4.H_2O$				
Natriumhydroxid	Ätznatron	NaOH	35	2-26-37/39	C	N
Natriumnitrat	Natronsalpeter	$NaNO_3$	8	16-41	O	
Natriumnitrit		$NaNO_2$	8-25	44	T, O	R (1.5)
Natriumsilikat	Natronwasserglas, Wasserglas	Na_2SiO_3. $Na_2Si_2O_5$				N
Natriumsulfat	Glaubersalz	$Na_2SO_4.10H_2O$				
Natriumsulfit		Na_2SO_3				
Natriumtetraborat	siehe Dinatriumtetraborat					
Natriumthiosulfat	Fixiersalz	$Na_2S_2O_3.10H_2O$				
Natronkalk		NaOH.CaO	36/38	26	Xi	N

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Natronlauge (c=0,1mol/l)		NaOH				
Natronlauge verd.	Natronlauge ca. 5%, Fehling'sche Lösung II	NaOH	35	2-26-27--37/39	C	N
Nickel-Blech	Ni					
Nickel(II)-nitrat		$Ni(NO_3)_2 \cdot 6\ H_2O$	22		Xn	S
Nickel(II)-sulfat		$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	(A45.2-)43	53	(T)	S
Octadecansäure	Stearinsäure	$C_{17}H_{35}COOH$				A
9z-Octadecensäure	Ölsäure	$C_{18}H_{34}O_2$				A
Oxalsäure	siehe Ethandisäure					
Palmitinsäure	siehe Hexadecansäure					
Paraffin		C_xH_y				
Paraffinöl		C_xH_y				A
2-Pentanol	sek-Amylalkohol	$C_5H_{11}OH$	22		Xn	A
Petroleum		C_xH_y	11	9-16-29-33	F	A
Petroleumbenzin 60-80 C		C_xH_y	11	9-16-29-33	F	A
Phenolphthalein (9,5)		$C_{20}H_{14}O_4$				
Phosphor rot		P	11-16	7-43.1	F	
Phosphorsäure 85%	Ortho-Phosphorsäure	H_3PO_4	34	26	C, Xn	N
Phthalsäure	siehe 1,2-Benzen-dicarbonsäure					
Phthalsäureanhydrid	siehe 1,2-Benzendi-carbonsäureanhydrid					
Pottasche	siehe Kaliumcarbonat					
Propanon	Aceton	CH_3COCH_3	11	9-16-23.2-33	F	B
1,2,3-Propantriol	Glycerin	$C_3H_8O_3$				

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Quarzsand	siehe Siliciumdioxid					
Quecksilber		Hg	23-33	7-44	T	S
Resorcin	siehe 1,3-Benzendiol					
Rotes Blutlaugensalz	siehe Kaliumhexa-cyanoferrat(III)					
Saccharose	Staubzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$				
Saccharose	Würfelzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$				
Saccharose	Kristallzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$				
Salicylsäure	siehe 2-Hydroxy-benzencarbonsäure					
Salpetersäure 65%		HNO_3	35	2-23.2-26-27	C	N
Salpetersäure verd.	Salpetersäure ca.10%	HNO_3	36/38	2-28.1	Xi	N
Salzsäure (c=0,1 mol/l)		HCl				
Salzsäure 25 %	Chlorwasserstoff-säure	HCl	36/38	2-28.1	Xi	N
Salzsäure 37 %	Chlorwasserstoff-säure	HCl	34-37	2-26	C	N
Salzsäure verd.	Salzsäure ca.5%	HCl				
Salzsäure verd.	Salzsäure ca.10%	HCl	36/38	2-28.1	Xi	N
Schwefel sublimiert	Schwefelblüte	S				
Schwefel-Stangen		S				
Schwefelsäure 98 %		H_2SO_4	14-35-37	26-30	C	N
Schwefelsäure verd.	Schwefelsäure ca.10%	H_2SO_4	36/38	2-26	Xi	N
Seignettesalz	siehe Kaliumnatrium-tartrat					
Silber		Ag				S
Silbernitrat	Höllenstein	$AgNO_3$	34	2-26	C	S
Silber(I)-oxid		Ag_2O				S

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Silicagel		$SiO_2.H_2O$				
Siliciumdioxid	Quarzsand	SiO_2				
Soda	siehe Natriumcarbonat					
Speisesoda	siehe Natriumhydrogen-carbonat					
Stahlwolle		Fe				
Stärke löslich		$(C_6H_{10}O_8)_n$				
Stearinsäure	Octadecansäure					
Strontiumchlorid		$SrCl_2$				
Strontiumnitrat		$Sr(NO_3)_2$				
Talkum	siehe Magnesium-silikat-hydrat					
Tannin	Gerbsäure	$C_xH_yO_z$				
Terpentin		$C_{20}H_{30}O_2$	10-20/21/22	2	Xn	A
Tillman's Reagenz	siehe 2,6-Dichlor-phenolindophenol-natrium					
Toluen	Toluol, Methylbenzen	$C_6H_5CH_3$	11-20	16-29-33	Xn, F	A
Traubenzucker	Glucose	$C_6H_{12}O_6$				
1,1,1-Trichlorethan	Methylchloroform	CH_3CCl_3	20/22	2-25	Xn	Cl
Trichlormethan	Chloroform	$CHCl_3$	20/22-40-48	2-24/25-36/37	Xn	R (1.7)
Universalindikator 4-10			10			
Vitamin C	siehe Ascorbinsäure					
Wasser dest.	Aqua dest.	H_2O				
Wasserglas	siehe Natriumsilikat					
Wasserstoffperoxid 30%ig	Perhydrol	H_2O_2	34	28-39	C	

NAME:	2.BEZEICHNUNG:	FORMEL:	R-SÄTZE:	S-SÄTZE:	GEFAHRENSYMB.:	ENTSORGUNG:
Weinsäure	siehe Dihydroxy-butandisäure					
Weinstein	siehe Kaliumhydro-gentartrat					
Zink-Granalien		Zn				
Zink-Pulver		Zn	15-17	7/8-43.3	F	
Zinkchlorid		$ZnCl_2$	34	7/8-22--28.1	C, Xn	S
Zinkoxid	Zinkweiß	ZnO				S
Zinksulfat (c=0,1 mol/l)		$ZnSO_4 . H_2O$				S
Zinksulfat	Zinkvitriol	$ZnSO_4 . 7H_2O$	22		Xn	S
Zinn-Folie	Stanniol	Sn				
Zinn gekörnt		Sn				
Zinn(II)-chlorid		$SnCl_2 . 2H_2O$	22-36/37/38	26	Xn	S

R = Reaktion lt. Entsorgungserlaß durchführen

N = Neutralisation

Werner Rentzsch

Physikunterricht

Gedanken - Ideen - Möglichkeiten

Andrea Kiss

Information über die Physik-Wochenstundenanzahl:

Fachschule für wirtschaftliche Berufe:
"Alter Lehrplan": 3. Klasse je zwei Wochenstunden;
"Neuer Lehrplan": keine Physik.

HBLA für Wirtschaftliche Berufe:
"Alter Lehrplan": 3., 4. Jahrgang je zwei Wochenstunden;
"Neuer Lehrplan": im 3. Jahrgang zwei Wochenstunden.

HBLA für Fremdenverkehrsberufe (Tourismus):
"Alter Lehrplan": 2 Wochenstunden im 4. Jahrgang.
"Neuer Lehrplan": keine Physik.

Es ist jedoch im Rahmen der Schulautonomie möglich, bei den "neuen" Lehrplänen naturwissenschaftliche Stunden in den Seminarbereich aufzunehmen.

Wegen der geringen verbliebenen Wochenstundenanzahl in unseren Schultypen erscheint es mir besonders wichtig, die Physik möglichst interessant, praxisbezogen zu gestalten und die Mitarbeit der Schülerinnen anzuregen. Hier sind einige (großteils schon durchgeführte) Ideen und Gedanken angeführt, Physik vielleicht einmal "anders" zu unterrichten.

Exkursionen als Teil des Unterrichtes sind sicher des öfteren an der Tagesordnung. Wichtig dabei erscheint mir jedoch die Vor- und Nachbereitung. In der Vorbereitungsphase könnten die Schülerinnen nach einer Kurzinformation einen Fragenkatalog erstellen bzw. Themenschwerpunkte setzen. Bei der Exkursion sollten sich die Schülerinnen Notizen machen (einzeln oder in Gruppen). In der Nachbereitungsphase gebe ich den Schülerinnen Material über die Exkursion (z.B. Atominstitut der Österreichischen Hochschulen) und zusätzlich noch weiterführende, zum Thema passende, vertiefende, erklärende,... Unterlagen. Diese beinhalten möglichst übersichtlich den Ergänzungsstoff (zumeist graphisch aufbereitet). Am Beispiel Atominstitut wären dies z. B. Unterlagen über Radioaktivität im allgemeinen, Strahlungsarten und ihre Wirkungen, prinzipielle Funktionsweise und Arten von Kernreaktoren, Gefahren durch Radioaktivität,... In Gruppen bearbeiten die Schülerinnen die einzelnen Themen. Die Ergebnisse werden in einer Mappe zusammengefaßt. Jede Schülerin bekommt eine Kopie dieser Mappe. Zur Vertiefung erhalten die Mädchen einen Fragekatalog, der ausgearbeitet wird und für die nächste Überprüfung (z.B. in Form eines Tests) als Grundlage dient. So muß sich jede Schülerin auch mit den Ergebnissen der anderen Gruppen auseinandersetzen. Mögliche Exkursionen sind: Atominstitut der Österreichischen Hochschulen, Forschungszentrum Seibersdorf, Elektropathologisches Museum, Umspannwerke, Planetarium, aber auch Autowerkstätten u. ä.

Weiters vielfältig und oft einsetzbar sind **Videos** (gekauft oder selbst aufgenommen). Damit dies nicht zur reinen "Berieselungsstunde" ausartet, sollte auch hier möglichst abwechslungsreich gearbeitet werden. Die Schülerinnen sollten das Wichtigste mitschreiben. Dies fällt den Meisten anfangs noch recht schwer und sollte "geübt" werden. Möglichkeiten dazu wären: Der Lehrer schreibt die wichtigsten Stichworte (den "roten Faden") während des Filmes an die Tafel; der Lehrer unterbricht nach einer Einheit den Film, faßt zusammen bzw. läßt die Schülerinnen zusammenfassen und diese notieren das Ergebnis. Auf jeden Fall sollten vom Lehrer Eigennamen, Ergebnisse, Abkürzungen,... erklärt und notiert werden.

Eine weitere Möglichkeit ist der **schwerpunktsmäßige Unterricht**. Ein Beispiel dazu wäre der Schwerpunkt "Auto und Verkehr - Sicherheit" im dritten Jahrgang. Wo es zu den einzelnen Kapiteln des Lehrplanes möglich ist, werden Aspekte des Themas behandelt. Z.B.: Translation - Begriffe erklären/Begriffsbildung, passende Beispiele zu Geschwindigkeit und Beschleunigung rechnen, Tachometerscheibe zeigen, Bremsweg, Anhalteweg, Reaktionsweg, Reibung (Verlängerung des Bremsweges, wo wird Reibung genutzt, wo sind Reibungsverluste gefährlich - Aquaplaning, blockierende Räder,...), Impuls, Kräfte beim Kurvenfahren, Newtonsche Axiome - Trägheitssatz, Wärmekraftmaschinen, Energieumwandlungen beim Auto,...
Ein zentrales Thema dazu ist für mich "Geschwindigkeit und Unfallfolgen". Die Schülerinnen erarbeiten sich zu diesem Thema anhand von Arbeitsblättern die wichtigsten Grundlagen und gestalten dann passend dazu als Zusammenfassung Plakate für eine kleine Ausstellung (Folgen erhöhter Geschwindigkeit, Sicherheitsmaßnahmen und ihre Funktionsweise, Fahrverhalten...) Die nötigen Unterlagen (Photos von Unfällen, Crashtests...) bringen die Schülerinnen großteils selbst mit. Wir bieten den Schülerinnen in diesem Zusammenhang die Teilnahme an der ÖAMTC-Aktion *"Club PS"* an bzw. einen Diavortrag *"Die Physik fährt mit"* eines Verkehrssicherheitsexperten und eines Gendarmeriebeamten.

