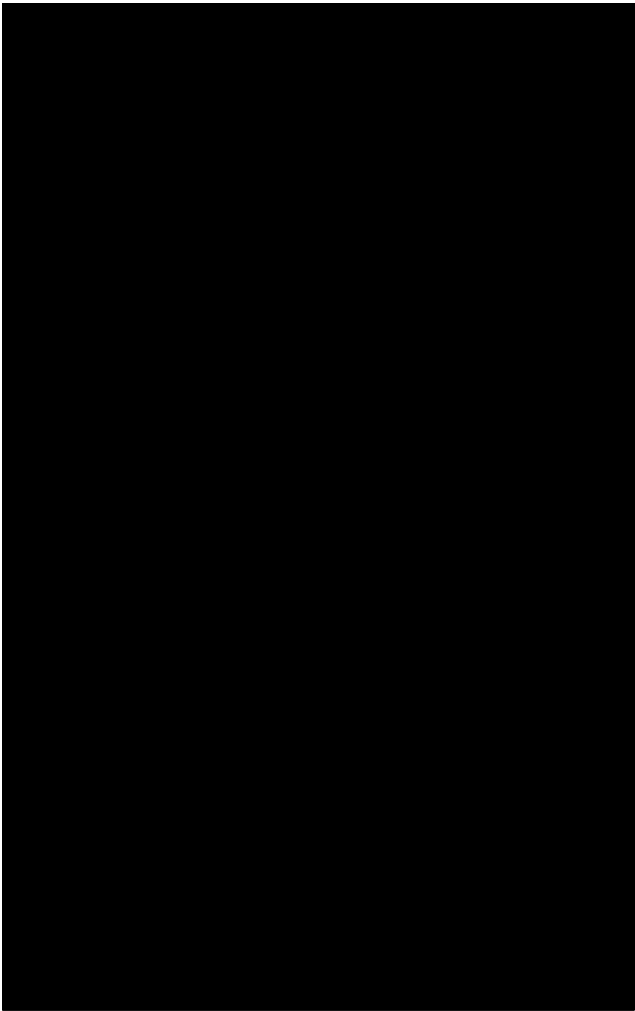


PLUS LUCIS

3/96

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



Nobelpreise Chemie - Physik - Medizin
Fullerenforschung
100 Jahre Nutzung der Röntgenstrahlung
Kuffner-Sternwarte
Lebensmitteluntersuchung
DERIVE im Physikunterricht
Arbeitsblätter: Mechanik
Freihandexperimente
Fachbereichsarbeiten aus Physik
Internationale Physikolympiade 1996
Bücherecke

Physik Chemie

Impressum

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

Erscheint viermal jährlich.

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

Redaktionsteam dieser Ausgabe: H. Kühnelt, W. 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 auf Diskette (MS-DOS, Windows oder Macintosh) einzureichen. Bevorzugtes Dateiformat: MS-Word.

Inhalt

Vorwort: Papier ist unersetzlich 1

Aktuelles

Pressespiegel: Physik und Mathematik auf dem Rückzug 2
Nobelpreis für Chemie 1996 3
Nobelpreis für Physik 1996 4
Nobelpreis für Medizin 1996 6
Neue Kohlenstoffmodifikationen: Fullerene 8
Die Forschung an Fullerenen im zweiten Dezennium 9

Geschichte

100 Jahre Nutzung der Röntgenstrahlen 12
100 Jahre Forschung über und mit Röntgenstrahlung 18
Die Kuffner-Sternwarte in Wien-Ottakring 20

Forschungsanstalten

Die Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung 23

Für die Praxis

DERIVE im Physikunterricht 25
Arbeitsblätter zur Mechanik: Das Unabhängigkeitsprinzip 28

Freihandexperimente

Freihandexperimente-Chemie 31
Freihandexperimente-Physik 32

Auszeichnung

Prämierung von Fachbereichsarbeiten aus Physik 33
Auszeichnung der Teilnehmer an der IPhO 1996 in Oslo 33

Ankündigung

Arbeitsgruppe Astronomie im Unterricht 22
Europäisches Schulprojekt: Astronomy Online 22
Seminar des PI-Wien: PING 24
Seminar des PI-Wien: Forschende Lernen im Physikunterricht (AHS) .. 24

Nachrufe

Nachruf auf Univ.-Prof. Dr. Heinrich Newesely 36
Nachruf auf Prof. Dr. Edeltraud Jiranek 36

Bücherecke 38

Umschlagbild: Nautilus-Schnecke mit ihrem Röntgenbild
(aus C. u. S. Greco: Natur-Faszination, Südwest Verlag 1986)

Papier ist unersetzlich ...

... auch in Zeiten des weltweiten Computernetzes! Neben den neuen elektronischen Medien wird die gedruckte Seite noch lange gefragt sein. Dieses Heft geht an alle Schulen mit Oberstufe. Warum? Im Sinn einer

Initiative der Physikalischen Gesellschaft

die am Lehrertag am 27. 9. 1996 in Linz vom Biophysiker Prof. Dr. W. Schindler vorgestellt wurde und von den anwesenden Lehrerinnen und Lehrern lebhaft begrüßt wurde, soll dieses Heft rechtzeitig vor der Verleihung der Nobelpreise am 10. Dezember umfassend über die ausgezeichneten Forschungsarbeiten aus Physik, Chemie und Medizin berichten.

Dabei ist die Entdeckung der Suprafluidität von Helium-3 sicher jene Entdeckung, welche die geringste Relevanz für das Leben auf der Erde zu haben scheint. Man denke an die unvorstellbare Temperatur von 2 mK und die geringe Häufigkeit von He-3! Und doch dient dieser Übergang von einer flüssigen Phase in eine andere als Modell für einen hypothetischen Phasenübergang knapp nach dem Urknall. Er zeigt, daß die Gesetze der Quantenphysik auch für makroskopische Objekt Konsequenzen haben, und widerlegt die oft vertretene Ansicht, Quantenphysik sei nur auf dem atomaren Niveau von Bedeutung.

Die Entdeckung der Fullereene, einer dritten Form festen Kohlenstoffs, vor 10 Jahren überraschte die Chemiker. Die Festkörperphysik, die sich zu einer Physik der kondensierten Materie entwickelt hat, hat hier ebenso ein reiches Forschungsgebiet gefunden wie die Chemie. Heutige Aspekte der Fulleren-Forschung und die Rolle inländischer Arbeitsgruppen werden daher in einem eigenen Artikel behandelt.

Das Thema des Nobelpreises für Medizin und Physiologie ist nicht nur für Biologen und Biochemiker interessant. Die raffinierten Mechanismen des Immunsystems, die im Lauf der Evolution entstanden sind, nötigen Bewunderung ab.

Nochmals zur Initiative "Welchen Beitrag können die Universitäten zur Erneuerung des Physikunterrichts leisten?" Im Zentrum steht dabei, wie die zahlreichen neuen Erkenntnisse an die Lehrerschaft herangebracht werden können und wie sie in einen motivierenden stufengemäßen Unterricht einfließen können. Neben einem verbesserten Informationsangebot, einer Verstärkung der Kontakte zwischen Schule und Hochschule bedarf es einer konstanten Reflexion, welche Inhalte moderner Forschung für die Allgemeinbildung relevant sind, so daß sie Thema des Schulunterrichts werden sollen. Dies wird auch die Interessen der Schüler berücksichtigen müssen, wie sie sich etwa bei den Fachbereichsarbeiten äußern.

Die ÖPG wird in verstärktem Maße als Anlaufstelle für Lehrerwünsche zur Verfügung stehen. Geeignete Materialien sollen in gedruckter Form und elektronisch verteilt werden. Damit sind aber Sie, liebe Leserin, lieber Leser, aufgerufen, Ihre Wünsche nach speziellen Informationen zu äußern. Sie werden natürlich auch zur Mitarbeit bei der Bewertung und didaktischen Aufbereitung eingeladen. Und schließlich sollte eine rege Diskussion zu fachlichen und unterrichtsbezogenen Fragen entstehen - die Internet bietet die Möglichkeit:

Eine Diskussionsliste pc-comp@doppler.thp.univie.ac.at steht dafür bereit, und mit dem angekündigten Netzzugang für alle Schulen sollte dieses Medium genützt werden.

Das *Jahr des lebensbegleitenden Lernens* geht langsam zu Ende. Außer Lippenbekenntnissen der offiziellen Stellen hat es eher eine Verschlechterung der Fortbildung gebracht. Umso mehr sind Initiativen gefragt - und sie werden auch angenommen, wie das von Dr. Chr. Gottfried nun zum zweiten Mal organisierte Seminar "Kosmologie und subnukleare Physik" beweist. Der Besuch der Fortbildungswoche im Februar 1996 war ein schönes Zeichen des "Trotzdem" und ich bin überzeugt, wieder an die 500 Mitglieder von Förderverein und ÖPG, aber auch Nichtmitglieder begrüßen zu können.

51. Fortbildungswoche für Physik und Chemie: 24. - 28. Februar 1997

Zum Inhalt des Heftes

Neben dem Schwerpunkt Nobelpreise finden Sie die gewohnte Mischung aus Experimentier- und Unterrichtsvorschlägen für alle Stufen, Buchbesprechungen und Stoff zum Nachdenken.

Auf Seite 2 finden Sie auszugsweise einen Artikel aus der "Presse" vom 13.11.1996. TU-Rektor Skalicky nimmt zur **Abwahl der Naturwissenschaften im Rahmen der Schulautonomie** Stellung. Einen Kommentar zur Äußerung des Gewerkschafters Helm "Auch eine HTL muß den Schüler bei seinem Bildungsstand abholen" muß ich anbringen: Durch die Abschaffung von Aufnahmeprüfungen ist offensichtlich das Gefühl abhandengekommen, daß die Schule für ein Ziel auszubilden hat. Das Ziel der Unterstufe ist wohl, Grundlagen für eine Lehre oder eine weitergehende Schule zu legen, die selbst wiederum die Grundlagen für eine höhere Ausbildung, etwa Hochschule oder Fachhochschule vermitteln soll. Wenn dies nicht mehr in einem allgemein anerkannten Ausmaß realisiert wird, wird für weiterführende Schulen und die Universität mit der zunehmenden Zersplitterung des Schulsystems die selbständige Bestimmung von Aufnahmevoraussetzungen notwendig werden. Eine Situation wie in den USA, wo nach der 12. Klasse ein Großteil der Studenten ein zweijähriges College besucht, um das für den Besuch einer Universität notwendige Wissen zu erwerben, darf nicht der Endpunkt der Schulautonomie sein!

Verbesserung der Kommunikation

Das ASN (soll wohl heißen: Auch Schulen im Netz) soll allen Schulen den Zugang zum Internet ermöglichen. Dies wird eine Kommunikation unter den Mitgliedern per elektronischer Post (e-mail) ermöglichen. Aktuelle Mitteilungen, Diskussionen, Anfragen können damit rasch und preiswert übertragen werden. Wenn Sie eine e-mail-Adresse besitzen, teilen Sie uns bitte diese mit. Senden Sie eine Nachricht an:

vfpc@doppler.thp.univie.ac.at.

Für die nächste Nummer ist ein Beitrag über die verborgenen Schätze des Internet geplant, können Sie dazu beitragen?

Ihr Helmut Kühnelt

Physik und Mathematik auf dem Rückzug

Erich Witzmann

Univ.-Prof. Peter Skalicky, Rektor der Technischen Universität Wien, fordert einen "Aufschrei" der Naturwissenschaften: In den Schulen werden die Fächer dieser Disziplin "abgewählt".

Für die Unterrichtsministerin ist die Entwicklung an den Schulen kein Malheur. "Man muß sehen, wie schnell Wissen veraltet. Deswegen gehen wir vom enzyklopädischen Wissen zum exemplarischen Lernen über", sagt Elisabeth Gehrler. Die VP-Ministerin sucht damit eine Erklärung, warum in einem Großteil jener Schulen, die im Rahmen ihrer autonomen Unterrichtsgestaltung Fächer unterschiedlich akzentuieren, vor allem naturwissenschaftliche Gegenstände gekürzt werden.

An den technischen Universitäten, in Industrie und Wirtschaftskammer glaubt man freilich schon seit längerem über eine unterschwellige Technikfeindlichkeit Bescheid zu wissen, über einen zurückgehenden Studentenanteil bei den technischen Studien.

Weniger TU-Studenten

Peter Skalicky, Rektor der TU Wien und Vorsitzender der Rektorenkonferenz, spricht von einer "Entwissenschaftlichung" unserer Gesellschaft. Der Rückgang der Inskriptionszahlen an der TU Wien in diesem Semester ist für ihn ein Beispiel: bei den Studienanfängern (mit neu begonnenen Doktorats- und Aufbaustudien) um zwölf Prozent.

Die Kürzung naturwissenschaftlicher Fächer ist durch eine Untersuchung über die Schulautonomie an der Hauptschule und AHS-Unterstufe ersichtlich geworden. Bei den Hauptschulen führt Physik/Chemie die Liste der gekürzten Fächer an: Von den 170 untersuchten Schulen haben 128 dieses Fach gekürzt, 42 ließen es unangetastet, keine einzige hat Physik/Chemie ausgeweitet. An zweiter Stelle liegt Biologie und Umweltkunde: 108 Schulen kürzten, 61 nahmen keine Veränderung vor, eine Schule erweiterte. An dritter Stelle der Kürzungen rangiert Musische Erziehung, gefolgt von Geographie/Sozialkunde.

In der AHS-Unterstufe gibt es weniger Autonomieprojekte und nur 19 untersuchte Schulen. Auffallend: Gleich an acht wurde Mathematik gekürzt. Die Reduktionen werden - wie an den Hauptschulen - in erster Linie durch die Ausweitung einer lebenden Fremdsprache kompensiert.

Ralf Becker, Leiter der Wiener ARGE der Chemielehrer, zitiert in diesem Zusammenhang den Schweizer Richard Ernst, Chemie-Nobelpreisträger des Jahres 1991: "Was nützt den Leuten, daß sie in fünf Sprachen nichts mehr sagen können?"

Becker weiß von "großen Problemen" in der HTL, deren Schüler zu einem guten Teil aus der Hauptschule kommen. Daß Physik/Chemie gestrichen wird, führt er auf die Zusammenlegung der beiden Fächer in der Hauptschule zurück. "Das sind zwei Gegenstände, sie werden aber als ein einziges Mon-

sterfach gesehen." Die Chemielehrer an den Hauptschulen würden dem Druck, der von den anderen Fächern komme, zu leicht nachgeben. ...

Hermann Helm, Bundessektionsvorsitzender und Sprecher aller Pflichtschullehrer, sieht in den durch die Autonomiestudie ersichtlichen Fächerverschiebungen keinen Grund zur Besorgnis. Die jetzt eingeschränkten Fächer seien überdimensioniert gewesen, glaubt Helm, "das Pendel schlägt jetzt in eine andere Richtung aus". Er sei positiv angetan, daß die Hauptschulen das neue Feld der Autonomie nutzen. "Die Schulen richten den Unterricht nach den Bedürfnissen der Kinder aus."

Daß die HTL (und in der Folge die Universitäten) durch die verminderte naturwissenschaftliche Ausbildung einen Nachteil in Kauf nehmen muß, sieht Helm nicht: "Auch eine HTL muß den Schüler bei seinem Bildungsstand abholen." Es sei Sache der weiterführenden Schule, auf den Wissensstand der Schüler Rücksicht zu nehmen und die eigene Ausbildung darauf abzustimmen.

"Bedürfnisse" der Schüler

Die Betroffenen, die Schülerinnen und Schüler, sehen freilich ihre "Bedürfnisse", von denen Helm gesprochen hat, anders. "Wie nützlich ist Mathematik für Ihren späteren Beruf?", fragte Ende der achtziger Jahre das Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft. Nur 16,7 Prozent der Maturantinnen und 43,9 Prozent der Maturanten antworteten mit "voll und ganz nützlich", 50,3 bzw. 42,9 Prozent mit "teilweise nützlich" sowie 29,5 bzw. 9,2 Prozent mit "ohne Nutzen". Ginge es also nach den Bedürfnissen der Schüler, müßte Mathematik weitgehend gestrichen werden.

Die Abneigung der Mädchen gegenüber den Naturwissenschaften will Ministerin Gehrler mit "besonderen Schwerpunkten" bekämpfen. Von den Unterrichtsmaterialien ist einiges in die Wege geleitet. Die neuen Mathematikbücher, wie sie etwa Hölder-Pichler-Tempsky auflegt, halten sich nicht mehr bei lebensfremden Rechenbeispielen auf. Heute sollen 14jährige die Verkehrsentwicklung auf der Südosttangente genauso berechnen wie Umwechslungskurse.

Rektor Skalicky stellt nicht die Bedürfnisse der Schüler sondern jene der Gesellschaft in den Vordergrund. Wenn aufgrund des Mangels an naturwissenschaftlichem Wissen Österreichs Wirtschaft im internationalen Wettbewerb Nachteile erfahre, "dann hat die Bildungspolitik durch entsprechende Wahlmöglichkeiten in der Schule Vorschub geleistet". Jetzt seien die Fachlehrer an den Schulen aufgerufen, "auf die Barrikaden zu steigen". Werde nämlich Latein angetastet, dann sind die Lateinlehrer die ersten, die sich Gehör verschaffen. Skalicky: "Ich glaube, ein solcher Aufschrei ist notwendig, damit die Naturwissenschaften zum öffentlichen Problem werden."

Erich Witzmann berichtete am 13. 11. 1996 in der Tageszeitung *Die Presse*

Nobelpreise 1996

Nobelpreis für Chemie 1996 für die Entdeckung der Fullerene

Die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften hat beschlossen, den Nobelpreis 1996 für Chemie gemeinsam den Professoren Robert F. Curl (Rice-Universität, Houston, USA), Sir Harold W. Kroto (Sussex-Universität, UK) und Richard E. Smalley (Rice-Universität, Houston, USA) für die Entdeckung der Fullerene im Jahr 1985 zu vergeben. Im folgenden bringen wir eine Übersetzung der Pressemitteilung der Nobelstiftung.

Bälle aus Kohlenstoffatomen

Eine neue Form des Elements Kohlenstoff, die Fullerene, eine Anordnung der Atome in Kugelschalen, wurde 1985 von R.F. Curl, H.W. Kroto und R.E. Smalley entdeckt. Die Anzahl der Kohlenstoffatome in der Schale kann variieren, und daher sind zahlreiche neue Formen von Kohlenstoff entdeckt worden. Zuvor kannte man 6 Kristallstrukturen des Elements Kohlenstoff: je 2 Arten von Graphit und Diamant, seit 1968 Chaoit, seit 1972 Kohlenstoff-VI.

Fullerene entstehen, wenn verdampfter Kohlenstoff in einer Edelgasatmosphäre kondensiert. Die Verdampfung erreicht man, indem man einen starken Laserpuls auf eine Kohlenstoffoberfläche fallen läßt. In einem Heliumgasstrom bilden die freigesetzten C-Atome Cluster von Atomen. Das Gas wird in einer Vakuumkammer expandiert und auf wenige Kelvin abgekühlt. Die Kohlenstoffcluster werden massenspektrometrisch analysiert.

Curl, Kroto und Smalley führten dieses Experiment zusammen mit ihren Dissertanten J. Heath und S. O'Brien im Jahr 1985 innerhalb von 11 Tagen durch. Durch Feinabstimmung der experimentellen Größen konnten sie Cluster mit 60 bzw. 70 Atomen herstellen. C_{60} war das häufigste. C_{60} erwies sich als sehr stabil, was eine Molekularstruktur mit großer Symmetrie nahelegte. Man vermutete, daß C_{60} ein gekappter ikosaedrischer "Käfig" sein könnte, ein Polyeder aus 20 Sechsecken und 12 Fünfecken, exakt wie ein europäischer Fußball und ähnlich der geodätischen Kuppel, die der Architekt Buckminster Fuller für die Weltausstellung 1967 in Montreal entwarf. Die Entdecker nannten die neue Form daher Buckminsterfulleren.

Im englischsprachigen Original können die Artikel und zusätzliche Hintergrundinformation einerseits am Server des Vereins unter <http://doppler.thp.univie.ac.at/~vfpc/aktuell/> oder direkt am Server der Nobelstiftung unter <http://www.nobel.se/announcement-96/> gelesen werden. Eine reine Textversion kann per e-Mail von vfpc@doppler.thp.univie.ac.at angefordert werden.

Niemand hatte erwartet, daß Kohlenstoff in einer so symmetrischen Form auftreten könnte. In weiteren Untersuchungen konnten die Entdecker die vorgeschlagene Struktur erhärten. Sie konnten auch C-Cluster nachweisen, in denen ein oder mehrere Metallatome eingeschlossen waren.

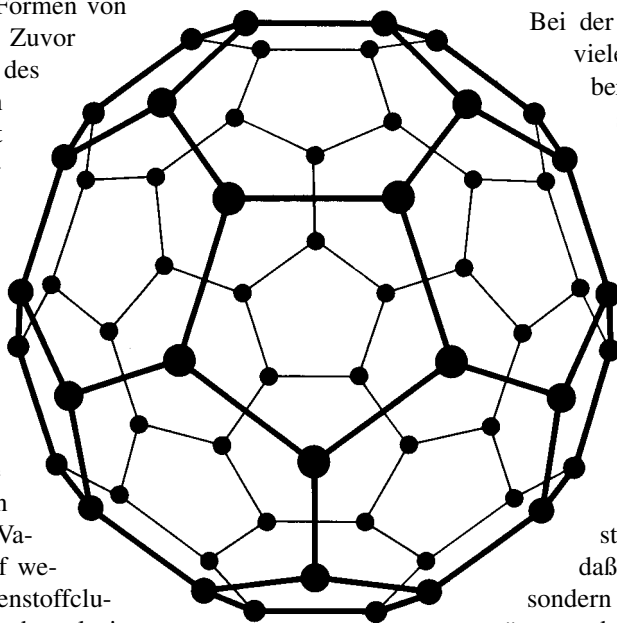
1990 konnten die Physiker W. Krätschmer und D.R. Huffman erstmalig wägbare Mengen von C_{60} herstellen, indem sie einen Lichtbogen zwischen Kohlenstoffelektroden in einer Heliumatmosphäre brennen ließen und das dabei gebildete C-Kondensat mit einem organischen Lösungsmittel extrahierten. Sie erhielten ein Gemisch aus C_{60} und C_{70} , deren Struktur sie wie von Curl et al. vermutet bestimmen konnten. Damit war der Weg frei zur Untersuchung der chemischen Eigenschaften der Fullerene. Ein völlig neuer Zweig der Chemie entstand mit Auswirkungen auf so verschiedene Gebiete wie Astrochemie, Supraleitung und Materialwissenschaften.

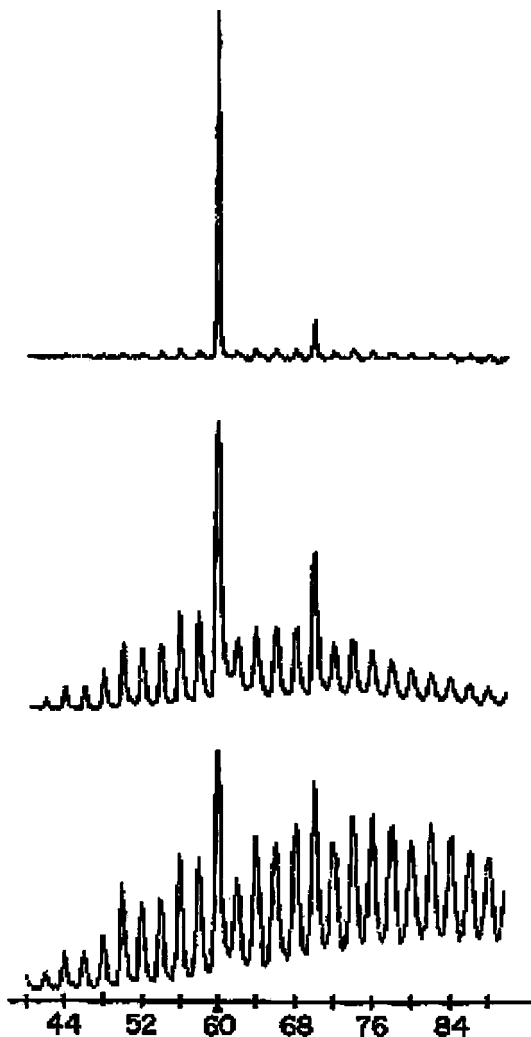
Der Hintergrund der Entdeckung

Bei der Entdeckung der Fullerene spielten viele sehr unterschiedliche Forschungsbereiche zusammen. H. Kroto befaßte sich damals mit Mikrowellenspektroskopie, die dank der Radioastronomie für die Analyse von Gasen im Weltall, besonders in Sternatmosphären und im interstellaren Raum, eingesetzt werden kann. Kroto interessierte sich besonders für kohlenstoffreiche Riesensterne. Er hatte Spektrallinien in ihren Atmosphären gefunden, die er langen Kettenmolekülen aus C und N zuschrieb. Solche Moleküle findet man auch in interstellaren Gaswolken. Kroto dachte, daß diese Moleküle nicht in den Wolken, sondern in den Sternatmosphären entstanden wären, und wollte daher ihre Bildung näher untersuchen. Dazu wandte er sich an R. Smalley, einem

Experten für Clusterchemie, einem Teilgebiet der physikalischen Chemie. Ein Cluster ist ein Aggregat aus Atomen oder Molekülen, irgendwo im Grenzgebiet zwischen Molekülen und makroskopischen Objekten. In einer selbst gebauten Anlage konnte er jedes beliebige Material verdampfen und die Größenverteilung und Struktur der Cluster studieren. Sein besonderes Interesse galt Metallen, die in Halbleitern eingeschlossen sind. Diese Untersuchungen führte er mit R. Curl durch, einem Experten für Mikrowellen- und Infrarotspektroskopie.

Von Robert Curl erfuhr Kroto, daß Smalley's Instrument durch die Verdampfung und Bildung von Kohlenstoffclustern den Nachweis liefern könnte, daß sich lange kettenförmige Kohlenstoffverbindungen in den heißen Teilen von Sternatmosphären bilden könnten. Curl vermittelte die Zusammenarbeit und am 1. September 1985 traf Kroto in Smalley's Labor ein, worauf die Arbeit begann. Die ursprüngliche Idee von Kohlen-





Mittels Massenspektroskopie fand man, daß die Verteilung der Größe der Kohlenstoff-Cluster drastisch von Grad des chemischen "Kochens" in der Einlaßdüse der Vakuumkammer beeinflusst wird. Cluster mit 60 und 70 Kohlenstoffatomen konnten erzeugt werden. (Acc. Chem. Res., Vol. 25, No. 3, 1992)

stoffketten mußte zugunsten von Kohlenstoffbällen aufgegeben werden. Bereits am 12.9. wurden die Ergebnisse zusammengefaßt und an Nature zur Veröffentlichung eingesandt, wo sie am 14. November 1985 erschienen.

Biographisches

Robert F. Curl Jr., geboren 1933 in Alice, Texas, promovierte 1957 an der Universität Berkeley, arbeitet seit 1958 an der Rice-Universität in Houston, TX, wo er seit 1967 Professor für Chemie ist.

Sir Harold W. Kroto, geboren 1939 in Wisbech, England, promovierte 1964 an der Universität Sheffield. Seit 1967 arbeitet er an der Universität von Sussex, wo er 1985 Professor für Chemie wurde.

Richard E. Smalley, geboren 1943 in Akron, Ohio, USA, promovierte 1973 an der Princeton-Universität und ist seit 1981 Professor für Chemie (seit 1990 auch für Physik) an der Rice-Universität.

Literatur: Spektrum der Wissenschaft, ????

Nobelpreis für Physik 1996 für die Entdeckung der Supraflüssigkeit von He3

Die Königliche Schwedische Akademie der Wissenschaften hat beschlossen, den Nobelpreis 1996 für Physik gemeinsam den Professoren David M. Lee (Cornell Universität, USA), Douglas D. Osheroff (Stanford Universität, USA) und Robert C. Richardson (Cornell Universität, USA) für die Entdeckung der Supraflüssigkeit von He3 im Jahr 1972 zu vergeben. Im folgenden bringen wir eine Übersetzung der Pressemitteilung der Nobelstiftung.

Ein Durchbruch in der Tieftemperaturphysik

Wenn an einem kalten Wintertag die Temperatur sinkt, wird Wasserdampf zu Wasser und Wasser zu Eis. Diese sogenannten Phasenübergänge und der veränderte Zustand der Materie können in groben Zügen mit der klassischen Physik beschrieben und erklärt werden: Wenn die Temperatur weiterhin fällt, kommt die ungeordnete Wärmebewegung in Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern zum Stillstand. Doch ändert sich die Situation völlig, wenn die Temperatur weiter abnimmt und sich dem absoluten Nullpunkt ($-273,15\text{ °C}$) nähert: In flüssigem Helium tritt ein neues Phänomen auf, die Superfluidität, zu deutsch Supraflüssigkeit, das nicht mit den Mitteln der klassischen Physik verstanden werden kann. Wenn eine Flüssigkeit supraflüssig wird, verlieren die Atome ihre ungeordnete Bewegung und bewegen sich stets gemeinsam. Dadurch verschwindet die sonst bei Flüssigkeiten vorhandene innere Reibung: Die Flüssigkeit kann über den Rand eines Bechers oder durch sehr enge Öffnungen fließen, sie zeigt eine Reihe weiterer nichtklassischer Effekte. Da ein Verständnis der Eigenschaften solcher Flüssigkeiten nur auf Grundlage der Quantenphysik möglich ist, werden sie Quantenflüssigkeiten genannt. Durch das experimentelle Studium der Eigenschaften von Quantenflüssigkeiten und den Vergleich mit den Vorhersagen der Quantenphysik von Vielteilchensystemen bei tiefen Temperaturen werden wertvolle Einsichten für die Beschreibung der Materie auf dem atomaren Niveau gewonnen.

David M. Lee, Douglas D. Osheroff und Robert C. Richardson entdeckten zu Beginn der Siebzigerjahre im Tieftemperaturlabor der Cornell-Universität, das das Heliumisotop He3 bei einer Temperatur von etwa $0,002\text{ K}$ supraflüssig wird. Damit unterscheidet es sich stark von der anderen seit den Dreißigerjahren bekannten Quantenflüssigkeit, He4 bei einer Temperatur von etwa 2 K . Die besonderen Eigenschaften von supraflüssigem He3 zeigen, daß die Gesetze der Mikrophysik gelegentlich direkt das Verhalten von makroskopischen Körpern beherrschen.

Die Heliumisotope

Das Edelgas Helium existiert in der Natur in zwei verschiedenen Formen, Isotopen, mit grundlegend verschiedenen Eigenschaften. He-4 ist das weitaus häufigere Isotop. Es hat einen Kern mit 2 Protonen und 2 Neutronen sowie eine Elektronenhülle aus 2 Elektronen. Da die Anzahl der Bestandteile des He4-Atoms gerade ist, stellt es ein sogenanntes Boson dar. Der

Kern von He3 hat zwar auch 2 Protonen, aber nur ein Neutron. Da auch seine Elektronenhülle aus 2 Elektronen besteht, besteht das He3-Atom aus 5 Teilchen, einer ungeraden Anzahl, wodurch es ein sogenanntes Fermion ist. Die Folge dieses Unterschieds ist ein dramatisch unterschiedliches Verhalten bei Temperaturen in der Nähe des absoluten Nullpunkts.