Eine weitere Möglichkeit für einen Unterrichtsschwerpunkt wäre das Thema **"Physik im Alltag"**. Man erarbeitet dabei die Gesetzmäßigkeiten der Physik anhand von praktischen Beispielen bzw. Anwendungen aus dem Alltag. Das heißt, zu jedem Bereich des Lehrplanes sucht man sich eine Anwendung, geht von der Schülererfahrung aus, demonstriert, versucht zu erklären und faßt am Ende die physikalischen Gesetzmäßigkeiten zusammen. Mir erscheint diese Art des Unterrichtes besonders in jenen Klassen passend, die nur einjährig

Mag. Andrea Kiss
Höhere Lehranstalten für Wirtschaft und Tourismus
Neusiedl am See

Physik führen, weil so die Physik recht gut "verdeutlicht" werden kann.

Auch für die **Erarbeitung und Präsentation von neuem Stoff** sind viele Möglichkeiten gegeben. Lehrervortrag frontal oder Lehrer-Schülergespräch, Impulsfragen bzw. Schüler- und Lehrerexperiment sind sicherlich bekannt. Kann man annehmen, daß die Grundzüge des Stoffes von der Unterstufe oder der Hauptschule bekannt sind, kann man so vorgehen:

Die Schüler werden in Gruppen eingeteilt und erhalten vom Lehrer Unterlagen (Skript, Buch, fertige Folien, Folien zum selber schreiben, einfache Versuche, ...). Es hat jede Gruppe einen Stoffteil zu bearbeiten. Diesen bereiten sie sich vor und die gesamte Gruppe präsentiert dieses Kapitel am Overhead, an der Tafel,... mit den erarbeiteten bzw. erhaltenen Unterlagen (z.B. Kapitel Elektrostatik). Wichtig ist es dabei auch, "Präsentationstechnik" zu lernen.

Beim *Magnetismus* habe ich folgende Methode versucht: Kleingruppen (2-4 Schülerinnen) erhalten ein Arbeitsblatt mit der Beschreibung eines Experimentes (Aufbau/Durchführungsmodus - Beobachtung und Erklärung). Sie müssen sich die dazu notwendigen Materialien aus der Physiksammlung besorgen, den Versuch aufbauen, durchführen (zumeist Freihandversuche) und ihre Beobachtungen notieren. Weiters sollten sie Erklärungen notieren, soweit dies möglich ist. Die Versuche werden dann vor der Klasse gezeigt und durch ein Lehrer-Schülergespräch wird anhand der Ergebnisse die Theorie/Erklärung erarbeitet. Dabei sind die Experimente schrittweise so aufgebaut, daß damit das gesamte Kapitel des Magnetismus abgedeckt ist.

Plantensystem: In der Klasse werden Astronomiebücher aufgelegt. Der Aufbau des Sonnensystems wird vom Lehrer kurz skizziert und im Anschluß daran bearbeiten die Schülerinnen in Gruppen die einzelnen Körper des Sonnensystems. Ziel jeder Gruppe ist es, ihren Planeten in Form eines Plakates vorzustellen. Benötigte Unterlagen werden vom Lehrer großteils zur Verfügung gestellt. Präsentiert werden die Plakate dann in Form einer Ausstellung am Gang der Schule.

Der elektrische Strom im Haushalt - Sicherheit: "Führung" durch die Schule - Verteilerräume, Sicherungskästen, Arten und Funktionsweise der Sicherungen, FI-Schalter,... und anschließende Zusammenfassung der Ergebnisse über Arbeitsblätter der BEWAG.

"Physikhausübung": Zur Vorbereitung von neuem Stoff (aber auch zur Vertiefung und Ergänzung) bekommen die Schülerinnen Arbeitsblätter mit einer genau ausgeführten Versuchsanordnung mit nach Hause. Das Material ist dabei in jedem Haushalt zu finden. Weiters sollten die Versuche nicht zu zeitintensiv sein. Aufgabe ist es nun, den Versuch durchzuführen, Beobachtungen zu notieren und möglichst auch Erklärungen zu suchen. Diese Ausarbeitungen bilden dann den "Aufhänger" für die Erarbeitung des Stoffes. Falls sie verwendet werden, um den Stoff zu wiederholen, zu vertiefen oder zu ergänzen, sollten die Schülerinnen die Erklärungen möglichst genau formulieren (ev. auch unter Zuhilfenahme von Schulbuch, Skripten, Lexika...). Solche "Übungen" können natürlich auch als Beurteilungsgrundlage verwendet werden.

Wirkungen des elektrischen Stromes: Die Schülerinnen erhalten Schreib- und Plakatmaterial, Kopien von Gerätebeschreibungen und eine Kurzübersicht über die Wirkungen des elektrischen Stromes. Über jede Wirkung soll aus theoretischer Sicht und in Blick auf die Anwendungen ein Plakat gestaltet werden, das in der Klasse oder am Gang beim Physiksaal ausgestellt wird.

Eine weitere Möglichkeit, **Stoff zu erarbeiten**, der in seinen Grundzügen bekannt ist, ist die folgende: Die Schüler erhalten den Stoff in Form eines Skriptums und dazu einen Fragenkatalog. Sie sollen nun einzeln oder in Gruppen diese Fragen ausarbeiten. Durch diese Ausarbeitung werden die Schülerinnen dazu gebracht, den Stoff genau durch- und aufzuarbeiten.

Anlegen einer Kartei mit Freihandversuchen: Die Schülerinnen suchen sich selbst Versuche zu einem Kapitel, sammeln Material und führen die Versuche durch.

Referate als Einstieg, zur Ergänzung, Vertiefung und Wiederholung des Stoffes: Material erhalten die Schülerinnen anfänglich eher vom Lehrer, in den höheren Klassen und Jahrgängen sollen die Schüler vor allem selbst versuchen, sich das Material (unter Assistenz des Lehrers) zu beschaffen.

Einstieg und Einleitung in die Physik: In vielen Physikbüchern findet man bei den ersten Kapiteln bzw. am Ende des Buches eine Übersicht über die wichtigsten Physiker und Physikerinnen und ihre Beiträge zu den einzelnen Gebieten der Physik. Ihre Ergebnisse, die Arbeitsweise und die Kapitel der Physik kann man mit den Schülerinnen erarbeiten, indem man ihnen folgendes Material zur Verfügung stellt: bunten Karton, Photos der Physiker und Bücher mit Biographien. Die Schülerinnen sollen aus diesen Unterlagen eine Beschreibung jedes Physikers und seiner Leistungen in der Physik erarbeiten. Dabei ist auch der PC zur Gestaltung von Graphiken oder zur Textverarbeitung recht gut einsetzbar. Auf diese Art kann man sich eine "Galerie von Physikern" schaffen, die den Physiksaal oder auch den Gang vor dem Physiksaal verschönert.

Als Abschluß sei auch auf die Möglichkeit der Durchführung von **Projekten** hingewiesen. Besonders hier kann sehr gut fächerübergreifend unterrichtet werden.

In eiem Projekt *"Energie an unserer Schule"* bieten sich folgende Aufgabenbereiche an:

- Stromrechnungen der letzten Jahre analysieren (Graphiken mittels Tabellenkalkulation oder Graphikprogrammen erstellen), Stromverbrauch, Kosten, Tendenzen,...
- Energiesparmaßnahmen im Bereich Heizung und Warmwasser u.ä.; Theoretische Abhandlung (Einsatz von Textverarbeitung); Praktisch - Wie wird das an der Schule durchgeführt?
- Funktionsweise der Heizung an der Schule, Anlage besichtigen, Photos, Erklärung,...
- Arten von Elektrogeräten; Energieverbraucher - Beschreibung, Photos, Leistungsschilder
- Warmwasseraufbereitung
- Vortrag zum Thema Energie
- Exkursion-Alternativenergien
- Vergleich Schule/Haushalt

Exkursion zum CERN

Werner Cyrmon

Vom 13.5.-17.5.1994 führte ich gemeinsam mit meinen Kollegen Prof. Wikidal und Frau Mag. Steinbuch mit dem Jahrgang 4BD der Abt. EDVO der HTBLuVA Wr. Neustadt eine Exkursion zum CERN nach Genf durch.

Die An- und Abreise erfolgte mit der Bahn, in Genf nutzten wir die öffentlichen Verkehrsmittel. Quartier wurde in einer Jugendherberge fast direkt am Genfer See bezogen.

Am Programm standen 2 Besuche in CERN: Samstag nachmittags nahmen wir an der Standardführung, die jeder CERN-Besucher bekommen kann, teil. Sie besteht aus einem einfach gehaltenen Einführungsvortrag, einem Film und danach einer Führung über das CERN- Gelände. Da ich selbst das erste Mal beim CERN war, habe ich leider nicht gewußt, daß LEP (Large Electron-Positron Collider) vom Frühjahr bis in den Winter nonstop durchläuft, und daher ebensowenig wie die großen Detektoren (z.B. Aleph) besichtigt werden können. Wer also LEP besichtigen will, muß seinen Besuch unbedingt im Winter durchführen. Wir besichtigten daher die Anlagen des SPS (Super Proton Synchrotron), z.B. die Steuerzentrale, Beschleunigungseinheiten, sowie eine riesige Experimentierhalle. Montags erhielten wir dann eine Sonderführung für die Schüler der Abt. EDVO, betreffend Computer, Datenverarbeitung, etc. Diese Vorführungen und Erläuterungen waren für alle Teilnehmer faszinierend. Die Sonderführung wurde vor allem durch die Hilfe von Dr. Koziol möglich, der am CERN tätig ist und mir wirklich jeden Wunsch bezüglich der Führung erfüllte. Des weiteren stand am Montag noch ein theoretischer Vortrag über das Standardmodell und ein Besuch der Ausstellung MICROCOSM im CERN, sowie ein Mittagessen in der CERN-Kantine am Programm. Für die Schüler besonders interessant war die Ausstellung MICROCOSM, die wirklich einzigartig ist. Die meisten Ausstellungsstücke vermitteln ihre Information interaktiv, wobei ebenfalls Computer eingesetzt werden. Der dazwischenliegende Sonntag wurde zur Nachbesprechung des am Samstag gesehenen und zur Stadtbesichtigung genutzt.