Die Eigenschaften der Isotope

Bosonen wie He4 gehorchen der Bose-Einstein-Statistik, was unter anderem bedeutet, daß sie in einen Zustand niedrigster Energie übergehen (kondensieren). Der betreffende Phasenübergang wird Bose-Einstein-Kondensation genannt. Bereits Heike Kammerlingh-Onnes (Nobelpreis für Physik 1913), dem als erstem die Verflüssigung von Helium gelang, stellte eine Veränderung des flüssigen Zustands von He4 unterhalb von 2 K fest. Doch erst gegen Ende der Dreißigerjahre entdeckte Pjotr Kapitza (Nobelpreis für Physik 1978) im Experiment die Superflüssigkeit von He4. Die Erklärung dieser Erscheinung erfolgte im Prinzip durch Fritz London und später im Detail durch Lev Landau (Nobelpreis für Physik 1962): Der neue Zustand, der als Phasenübergang bei einer Temperatur von 2,17 K auftritt, ist ein Bose-Einstein-Kondensat von Heliumatomen.

Fermionen wie He3 gehorchen der Fermi-Dirac-Statistik und sollten eigentlich nicht in einem Zustand niedrigster Energie kondensieren. Trotzdem können Fermionen, wenn auch in wesentlich komplizierterer Weise, kondensieren. Der entsprechende Mechanismus wurde im Rahmen der BCS-Theorie der Supraleitung in Metallen von John Bardeen, Leon Cooper und Robert Schrieffer (Nobelpreis für Physik 1972) vorgeschlagen und beruht auf folgendem: Elektronen sind Fermionen und gehorchen wie die He3-Atome der Fermi-Dirac-Statistik. In Metallen von sehr tiefen Temperaturen können Elektronen sog. Cooper-Paare bilden und daher sich wie Bosonen verhalten. Diese Paare können ein Bose-Einstein-Kondensat bilden. Vor dem Hintergrund der Supraleitung in Metallen und der Superflüssigkeit von He4 erwartete man, daß Fermionen im flüssigen He3 Bosonpaare bilden könnten und daß in sehr kalten Proben von He3 Superflüssigkeit auftreten könnte. Obwohl besonders in den Sechzigerjahren viele Forschungsgruppen dieses Problem angegangen waren, waren erfolglos geblieben und viele glaubten, daß man niemals den superflüssigen Zustand von He3 erreichen könnte.

Die Entdeckung

Im Tieftemperaturlabor der Cornell-Universität in Ithaca im Staat New York gelang es David Lee und Robert Richardson zusammen mit ihrem Dissertanten Douglas Osheroff mit einer selbst gebauten Apparatur, Temperaturen von wenigen Tausendstel Kelvin zu erreichen. Eigentlich suchten sie nach einem anderen Phänomen: Einen Phasenübergang zu einer magnetischen Ordnung in festem He3. Dazu untersuchten sie den Druck innerhalb der Probe, während sie das Probenvolumen durch äußeren Druck zunächst verkleinerten und anschließend vergrößerten. Osheroff fielen kleine Knickstellen in der gemessenen Kurve (Abb. 1) auf. Leicht könnte man solche kleinen Unregelmäßigkeiten als mehr oder weniger unerklärliche Eigenschaften des Geräts ansehen können, doch der Student

und seine älteren Kollegen erkannten, daß es ein reeller Effekt war. In einem ersten Bericht im Jahr 1972 wurde er als Phasenübergang in festem He3 gedeutet, das sich bei diesen tiefen Temperaturen ebenfalls bilden kann. Da aber die Deutung nicht genau mit den gemessenen Ergebnissen übereinstimmte, wurden rasch weitere Meßreihen aufgenommen. In einer zweiten Veröffentlichung konnten die Forscher bereits im selben Jahr zeigen, daß es in flüssigem He3 tatsächlich 2 Phasenübergänge gibt. Die Entdeckung bedeutete den Beginn intensiver Forschung über die neue Quantenflüssigkeit. Ein besonders wichtiger Beitrag zur Deutung der Entdeckung stammte vom Theoretiker Anthony Leggett.

Mit dieser Entdeckung hat sich unser Wissen darüber, wie die Gesetze der Quantenphysik, die für Systeme am atomaren Niveau formuliert wurden, das Verhalten makroskopischer Systeme bestimmen.



Abb. 1.: Die Abbildung zeigt den Druck in einer Mischung aus flüssigem und festem He3. Zunächst wird die Probe durch äußeren Druck etwa 40 Minuten lang komprimiert, dann expandiert. Zu beachten sind die Knickstellen der Kurve und die zugehörigen Temperaturen. (Nach N. Mermin und D. Lee, *Scientific American* 12/1976)

Superflüssigkeit in He3

Daß die neue Flüssigkeit tatsächlich superflüssig ist, konnte unter anderen sehr bald von einer finnischen Arbeitsgruppe gezeigt werden. Sie maßen die Dämpfung einer schwingenden Saite in einer Probe von flüssigem He3 und fanden, daß die Dämpfung beim Phasenübergang um einen Faktor 1000 abnahm. Dies zeigt, daß die Quantenflüssigkeit keine innere Reibung (Viskosität) besitzt.

In weiteren Untersuchungen zeigte es sich, daß He3 mindestens 3 verschiedene superflüssige Phasen besitzt, von denen eine nur in einem Magnetfeld auftritt. Außerdem ist flüssiges He3 anisotrop, zeigt also in verschiedenen Raumrichtungen verschiedene Eigenschaften und ähnelt damit den Flüssigkristallen (Nobelpreis 1991 für Pierre de Gennes).

Läßt man superflüssiges He in einer Zentrifuge rotieren, entstehen oberhalb einer bestimmten Drehgeschwindigkeit mikroskopisch kleine Wirbel. Bei He3 ist diese Phänomen wesentlich komplexer als bei He4. Mit Lichtleitern kann man beispielsweise studieren, wie Wirbel die Oberfläche von superflüssigem He3 beeinflussen.

Eine faszinierende Anwendung

Der Phasenübergang zu superflüssigem He³ wurde kürzlich von zwei experimentellen Gruppen zur Überprüfung einer Theorie verwendet, wie sich im Universum "kosmische Strings" gebildet haben könnten. Diese vorläufig hypothetischen Objekte riesiger Ausdehnung, die bei der Bildung von Galaxien eine wichtige Rolle gespielt haben könnten, könnten bei einem Phasenübergang Sekundenbruchteile nach dem Urknall entstanden sein. In einem Analogie-Experiment wurden durch Neutronen ausgelöste Kernreaktionen genutzt, um superflüssiges He³ lokal rasch aufzuheizen. Bei der anschließenden Abkühlung und Rückkehr in den superflüssigen Zustand bildeten sich Knödel von Wirbeln. Diese Wirbel sollen den kosmischen Strings entsprechen. Dies ist zwar kein Beweis für die Existenz von kosmischen Strings im Weltall, doch scheint die Theorie, daß sich bei einem Phasenübergang Wirbel bilden können, zuzutreffen.

Biographisches

David M. Lee, geboren 1931 in Rye, NY, USA, promovierte 1959 an der Yale-Universität und ist Professor für Physik an der Cornell-Universität in Ithaca, NY.

Douglas D. Osheroff, geboren 1945 in Aberdeen, WA, USA, promovierte 1973 an der Cornell-Universität und ist Professor für Physik an der Stanford-Universität in Kalifornien.

Robert C. Richardson, geboren 1937 in Washington, DC, USA, promovierte 1966 an der Duke-Universität und ist Professor für Physik an der Cornell-Universität in Ithaca, NY.

Literatur: Spektrum der Wissenschaft, August 1990

Nobelpreis für Medizin 1996 für die Entdeckung der Spezifität der von Zellen vermittelten Immunabwehr

Die Nobelversammlung am Karolinen-Institut hat beschlossen, den Nobelpreis 1996 für Physiologie oder Medizin gemeinsam den Professoren Peter C. Doherty und Rolf Zinkernagel für die Entdeckung der Spezifität der von Zellen vermittelten Immunabwehr in den Jahren 1973-75 zu vergeben. Im folgenden bringen wir den Originaltext der Pressemitteilung der Nobelstiftung.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

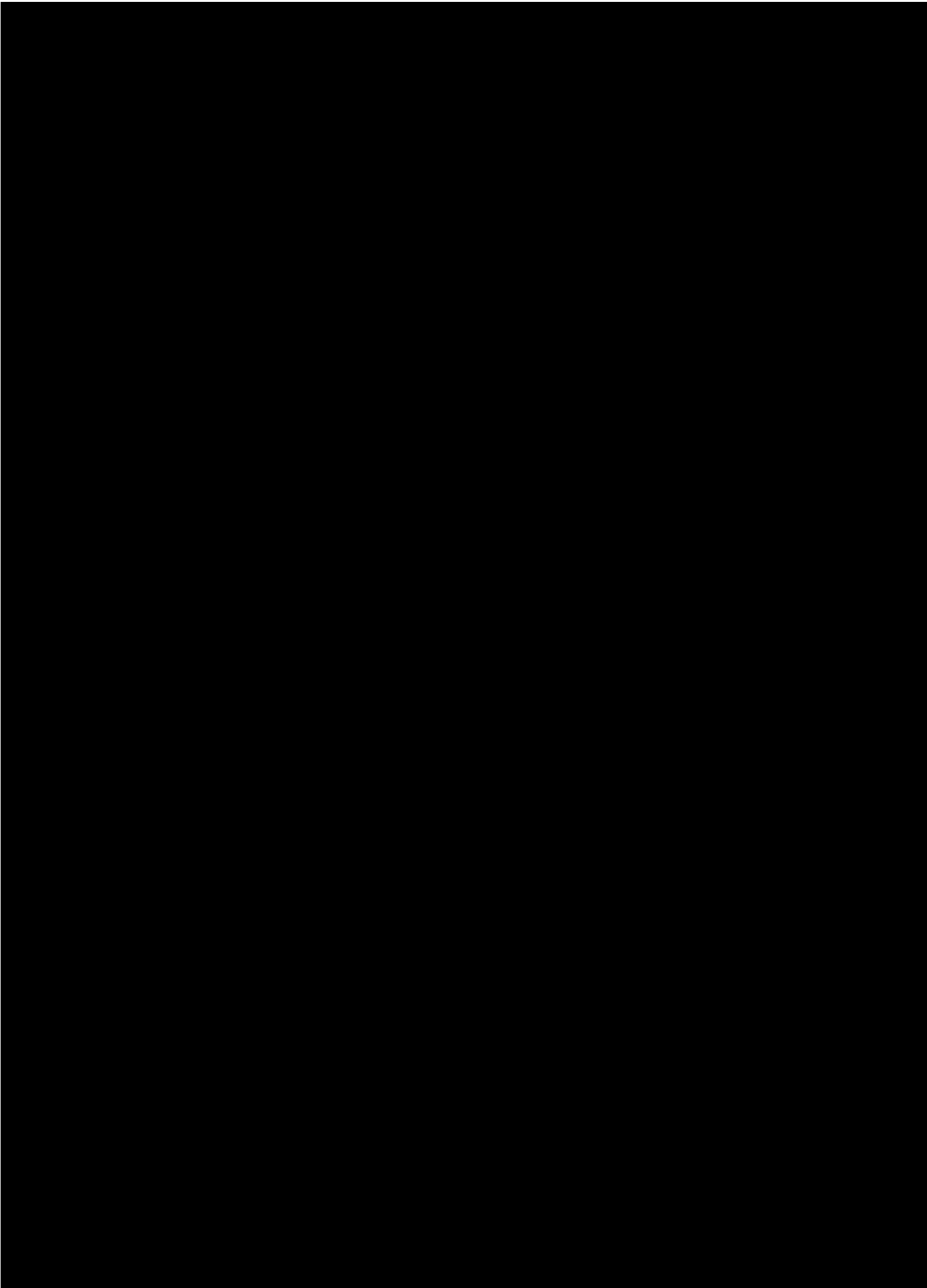
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



Neue Modifikationen des Kohlenstoffs: Fullerene

Der Physiker Wolfgang Krätschmer vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg war an der Erforschung dieser neuen Kohlenstoff-Modifikation beteiligt. Darüber berichtete er in den *Mitteilungen der Alexander von Humboldt-Stiftung* (AvH-Magazin Nr. 62, Dezember 1993):

[Erstaunlicherweise ist] die Entdeckung des C_{60} -Moleküls "Nebenprodukt" einer ganz anderen Forschung. [Es] bestand das eigentliche Ziel darin, die chemische Zusammensetzung des interstellaren Mediums zu entschlüsseln. Einer der Entdecker von C_{60} , Harold Kroto, wollte erfahren, wie und wo sich im Kosmos große Kohlenstoffmoleküle bilden. Donald Huffman und ich sind auf die Fulleren-Synthese gestoßen, als wir herausfinden wollten, woraus der interstellare Staub besteht...

Als Donald R. Huffman von der Universität von Arizona im Jahre 1982/83 als Humboldt-Forschungspreisträger an unserem Institut arbeitete, stießen wir beide bei dem Versuch, "interstellare Graphitteilchen" im Labor zu erzeugen, das erste Mal auf das C_{60} -Molekül – freilich ohne es zu wissen. Damals verdampften wir Graphitstäbe durch Widerstandsheizung...

... Dabei werden – ähnlich, wie bei den alten Kohlebogenlampen – zwei angespitzte Graphitstäbe gegeneinander gedrückt und ein starker elektrischer Strom durch sie hindurchgeschickt, so daß die Stäbe im Kontaktbereich verdampfen. Um die Kondensation des Kohlenstoffdampfes zu Staubteilchen zu erzwingen, wird die Anlage mit Helium gefüllt – eine seit langem etablierte Technik. Im Betrieb sieht man, wie sich an der heißesten Stelle der glühenden Graphitstäbe eine Wolke von Staubteilchen bildet, die – wie Zigarettenrauch – im Streulicht blau erscheint, und vom Kühlgas getrieben, durch den Rezipienten driftet.

... Durch Stöße unterkühlen die Heliumatome den Kohlenstoffdampf und dieser, nun hochübersättigt, kondensiert spontan zu kleinen Teilchen aus. Die Teilchen setzen sich als Ruß im Inneren der Apparatur ab, und man kann sie leicht auf geeigneten Substraten auffangen und spektroskopieren. Die Spektren zeigten zwar gewisse Ähnlichkeiten mit der interstellaren 217 nm Absorption auf, die nicht von Graphitteilchen stammen konnten. Wir fanden dafür keine Erklärung. Ich glaubte an eine Kontamination der Staubteilchen durch Verunreinigungen. Der auf dem Gebiet der Stauberzeugung sehr viel mehr erfahrene Huffman tendierte dazu, die Absorptionen dem Kohlenstoff zuzuschreiben. Er sollte recht behalten. Später stellte sich heraus, daß alle diese Absorptionen vom C_{60} -Molekül stammen...

Im Jahre 1984 untersuchten Andrew Kaldor und Mitarbeiter vom Exxon Research and Engineering Center in New Jersey das Massenspektrum von laserverdampftem Graphit. Sie erhielten ein unerwartet reiches Spektrum von sehr großen Kohlenstoff-Molekülen (oder, wie man im Fachjargon sagt, von "Kohlenstoff-Clustern"), wenn sie dem Graphitdampf Gelegenheit gaben, in einem Helium-Gasstrom abzukühlen und zu kondensieren. Die größten Cluster bestanden aus mehr als Hundert Kohlenstoffatomen. Harold Kroto von der Universität von Sussex zusammen mit Richard Smalley und seine Mitarbeiter von der Rice Universität in Texas entdeckten 1985 im Massenspektrum dieser großen Kohlenstoff-Cluster ein spezielles Molekül mit außergewöhnlicher Stabilität: das C_{60} . Um die "magische" Zahl sechzig zu verstehen, nahmen sie an, daß alle großen Kohlenstoff-Cluster eine in sich geschlossene Struktur besitzen und insbesondere das C_{60} die hochsymmetrische Form eines Fußballs haben sollte. Sie gaben dem

C_{60} -Molekül den schon erwähnten Namen "Buckminster-Fulleren" und haben mit ihrer Entdeckung für beträchtliches Aufsehen gesorgt...

Donald Huffman, nun längst wieder in Tucson, vermutete bald nach der C_{60} -Entdeckung, daß dieses Molekül der Träger unserer mysteriösen UV-Staubabsorptionen sein könnte. Diese Vermutung erhielt starken Auftrieb, als wir 1988 in Heidelberg das Infrarot-Spektrum der Rußteilchen studierten. Infrarot(IR)-Absorptionen kommen durch Anregung von Schwingungen einzelner Atome im Molekül zustande. Wir bemerkten vier intensive IR-Linienabsorptionen, die zusammen mit den unverstandenen UV-Absorptionen auftraten. Das war sehr aufregend:

Für das hochsymmetrische fußballförmige C_{60} -Molekül erwartet man nämlich genau ein solches IR-Spektrum. Wir konnten aber nicht vollkommen ausschließen, daß die Spektrallinien von irgendwelchen Verunreinigungen in der Kohle oder im Vakuumsystem stammen konnten. Anfang 1990 glückte es meinem Doktoranden Konstantinos Fostiropoulos, Rußproben zu produzieren, die nicht aus normalem, natürlichem Kohlenstoff (d. h. vornehmlich aus C-12, dem Kohlenstoffisotop mit der Masse 12 amu), sondern ausschließlich aus C-13 bestanden. Infolge der höheren Atommasse erwartet man dabei ganz bestimmte Änderungen in der Wellenlängenposition der IR-Absorptionen. Die Spektroskopie der C-13 Rußproben zeigte genau den erwarteten Effekt, und dadurch war bewiesen, daß die Absorptionen nur von einem großen Kohlenstoff-Molekül und nicht von Verunreinigung irgendwelcher Art stammen konnten. Das war ein ganz entscheidendes Ergebnis. Wir fingen an, die Arbeiten in Tucson und Heidelberg zu koordinieren. Uns war klar, daß wir dabei waren, eine sensationell simple Methode zur "Massenproduktion" von C_{60} zu finden. Ohne den zweifelsfreien Beweis für unsere Vermutung zu liefern, würde keiner glauben, daß die präparative C_{60} -Darstellung so einfach funktionieren sollte. Dazu war es notwendig, die C_{60} -Moleküle vom Ruß abzutrennen. Ein Kollege, der sich wie wir für interstellaren Staub interessiert, der Chemiker Dr. W. Schmidt vom Institut für die Erforschung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in Greifenberg am Ammersee, gab mir dazu sehr wertvolle Anregungen. Danach stellte sich selbst für uns Physiker die Extraktion außerordentlich einfach dar: C_{60} kann aus dem Ruß durch Sublimation ausgetrieben werden (Temperaturen zwischen 400 und 600 °C sind ausreichend), oder durch Lösungsmittel (z.B. Benzol oder Toluol) ausgewaschen werden. Die Lösung hat eine charakteristische rot-braune Farbe (die Färbung kommt von C_{70} , das stets in einem Verhältnis von etwa 10 – 20 % zusammen mit dem C_{60} auftritt). Läßt man das Lösungsmittel eintrocknen, bilden sich Kristalle, die in dünnen Plättchen braun und in dicken Schichten metallisch glänzend erscheinen. Die Kristalle bestehen wie auch die Lösung aus C_{60} mit einem Anteil von 10 – 20 % C_{70} .

Die Geschichte der Fullerene ist ein schönes Beispiel, wie oft bei chemischen Entdeckungen der Zufall mit im Spiel ist. Dabei kommt es aber noch entscheidend darauf an, daß die besondere "Merkwürdigkeit" eines Befundes – wie in unserem Fall die Laborspektren der glühenden Graphitstäbe – als solche erkannt wird. Die Entdeckungsgeschichte der Fullerene zeigt auch, wie naturwissenschaftliche Forschung heute von internationaler Zusammenarbeit geprägt ist.

Gekürzt aus *Highlights aus der Chemie* (Hrsg. R. Häusler, Aulis Verlag).
Das Buch wird in der nächsten Ausgabe besprochen.

Die Forschung an Fullerenen im zweiten Dezennium

Hans Kuzmany

Genau 11 Jahre hat es gedauert, bis die Wissenschaftler R.E. Curl, H.W. Kroto und R.F. Smalley durch die Verleihung des Nobelpreises für Chemie für ihre bahnbrechende Entdeckung des Fullerenmoleküls [1] gewürdigt und ausgezeichnet wurden. Dieser an sich schon sehr kurze Zeitraum schrumpft noch weiter, wenn man bedenkt, daß die entscheidende Bedeutung der Fullerene erst 5 Jahre später, im September 1990, durch die Arbeit von W. Krätschmer und Mitarbeitern [2] zum Tragen gekommen ist. Seit diesem Zeitpunkt hat sich die Fullerenforschung dramatisch entwickelt und man kann sich mit Recht fragen, wo sie heute im Bereich der Materialwissenschaften und im Bereich der Werkstoffforschung steht.

Die Entwicklung ist stürmisch wie in den ersten Tagen und die Anzahl der Forschungsgruppen, die sich mit Fullerenen befassen, ist nach wie vor steigend. Allerdings hat sich das Forschungsgebiet teilweise verlagert und speziellen Problemen zugewendet. Die nachfolgende Darstellung faßt die wichtigsten Forschungsbereiche zusammen und berichtet über besonders aktuelle Ergebnisse. Der Stand der Forschung 1996 soll charakterisiert werden. Er läßt sich in nachfolgende Problemkreise einteilen.

Fullerenchemie

Schon kurz nach der Entdeckung der Fullerene wurde vermutet, daß sich mit Hilfe des Fullerenmoleküls, insbesondere mit Hilfe von C_{60} , eine neue Klasse von Materialien etablieren wird, die durch Reaktionen dieses Moleküls mit verschiedenen Aduktgruppen zustande kommt. Eine Unzahl neuer Verbindungen wurde unter diesem Gesichtspunkt hergestellt und die ursprüngliche Vorstellung einer eigenen Fullerenchemie ist in voller Entwicklung. Beispiele dazu sind unter anderem wasserlösliche Fullerene, die für praktische Anwendungen in der Hochtechnologie aber auch in der Pharmazie, Biologie und Medizin große Bedeutung haben.

Von den vielen berichteten Untersuchungen erscheint ein Ergebnis besonders erwähnenswert. Aus einem wasserlöslichen Fullerenabkömmling wurde kürzlich von einer italienischen Arbeitsgruppe ein lichtbegrenzendes Glas hoher Qualität hergestellt [3]. Das Glas ist für niedrige Lichtleistungen sehr gut durchlässig und wird bei hohen Leistungen stark absorbierend.

Vernetzte Fullerene

Mit großem Interesse werden derzeit Fullerenverbindungen untersucht, bei denen die käfigartigen Moleküle durch kovalente Bindungen aneinandergeschlossen und damit zu einer linearen oder auch zu einer zweidimensionalen Struktur vernetzt sind. Solche Vernetzungen kommen zustande, wenn zwei Fullerenmoleküle in einen angeregten Zustand versetzt werden, gewisse geometrische Bedingungen erfüllt sind und/oder die Moleküle genügend nahe zusammengedrückt werden.

Abb. 1. zeigt Beispiele einer eindimensionalen und einer zweidimensionalen Vernetzung.

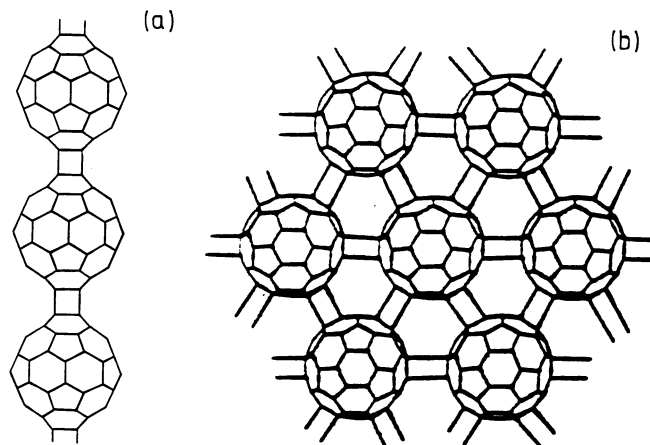


Abb. 1. Eindimensional und zweidimensional vernetzte Fullerenmoleküle

Die eindimensionale Vernetzung ist bei bestimmten Salzen der Fullerene beobachtet worden [4]. Bisher bekannte Strukturen dieser Art sind RbC_{60} und CsC_{60} und unter Umständen auch KC_{60} . Die entsprechenden Ausgangssubstanzen wurden erstmals an der Universität Wien gefunden [5]. Die Verbindungen haben in den letzten Jahren besonderes Interesse hervorgerufen, da sie eine Reihe von ungewöhnlichen physikalischen Eigenschaften besitzen. Bei hoher Temperatur bilden sie ein Kristallgitter wie Steinsalz. Um 130 °C findet ein Phasenübergang zu einer orthorhombischen Phase mit der polymerartig vernetzten Struktur statt. In der polymeren Phase ist das Material metallisch. Bei sehr tiefen Temperaturen erfolgt für RbC_{60} und für CsC_{60} ein weiterer Phasenübergang zu einem magnetisch geordneten Zustand, in dem das Material wieder isolierend ist. KC_{60} bleibt metallisch bis zu beliebig tiefen bisher untersuchten Temperaturen. Der grundlegende Unterschied zwischen dem Verhalten von KC_{60} und RbC_{60} oder CsC_{60} ist sehr überraschend und derzeit noch ungeklärt.

Die zweidimensional vernetzten Strukturen entstehen nach einer Behandlung mit hohen Drucken bei mäßig hohen Temperaturen [6]. Jedes Fullerenmolekül wird mit bis zu 6 nächsten Nachbarn verbunden. Die physikalischen und technologischen Eigenschaften der zweidimensional vernetzten Strukturen sind noch weitgehend unbekannt. Man erwartet, daß aus ihnen zweidimensionale metallische Strukturen gebildet werden können.

Ebenfalls möglich sind Vernetzungen durch Lichteinstrahlung [7]. Da die photovernetzten Substanzen im Gegensatz zu den ursprünglichen Fullerenen unlöslich sind, wird derzeit in mehreren Labors an dem Aufbau einer Fulleren-Photolithographie gearbeitet. Wegen der chemischen Homogenität der Fullerene kann für diese Lithographie eine besonders hohe Auflösung erwartet werden.

Fragmentierte Fullerene

Eine wichtige technologische Rolle spielen Fullerene, deren Käfige, z.B. durch Anwendung hoher Drucke, bereits teilweise zerstört sind. Die Bruchstücke haben sich als ausgezeichnete Bausteine für weitere neue Materialien erwiesen. Beispielsweise kann daraus bei einer bestimmten Behandlung ultrahartes Material (härter als Diamant) entstehen [8]. Die erzeugten Fullerenverbindungen sind die einzigen Substanzen, die eine derartige Härte erreichen. Ein offensichtlicher Nachweis für die Härte dieser Substanzen ist durch Ritzen der Oberflächen von Diamantkristallen erbracht worden.

Ebenso von großer technischer Bedeutung können andere Reaktionsprodukte von fragmentierten Fullerenen sein. Es wurde in mehreren Arbeiten gezeigt, daß durch eine Vakuumaufdampfung (CVD-Verfahren) von Fullerenen extrem glatte Diamantfilme erzeugt werden können. Solche Filme zeigen eine zehnfach geringere Reibung als herkömmliche Diamantfilme (Abscheidung aus Methan) und sind daher für die Lösung von Reibungsproblemen ausgezeichnet geeignet. Abb. 2 zeigt ein Beispiel. Aufgetragen ist der Reibungskoeffizient einer SiC-Spitze auf einer Diamantschicht für mehrere tausend Gleitzyklen. Es ist nicht nur der Reibungsverlauf der Schichten aus Fullerenen viel gleichmäßiger, sondern auch der Reibungswert ist um eine Größenordnung geringer. Diamantfilme spielen heute in der Hochtechnologie bei tribologischer Belastung von Bauteilen eine große Rolle.

kularem Natrium. Solche Strukturen fallen in den Bereich der Nanoteilchen und bilden heute weltweit ein intensiv bearbeitetes Forschungsgebiet.

Endohedrale Fullerene

Unter endohedralen Fullerenen versteht man Moleküle, bei denen ein oder mehrere Atome in den Fullerenkäfig eingeschlossen sind. Seit der Entdeckung der Fullerene hat man immer wieder versucht, solche Verbindungen herzustellen. Im beschränkten Maße ist dies auch gelungen. Ein wirklichen Durchbruch für die Präparation ist aber bisher nicht erreicht worden. Die Herstellung ist nach wie vor sehr mühsam. Die Menge vorhandener endohedraler Fullerene hat sich zwar von Mikrogramm auf Milligramm erhöht, weltweit gesehen ist dies aber immer noch wenig. Hier ist großes Interesse an neuen Wegen für die Herstellung. Kürzlich wurde gezeigt, daß zumindest Edelgasatome in den Fullerenkäfig unter hohem Druck und bei relativ hohen Temperaturen von einigen 100 °C mit guter Ausbeute eingedrückt werden können [10]. Eingeschlossene Atome mit elektrischer Aktivität sind allerdings von größerem Interesse. Einer Forschungsgruppe in Berlin ist es in diesem Zusammenhang gelungen, durch Beschuß der Käfige mit anderen Atomen eine im Vergleich zu bisherigen Ergebnissen hohe Konzentration von Einlagerungsstrukturen zu erzielen [11]. Die Dynamik der eingeschlossenen Atome ist ein zentrales Problem laufender Forschungsvorhaben. Unter gewissen Bedingungen kann das eingeschlossene Atom in einer raschen Bewegung im Käfig zirkulieren. Für eine verlässliche Charakterisierung der endohedralen Substanzen sind allerdings noch viele weitere Untersuchungen notwendig. Optische Feinabstimmung und Nanoschalter stellen ein relevantes Anwendungspotential dar.

Nanoröhrchen

Eine weitere große Gruppe von Forschungsarbeiten, die vor allem in den Vereinigten Staaten intensiv betrieben werden, befaßt sich mit Nanoröhrchen. Klassische Nanoröhrchen bestehen aus sehr dünnen, ineinandergeschachtelten Röhrchen mit Durchmessern von der Größenordnung 2-20 nm, deren Wände aus aufgerollten Graphitebenen bestehen. Abb. 3a zeigt ihre Struktur. Die Bezeichnung "klassisch" bezieht sich auf die Tatsache, daß die Röhrchen bereits 1992 in Japan entdeckt wurden [11]. Heute gibt es faszinierende Weiterentwick-

Dotierte Fullerene

Fullerenkristalle wie sie aus dem Verfahren von Krätschmer et al. hergestellt werden, sind Isolatoren. Sie können durch Dotieren mit einem Elektronenspender in einen metallischen Zustand gebracht werden. Solche Experimente waren von Beginn an ein wichtiges Thema in der Fullerenforschung.