Zusammenfassend muß man sagen, daß sich die Mühe des Organisierens auf jeden Fall ausgezahlt hat, da sowohl die Schüler als auch die begleitenden Lehrer begeistert von dieser Exkursion waren. Zum Organisatorischen sei noch bemerkt, daß diese Exkursion vom Schulgemeinschaftsausschuß zur schulbezogenen Veranstaltung erklärt wurde, so daß wir also rechtlich abgesichert waren. Allerdings können die Begleitlehrer bei Auslandsexkursionen keine Reiserechnung legen. Mit der Organisation begann ich bereits Anfang Dezember und - wie sich herausstellte - nicht zu spät, da die CERN-Führungen immer monatelang im voraus ausgebucht sind. Sollte jemand Informationen bezüglich einer derartigen Veranstaltung benötigen, stehe ich für Auskünfte gerne zur Verfügung.

Mag. W. Cyrmon
HTBLuVA Wr. Neustadt
Dr. Eckenergasse 2
2700 Wr. Neustadt

Der Weltraum im Klassenzimmer HTL-Schüler erfolgreich bei Jugend Innovativ

Werner Cyrmon

Das Projekt PRINSA (Projekt Internet - NASA), durchgeführt von Mag. Cyrmon und dem 4 BD Jahrgang der Abteilung EDVO der HTBLuVA Wr. Neustadt, wurde von der ASA (Austrian Space Agency) aus den rund 100 heuer bei "Jugend Innovativ" eingereichten Projekten ausgewählt, Österreich gemeinsam mit einem zweiten Projekt beim "Third Information Forum For Young Europeans" der EURISY mit dem Titel "Bringing Space into the Classroom" vom 25. - 27. 11. 1994 im Euro Space Center Transinne (Belgien) zu vertreten.

Beim Projekt PRINSA wurde Schülern via Internet der Zugang zu den Datenbanken der NASA ermöglicht. Die dort gefundenen Daten, z.B. Satellitenbilder, werden in einer allgemein zugänglichen Mailbox jedem Interessierten zur Verfügung gestellt. Ausgezeichnet wurde ein eingereichter Aufsatz in englischer Sprache über das rätselhafte Verschwinden der Mars-Observer Sonde im August 1993.

Die Übergabe des Preises und der damit verbundenen Urkunde fand am 30.6.1994 im technischen Zentrum der Creditanstalt im Rahmen der Preisverleihung "Jugend Innovativ" unter Anwesenheit des EU-Botschafters Corrado Pirzio Biroli, Vertretern des BMUK, der AGA, CA, des ORF und des Patentamtes statt.

(Die Mailbox ist unter der Nummer 02622 - 87475 erreichbar.)

(Die Redaktion gratuliert zu dieser Auszeichnung.)

Die 4BD der HTBLuVA Wr. Neustadt am Ufer des Genfer Sees

Physikalische Splitter

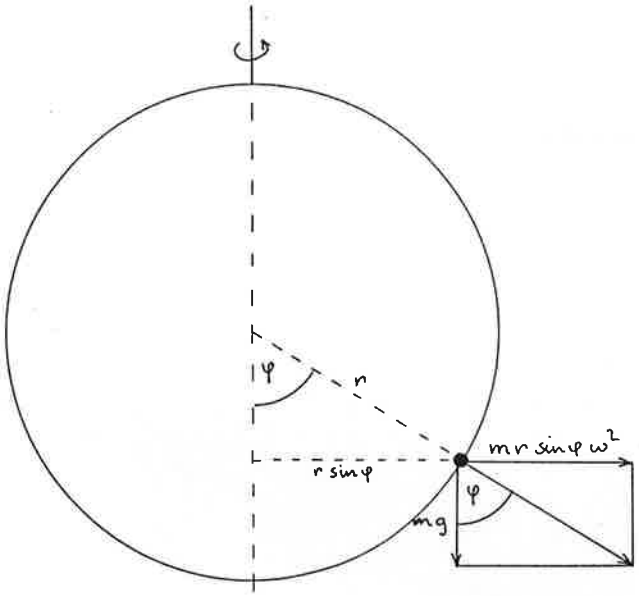
Schwere Elemente in interstellarem Gas gefunden.
Erstmalig konnten mittels des Hubble-Teleskops Blei, Arsen und Krypton in einer Gaswolke (400 Lichtjahre von uns entfernt) nachgewiesen werden, was wegen der im Vergleich zu leichten Elementen geringen Häufigkeit dieser Elemente sehr schwierig ist.

Ein mechanisches Beispiel für eine Symmetriebrechung

Johann Ganzberger

Auf dieses einfache Experiment bin ich in dem schönen Buch *Nonlinear Systems* von P. G. Drazin gestoßen, habe es zuerst für ziemlich trivial gehalten und nicht weiter beachtet. Inzwischen finde ich es nicht nur faszinierend, sondern glaube, daß man anhand dieses Beispiels hervorragend den Begriff der Verzweigung, gegebenenfalls die Idee der linearen Stabilitätsanalyse und vor allem die Bedeutung des Potentials für Schüler klarmachen kann.

Biegen Sie einen etwas stärkeren Draht, auf dem sich eine durchbohrte Holzkugel möglichst reibungsfrei bewegen kann, zu einem Kreis. Beginnen Sie nun den Kreis, an dessen tiefstem Punkt sich die Kugel im stabilen Gleichgewicht befindet, langsam um die senkrechte Achse zu drehen (Bohrmaschine, Elektromotor oder freihändig). Was erwarten Sie? Sollten Sie meinen, daß die Kugel sofort entweder nach links oder nach rechts ausbricht, dann werden Sie viel Freude mit dem Versuch und den folgenden Überlegungen haben. Bis zu einer bestimmten kritischen Kreisfrequenz (z.B. $\omega = 10$ Hz für einen Radius $r = 10$ cm) wird sich die Kugel nicht von der Stelle rühren, und das hat mit der Reibungskraft gar nichts zu tun!



Im Gleichgewicht muß die resultierende Kraft senkrecht auf die Tangente also in Richtung $\vec{r}$ zeigen, sonst würde sich ja die Kugel verschieben. Daraus folgt sofort

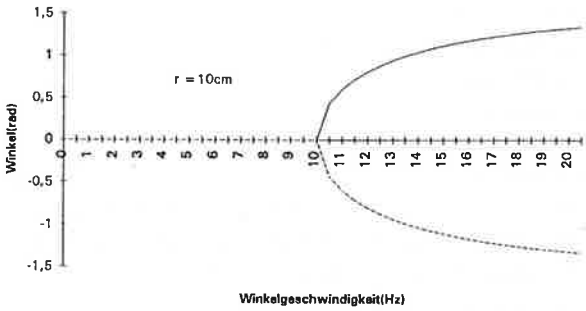
$$\tan\varphi = \frac{r\omega^2 \sin\varphi}{g}$$

Mag. Johann Ganzberger
Kanalstraße 4/A5
1220 Wien

Diese Gleichung hat mehrere Lösungen für φ:

1) $\sin\varphi = 0$. Die Nullage ist also stets ein Gleichgewichtspunkt (aber nicht immer stabil). Auch $\varphi = \pm\pi$ sind Gleichgewichtspunkte (allerdings - wie wir zeigen werden - stets instabil).

2) $\cos\varphi = g/r\omega^2$, falls (und das ist der springende Punkt) $g \le r\omega^2$. Also erst wenn $r\omega^2 > g$ wird, entfernt sich die Kugel spontan aus der Ruhelage.



An dieser Stelle beginnt meistens die unvermeidliche Diskussion, ob man denn nicht - wenn man "alles ganz genau wüßte" - vorhersagen könnte, nach welcher Seite die Kugel wandert. Auf diese Diskussion sollte man sich einlassen und so den Begriff der Verzweigung erarbeiten.

Woher weiß man, ob ein Gleichgewichtspunkt stabil oder instabil ist?

Zuerst schreibt man sich die Bewegungsgleichung der Kugel auf (Summe der Drehmomente)

$$mr^2\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -mgr\sin\varphi + mr^2\omega^2\sin\varphi\cos\varphi$$

und formt sie ein wenig um:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \omega^2\sin\varphi\left(\cos\varphi - \frac{g}{r\omega^2}\right) = F(\varphi)$$

Im Gleichgewicht ist die Winkelbeschleunigung gleich 0 und also auch $F(\varphi) = 0$. Folglich $\sin\varphi = 0$ oder $\cos\varphi = g/r\omega^2$, wie gehabt. Jetzt ersetzt man $F(\varphi)$ in der Nähe eines Gleichgewichtspunktes φ_0 durch seine Tangente (Fortgeschrittene sprechen von Taylorreihe):

$$F(\varphi) \approx F'(\varphi_0)\cdot\Delta\varphi + F(\varphi_0) = F'(\varphi_0)\cdot\Delta\varphi$$

mit $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$, weil ja $F(\varphi_0) = 0$ ist.

Für eine kleine Störung $\Delta\varphi$ aus dem Gleichgewicht ergibt sich damit aus (1) die Gleichung

$$\frac{d^2}{dt^2}\Delta\varphi = F'(\varphi_0)\cdot\Delta\varphi$$

Für $F'(\varphi_0) < 0$ ist φ_0 offensichtlich stabil, denn die Lösungen von (2) sind dann harmonische Schwingungen von $\Delta\varphi$ und in der Praxis gedämpft, sodaß die Störung verschwindet, während für $F'(\varphi_0) > 0$ die Störung exponentiell anwächst, also vom Gleichgewicht wegläuft (instabil).

In unserem Beispiel ist

$$F'(\varphi) = \omega^2\left(\cos^2\varphi - \sin^2\varphi - \cos\varphi\frac{g}{r\omega^2}\right)$$

und sofort läßt sich die Stabilität der Punkte $\varphi = 0$, $\varphi = \pm\pi$, $\varphi = \pm\arccos(g/r\omega^2)$ nach diesem Kriterium überprüfen:

$\varphi = 0$ stabil für $r\omega^2 < g$,

$\varphi = \pm\pi$ immer instabil,

$= \pm\arccos(g/r\omega^2)$ stabil für $r\omega^2 > g$ (nachrechnen!).

Noch deutlicher sieht man die Sache, wenn man sich ins Potentialgebirge begibt und nachschaut, wie die Berge und die Täler verlaufen. Was man gerne hätte, ist hier eine Funktion $V(\varphi)$ genannt "Potential", die bei den instabilen Gleichgewichtspunkten ($F(\varphi) = 0$, $F'(\varphi) > 0$) ein Maximum hat (Vorstellung: Eine dort liegende Kugel rollt nach der kleinsten Störung hinunter ins Tal) und bei den stabilen Punkten ($F(\varphi) = 0$, $F'(\varphi) > 0$) ein Minimum (Kugel bleibt dort liegen). Wer schon mit dem Handwerk der "Kurvendiskussion" vertraut ist, entdeckt sofort, daß $F(\varphi)$ bis aufs Vorzeichen und bis auf eine additive Konstante nichts anderes ist als die erste Ableitung von V.

Also ist $V(\varphi) = -\int_0^\varphi F(x)\,dx$ (mit der Wahl $V(0) = 0$).

In unserem Fall ergibt sich

$$V(\varphi) = \omega^2\left(\frac{g}{r\omega^2}(1 - \cos\varphi) - \frac{\sin^2\varphi}{2}\right)$$

Das Zeichnen überläßt man gerne dem Computer:

Das schaut man sich in Ruhe an und begreift:
"Ein Potential sagt mehr als tausend Rechnungen!"

Literatur

P. G. Drazin, *Nonlinear Systems*, Cambridge University Press, 1992

c-Messung mit dem »Tagesschau-Echo«

Wolfram Becher-Broßeder, Jürgen Kirstein, Rudolf Rass

Einleitung

Wir berichten über ein Unterrichtsprojekt zur Messung der Signalgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen mit Hilfe von Rundfunksatelliten, das mehrfach in der 11. Jahrgangsstufe an der Fritz-Karsen-Schule (Gesamtschule mit Grundstufe und gymnasialer Oberstufe) in Berlin durchgeführt wurde. Das Beispiel zeigt exemplarisch, wie der klassische "Laborversuch" durch ein experimentelles Arrangement ersetzt werden kann, mit dem Wege zu einer handlungsorientierten, lebensnahen Lernsituation im Physikunterricht geöffnet werden.

Das Phänomen - Der Echo-Effekt bei der Tagesschau

Fernsehen aus dem Weltraum

Jeden Abend, pünktlich um 20.00 Uhr, kann man das »Tagesschau-Echo« erleben: wir benötigen zwei Fernsehgeräte, eine Antenne für den terrestrischen Empfang und eine Empfangsanlage für das Satellitenfernsehen (ersatzweise einen Kabelanschluß). Zur Beobachtung stellt man einen Empfänger auf den ARD-Kanal, den anderen auf das Satellitenprogramm »3sat« ein. Beide Programme übertragen ab 20.00 Uhr die Tagesschau. Sie beginnt - trotz kosmetischer Korrekturen - glücklicherweise immer noch mit einem Gong, der uns deutlich später aus dem Weltraum erreicht als über den terrestrischen Weg.

Als wir vor etwa 4 Jahren das Unterrichtsprojekt vorbereiteten, sah die Fernsehlandschaft noch etwas anders aus. Für das Experiment wurde das vom Fernmeldesatelliten »DFS-Kopernikus« ausgestrahlte Programm »1PLUS« eingesetzt, das inzwischen eingestellt wurde. Insofern bezieht sich der folgende Bericht auf den Zeitraum, in dem wir das Projekt durchführten.

Die Übertragungsstrecken der ARD-Tagesschau

Die Quelle der Tagesschau ist ein Studio beim Norddeutschen Rundfunk (NDR) in Hamburg. Mit einem Umweg über Köln gelangt das Signal über Richtfunkstrecken zum Sternpunkt der ARD nach Frankfurt zum Hessischen Rundfunk (HR). Die nach dem Sternpunkt nächste Station der terrestrischen Übertragung ist der Sender Freies Berlin (SFB). Von hier wird das Signal über einen hauseigenen VHF-Sender ausstrahlt und auch an die Kopfstation für das Kabelnetz der Bundespost in Berlin übergeben.

Bis zur Einstellung des Satellitenprogramms 1PLUS wurde - wiederum ausgehend vom Sternpunkt in Frankfurt - das Signal für die Satellitenübertragung zunächst zum Südwestfunk (SWF) nach Baden-Baden geleitet. Weiter ging es zur Erdfunkstelle der Deutschen Bundespost nach Usingen bei Frankfurt. Von hier wurde es über eine der großen Parabolantennen mit einer »Uplink-Frequenz« von etwa 14 GHz - als Mikrowelle - zum Fernmeldesatelliten Kopernikus gesendet,

Abb. 1: Die Übertragungswege der Tagesschau durch die Fernsehprogramme ARD (terrestrisch) und 1PLUS (Satellit).

von der Erdfunkstelle in Berlin auf dem Schäferberg empfangen und ebenfalls der Kopfstation für das Kabelnetz zugeführt.

Labor-Experiment kontra Lebenswelt

Laufzeiteffekte elektromagnetischer Wellen als Phänomen

Naturerscheinungen den Sinnen zu vermitteln, Natur erfahrbar zu machen, das ist eine wichtige Aufgabe des Physikunterrichts. Das Phänomen der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, die Laufzeit eines Signals, kann mit den schulüblichen interferometrische Meßmethoden - als »Experiment im Kleinen« - den Schülern nicht vermittelt werden. Der Versuch, Laufzeiteffekte bei elektromagnetischen Wellen nachzuweisen, endet zwangsläufig bei elektronisch verfeinerten Methoden - jedenfalls dann, wenn man den Physikraum mit der Anordnung nicht verläßt. Das Phänomen zu erleben, setzt aber gerade das voraus: Laufstrecken von mehreren Zehntausend Kilometern Länge werden notwendig. Mit dem Satellitenfernsehen ist das kein Problem mehr. Wir beziehen den Weltraum in unserer Experiment ein! Das »Tagesschau-Echo« ist ein »Experiment im Großen«, das einerseits die Laufzeit eines elektrischen Signals unmittelbar erleben läßt, andererseits einen engen Bezug zur Lebenswelt der Schüler hat.

Experimente in der Schülerwelt

Lerninhalte sollten eine Beziehung zur Wirklichkeit haben. Sie müssen möglichst viele »Verankerungspunkte« für das Wissen bieten. Verknüpfen wir den Lernstoff mit realen Begebenheiten aus der Welt des Schülers, wirkt seine Umwelt bei der Festigung des Gelernten unbemerkt mit. Ein solcher »Verankerungspunkt« besteht bei dem von uns vorgeschlagenen Experiment darin, daß es mit technischen Geräten aus der Erfahrungswelt der Schüler durchgeführt werden kann. Diese Hinwendung zu den Interessen der Schüler ermöglicht eine umfangreiche Einbeziehung von Schüleraktivitäten in den Lernprozeß. Angefangen von der Möglichkeit, das Phänomen schon im Hausversuch jederzeit zu erleben, werden für eine genauere Untersuchung vielseitige Schüleraktivitäten angeregt. Auch fachbezogene Lerninhalte (Methoden der c-Messung, Erdsatelliten, Ausbreitung von Mikrowellen) wie auch fachübergreifende (gesellschaftliche, politische und historische Bedingungen des Satellitenfernsehens) lassen sich anbinden - Physiklernen ist im Kontext möglich.

c-Messung als Unterrichtsprojekt

Organisation des Unterrichtsprojekts

Das Projekt gliedert sich grob in drei Phasen. Zunächst stellen wir den Schülern die Idee vor, mit dem »Tagesschau-Echo« die Signalgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen zu messen.

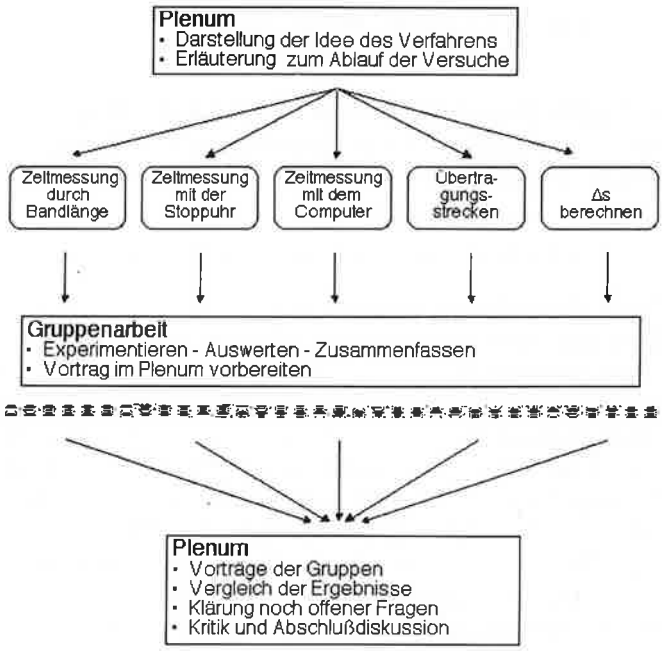


Abb. 2: Organisationsschema zum Unterrichtsprojekt.

Daran anschließend werden Fragestellungen entwickelt, die in Arbeitsaufträge für die themenverschiedene Gruppenarbeitsphase münden.

Einige der Gruppen ermitteln mit verschiedenen Verfahren den Laufzeitunterschied Δt. In den anderen Gruppen wird unabhängig von der Zeitmessung die Länge der Übertragungsstrecke Δs bestimmt. Die Schüler untersuchen die genauen Übertragungsbedingungen, sowohl für die terrestrische Zuführung des Programms als auch - in einer eigenen Gruppe - für die Satellitenübertragungsstrecke. Die Ergebnisse der Gruppenarbeitsphase werden von den Schülern im Plenum vorgetragen und daran anschließend Auswertung und Diskussion der Messungen vorgenommen.

Experimentelle Voraussetzungen

Wesentlich für eine kontinuierliche Arbeit in der Gruppenarbeitsphase ist, die Messung des Laufzeitunterschieds jederzeit durchführen zu können. Dazu erfolgte die Aufzeichnung der Tonsignale (ARD - 1PLUS) mit einem 2-Kanal-Spulen-Magnetbandgerät bei einer Aufnahmegeschwindigkeit von 19,05 cm/s.

Schülernahe Meßmethoden für die Laufzeitdifferenz

Hier ist Kreativität gefragt - je einfacher, desto besser. Ist für die Aufzeichnung ein Spulentonband verwendet worden, kann zur Zeitmessung, durch reduzierte Wiedergabegeschwindigkeit (2,4 cm/s), im einfachsten Fall die Handstoppuhr eingesetzt werden.

Steht ein Speicheroszilloskop, etwa als Meßinterface in Verbindung mit einem Mikrocomputersystem, in der Schule zur

Abb. 3: Tonsignale der Fernsehprogramme ARD (unten) und 1PLUS (oben) mit dem Computer aufgezeichnet. Das verwendete Programm erlaubt auch die akustische, stereophone Wiedergabe der Signale.

Verfügung, so bietet sich die Zeitmessung damit besonders für die grafische Bestimmung von Δt an, die jeder Schüler selbst mit einem entsprechenden Ausdruck vornehmen kann.

Ermitteln der Übertragungsstrecken

Nachforschungen unserer Schüler beim Fernmeldetechnischen Zentralamt (FTZ) der Bundespost in Darmstadt zeigen ein sternförmiges Kommunikationsnetz, über das die ARD ihr Programm verteilt. Die Länge der terrestrischen Übertragungsstrecke konnten unsere Schüler noch bequem mit der Landkarte ermitteln.

Die Bestimmung der Länge der Übertragungsstrecke durch den Weltraum (Frankfurt - Baden-Baden - Usingen - Kopernikus - Berlin) ist dagegen eine für Schüler etwas mühselige trigonometrische Aufgabe, die von ihnen einiges an räumlichem Vorstellungsvermögen verlangt. Zur Veranschaulichung haben sich die Schüler ein räumliches Modell der Orbitalposition des Satelliten hergestellt.

Abschätzen der Signalgeschwindigkeit - Folgerungen

Als Laufzeit des »Tagesschau-Gongs« über den Satelliten Kopernikus haben unsere Schüler einen Wert von $\Delta t = (260 \pm 20)$ ms ermittelt. Trotz der etwas unübersichtlichen Übertragungsverhältnisse erhält man damit ein aussagekräftiges Ergebnis: als Signalgeschwindigkeit u ergibt sich ein Wert von

$$u = \Delta s / \Delta t = 79100 \text{ km} / 0{,}26 \text{ s} = (3{,}0 \pm 0{,}3) \cdot 10^8 \text{ m/s},$$

wobei der Fehler der Zeitmessung hier den Gesamtfehler mit etwa 10% dominiert (der Fehler liegt damit in der Größenordnung schulüblicher Methoden zur c-Messung). Das bedeutet: Der Tagesschau-Gong breitet sich - im Rahmen der Meßgenauigkeit - mit Lichtgeschwindigkeit von Hamburg bis in unser Wohnzimmer aus. Und das haben die Schüler - im einfachsten Fall - nur mit einer Stoppuhr gemessen.