Hier gibt es aber auch ganz neue Entdeckungen, die unter dem Begriff "Superdotierung" bekannt geworden sind. C_{60} kann zum Beispiel durch den Elektronenspender Natrium bis zu einem viel höheren Grad dotiert werden, als man bisher angenommen hat. Die Natriumatome scheiden sich dabei in winzigen Clustern zwischen den Fullerenmolekülen aus und bilden dort ein Mittelding zwischen metallischem Natrium und mole-

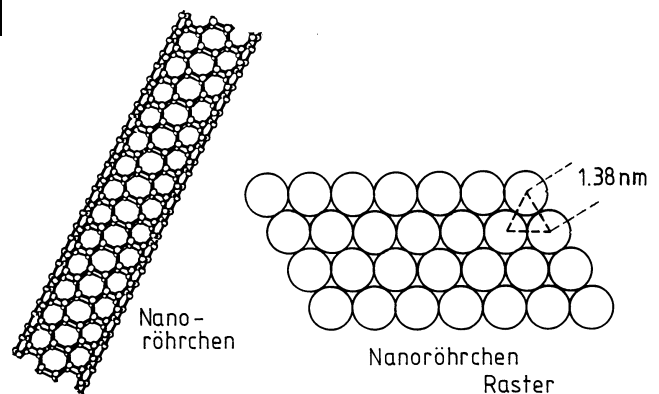


Abb. 3. Atomare Struktur eines klassischen Nanoröhrchens (a) und Aufsicht auf eine Struktur geordneter Nanoröhrchen mit einer einzigen Graphitebene als Wand.

lungen. Röhrcchen mit einer Wand aus einer einzigen Graphitebene können hergestellt werden und sind bei geeigneter Behandlung regelmäßig angeordnet [13]. Teil (b) der Abb. 3 gibt eine schematische Darstellung mit Größenangaben. Die Regelmäßigkeit der Anordnung ist so gut, daß Röntgenbeugungen aufgenommen werden können.

Nanoröhrcchen lassen ungewöhnliche elektrische und mechanische Eigenschaften erwarten. Die hochentwickelte Technologie des Experimentierens im Nanobereich gestattet es heute, einzelne Nanoröhrcchen zu untersuchen. In einem sehr eleganten Experiment wurde kürzlich die Elastizität dieser Röhrcchen gemessen [14]. Es ergab sich ein Elastizitätsmodul von fast unglaublichen 4 TPa. Dies ist etwa ein Faktor 10 höher als der bisher höchste bekannte Wert irgend eines Materials. Auch elektrische Eigenschaften der Röhrcchen sind interessant. Eine Forschungsgruppe in Lausanne hat gezeigt, daß die Röhrcchen von ihrem Ende sehr leicht Elektronen emittieren können und damit vorzüglich als Elektronenspender geeignet sind [15].

Andere Typen von Nanoröhrcchen kann man erhalten, wenn ein Teil der Kohlenstoffatome durch Bohr oder durch Stickstoff ersetzt wird. Solche Röhrcchen sind durch die Substitution intrinsisch dotiert.

Weitere interessante Anwendungen der Nanoröhrcchen liegen in der Wasserstoffspeicherung. Es wurde kürzlich berichtet, daß in 1 Gramm Nanoröhrcchen 5,8 Liter Wasserstoff gespeichert werden können. Das bedeutet umgerechnet 6 Wasserstoffatome pro Kohlenstoff und somit um einen Faktor 2 mehr als in den besten herkömmlichen Materialien [16].

Heterofullerene und Pseudofullerene

Ebenso wie die oben beschriebene Dotierung der Nanoröhrcchen mit Bohr oder Stickstoff war es von Anfang an wünschenswert, die Kohlenstoffkäfige durch direkte Substitution mit Elektronendonatoren oder Elektronenakzeptoren zu versehen. In neuen Experimenten ist dies tatsächlich gelungen. $C_{59}N$ ist ein Beispiel [17]. Der Dotierungseffekt ist allerdings bisher nicht aufgetreten, da die Verbindungen nur als $(C_{59}N)_2$ stabil sind. Trotzdem bilden diese Substanzen eine weitere neue Klasse von fullereneartigen Materialien.

Als letzten Punkt zum Stand der Forschungsarbeiten muß darauf hingewiesen werden, daß nunmehr auch vielen anderen Käfigstrukturen bedeutend mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird. Sie werden oft als Pseudofullerene bezeichnet. Ein Beispiel sind die käfigförmigen Kryptanden, die ebenfalls Metallatome einschließen können. Andere käfigförmige Moleküle mit eingeschlossenen Metallen sind Siliziumverbindungen wie $Si_{46}Na_2 Ba_6$ oder entsprechende Germaniumverbindungen.

Zusammenfassung

Fullerene bilden mehr denn je ein Zentrum der wissenschaftlichen und der angewandten Forschung auf dem Gebiet der Materialwissenschaften. Es werden laufend neue und interessante Eigenschaften und Strukturen gefunden. Die Forschung erstreckt sich heute über einen sehr weiten Bereich der Materialwissenschaften und schließt Aktivitäten in der synthetischen organischen Chemie genauso ein wie Probleme der Supraleitung oder der Nanostrukturierung.

Literatur

- [1] Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C., Curl R.E., Smalley R.F.: *Nature* 318, 162 (1985)
- [2] Krätschmer W., Lamb L.D., Fostiropoulos K., Huffman D.R.: *Nature* 347, 354 (1990)
- [3] Signorini R., Zerbetto M., Meneghetti M., Bozio R., Maggini M., Faveri De C., Prato M., Scorrano G.: *Chem. Commun.*, 1891 (1996)
- [4] Pekker S., Forro L., Mihaly L., Janossy A.: *Solid State Commun.* 90, 349 (1994)
- [5] Winter J., Kuzmany H.: *Solid State Commun.* 84, 935 (1992)
- [6] Nunez-Regueiro M., Marques L., Hodeau J-L., Béthoux O., Perroux M.: *Physical Review Letters* 74, 278 (1995)
- [7] Hebard A.F., Lyons K.B., Haddon R.C., *Proc. Electroch. Soc.*, Rheno, Vol. 95-10, 1995
- [8] Blank V.D., Buga S.G., Serebryanaya N.R., Denisov V.N., Dubitsky G.A., Ivlev A.N., Mavrin B.N., Popov M.Yu.: *Physics Letters A* 205, 208 (1995)
- [9] Erdemir A., Bindal C., Fenske G.R., Zuiker C., Krauss A.R., Gruen D.M.: *Diamond and Related Materials* 5, 923 (1996)
- [10] Saunders M., Cross R.J., Jiménez-Vázquez H.A., Shimshi R., Khong A.: *Science* 271, 1693 (1996)
- [11] Tellgmann R., Krawez N., Lin S.-H., Hertel I.V., Campbell E.E.B.: *Nature* 382, 408 (1996)
- [12] Iijima S., *Nature* 354, 56 (1991)
- [13] Thess A., Lee R., Nikolaev P., Dai H., Petit P., Robert J., Xu C., Lee Y.H., Kim S.G., Rinzler A.G., Colbert D.T., Scuseria G.E., Tomanek D., Fischer J.E., Smalley R.E.: *Science* 273, 483 (1996)
- [14] Treacy M.M.J., Ebbesen T.W., Gibson J.M.: *Nature* 381, 678 (1996)
- [15] Heer de W.A., Chatelain A., Ugarte D.: *Science* 270, 1179 (1995)
- [16] Rodriguez N.M., Chambers A.: *Abstract AMRS-Meeting*, Boston 1996
- [17] Hummelen J.C., Knight B., Pavlovich J., Gonzalez R., Wudl: *Science* 269, 1554 (1995)

100 Jahre Nutzung der Röntgenstrahlen

Peter Donhauser

Das Technische Museum Wien hat zu diesem Jubiläum eine Gedächtnisausstellung zusammengestellt, die in der ersten Jahreshälfte im Salzburger Museum Carolino Augusteum und nun bis 16.2.1997 im Naturhistorischen Museum Wien zu sehen ist. Die Ausstellung ist so konzipiert, daß einem kurzen historischen Rückblick ein Querschnitt durch aktuelle Applikationen folgt, sodaß der folgende Artikel gleichermaßen die Entwicklung schildert und die Ausstellung beschreibt. Die Bedeutung der Entdeckung der Röntgenstrahlung wurde zu Lebzeiten Röntgens durchaus richtig eingeschätzt und mit der Verleihung des ersten Nobelpreises unterstrichen.

Der Anlaß

Vor genau 100 Jahren erfuhr die Welt am 5. Jänner 1896 aus der Wiener "Presse" von den kurz davor von Wilhelm Conrad Röntgen in Würzburg entdeckten Strahlen. Diese Entdeckung erregte wie kaum eine andere gleich zu Beginn größtes Aufse-

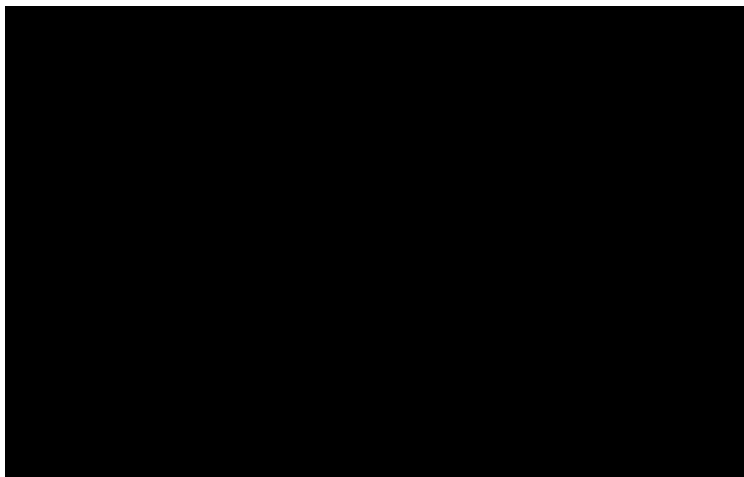


Abb. 1: W.C. Röntgen und seine erste Aufnahme

hen und rief von Anfang an das Interesse unterschiedlichster naturwissenschaftlicher, medizinischer und technischer Fachkreise hervor: Bereits 1 Jahr nach der Entdeckung gab es mehr als 1100 Veröffentlichungen zu dem Thema, ein in der Wissenschaftsgeschichte bisher nicht aufgetretenes Phänomen.

Der Zufall will es, daß im selben Jahr weitere bedeutende Ereignisse zu verzeichnen sind, die die Epoche der beginnenden Moderne prägten: die erste Vorführung eines Films durch die Gebrüder Lumière, die Entdeckung der Wunscherfüllung im Traum durch Sigmund Freud, die Sichtbarmachung der Bahnen subatomarer Teilchen durch Wilson und die erste drahtlose Telegraphie durch Marconi. Kurz darauf entdeckte Thomson das Elektron. Im wesentlichen ist dies erstmals ein massiver Vorstoß ins Unsichtbare, in eine Welt der Abbildungen und Projektionen bis hin zur Fiktion, ein Aspekt der Wirklichkeit,

Mag. Peter Donhauser, stellvertretender Direktor des Technischen Museums Wien.

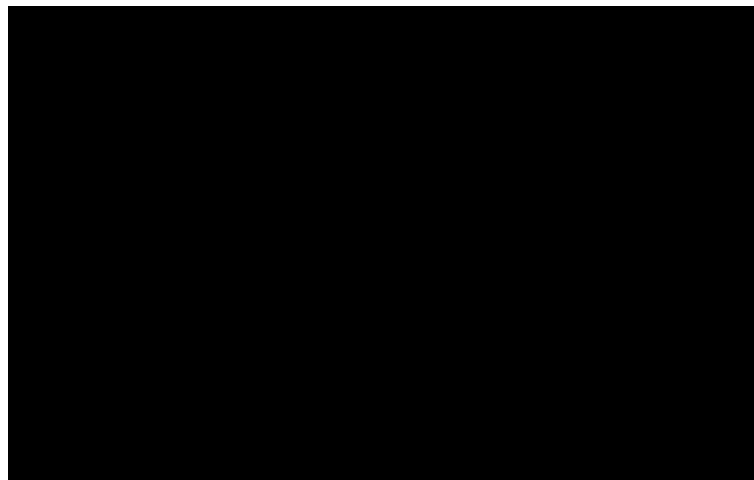
der uns bis heute begleitet. Zudem fällt die Entdeckung der Röntgenstrahlen in eine Zeit, in der sich die klassische Physik erschöpft und die moderne Physik beginnt.

Bemerkenswert ist, daß die erste Pressemeldung über die Entdeckung der Strahlung, die erste diagnostische und die erste therapeutische Anwendung in der Medizin 1896 in Wien stattfanden, ebenso die erste Arteriographie (eine Gefäßdarstellung).

100 Jahre danach ist das Interesse keineswegs erlahmt, wie das gelegentlich bei anderen Entdeckungen vorkommt, die im Lauf der Zeit durch bessere Verfahren ersetzt werden. Im Gegenteil: es stellten sich immer wieder neue Anwendungsgebiete der Röntgenstrahlen ein wie z.B. das Gepäckröntgen auf Flughäfen, der Computertomograph usw.

Röntgen und die ersten Pionierjahre

W. C. Röntgen kam am 27. März 1845 als Sohn eines wohlhabenden Kaufmanns zur Welt. Er studierte Maschinenbau in Zürich und arbeitete dann 6 Jahre als Assistent des Physikers August Kundt in Würzburg und Straßburg, wo er sich als 30-jähriger habilitierte. 1879 wurde er Universitätsprofessor in Gießen, 1888 in Würzburg. 1894 wurde er Rektor der Universität Würzburg.



Im selben Jahr begann er mit Experimenten an Entladungsröhren. Er umhüllte die Röhren mit schwarzem Karton zur Abschirmung bislang bekannter Strahlung: er suchte offenbar ähnlich wie Lenard (der Entdecker der Kathodenstrahlen) nach etwas Neuem (einige Jahre später schreibt Röntgen: "Ich hatte von meiner Arbeit niemand etwas gesagt; meiner Frau teilte ich nur mit, daß ich etwas mache, von dem die Leute, wenn sie es erfahren, sagen würden: der Röntgen ist wohl verrückt geworden."). Am 8. November 1895 ist es soweit: er identifiziert eine "neue Art von Strahlen", die undurchsichtige Materie zu durchdringen vermag und nennt sie X-Strahlen.

Röntgens Apparatur bestand aus einem Funken-Induktor (einer Art Transformator zur Hochspannungserzeugung), der eigentlichen Röhre, die mit einer Quecksilberpumpe luftleer gepumpt werden mußte, und einem Fluoreszenzschirm bzw. einer mit schwarzem Papier umwickelten Photoplatte.

Röntgen veröffentlichte am 1. Jänner 1896 erstmals seine Entdeckung, wobei auch Photoabzüge der ersten Aufnahmen verschickt wurden. Es brach darauf ein erstaunlicher "Rummel" los (wie Röntgen sich ausdrückte), insbesondere in der Presse, die die Meldung als Sensation brachte. Er selbst hielt nur zwei öffentliche Vorträge über seine Entdeckung: am 12.1.1896 am Hof Kaiser Wilhelm II. und am 23.1.1896 vor der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft in Würzburg.

1900 ging Röntgen an die Universität in München, 1901 erhielt er für seine Entdeckung den ersten Nobelpreis für Physik. Zu seinen Ehren heißen die Strahlen im Deutschen "Röntgenstrahlen", im Englischen nach wie vor "X-rays".