Die Entwicklung der Fernsehlandschaft

Bei einer Fortsetzung des Projekts werden wir die durch den Rundfunksatelliten ASTRA veränderten Übertragungsbedingungen untersuchen müssen. Da inzwischen über diesen Weg die Vollprogramme von ARD und ZDF ausgestrahlt werden, ist der Umweg über die Tagesschau also nicht mehr unbedingt notwendig. Voraussetzung allerdings bleibt, daß diese Programme auch erdgebunden ausgestrahlt werden. Somit hoffen wir, daß uns die Grundversorgung durch die öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalten noch lange erhalten bleiben möge - und das nicht nur zu Meßzwecken.

Literatur

[1] Becher-Broßeder W., Kirstein J., *c-Messung mit der Stoppuhr*, PdN-Ph 4 (1992)

[2] Dickreiter, M. (Hg.), *Handbuch der Tonstudiotechnik*, München 1978

[3] Duit R., *Von Alltagsvorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Ideen - neue Unterrichtsansätze*, in: Lichtfeld M. (Hg.), *Ideen für den Physikunterricht*, Berlin 1993

[4] FB Informatik der FKS, *Umfrage über Fernsehgewohnheiten bei Schülern*, Berlin 1994 (unveröffentlicht)

[5] Fernmeldetechnisches Zentralamt, *Post über All*, Darmstadt 1988

[6] Hameyer U., *Forschendes Lernen*, in: IPN Blätter 1/93

[7] Muckenfuß H., *Mädchen, Macht und Physikunterricht*, in: Lichtfeld M. (Hg.), *Ideen für den Physikunterricht*, Berlin 1993

[8] Oberndorfer G., *Das springende Ei*, Bern 1991

[9] Vester F., *Denken - Lernen - Vergessen*, München 1978

Anschriften der Verfasser:
StD Wolfram Becher-Broßeder, StR Jürgen Kirstein, Fritz-Karsen-Schule, Onkel-Bräsig-Str. 76-78, D-12359 Berlin
Prof. Dr. Rudolf Rass, TU Berlin, Institut für Fachdidaktik Physik und Lehrerbildung, Sekr. PN 1-1, Hardenbergstr. 36, D-10623 Berlin

(Welche Wahlpflichtgruppe überträgt diese Messung auf österreichische Verhältnisse? - Publikation garantiert! H.K.)

Nobelpreis für Physik 1994

Am 10. Dezember 1994 wird der Physiknobelpreis an zwei Pioniere der Strukturforschung mittels Neutronenstreuung verliehen werden. Die ausgezeichneten Arbeiten erfolgten in den Vierziger- und Fünfzigerjahren. Seither ist Neutronenstreuung ein Standardinstrument für die Strukturforschung und intensive Neutronenquellen sind eine Notwendigkeit (s. den Beitrag über das Austron-Projekt in PLUS LUCIS 3/93).

Clifford G. Shull vom MIT (USA) streute erstmalig thermische Neutronen elastisch an Kristallen, wodurch ähnlich wie bei der Röntgenstreuung die Kristallstruktur untersucht werden kann. Dabei wird ausgenutzt, daß sich nach der Quantenmechanik ein Strahl von Neutronen wie eine Welle verhält mit der Wellenlänge $\lambda = h/p$. (Beziehung von de Broglie: h ... Plancksches Wirkungsquantum, $p = mv$ ... Impuls der Neutronen.) Für thermische Neutronen ist die Wellenlänge von der Größenordnung der Gitterkonstante. Im Gegensatz zur Röntgenstreuung, bei der nur die Ladungsstruktur im Festkörper getestet wird, wird in der Neutronenstreuung wegen des magnetischen Moments der Neutronen neben der Verteilung der Atomkerne auch die magnetische Struktur getestet.

Untersucht man hingegen - wie dies ***Bertram N. Brockhouse*** von der McMaster-Universität in Ontario, Kanada - tat, die Energieverteilung von unelastisch gestreuten Neutronen, so erhält man Information über die möglichen Energiezustände des Kristalls. Wegen der niedrigen Energien, die zur Anregung von Kristall- und Molekülschwingungen notwendig sind, sind thermische Neutronen wegen ihrer geringen Energie gut geeignet.

Freihandexperimente

Schon versucht?

Aufstieg und Fall eines Gummibärchens

Werner Rentzsch

Eine schwere Geburt!

Wir machen unsere Gummibärchen selber!

Herstellung der Gießform (Stärkebett)

Ca. 1 - 2 kg Stärkepulver (glattes Mehl) wird im Backofen bzw. im Trocken- oder Brutschrank bei etwas mehr als 100 °C einige Stunden getrocknet (die Mehlmenge richtet sich nach der Tragebrettgröße). Das Mehl wird entweder direkt am Backblech oder auf einem geeigneten Tragebrettchen (ev. Servierbrett) mit einer Holzleiste glatt gestrichen. Mit gekauften Gummibärchen oder anderen Formen (Stempel) werden im Stärkebett Abdrücke hergestellt - Abstand so wählen, daß die Abdrücke gerade nicht einfallen.

Herstellung der Gießmasse

Invertzucker: 200 g Saccharose werden in 100 ml Wasser gelöst. Nach der Zugabe einer Spatel Weinsäure erwärmt man ca. 1/2 Stunde auf 70 - 80 °C. Anschließend mit einer Spatel Speisesoda (Natron, $NaHCO_3$) neutralisieren; schäumt auf.

Gelatinemasse: Man läßt 90 g Gelatinestückchen (Blattgelatine zerbrechen) in 150 ml Wasser ca. 15 min quellen. Dann läßt man die Gelatine vorsichtig auf nicht zu heißer Platte schmelzen (Temp. nicht über 75 °C). Ev. Wasserbad verwenden; falls notwendig noch etwas Wasser zugeben - Vorsicht, brennt sehr leicht an.

Zuckerlösung: 240 g Zucker mit 75 ml Wasser vermischen und vorsichtig auf 115 °C erwärmen (ev. noch etwas Wasser zugeben).

Nun gießt man erst den Invertzucker und dann die Zuckerlösung zur Gelatinemasse und verrührt gut. Die Masse wird zusätzlich noch mit einigen Spateln Apfelsäure (teuer) oder Zitronensäure versetzt.

Damit die Masse gießfähig bleibt, muß sie warm gehalten werden (ev. Wasserbad).

Vor dem Verarbeiten gibt man Fruchtaroma und Lebensmittelfarbe zu (z.B. mehrere Farben in mehreren Geschmacksrichtungen: dazu immer den entsprechenden Teil der heißen Masse ausgießen und getrennt aromatisieren und färben).

In die Form bringen

Ein Glastrichter wird mit heißem Wasser ausgespült, in die rechte Hand genommen und mit dem Zeigefinger verschlossen. Die möglichst heiße Bärchenmasse (VORSICHT: Verbrennungsgefahr) gießt man in den Trichter (nicht zuviel, sonst erkaltet die Masse) und läßt sie portionsweise in die Form rinnen - der Finger ist das Verschlußventil. Vor der Verwendung der nächsten Farbe Trichter heiß ausspülen.

Die Fruchtgummiherstellung läßt sich sowohl im Labor als auch in der Küche (z.B. Schulküche) durchführen - danach richten sich auch die zu verwendenden Geräte. Wird im Labor gearbeitet, ist auf die Verwendung wirklich chemikalienfreier Geräte zu sorgen - auch die Zutaten nimmt man besser nicht aus dem Chemikalienschrank, sondern besorgt sie frisch.

Guten Appetit und viel Spaß!

Zutaten und Materialien

Saccharose, L(+)-Weinsäure, Speisesoda, Gelatine, Apfel- oder Zitronensäure, Lebensmittelfarben, Fruchtaromen, Pinzette, 2 Bechergläser 200 ml, 1 Becherglas 400 ml oder entsprechende Reinderln, Glasstab oder Löffel, Spatel oder Löffel, Heizplatte oder Herd, Thermometer, Glastrichter, Stärkebett und Stempel.

Das Bärchenkrematorium!

Bedarf: Stativ und Stativmaterial, Brenner, großes Reagenzglas (3 cm Durchmesser), Spatel, Tiegelzange, Schutzhandschuh, Schutzbrille, Schutzwand und Abdeckplatte, feuerfeste Unterlage, Kaliumchlorat, Gummibärchen

Sicherheitshinweis: Der Versuch muß auf einer feuerfesten Unterlage durchgeführt werden, da Bruchgefahr besteht. Zum Schutz der Schüler wird eine Schutzwand verwendet, die oben noch mit einer Abdeckscheibe gesichert werden kann. Die

Öffnung des Reagenzglases soll entweder auf die Abdeckscheibe oder von den Schülern weggerichtet werden.

Bei Versuchen mit Kaliumchlorat muß sehr vorsichtig vorgegangen werden - Mischungen mit brennbaren Stoffen sind druckempfindlich und können schon beim Mischen explodieren!

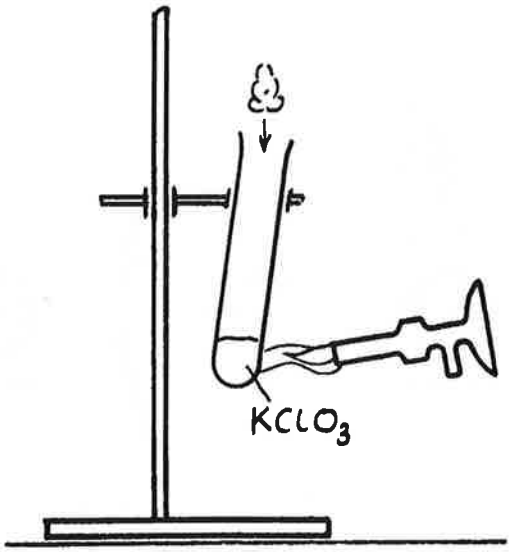
Nur reines Kaliumchlorat verwenden.

Dieser Versuch sollte nur von erfahrenen Experimentatoren durchgeführt werden.

Durchführung: Ein großes Reagenzglas wird ca. 2 cm hoch mit Kaliumchlorat gefüllt und im Stativ fixiert. Man erhitzt vorsichtig mit rauschender Brennerflamme bis der Stoff vollständig geschmolzen ist.

Man hält ein Gummibärchen mit der Tiegelzange und läßt es in die Schmelze fallen. Dazu trägt man einen Schutzhandschuh und befindet sich selbst auf der Schülerseite der Schutzwand - man greift nur mit dem Arm um die Wand und tritt nach dem Einwerfen zurück.

Besonders eindrucksvoll ist die Reaktion, wenn der Raum verdunkelt ist.



Auswertung: Das Gummibärchen verbrennt unter starken Feuererscheinungen und verursacht dabei ein Geräusch.

Das starke Oxidationsmittel Kaliumchlorat läßt die Bärchenbestandteile schnell verbrennen. Manchmal kann mit dem entstehenden Wasser und Kohlendioxid flüssiges Kaliumchlorat aus dem Reagenzglas geschleudert werden - daher ist es wichtig, daß die RG-Öffnung immer von Personen weggerichtet ist.

Die Kaliumchloratreste können nach dem Abkühlen des Reagenzglases mit verdünnter Salzsäure erwärmt werden. Nach dem Neutralisieren mit Natronlauge kann die Lösung in den Ausguß gegeben werden.

Literatur

Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie 3 (1992) Nr. 14
H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke*, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1994

Fotorecycling

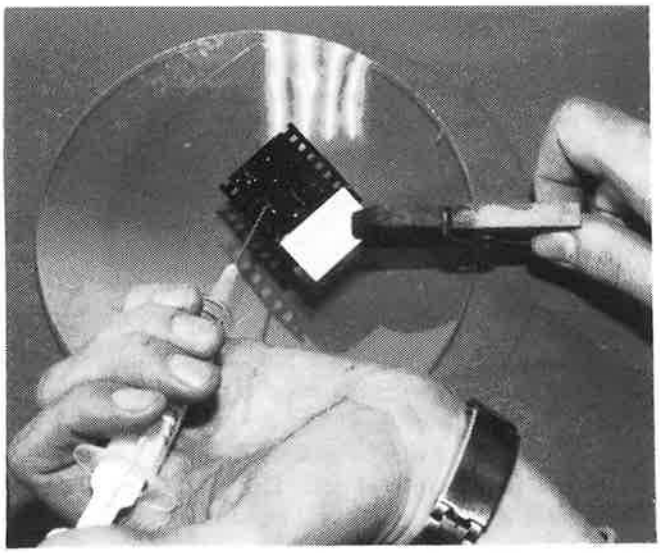
Claus Peter Nitsche, BFI-Wien

Bedarf: Unbelichtete, entwickelte Diastreifen, Dias, die man nicht mehr braucht, Diarahmen, HCl verschiedener Konzentrationen, Einwegspritze mit möglichst dünner Einwegkanüle, Glasplatte oder eine andere säurebeständige Unterlage, Gegenstände zum Kratzen, wie Nadel, Zirkelspitze, Schere, Messer, usw., Feuerquellen, ...

Sicherheitshinweis: Da mit Säuren gearbeitet wird, sollte man gerade in der Schule nur in Kleinstgruppen (3-4 Schüler) arbeiten. Hinweis auf Verätzungsgefahr! Bei der Bearbeitung der Diastreifen mit Feuer ist wegen der leichten Schmelzbarkeit auch auf die erhöhte Verbrennungsgefahr zu achten.

Funktionsweise: Der Diafilm besteht aus drei unterschiedlichen Farbschichten und einer Trägerschicht. Diese sind säure- und hitzeempfindlich.

Durchführung: Unbelichtetes Diamaterial in größerer Menge rahmen. HCl in die Spritze füllen, und damit auf der beschichteten Seite "zeichnen". Auch mit Pinsel oder Stoffresten (Vorsicht Finger!) kann gearbeitet werden. Säure verschieden lang einwirken lassen. Dadurch entstehen unterschiedliche Farbeffekte. Danach 1-2 Minuten wässern und trocknen lassen. Auch durch Ankratzen der lichtempfindlichen Schichten lassen sich gute Ergebnisse erzielen. Mit Feuer lassen sich durch vorsichtiges Anbrennen bis Durchbrennen schöne Motive herstellen. Selbstverständlich kann man die drei beschriebenen Methoden miteinander kombinieren. Die entstandenen Kunstwerke können nach einigen Minuten projiziert werde. Ratschlag: Feuerbearbeitete Dias gehen sehr oft ins "dreidimensionale" Stadium über, daher nicht zu lange projizieren.



100. Todestag von Hermann von Helmholtz (1821-1894)

Lebensdaten

1821	am 31.8.1821 in Potsdam bei Berlin geboren; Vater Gymnasialprofessor
1830-1838	Besuch des Gymnasiums in Potsdam
1838-1842	Medizinstudium
1843-1848	Militärarzt
1847	23.7.: Vortrag in der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin "Über die Erhaltung der Kraft"
1848-1849	Lehrer für Anatomie an der Berliner Kunstakademie
1849-1855	Professor für Physiologie an der Universität Königsberg
1849	Heirat mit Olga von Velten (gest. 1859)
1850	Erfindung des Augenspiegels
1852	28.6.: Habilitationsvortrag "Über die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen"
1855-1858	Professor für Anatomie und Physiologie an der Universität Bonn
1858-1871	Professor für Physiologie an der Universität Heidelberg
1861	Heirat mit Anna von Mohl (gest. 1899)
1870	Wahl zum auswärtigen (1871 zum Ordentlichen) Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften
1871-1888	Professor für Physik an der Berliner Universität; Rektor 1877-78
ab 1881	Mitarbeit bei der Festlegung international gültiger Maßeinheiten
1883	Erblicher Adel verliehen
1887-1894	Präsident der neugegründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg; zugleich Professor mit verringerter Lehrverpflichtung an der Universität Berlin
1894	am 8.9. gestorben

Wichtigste wissenschaftliche Leistungen

1. Hauptsatz der Thermodynamik: Ausgehend von Stoff- und Wärmeumsatz bei biologischen Prozessen abstrahiert er ein neues Naturgesetz. Da der Herausgeber der "Annalen der Physik und Chemie", J. C. Poggendorf, die Arbeit "Über die Erhaltung der Kraft" nicht zum Druck annimmt, wird sie schließlich als eigene Broschüre gedruckt. Der Energieerhaltungssatz wird rasch allgemein anerkannt; bereits 1850 formuliert Clausius den 2. Hauptsatz.

Der *Augenspiegel* entstand aus dem Bedürfnis, den Studenten die Entstehung des Augenleuchtens plausibel zu machen, er wird zum "Wohltäter der Menschheit". *Young-Helmholtzsche Theorie der Farbempfindung* (Rezeptoren für die Grundfarben Rot, Grün und Violett).

Akustik: Helmholtz erkennt die Bedeutung der Obertöne für die charakteristische Klangfarbe von Instrumenten. Helmholtzsche Resonatoren.

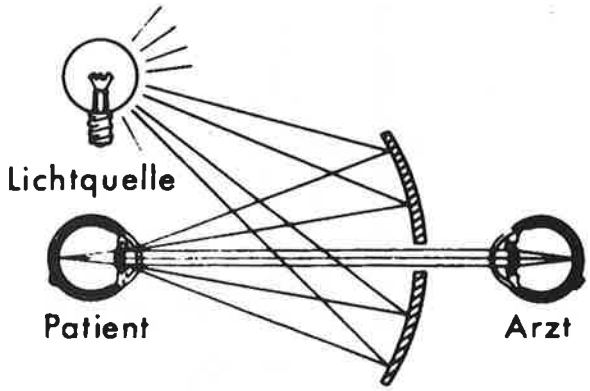
Dynamische Theorie der Wirbelbildung in Flüssigkeiten.

Eintreten für die *Maxwellsche Elektrodynamik* als Gegenstück zu den Fernwirkungstheorien von Weber und Neumann. Sein Schüler Heinrich Hertz bringt mit dem Nachweis der elektromagnetischen Wellen die endgültige Entscheidung. Vorschlag, daß die elektrische Ladung gequantelt sei.

Thermodynamik: Freie Energie, thermodynamische Potentiale, Anwendung auf thermodynamische und elektrochemische Prozesse.

Zusammen mit Werner von Siemens (1818-1892) war Helmholtz einer der Hauptinitiatoren für die Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, die an praktischen Problemen orientierte Grundlagenforschung pflegen und insbes. exakte und reproduzierbare elektrische Maßeinheiten realisieren sollte.

(Lebenslauf und Daten sind dem Artikel von D. Hoffmann und W. Ebeling "Reichskanzler der Wissenschaften" - *Zum 100. Todestag des Physikers, Physiologen und Philosophen Hermann von Helmholtz* in *Phys. Blätter* 9/1994 entnommen.)



Prinzip des Augenspiegels (Ophtalmoskop)

Schärfste Bilder der lebenden Netzhaut

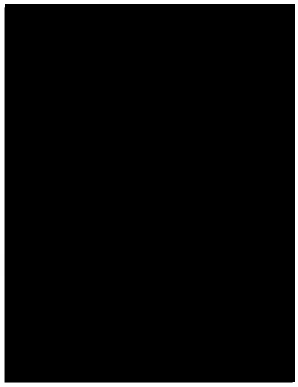
Die folgende Meldung paßt gut zum Gedenken an Helmholtz.

An der Universität von Rochester (USA) gelang es Dr. David Williams, am lebenden Auge die Zapfen abzubilden. Die Zapfen, die das Sehen bei Tag und die Farbwahrnehmung ermöglichen, haben Durchmesser von 3 Mikrometer. Mit herkömmlichen Geräten konnten Augenärzte nur Strukturen über 10 Mikrometer erkennen. Williams ließ durch spezielle Linsen gelbes Laserlicht niedriger Leistung durch die erweiterte Pupille auf den Augenhintergrund fallen und nahm das Bild mit einer CCD-Kamera auf, deren Auflösung größer ist als die Auflösung von Filmmaterial.

Quelle: physnews@aip.org, 5. Oktober 1994

Große Köpfe - kleine Marken

Wissenschafter auf Briefmarken



1983, 15.12. "25. Todestag von Wolfgang Pauli." StTdr.; Kz. 14 1/4 : 13 1/2. (Nobelpreisträger für Physik, 1900 - 1958.) Nr. 1793 im Austria-Netto-Katalog. S 6,00, dkl'karm'br. Auflage 3,500.000.

Wolfgang Pauli (1900 - 1958)

Karlheinz Seeger

Herkunft, Jugend und Studium

Wolfgang Ernst Pauli wurde am 25. April 1900 in Wien geboren. Sein Vater Wolfgang Joseph Pauli war zunächst Arzt, dann Professor der Kolloidchemie an der Universität Wien, wo er die elektrochemischen Eigenschaften der Kolloide untersuchte. Seine Mutter Bertha, geborene Schütz, war Schriftstellerin und hatte viele Kontakte zu Presse und Theater. Wolfgang Ernst hatte noch eine jüngere Schwester, Hertha. Zweifellos hatte die gesellige Atmosphäre in seinem Elternhaus und die Bekanntschaft mit Akademikern und Künstlern einen anregenden Einfluß auf den jungen Pauli. Grundschule und Gymnasium besuchte er in Wien. In Mathematik galt er als Wunderkind, aber auch in den anderen Fächern glänzte er durch überdurchschnittliche Leistungen. Sein Hobby war die Sternkunde, für die er auch seine Schwester begeistern konnte. Aus dieser Vorliebe sollte dann später seine Beschäftigung mit der Relativitätstheorie Einsteins hervorgehen.