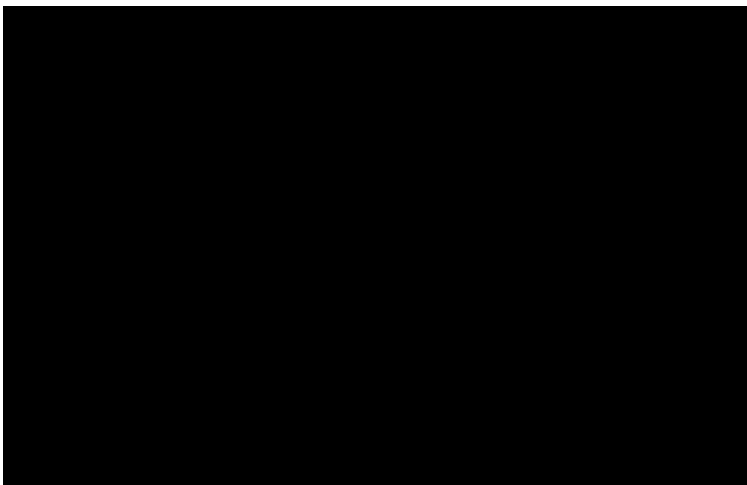


Abb. 3: Röntgenaufnahme in einer Arztpraxis, 1896

Obwohl die endgültige Aufklärung der Natur der Röntgenstrahlen längere Zeit auf sich warten ließ (erst 1910 wurde die Polarisation der Röntgenstrahlen nachgewiesen, 1912 die Beugung; beides weist die Röntgenstrahlen als elektromagnetische Transversalwellen aus), wurde sie in der Medizin wegen ihrer Durchdringungsfähigkeit sofort angewendet. Ein Beispiel zeigt die Geschwindigkeit der Entwicklung: bereits 1896 wurde in Birmingham ein Röntgenbild als Beweismittel bei einer Schadensersatzklage vor Gericht zugelassen; 1902 gab es die erste Verurteilung eines Arztes wegen "fahrlässiger Körperverletzung durch Verbrennung infolge von Röntgenbestrahlung" (eine junge Dame ließ sich einen bartartigen Haarwuchs am Kinn durch Bestrahlung entfernen. Ergebnis: großflächige Brandwunden).

Die Entwicklung der Röntgenröhren selbst betraf vor allem erhöhte Energieausbeute und die Verkleinerung des "Brennflecks" (der Stelle der Anode, von der die Strahlen ausgehen: je kleiner der Fleck ist, umso schärfer werden die Bilder). Da damit eine beträchtliche Hitzeentwicklung verbunden ist, müssen die Röhren gekühlt werden bzw. läßt man die Anode rotieren, um ein Einbrennen an einer Stelle zu vermeiden.

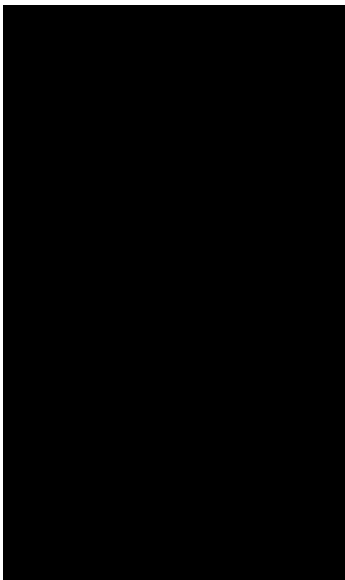
Strahlenschutz und Dosimetrie

Bereits wenige Monate nach Entdeckung der Strahlung erkannte man, daß Röntgenstrahlung zu sonnenbrandähnlichen Hautrötungen führen kann und daß weitere, später als "Strahlenkater" bekannt gewordene Beeinträchtigungen wie Übelkeit, Schwächegefühl bis Sehstörungen und Hautveränderungen etc. nach Röntgenbestrahlungen auftreten können. Die Gefährlichkeit hoher Dosen war ursprünglich nicht bekannt, erst nach 1900 gab es die erste Schutzkleidung. Die Strahlenbiologie befaßt sich als interdisziplinäre Wissenschaft seit kaum weniger als 100 Jahren mit der Wirkung energiereicher Strahlung auf Lebewesen: zur Röntgenstrahlung kam 1896 die Entdeckung der radioaktiven Strahlung, die ähnliche Erscheinungen wie die Röntgenstrahlung verursacht. 1896 gab es die ersten Versuche zur bakteriziden Wirkung von Röntgenstrahlen, die später (1901) auf Radioaktivität erweitert wurden.

Schadet Strahlung, die einfache Lebewesen wie Bakterien töten kann, auch menschlichen Zellen? 1911 wurde einwandfrei die Schädigung der Erbsubstanz durch hohe Strahlungsdosen zuerst an Amphibien, später an Säugetieren nachgewiesen. Dazu kam, daß bereits 1902 eine Krebserkrankung auf hohe Strahlungsdosen zurückgeführt werden konnte. Unter anderen bezahlte der Wiener Arzt Guido Holzknecht seine Arbeit mit Röntgenstrahlen mit dem Leben. Nun sind Pauschalurteile über Strahlenfolgen unangebracht, da die biologische Strahlenwirkung stark von verschiedenen Faktoren abhängt (z.B. räumliche und zeitliche Dosisverteilung, Erholungsvorgänge, Art und Energie der Strahlung).

Aufgabe des Strahlenschutzes ist es, Menschen vor schädigender Strahlenwirkung zu schützen, indem geeignete Maßnahmen getroffen werden, um festgelegte Maximalwerte einzuhalten. Dazu wurden sorgfältig ermittelte Grenzwerte festgelegt, die nicht nur unmittelbar feststellbare Schädigungen, sondern seit 1927 auch genetische Folgeschäden berücksichtigen. Die gesetzlichen Grenzwerte liegen heute so niedrig, daß auch bei beruflich strahlenexponierten Personen (z.B. Röntgenärzte, Angestellte in kerntechnischen Anlagen) eine "somatische" (= unmittelbar ursächlich krank machende) Schädigung ausgeschlossen ist und sie das gleiche "stochastische" (= statistische) Risiko haben wie nicht strahlenexponierte Personen. Ein Experiment der Ausstellung zeigt, daß wir in unserer normalen Umgebung ständig von schwächster Strahlung umgeben sind: im Granitgestein, in Fliesen, in Glühstrümpfen (Campingbeleuchtung) etc. finden sich Spuren radioaktiver Substanzen, die einen natürlichen "Strahlenhintergrund" bilden. Auch die hochenergetische "kosmische Strahlung" ("Höhenstrahlung") aus der Tiefe des Weltalls trägt zu diesem Hintergrund bei. Diese Strahlung hat uns seit Existenz der Menschheit ständig umgeben und offensichtlich nicht geschadet. Daß trotz bekannter Grenzwerte vor etwa 30 Jah-

ren wir in unserer normalen Umgebung ständig von schwächster Strahlung umgeben sind: im Granitgestein, in Fliesen, in Glühstrümpfen (Campingbeleuchtung) etc. finden sich Spuren radioaktiver Substanzen, die einen natürlichen "Strahlenhintergrund" bilden. Auch die hochenergetische "kosmische Strahlung" ("Höhenstrahlung") aus der Tiefe des Weltalls trägt zu diesem Hintergrund bei. Diese Strahlung hat uns seit Existenz der Menschheit ständig umgeben und offensichtlich nicht geschadet. Daß trotz bekannter Grenzwerte vor etwa 30 Jah-



ren noch verhältnismäßig sorglos mit Röntgenstrahlung umgegangen wurde, zeigt unser Exponat "Schuhröntgen": bis in die 60er Jahre konnte man zwecks Kontrolle der Paßgröße von Schuhen das Röntgenbild seines Fußes am Fluoreszenzschirm beobachten.

Ein wesentliches Hilfsmittel des Strahlenschutzes ist die Dosimetrie, die Messung der Strahlendosis. Dosimeter benützen besondere Eigenschaften der Strahlung, die Röntgen selbst aus seinen Beobachtungen beschrieb:

- Aufleuchten bestimmter Materialien bei Bestrahlung (Fluoreszenz)
- Schwärzung photographischer Schichten (Filmdosimeter)
- Erhöhung der Leitfähigkeit von sonst für den elektrischen Strom nichtleitenden Gasen (Ionisation)

Die meisten heute in Verwendung stehenden Dosimeter benützen eine dieser Erscheinungen. Zusätzlich zu berücksichtigen ist, daß biologisches Material auf unterschiedliche Strahlungsarten, Energiewerte und Bestrahlungsbedingungen anders reagiert (= "Äquivalentdosis").

Häufig eingesetzt werden sogenannte Thermoluminiszenzdosimeter, die in großer Zahl in Seibersdorf zentral ausgewertet werden (bestrahlt man spezielle Substanzen, so senden sie bei Erwärmung Licht aus. Die Lichtintensität läßt sich messen und daraus auf die Strahlungs-dosis schließen.).

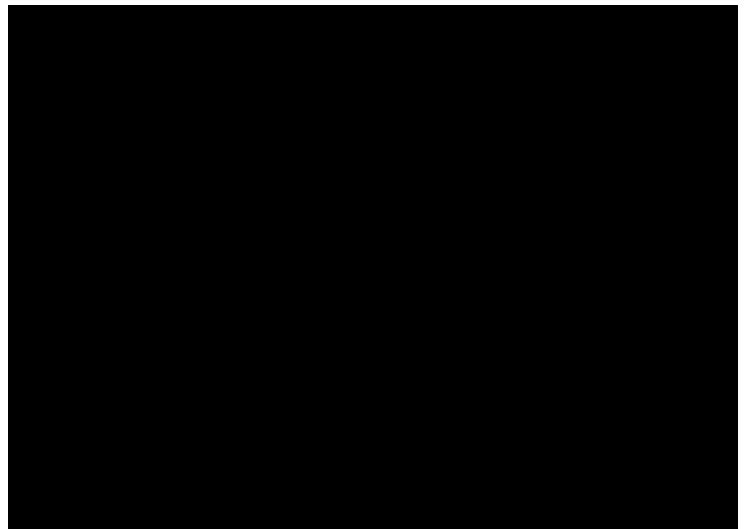
Eine nicht minder große Rolle spielen Detektoren für Strahlung, mit denen man die gerade vorliegende Strahlungsintensität mißt (Dosimeter dienen hauptsächlich zur Überwachung längerer Zeiträume wie Tage, Wochen oder Monate). Detektoren verwenden ebenfalls meist die strahlungsbedingte Ionisation eines "Zählgases" (z.B. der 1928 entwickelte "Geiger-Müller Zähler") oder die Leitfähigkeitsänderung eines Halbleiters ("Halbleiterdetektoren").

Ein Querschnitt durch Anwendungen der Röntgenstrahlung

Die Ausstellung gibt einen knappen Querschnitt durch aktuelle Anwendungen von Röntgenstrahlung, wobei die Grundlagen bestimmter Techniken bereits wesentlich früher gelegt wurden, was man an den ausgestellten Geräten ablesen kann (z.B. Tomographie, Industrieröntgen). Einige Anwendungen sind nicht durch Geräte, sondern durch Abbildungen repräsentiert.

a) Anwendungen zur Sicherheitstechnik

Internationales Verbrechen und besonders für Anschläge gefährdete Verkehrsmittel wie das Flugzeug machten es bereits in den 70er Jahren notwendig, Gepäck und Frachtstücke auf verborgene Waffen zu untersuchen. Dabei bot sich die Durchleuchtung als optimales Verfahren geradezu an, da Waffen hauptsächlich aus Metall bestehen. Überhandnehmender Schmuggel machte es auch in Häfen und an Grenzübergängen notwendig, Container und ganze Lastzüge zu durchleuchten. 1986 wurde erstmals ein Gerät zu diesem Zweck entwickelt. Da man durch metallene Behälter "durchsehen" muß, sind allerdings sehr hohe Dosisleistungen erforderlich. Zunehmende Fälle von Plastiksprengstoff, Waffen mit Kunststoff- und



Keramikteilen, Rauschgiftbeutel und geschmuggelte Diamanten, die allesamt im Röntgendurchsichtverfahren nicht erkannt werden, machten eine neue Technik notwendig: die Gepäckstücke werden (wie beim Fernsehen) zeilenweise abgetastet und die dabei gestreuten (an bestimmten Stoffen seitlich abgelenkten) Röntgenstrahlen registriert. Auf einem Computerbildschirm wird die Information, die in der gestreuten Strahlung enthalten ist, wieder zu einem Bild zusammengesetzt. Kunststoffe erscheinen dabei hell weiß, dichtere Objekte (wie Metalle) erscheinen dunkel. Die ersten Geräte dieser Art gab es 1987, heute sind sie allgemein üblich.

b) Tomographie

Bei der herkömmlichen Durchstrahlungstechnik erhält man Bilder, die zwangsläufig eine Überlagerung der Schatten verschieden tief im Objekt liegender Strukturen darstellen. Dadurch wird oft die interessante Information durch darüber oder darunter liegende Teile verdeckt. Die Filmtomographie (= Schichtaufnahmetechnik auf Röntgenfilm) stellt seit Ende der 30er Jahren eine Methode dar, einzelne Schichten eines Objekts abzubilden, ohne daß darüber oder darunter liegende Teile mitabgebildet werden. Dabei wird, wie in der Schemazeichnung zu sehen, sowohl die Röntgenröhre als auch der Film gleichzeitig so bewegt, daß nur die Schatten der gewünschten Schichte immer an derselben Stelle abgebildet werden, alle darüber und darunter liegenden Teile kommen durch Bewegungsunschärfe nicht zur Abbildung. Man nannte die Methode daher auch gelegentlich "Verschmiertomographie" (später auch "Laminographie"). Eine Weiterentwicklung, die die Bild-

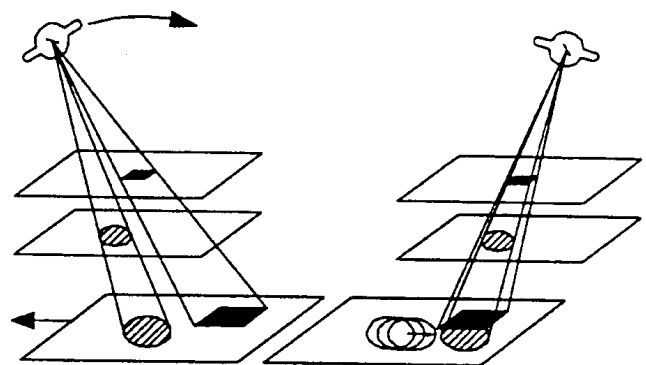


Abb. 6: Schema Tomographie

qualität bedeutend verbessert hat, ist die seit etwa 20 Jahren bekannte Computertomographie (kurz CT), bei der ebenfalls mit einer rotierenden Röntgenröhre gearbeitet wird: Von einigen 100 Positionen rund um das abzubildende Objekt wird ein Intensitätsprofil der durchdringenden Strahlung ermittelt und im Computer zu einem realen Schnittbild umgerechnet. Eine Serie nahe aneinanderliegender Schnittaufnahmen ermöglicht sogar eine räumliche Rekonstruktion des abgebildeten Objekts. Steuert man mit diesen Bilddaten (Helligkeitswerten) rasterförmig eine Belichtungsmaschine, so kann man mittels eines sogenannten "Photopolymers" (einer Flüssigkeit, die bei Belichtung einer bestimmten Stelle dort erstarrt) ein räumliches Kunststoffmodell im Maßstab 1:1 des röntgenisierten Objekts erzeugen. Dies ist z.B. bei risikoreichen Operationen im Schädelbereich zum vorherigen Training des Arztes und zur Planung des Operationsverlaufs sehr hilfreich.

c) Industrieröntgen

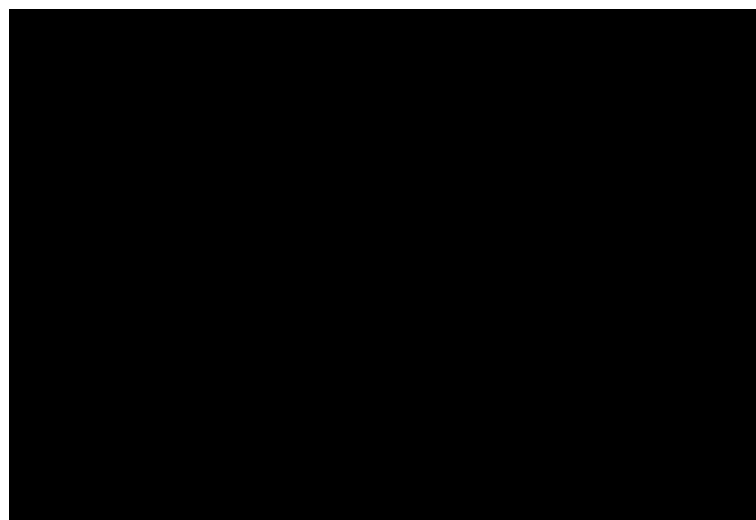
Diese Durchleuchtung zur "Grobstrukturprüfung" ermöglicht die Erfassung von Bauteil- und Strukturfehlern in der Größe von einigen Mikrometern bis Zentimetern bei Materialstärken von Mikrometern (z.B. Folien) bis hin zu mehreren Dezimetern (z.B. Beton oder Leichtmetall). Die erste Prüfung einer Lötnaht aus 1895 stammt von Röntgen selbst und nimmt die häufigste Überprüfung in der Industrie vorweg: Schweißnähteprüfung im Kesselbau und bei Rohrleitungen ist die Basis für die Sicherheit zahlreicher Industrieanlagen. Da die Betriebs-

als reparaturbedürftig erwiesen. 1932 ließ Picard eine Druckgondel prüfen, die bei seinen aufsehenerregenden Stratosphärenflügen benutzt wurde.

Moderne Röhren mit winzigen Brennflecken ermöglichen Darstellungen von Strukturen wesentlich unterhalb der Zehntelmillimetergröße, Serienprüfungen mit großen Stückzahlen sind in kurzer Zeit möglich. Auch im Industriebereich wird die Computertomographie benutzt, wo in Extremfällen eine Auflösung von 50 Tausendstel Millimeter erzielt werden kann.

d) Fluoreszenzanalyse

1908 erschien der erste Bericht über die Beobachtung, daß beim Auftreffen von Röntgenstrahlen auf Körper wieder Röntgenstrahlung entsteht ("Sekundärstrahlung", Fluoreszenzstrahlung), deren Eigenschaften für die in den Körpern enthaltenen chemischen Elemente charakteristisch ist. Nun wußte man seit langem von Untersuchungen am sichtbaren Licht, daß dessen Eigenschaften (Farbzusammensetzung) von den lichtaussendenden Stoffen abhängt (z.B.: Natriumdampflampen, wie bei der Autobahnbeleuchtung, geben gelbes Licht



ab, Neonlampen rotes usw.). Zerlegt man mittels einer optischen Vorrichtung das Licht in sein "Spektrum" (eine Aufeinanderfolge von Farben wie beim Regenbogen), kann man aus der Farbenfolge bzw. aus dem Fehlen bestimmter Farben auf die chemische Zusammensetzung der Lichtquelle schließen. Diese Methode heißt "Spektralanalyse" und läßt sich auch auf die Röntgen-Fluoreszenzstrahlung anwenden, da man seit 1912 im Stande war, ein Spektrum der Röntgenstrahlen mittels Beugung zu erzeugen. Die Voraussetzungen für eine Röntgen-Fluoreszenzanalyse waren daher gegeben.

Man kann eine Probe direkt mit Elektronen beschießen ("Direktanregung", mit großer Hitzeentwicklung verbunden) oder mit Röntgenstrahlen anregen ("Kaltanregung"), beides führt zur Abgabe einer charakteristischen Fluoreszenzstrahlung, die anschließend analysiert wird (Grundlagen: Ch.G. Barkla, Nobelpreis 1917). Die Anwendungsgebiete sind weitverzweigt und überall anzutreffen, wo zerstörungsfreie Materialanalyse gebraucht wird: beginnend bei industriellen Legierungsanalysen bis zur Kriminalistik und der Kunst (so man kann z.B. Farbzusammensetzungen von Bildern ohne chemische Eingriffe ermitteln und ohne Farbe abzukratzen zu müssen).

spannungen der Röhren erheblich über der bei medizinischen Anwendungen liegen müssen, dauerte es bis 1922, bis in den USA eine Röhre für 220000 Volt hergestellt werden konnte. Damit konnte man Stahlbleche bis 70 mm Stärke durchleuchten. Um 1930 gab es die ersten ortsbeweglichen Röntgenanlagen. Das Bild zeigt die erste Prüfung einer geschweißten Autobahnbrücke aus 1935, bei der sich 34% der Schweißnähte

e) Anwendungen in der Kunst

Die Untersuchung von Kunstwerken mit Röntgenstrahlen gestattet eine zerstörungsfreie Analyse als Vorbereitung von Restaurierungen, Expertisen, wissenschaftlicher Arbeit und Identifikationen. Man erkennt Übermalungen (wie z.B. in der Abbildung zu sehen), Vergoldungen, Restaurierungsspuren und Hinweise für Fälschungen (z.B. sind Acrylfarben röntgentechnisch nicht sichtbar, weil sie nicht absorbieren und unterscheiden sich daher deutlich von Farben mit Schwermetallanteilen). Man erkennt auch Wurm Löcher, Risse und Ausbesserungen in Holzteilen. Im Computertomogramm lassen sich leicht die Jahresringe erkennen. So gestattet die Tomographie überhaupt die Darstellung von Querschnitten, die ohne diese Technik undenkbar wären. Mittels Fluoreszenzanalyse kann man die Oberflächen auf Anteile bestimmter Elemente untersuchen.

f) Weitere Anwendungen

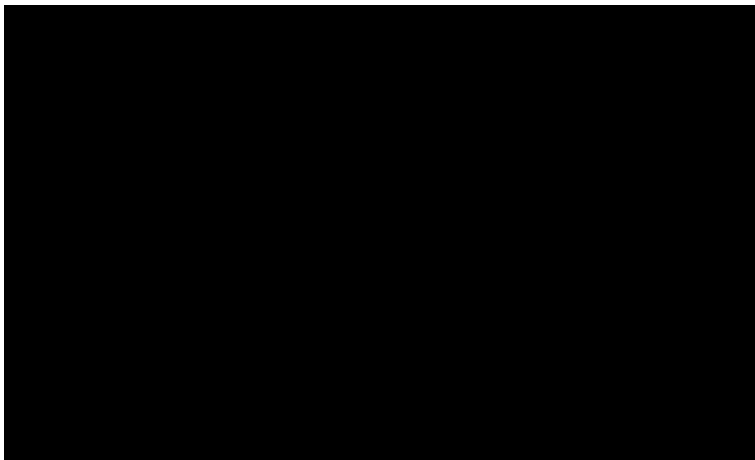


Abb. 9: Übermalung: Oberfläche und Röntgenbild mit Untergrund

Es gibt neben den bereits geschilderten Anwendungen der Röntgenstrahlung eine Reihe weiterer nicht minder wichtiger Beispiele, die im Folgenden kurz zusammengefaßt werden:

Röntgenastronomie

Seit etwa 1930 wußte man, daß die Sonne von einer heißen Gashölle umgeben ist, die aus theoretischen Gründen Ultraviolett- und Röntgenstrahlen aussenden sollte. Effekte der äußersten Erdatmosphäre wurden darauf zurückgeführt. An einen Nachweis dieser Röntgenstrahlung war vorerst nicht zu denken, da die Lufthölle der Erde für sie undurchlässig ist. Der erste Nachweis dieser Strahlung gelang 1948 durch Photoplaten, die mit V2-Raketen aus ehemaligen deutschen Beständen in Amerika in eine Höhe von 168 km Höhe gebracht wurden. Dort wird die Röntgenstrahlung nicht mehr von der Lufthölle verschluckt. 1960 wurde die erste Aufnahme der Sonne im Röntgen"licht" gemacht, die Kamera wurde ebenfalls mit einer Rakete befördert. 1991 wurde ein eigener amerikanisch-japanisch-britischer Röntgensatellit "Yohkoh" für Sonnenbeobachtung gestartet. Weitere Röntgensatelliten folgten, darunter das deutsche Röntgenobservatorium ROSAT. Es wurden damit bis jetzt etwa 60.000 Röntgenquellen im All entdeckt. Die Bedeutung dieser Beobachtungen liegt darin, daß durch die Messung der Röntgenstrahlung weitere Rückschlüsse auf die Mechanismen der Sternentstehung, die Vorgänge in den Ster-



Abb. 10: Röntgensatellit ROSAT

nen und auf das Alter und die Entstehung des Weltalls möglich sind: der im Röntgenlicht beobachtbare Himmel erscheint dramatischen Vorgängen unterworfen, wie sie im sichtbaren Bereich nicht erkennbar sind. Selbst "schwarze Löcher" verraten ihre Existenz durch Röntgenstrahlung in ihrer Nähe.

Biologische Strahlenwirkung

Wie schon früher erwähnt, kann Röntgenstrahlung Gewebe verändern, ja zerstören. Bald nach der Entdeckung kannte man Haarausfall, Hautveränderungen, Mundtrockenheit, Sterilität, aber auch Beeinflussung von Tumorzellen. Bereits 1904 gab es ein Lehrbuch, in dem 52 Krankheiten zur Röntgenbehandlung beschrieben werden. Die Erfolge waren teils gut, teils katastrophal. Eine Reihe empirischer Erkenntnisse mußte gewonnen werden, damit die Wirkung der Zellzerstörung in der Strahlentherapie für die Tumorerstörung angewendet werden konnte. Dazu gehört die unterschiedliche Empfindlichkeit bestimmter Tumorarten für Strahlung, die Tiefenwirkung harter (energiereicher) Strahlung, die Aufteilung der Strahlendosen auf mehrere Termine ("Fraktionierung") etc. Fortschritte in der Dosimetrie und der Bestrahlungstechnik (z.B. die "Konvergenzbestrahlung" = Bestrahlung aus mehreren Richtungen auf einen Punkt innerhalb des Patienten und genaue Eingrenzungen der bestrahlten Fläche) machen die Strahlentherapie zu einem sicheren und wirksamen Mittel in der Medizin.

Da es bei entsprechender Strahlenenergie möglich ist, Gewebe und Zellen vollständig zu zerstören, kann im Prinzip Bestrahlung (gegenwärtig allerdings hauptsächlich Gamma-Strahlung) auch zur Sterilisation von mit Mikroorganismen verunreinigten Gegenständen wie Verbandmaterial, Spritzen etc. verwendet werden).

Strukturanalyse

Mit der aus 1912 datierenden Entdeckung, daß Röntgenstrahlen an Kristallen Beugung erfahren, wurde der Grundstein dafür gelegt, Strukturen, die Größenordnungen von Molekülen oder einigen Atomdurchmessern haben, zu erforschen. Wie unser Experiment zeigt, ist das Beugungsbild charakteristisch für die Struktur einer Probe. Die Aufklärung der Struktur von Kristallen, kristallinen Substanzen und allen übrigen gitterförmig aufgebauten Strukturen ergibt sich daher aus dem vorher Gesagten. Diese Kenntnisse sind notwendig, um die Eigenschaften bestimmter Stoffe in naturwissenschaftlicher und technologischer Hinsicht korrekt einsetzen zu können. Dazu kam die Aufklärung der Strukturen komplexer und hochmolekularer chemischer Verbindungen, die zu Beginn dieses Jahr-



Abb. 11: Beugungsbild

hundreds weitgehend unverstanden waren. Dies gipfelte in der Entschlüsselung der Proteine (wichtige Stoffe bei biochemischen Prozessen) bis hin zur Struktur der DNS (= Träger der Erbinformation; 1953; Nobelpreis) und für die Medizin bedeutsamer Strukturen wie des Penicillins (1945), des Vitamin B12 (1955; Nobelpreis), des Haemoglobins (= Blutfarbstoff; 1960, Nobelpreis) und des Poliovirus (Verursacher der Kinderlähmung; 1986).

Schichtanalyse

Dünne Schichten gewinnen immer mehr an Bedeutung, z.B. bei Oberflächenvergütung, Verspiegelung, Antireflexbelägen, Chipfertigung. Sowohl die Analyse der Zusammensetzung und Struktur, der Lokalisation von Fremdatomen sowie die Dickenmessung ist von Bedeutung.

Wie schon vorher besprochen, gestattet die Fluoreszenzanalyse die Analyse der Zusammensetzung, auch die Lokalisation gelöster Atome in einem Kristallgitter. Es ist jedoch eine auf die heikle Aufgabenstellung angepasste Technik notwendig. Die ebenfalls bereits erwähnte Beugung gestattet bei entsprechend gewählten Strahlwinkeln die Bestimmung der Schichtdicke und Rauigkeit ("Reflektometrie"). Die sogenannte "Diffraktometrie", die auf der Analyse von an oberflächennahen Schichten reflektierten Röntgenstrahlen beruht, gestattet die Bestimmung von Abweichungen vom idealen Gitteraufbau bei dünnsten Schichten, was vor allem bei der Chipherstellung von großer Bedeutung ist.

Archäologie, Paläontologie

Die hier verwendeten Methoden gehen im wesentlichen nicht über das bisher besprochene hinaus: Durchleuchtung, Tomographie und Materialanalyse liefern teils sensationelle Ergebnisse: Aufdeckung von Fälschungen, Vorbereitung für Restaurierungen, zerstörungsfreie Analyse von Einschlüssen in Mineralien oder vom Inneren von Dinosauriereiern oder von Mumien (so wurde z.B. entdeckt, daß zahlreiche Kindermumien in bedeutenden Museen Fälschungen sind). Ja sogar medizinische Aussagen über tausende Jahre alte "Patienten" sind möglich (z.B. Zahnerkrankungen, Skelettveränderungen etc.).

Röntgenlithographie

In der Mikrosystemtechnik versucht man kleinste Strukturen z.B. durch Ätzen herzustellen. Dazu bringt man auf ein Substrat eine Maske mit optischen Methoden auf und ätzt die nicht

abgedeckten Teile weg. Bis zu einer gewissen Größenordnung geht das Aufbringen der Masken mit einem Photolack und anschließender Belichtung. Die Grenzen der optischen Auflösung erreicht man jedoch durch die Beugung des Lichts, die von der Wellenlänge abhängt. Kann diese stark reduziert werden, kann man feinere Strukturen herstellen. Die Röntgenstrahlung böte hier einen Ausweg (ihre Wellenlänge ist etwa um einen Faktor 1000 kleiner als beim Licht), sie läßt sich aber nicht einfach mit Linsen zu einer Abbildung bündeln. Trotzdem sind eine Reihe von Bemühungen im Gang, sie dafür zu nützen.