Nach der Matura inskribierte er mit 18 Jahren Physik an der Universität München. Dort lehrten Arnold Sommerfeld und Wilhelm Wien, und Sommerfeld als theoretischer Physiker erkannte die hervorragende Begabung Paulis für dieses Fach und ließ ihn für die Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften einen 236 Seiten langen Übersichtsbericht über die Relativitätstheorie schreiben, der im gleichen Jahr erschien, in dem Pauli promoviert wurde, nämlich 1921, also drei Jahre nach Studienbeginn. Dieser Bericht gilt auch heute noch als klassisches Werk. Zugleich mit der Abfassung dieses Berichts schrieb Pauli eine Dissertation über ein gänzlich anderes Gebiet, nämlich das Modell des Wasserstoffmolekül-Ions H^+. Darüber hinaus erschienen von ihm in seinem zweiten und dritten Studienjahr jeweils drei Publikationen über so verschiedene Gebiete wie Gravitation, Diamagnetismus von Gasen, Lichtausbreitung in bewegten Medien und Magnetonen. Zweifellos waren diese ersten Jahre nach dem verlorenen Weltkrieg von Haus aus nicht dazu geeignet, ein lockeres Studentenleben zu führen. Aber Pauli wäre sicher auch nicht daran interessiert gewesen. Er erreichte die Promotion in der kürzesten erlaubten Studienzeit von drei Jahren. Um seine Ausbildung weiter zu vervollständigen, ging er dann auf ein Jahr als wissenschaftlicher Assistent an die Universität Göttingen zu Professor Max Born und von dort auf ein weiteres Jahr weiter nach Norden an die Universität Kopenhagen zu Professor Niels Bohr. Bohr hatte mit seinem Modell für die Atome große Erfolge für das Verständnis der schon lange bekannten Emissions- und Absorptionsspektren glühender Gase gehabt und hatte dafür 1922 den Nobelpreis für Physik erhalten. Er hatte die damals neue Quantentheorie, fußend auf Arbeiten von Planck und Einstein auf das Atom angewandt. Die Möglichkeit, mit Professor Bohr arbeiten zu können, muß Dr. Pauli ganz besonders begeistert haben. Als er 1923 eine Assistentenstelle an der Universität Hamburg bekam, blieb er damit noch immer nahe genug an Kopenhagen, um den Kontakt zu Bohr nicht zu verlieren. Eine Berufung auf eine Professur an die Universität Leipzig lehnte er jedoch ab! Erst 1928 erhielt er dann eine zweite Berufung, diesmal an die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich, der er Folge leistete. Diese Jahre zwischen seinem 23. und seinem 28. Lebensjahr waren zweifellos die wissenschaftlich fruchtbarsten in seinem Leben. Er hatte das Glück, daß gerade in diesen Jahren die Physik "den großen Sprung nach vorne" machte, indem die Quantenmechanik und die Wellen-Teilchen-Äquivalenz ("Korrespondenz") gefunden wurden, und Pauli hatte mit seiner Entdekkung des nach ihm benannten Ausschließungsprinzips einen entscheidenden Anteil daran: Diese Entdeckung sollte ihm 1945 den Nobelpreis einbringen.

Die Entdeckung des Pauli-Prinzips

Viele Schwierigkeiten, die sich mit der Anwendung des Bohrschen Atommodells auf die experimentellen Befunde ergeben hatten, konnten 1925 die Physiker S. Goudsmit und G. E. Uhlenbeck durch die Annahme beseitigen, daß das Elektron einen bestimmten, mit der Planckschen Konstante zusammenhängenden "Spin"-Drehimpuls und ein sich daraus ergebendes magnetisches Moment hat. Die Quantenmechanik ordnet dem Spin eine eigene Quantenzahl zu. Im gleichen Jahr hatte nun Wolfgang Pauli eine geniale Idee für die Erklärung des periodischen Systems der chemischen Elemente: Er behauptete,

Univ.-Prof. Dr. Karlheinz Seeger,
Institut für Festkörperphysik der Universität Wien

daß offenbar in einem Atom keine zwei Elektronen in allen Quantenzahlen übereinstimmen, auch nicht in der Spin-Quantenzahl. Mit diesem "Pauli-Prinzip" ließ sich dann im Gedankenexperiment baukastenmäßig ein Atom aus dem jeweils vorhergehenden im Periodensystem aufbauen und so die atomistische Struktur aller damals bekannten 92 Elemente verstehen. Entscheidend war, daß es für die Spin-Quantenzahl nur zwei mögliche Werte gab. Die Erweiterung des Pauli-Prinzips auf die Elektronen in einem Kristall führte dann zu einer neuen Art von Statistik, der Fermi-Dirac-Statistik, mit der so grundlegende Befunde der Metallphysik wie z. B. die Stromleitung im Magnetfeld und der geringe Beitrag der Leitungselektronen zur spezifischen Wärme, verständlich gemacht werden konnten. 1945 wurde ihm der Nobelpreis für Physik für die Entdekkung des nach ihm benannten Ausschlußprinzips der Quantenmechanik verliehen.

Lehre und Forschung in Zürich und Princeton

Eine andere Theorie, die von Wolfgang Pauli 1931 aufgestellt wurde, betraf den Beta-Zerfall der Atomkerne. Um die Sätze von der Erhaltung des Impulses und der Energie auf diese Naturerscheinung anwenden zu können, mußte Pauli die gleichzeitige Emission eines negativ geladenen Beta-Teilchens und eines damals noch nicht beobachteten neutralen Teilchens, das er Neutron nannte, annehmen. Später wurde jedoch der Begriff "Neutron" auf ein viel schwereres Teilchen angewandt, und der italienische Physiker Enrico Fermi taufte deshalb das Paulische Neutron zur Unterscheidung in "Neutrino" (d. h. italienisch kleines Neutron") um. Erst zwei Jahrzehnte später, im Jahre 1956, konnte das Neutrino dann auch experimentell gefunden werden und Paulis kühne Hypothese damit bestätigt werden.

In weiteren Arbeiten behandelte Pauli das Problem der Absorption und Emission von elektromagnetischer Strahlung durch Materie mit den Methoden der Quantenmechanik, ein Gebiet, das heute als Quantenfeldtheorie bekannt ist. Seine Zusammenfassung der allgemeinen Prinzipien der Wellenmechanik im Handbuch der Physik konnte in die Neufassung des Handbuchs 25 Jahre später fast unverändert übernommen werden, so sehr war er 1933 seiner Zeit voraus.

In den Jahren 1935 und 1936 wurde er als Visiting Professor an das berühmte Institute of Advanced Study in Princeton, USA, eingeladen, wo auch Einstein wirkte. Während des Krieges war Pauli fast ausschließlich in den USA: 1940 als Professor für Theoretische Physik an der University of Princeton, 1941 und 1942 als Visiting Professor an der University of Michigan bzw. der Purdue University in Lafayette, Indiana. Im Jahre 1946 erhielt er die amerikanische Staatsbürgerschaft, kehrte aber auf Dauer nach Zürich zurück und erhielt 1948 die Schweizer Staatsbürgerschaft. In diesen Jahren arbeitete er vor allem an der Theorie der Mesonen auf der Basis der Annahme einer "starken Wechselwirkung" zwischen den Bestandteilen der Atomkerne, die im Gegensatz zur "schwachen Wechselwirkung" in der Elektrodynamik steht.

In seinem letzten Lebensjahr, 1958, faszinierte Pauli die gerade beobachtete Verletzung der Spiegelungssymmetrie beim Beta-Zerfall der Atomkerne. Dies läuft auf die Annahme hinaus, daß der Neutrino-Spin stets der Bewegungsrichtung entgegen gesetzt ist. Pauli konnte noch wesentliche Beiträge zur theoretischen Klärung dieses zunächst unverstandenen experimentellen Ergebnisses liefern.

Über die 93 von ihm publizierten Arbeiten sowie die elf Bücher bzw. Buchbeiträge hinaus hat er in zahllosen handgeschriebenen Briefen an seine Mitarbeiter und Kollegen fruchtbare Ideen und kritische Bemerkungen zu Papier gebracht. Bei Diskussionen zwischen Fachgelehrten tauchte öfter die Frage auf: "Und was sagt Pauli dazu ?"

Paulis Persönlichkeit

Paulis Interessen erschöpften sich nicht in physikalischen Problemen. Er war auch ein leidenschaftlicher Verehrer der Künste, speziell des Theaters und der klassischen Musik. Eine Freundschaft mit dem um 25 Jahre älteren Schweizer Psychologen Carl Gustav Jung, der von der Psychoanalyse des Wiener Arztes Siegmund Freud ausgehend eine eigene Lehre entwickelt hatte, stimulierte sein Interesse auf diesem Gebiet. So publizierte Pauli u. a. eine Arbeit "Der Einfluß archetypischer Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler" (Naturerklärung und Psyche, Zürich 1952). Hinzu kamen die seit Entdeckung der Quantenmechanik von vielen Theoretikern diskutierten Fragen nach der Kausalität im Naturgeschehen und der Komplementarität von Welle und Teilchen in ihrer philosophischen Bedeutung.

Seine äußere Erscheinung war wohlgerundet, und manuell war er eher etwas ungeschickt. Als er nach 100 Fahrstunden den Führerschein erworben hatte, gab er das Autofahren sofort wieder auf. Böse Zungen behaupteten, daß sein pures Erscheinen in einem physikalischen Labor die Apparate zum Stehen oder Gläser gar zum Zerspringen bringen würde. Er war sehr unkonventionell und verschwendete keine Zeit auf Probleme, zu deren Lösung er nicht beitragen zu können glaubte. Im allgemeinen vermied er den Besuch von Tagungen. Andererseits war er gerade an den Problemen junger Leute sehr interessiert und stets sehr hilfsbereit, wenn jemand mit persönlichen Anliegen zu ihm kam. Seine Bemerkungen über die fachlichen Qualitäten von Kollegen konnten jedoch zuweilen von ätzender Kritik sein. Als Autorität war er hochgeachtet, weil sein Urteil stets so treffend und unverblümt war (und dazu gelegentlich auch noch ausgesprochen witzig). Niemand konnte ihm jedoch lange zürnen. Wegen seiner überragenden Kenntnisse, der Schärfe seines Urteils und seiner Integrität war er allseits sehr geachtet. Als Vortragender war er bei den ihm ebenbürtigen Forschern zwar sehr beliebt, da er niemals versuchte, über eine unverstandene Stelle hinwegzutäuschen, jedoch bei Studenten oder gar vor einem größeren Publikum konnte er nicht als Redner brillieren. Seine mathematischen Ansprüche an seine Zuhörer überstiegen regelmäßig deren Fassungsvermögen.

Nach einer ersten Ehe von nur kurzer Dauer heiratete er 1934 Franziska Bertram, die ihm Hilfe und Verständnis entgegenbrachte und ihm besonders in seinen späteren Lebensjahren die Schwierigkeiten des praktischen Lebens weitgehend aus dem Weg räumte. Aus der Ehe gingen keine Kinder hervor. Am 15. Dezember 1958 starb Wolfgang Pauli in Zürich völlig unerwartet an einem Pankreas-Karzinom im Alter von nur 58 Jahren. Er wurde in Zollikon bei Zürich begraben.

Bücherecke

Unterricht Physik, Experimente - Medien - Modelle. Band 1: Optik I (Lichtquellen, Reflexion)

H. Wiesner, P. Engelhardt, D. Herdt

Aulis Verlag, Deubner & Co KG, Köln 1993,
ISBN 3-7614-1357-2

Schülerzentrierter Unterricht scheitert vielfach an dem Problem, daß - soll nicht nur das Chaos vorprogrammiert sein - die Ausarbeitung der Unterrichtseinheiten und insbesondere geeigneter Unterrichtsmaterialien besonders zeitaufwendig ist. Zunehmend sind sich auch die Verlage dieses Problems bewußt und bieten in ihren Programmen kopierbare Arbeitsunterlagen an. Die im Aulis Verlag erschienene Reihe Unterricht Physik geht darüber noch hinaus. Der vorliegende Band zum Thema Optik umfaßt die Themen Lichtquellen, Lichtausbreitung, Schatten und Reflexion und richtet sich vor allem an Lehrer der Sekundarstufe I (Unterstufe der AHS) und an HS-Lehrer. Er beinhaltet neben dem zu vermittelnden Basiswissen didaktische Überlegungen, wie Schülervorstellungen, vor allem aber ausführliche und methodisch genau aufbereitete Unterrichtsvorschläge, die zusammen mit den Unterrichtsmaterialien, insbesondere den kopierbaren Schülerarbeitsblättern, den Hauptteil des Bandes bilden. (Für die hier angesprochene Altersstufe wäre allerdings eine etwas unkonventionellere Gestaltung der Arbeitsblätter vorstellbar.) Dem Band beigefügt sind Overheadfolien und einige Dias. Die Unterrichtseinheiten, die, wie die Herausgeber betonen, erprobt sind, sind sehr genau ausgearbeitet, und bieten aber auch für jene, die sich nicht an die vorgeschlagene Abfolge halten wollen, eine Vielzahl von Anregungen: Diskussionsthemen, einfache Schülerexperimente, Bastelanleitungen etc. Vor allem jenen, die am Beginn ihrer Unterrichtstätigkeit stehen, wird dieser Band eine wertvolle Hilfe sein.

Helga Stadler

Experimente als Hausaufgaben Chemie

Michael Kratz

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1993,
ISBN 3-7614-1554-0, DM 39,-

Wem ist es noch nicht passiert, daß am Ende einer Unterrichtsstunde Schüler mit der Bitte um Beschreibungen für ein Experiment kommen, das man vorher gezeigt hat, und das sie zu Hause nachmachen wollen?

Wer kennt nicht die Schüler, die selbstgebastelte "Maschinen" und diverse andere "Erfindungen" in die Schule mitbringen und herzeigen?

Für diese Gruppe von Schülern und für viele weitere Einsatzmöglichkeiten ist das Experimentebuch vorzüglich geeignet.

Es werden 30 Experimente in verschiedenen Schwierigkeitsgraden und zu unterschiedlichen Themenbereichen angeboten. Jeder Versuch umfaßt eine ganze A-4 Seite, die gleich als Kopiervorlage verwendet werden kann. Jedes Arbeitsblatt ist in folgende Punkte gegliedert: Einleitung, Materialienliste, Sicherheitsaspekte, Versuchsanleitung, Beobachtungsaufträge, weiterführende Fragen und Aufgaben sowie zusätzliche Tips. Neben der für den Schüler gedachten Seite befindet sich eine "Lehrerseite", die fachliche Hintergründe, Einsatzmöglichkeiten des jeweiligen Versuches und vieles mehr bietet.

Um die Arbeit mit dem Buch zu erleichtern, gibt es noch zusätzlich eine sogenannte "Datenbank", um gezielt bestimmte Experimente nach den folgenden Kriterien auswählen zu können: Stoffgebiet, Klasse, praktisches Niveau, geforderte Selbständigkeit, theoretisches Niveau, Adressaten, Materialaufwand, benötigte Versuchszeit, Besonderheiten/Versuchstyp, Arbeitsform und Eignung für Referate.

Im Buch ist auch ein Stichwortregister und ein Muster für einen Elternbrief, auch als Kopiervorlage, vorhanden.

Es existiert ein gleichartiges Physikexperimentierbuch; im Band Chemie befindet sich auch das Inhaltsverzeichnis und die entsprechende Datenbank zum Physikbuch.

Werner Rentzsch

Unterricht Chemie Band 4: Salze

Dietrich Büttner, Dietrich Mascherrek

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1994,
ISBN 3-7614-1559-1, DM 42,-

Nun liegen schon vier Bände der Reihe "Unterricht Chemie", Herausgeber: Heinz Schmidkunz, Karl Häusler, vor; nach den Bänden "Säuren und Basen", "Wasser" und "Metalle" wird im Band 4 das Thema "Salze" behandelt. Weitere 10 Bände sind noch geplant.

Wie in den vorhergehenden Bänden ist der Inhalt folgendermaßen gegliedert: fachliche und didaktische Grundlagen, Sequenzen von Unterrichtseinheiten zum Thema "Salze" sowie ein Anhang mit Glossar, Literaturverzeichnis und Auflösung eines salzbezogenen Kreuzworträtsels.

Die letzte Seite besteht aus einem ausklappbaren Faltblatt:

R- und S-Sätze, Gefahrstoffkennzeichnung sowie Sicherheit und Entsorgung. Ebenfalls am Faltblatt befindet sich ein kurzer Steckbrief wichtiger Salze; in alphabetischer Reihenfolge sind die Trivialnamen wichtiger Salze angeführt; daneben jeweils die chemische Bezeichnung mit Formel und wichtiger Verwendungen bzw. Eigenschaften. Das Trivialnamenverzeichnis enthält neben heute noch gebräuchlichen Namen, z.B. Glaubersalz oder Fixiersalz, auch ältere Namen wie z.B. Bullrichsalz, Essigsaures Kalium oder Hirschhornsalz.

Wie in den vorhergegangenen Bänden befindet sich auf der Einbandinnenseite eine Klarsichttasche mit einigen Overheadfolien zum Thema.

Vom unterrichtspraktischen Teil sind besonders die als Folienkopiervorlagen gedachten Seiten sowie die Arbeitsblätter mit Lösungen, die beim Kopieren nicht aufscheinen, hervorzuheben.

Da in den vorliegenden Bänden die Themen sehr breit behandelt werden, ist auch ein Einsatz für Unterrichtsprojekte und für Unverbindliche Übungen gut möglich.

Werner Rentzsch

Gespräche mit der Sphinx Die Paradoxien in der Physik

Etienne KLEIN

Klett-Cotta, ISBN 3-60893188-09 183 S., öS 275.-

Daß die Zeit, in der die Physik mit ihren Problemstellungen die Philosophie intensiv herauszufordern vermochte, mit den heroischen Epochen der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik keineswegs vorbei ist, beweist aufs Schönste der französische Atomphysiker Etienne Klein mit seinem Buch *Gespräche mit der Sphinx - Die Paradoxien in der Physik.*

Es gibt zwar kaum einen Mathematikunterricht, in dem man das Paradoxe ganz ausklammern könnte (z.B. den endlichen Grenzwert unendlicher geometrischer Reihen in der 6. Kl.), so wenig wie es einen Physikunterricht gibt, in dem man es ganz vermeiden könnte (in der 8. Kl. den Welle-Teilchen-Dualismus, hinter dem sich ein ganzes Nest von Paradoxa verbirgt). Aber wenn man dann bei Etienne Klein liest: *Ohne Paradoxa würde die geltende Theorie absolut, statisch und unanfechtbar herrschen. Nichts stachelte zum Fragen an, neue Ideen blieben weit entrückt und es gäbe keinerlei Fortschritt* (S. 31), oder: *Um funktionieren zu können, benötigt der menschliche Geist eine Dialektik. Ohne Widersprüche käme er nicht voran. [...] Die wahren Sätze des Denkens sind also Gegensätze* (S. 32) oder: *Paradoxa animieren die Physik* (S. 35) (wobei man beachte, daß *animieren* nicht nur unterhalten, sondern auch beseelen heißt!) oder zu guter Letzt: auf S. 86: *Paradoxa sind der Brennstoff des wissenschaftlichen Fortschritts.* Also wenn man all dies liest, dann traut man zunächst seinen Augen nicht. Denn in unserer Vorstellung, die sich am Zenonschen Paradoxon von Herakles und der Schildkröte, dem (viel zu wenig bekannten) Olbersschen Paradoxon, dem Zwillingsparadoxon orientiert, haben wir zum Begriff des Paradoxen ein keineswegs so positives Verhältnis, sondern eher die Erinnerung daran, daß sich etwas im Geiste sehr nachhaltig spießt.

Etienne Klein gliedert sein Buch in zwei Teile. Im ersten, etwas umfangreicheren - überschrieben *Die Physis der Paradoxa* unternimmt er sozusagen einen großen, sehr erfolgreichen Werbefeldzug für die Paradoxa, in dem er ihnen das Odium des Negativen, des Fortschritt Hemmenden nimmt. Im zweiten Teil stellt uns Etienne Klein sieben der wichtigsten Paradoxien (oder Antinomien) der Physik vor und zwar:

- den Welle-Teilchen-Dualismus
- das Zwillings- oder Uhren-Paradoxon der SRT
- das Olberssche Paradoxon (untertitelt: *Die Reise ans Ende der Nacht*
- Schrödingers Katze (*Der Geist in der Flasche*)
- das Einstein-Podolsky-Rosen-Paradoxon (dessen Behandlung man sich etwas ausführlicher gewünscht hätte, da es jetzt auch Eingang in das Lehrbuch von Sexl gefunden hat, und da gerade an der Universität Innsbruck intensiv an seiner experimentellen Überprüfbarkeit gearbeitet wird)
- die Paritätsverletzung beim Beta-Zerfall (*Lob des kleinen Unterschieds*)

und schließlich als krönender Abschluß das von so vielen Seiten abgehandelte und seit Boltzmanns Tagen ja tatsächlich unerschöpfliche

- Paradox der Zeitrichtung (*Das Ziel der Geschichte*)

So erweisen sich vor unseren Augen die Paradoxien als die logischen Wunden im Gebäude unserer Wissenschaft. Etienne Klein versteht es meisterhaft, seine Finger in diese Wunden zu legen und uns zu demonstrieren, daß erst diese Wunden ihre Lebendigkeit bezeugen. Ohne das Salz der Paradoxien würde unsere schöne Physik zu einem Leergebäude verkommen, das vom gesunden Menschenverstand auf einem Stahlskelett von Formeln errichtet wurde (als welches ja leider allzu oft in den Augen unserer Schüler erscheinen mag). Man bedenke auch, daß viele Paradoxien lange Zeit unentdeckt bleiben, und wir ahnungslos über sie hinweg wandeln. So spricht derzeit einiges dafür, daß sich unter dem Begriff des "Urknalls" ein ganzes Bündel von Paradoxien verbirgt!

Zum Schluß geben wir noch einmal Etienne Klein das Wort: *Die Wissenschaft dagegen hat das Offene eines Abenteuers, so daß man ihre Denkstrukturen in Frage stellen kann. Die Wissenschaft wird zur Wissenschaft, weil sie auch gegen sich selbst andenkt.*

Manfred Wasmayr,
BORG Neumarkt a.W.

Sir Horace Lamb (1849-1934)

In PLUS LUCIS 3/94 wurde im Artikel "Freihandexperimente zu Rauchringen" von Werner Gruber Horace Lamb zitiert:

Wenn ich in den Himmel kommen sollte, erhoffe ich Aufklärung über zwei Dinge: Quantenelektrodynamik und Turbulenz. Was den ersten Wunsch betrifft, bin ich sehr zuversichtlich.

Doch wer war Horace Lamb? Sicher nicht der Entdecker der Lamb-Aufspaltung von Spektrallinien, eines Effekts der Quantenelektrodynamik (Abweichung der Coulomb-Kraft für kleine Abstände vom Kern vom $1/r^2$-Verhalten durch Vakuumfluktuationen des elektromagnetischen Feldes), der eine Linienaufspaltung von rund 1 Mikro-eV verursacht.

Horace Lamb war von 1875 bis 1885 Professor für Physik an der Universität Adelaide (Australien) und dann bis 1920 an der Universität von Manchester. Er hat zwei wesentliche Lehrbücher über Hydrodynamik geschrieben und wird daher in der *Encyclopaedia Britannica* auch 60 Jahre nach seinem Tode noch gewürdigt.