Aus der Überfülle an Literatur, die zum Thema "Röntgenstrahlung" existiert, sei stellvertretend angeführt:

Beck A.: *Original – Fälschung? Bildgebende Verfahren bei der Diagnostik von Kunstwerken*. Schnetztor-Verlag, Konstanz 1990

Ellegast H., Kogelnik H., Strasser E.: *Hundert Jahre medizinische Radiologie in Österreich*. Verlag Wilhelm Maudrich, Wien-München-Bern 1995

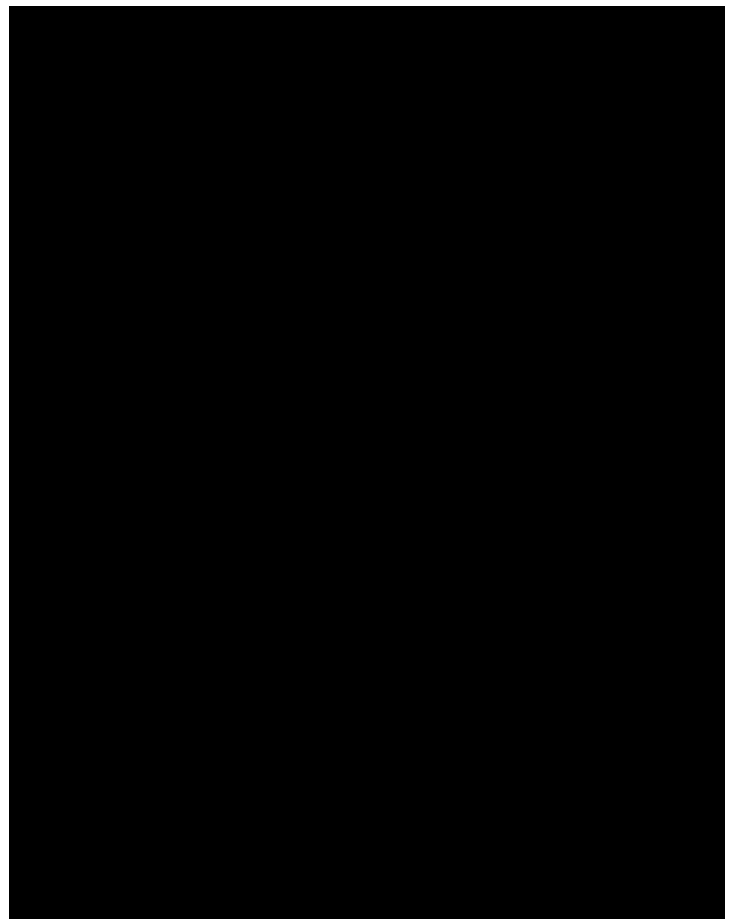
Glasser O.: *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen*. Springer, Berlin-Heidelberg 1995

Heuck H., Mauerach E.: *Forschung mit Röntgenstrahlen. Bilanz eines Jahrhunderts*. Springer, Berlin-Heidelberg 1995

Laubenberger J. und Th.: *Technik der medizinischen Radiologie*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1994

Lemmerich J.: Ausstellungskatalog "100 Jahre Röntgenstrahlen", Universität Würzburg, 1995

Henning U.: Museumsführer "Deutsches Röntgen-Museum Remscheid-Lennep", Georg Westermann Verlag, 1994



100 Jahre Forschung über und mit Röntgenstrahlen

zusammengestellt von J. Lemmerich und H. Rechenberg

Jahr	Entdeckung	Physikalische Erklärung	Anwendung	Nobelpreis
Nov. 1895	W. C. Röntgen entdeckt die "X-Strahlen" (Röntgenstrahlen)	Wellenimpulstheorie (G. Stokes, E. Wichert, 1896); Bremsstrahlung (A. Sommerfeld, 1909)	Medizin, bes. Chirurgie (ab 1896); Werkstoffprüfung; Archäologie	1901 W. C. Röntgen
1900	P. Curie, G. Sagnac: lichtelektrischer Effekt mit Röntgenstrahlen	Lichtquantentheorie (A. Einstein, 1905); quantentheoretische Wellenlänge (W. Wien, 1905; W. Duane, F. L. Hunt, 1915)		1921 A. Einstein
1905	C. G. Barkla: Polarisation der Röntgenstrahlen	Transversalwellen, elektromagnetische Wellentheorie (A. Sommerfeld, M. v. Laue, 1912)		
1908-09	B. Walter, R. W. Pohl: Beugung am Spalt			
1909	C. G. Barkla, C. A. Stadler: Charakteristische Strahlung	Bohrsche Atomtheorie (1913)	Identifikation von Elementen (H. G. J. Mosley, 1913)	1917 C. G. Barkla
1909	A. Sommerfeld: Bremsstrahlungstheorie	Entstehung von Röntgenstrahlen durch Abbremsung von Elektronen auf der Antikathode	Synchrotronstrahlung (D. Iwanenko, I. Pomeranchuk, 1944)	
1912	M. v. Laue, W. Friedrich, P. Knipping: Röntgen-Interferenz an Kristallen	Wellentheorie der Röntgenstrahlung; Gittertheorie der Kristalle (M. v. Laue, 1912); Phasen im Interferenzbild (G. Friedel, 1913); Temperatureffekt (P. Debye, E. Schrödinger, 1914)	Struktur einfacher Einkristalle (ab 1912)	1914 M. v. Laue
1912-13	J. E. Lilienfeld, W. D. Coolidge: Thermoionische Hochvakuumröhre			
1913	W. H. und W. L. Bragg: Röntgen-Beugung an Kristallen	Reflexion an Gitterebenen (W. L. Bragg, C. G. Darwin, 1913)	Absolutbestimmung von Wellenlängen und Gitterkonstanten	1915 W. H. und W. L. Bragg
1913	H. G. J. Mosley: K- und L-Linienspektren im Periodischen System	Bohrsche Atomtheorie (1913)	Einordnung der Elemente	
1915-17	P. Debye, P. Scherrer, A. W. Hull: Kristallpulvermethode	Reflexion an drehenden Ebenen (P. Debye, P. Scherrer)	Strukturanalyse komplexer Kristalle	1936 P. Debye (Chemie)
1916-21	W. Kossel, A. Sommerfeld: Theorie der diskreten Röntgenspektren	Ausbau der Theorie von G. Wentzel u.a. (ab 1921)	Identifikation von Elementen (G. Hevesy, D. Coste, 1922; W. Noddack, I. Take, O. Berg)	
1917	P. Ewald: Dynamische Theorie der Röntgen-Interferenzen	Ausbau der Theorie von M. v. Laue (ab 1931)	Strukturanalyse; anomale Absorption von Röntgenstrahlen (Borrmann 1941)	
1920-21	M. Siegbahn: M- und N-Spektren	Bohr-Sommerfeldsche Atomtheorie		1924 M. Siegbahn
1922	G. Hevesy, D. Coster: Entdeckung des Hafniums	Bohrsche Theorie des Periodensystems (1921)		
1922	A. H. Compton: Compton-Effekt	Lichtquantenhypothese (A. H. Compton, P. Debye, 1923); Bothe-Geiger-Experiment (1925)	Schädliche Wirkung von Röntgenstrahlen in Medizin und Biologie (H. J. Muller)	1927 A. H. Compton

Aus: *Physikalische Blätter*, Nov. 1995

Jahr	Entdeckung	Physikalische Erklärung	Anwendung	Nobelpreis
1923	P. Debye, I. Waller: Thermische Bewegung und Röntgeninterferenz		Strukturforschung	
1925	P. Auger, Lise Meitner: strahlungsloser Übergang	Quantenmechanik		
1927	H. J. Muller: genetische Schäden durch Röntgenstrahlen	Compton-Effekt	Genetik	1946 H. J. Muller (Medizin)
1927	J. D. Bernal: Rotationsmethode	Ausbau der Methode durch K. Weissenberg (ab 1927)	Struktur organischer Substanzen	
1927			Gehirnangiographie (A. C. Moniz Egas)	
1928	R. Wideroe, D. Kerst, u.a.: Kreisbeschleuniger	Bremsstrahlungstheorie (Sommerfeld, 1909); Synchrotronstrahlung (D. Iwanenko, I. Pomeranchuk, 1944)	Betatron (R. Wideroe; J. Slepian; D. Kerst, K. Gund, M. Steenbeck, ab 1942); Strukturanalyse, Medizin	
1929	J. D. Bernal und Mitarbeiter: Beginn der Arbeiten zur Strukturanalyse großer Moleküle (Fortsetzung unter W. L. Bragg, Direktor am Cavendish Laboratory in Cambridge 1938-53)		Struktur und Elektronendichte des Hexamethylbenzens (Kathleene Lonsdale, 1929); Struktur des Insulins (Dorothy Crowfoot-Hodgkin, ab 1953); Struktur des Hämoglobins (M. Perutz, ab 1937) und des Myoglobins (J. Kendrew, ab 1937); Struktur der DNA (F. Crick, Rosalind Franklin, J. D. Watson, M. H. Wilkins, ab 1953)	1964 D. Crowfoot-Hodgkin (Chemie) 1962 M. Perutz und J. Kendrew (Chemie) 1962 F. Crick, J. D. Watson, M. H. Wilkins (Medizin)
1929			Herzkathodermethode (W. G. Forßmann)	1956 W. G. Forßmann mit A. Cournand, D. W. Richards (Medizin)
1937	M. Renninger: Umweganregung von Röntgen-Interferenzen			
1944	D. Iwanenko, I. Pomeranchuk: Synchrotronstrahlung	Theorie ausgebaut von J. Schwinger (1949)	Strukturanalyse, Medizin (z.B. HASYLAB, 1980); Astrophysik	
1962	NASA-Experiment entdeckt Röntgenquelle Scorpionis X-1 (B. Rossi, R. Giacconi u.a.)	Bremsstrahlung	Röntgenastronomie (H. Wolter: Röntgen-Mikroskop, 1951; J. Trümper: ROSAT-Programm)	
1971	UHURU-Satellit: Röntgenpulsar	Neutronensterntheorie und Synchrotronstrahlung	Sternentwicklung	

weitere Nobelpreise:

1979	A. M. Cormack, G. N. Hounsfield (Medizin, Entwicklung der Computer-Tomographie)
1985	H. Hauptmann, J. Karle (Chemie, Entwicklung direkter Methoden zur Bestimmung von Kristallstrukturen)
1988	J. Deisenhofer, R. Huber, H. Michel (Chemie, Bestimmung der dreidimensionalen Struktur eines photosynthetischen Reaktionszentrums)

Die Kuffner-Sternwarte in Wien Ottakring

Peter Habison

Seit Anfang Oktober 1995 ist die Kuffner-Sternwarte in Wien wieder geöffnet. Nach umfangreichen Umbau- und Restaurierungsarbeiten erstrahlen das Gebäude und der große astrophysikalische Refraktor von 1886 in neuem Glanz. Zahlreiche Führungen, Kurse und Sonderveranstaltungen erfüllen die historische Sternwarte mit neuem Leben.

Die Zeit der Erbauung

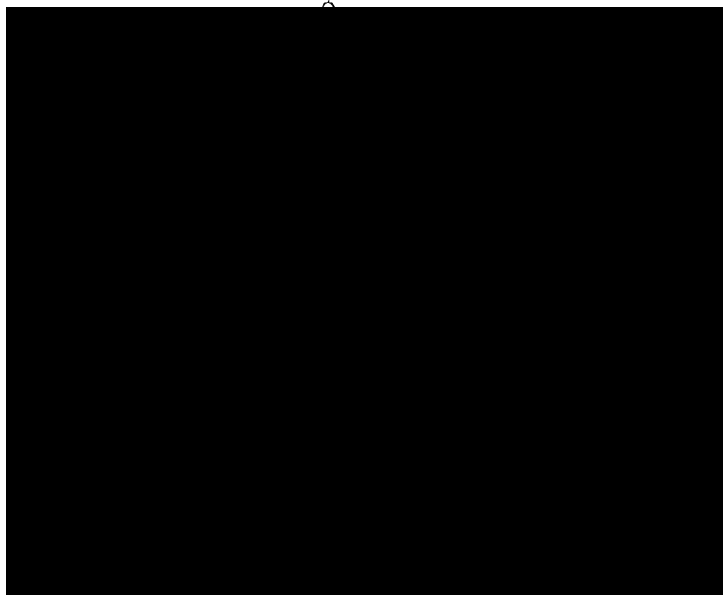
Im Jahre 1883 trat der Astronom und Geodät Norbert Herz an den Ordinarius für theoretische Astronomie der Universität Wien, Theodor von Oppolzer, heran und legte ihm seine Pläne zur Gründung einer privaten Sternwarte in Wien vor. Oppolzer vermittelte daraufhin den Kontakt zum Bierbrauer Moriz von Kuffner. Als wohlhabende Industriellenfamilie besaßen die Kuffners mehrere Fabriken und Brauereien in Österreich, Mähren und Ungarn. Unter diesen befand sich auch die von Moriz von Kuffners Vater, Ignaz, in Wien Ottakring betriebene Brauerei. Sie wurde im Jahre 1837 von Heinrich Plank gegründet, 1850 von Ignaz Kuffner gekauft und bald zu einer der größten Brauereien der Monarchie.

Moriz von Kuffner wurde 1854 in Wien geboren und studierte an der damaligen technischen Hochschule in Wien. Sein Interesse galt neben der Mathematik besonders den naturwissenschaftlichen Fächern Astronomie und Physik. Die Idee, eine private Sternwarte zu bauen, begeisterte Kuffner sehr rasch. Nach ersten Besprechungen im Jahre 1883 begann der Bau der Sternwarte auf einem Grundstück der Familie Kuffner am Osthang des Gallitzinbergs bereits im Sommer 1884. Den architektonischen Entwurf der Sternwarte und des umgebenden Parks übernahm Franz von Neumann. Er hatte bereits am Neuen Wiener Rathaus unter Friedrich von Schmidt mitgeplant und die beiderseits des Rathauses liegenden Arkadenhäuser errichtet. Den Grundriß in Form eines lateinischen Kreuzes und die Backsteinbauweise übernahm Franz von Neumann von der Universitätssternwarte in Wien Währing. Diese wurde zehn Jahre zuvor von den Theaterarchitekten Fellner und Helmer auf der Türkenschanze errichtet.

Die erste Einrichtung der Kuffner-Sternwarte umfaßte zwei astronomische Beobachtungsinstrumente, davon den später bedeutendsten Meridiankreis der ehemaligen Doppelmonarchie Österreich-Ungarn sowie einen astrophysikalischen Refraktor. Beide Instrumente wurden bei den renommierten Firmen Repsold und Söhne in Hamburg, sowie Steinheil in München bestellt. Repsold fertigte die Mechanik, Steinheil sorgte für die ausgezeichnete Optik, die noch heute bei Beobachtungen in Verwendung ist.

1886 erhielt Norbert Herz von Kuffner die Direktion des neu gegründeten Instituts und begann mit ersten Kalibrationen und Testmessungen an beiden Instrumenten. Zu dieser Zeit rief die Astronomische Gesellschaft, eine 1863 gegründete Vereinigung deutschsprachiger Astronomen, zum Internationalen

Zonenunternehmen für südliche Deklinationen auf. Dieses Projekt sollte eine Fortsetzung der bereits abgeschlossenen nördlichen Himmelsvermessung ermöglichen. Mit dem leistungsfähigsten Meridiankreis der Monarchie konnte sich die junge Sternwarte an diesem ehrgeizigen Programm beteiligen.



Meridiankreis (links) und Refraktor (mitte) zu sehen.

Im Jahre 1890 wurde Franz von Neumann beauftragt die Sternwarte zu erweitern. Ein zweiter Turm für eine Bibliothek und ein großes Heliometer wurden gebaut. Für die Assistenten kamen neue Wohnräume im Norden der Sternwarte hinzu, sowie eine Villa für den Direktor. 1891 verschlechterte sich das Verhältnis zwischen Norbert Herz und Moriz von Kuffner. Im Oktober dieses Jahres verließ Herz schließlich die Sternwarte. Als neuer Direktor wurde der aus Lüttich stammende Astronom Leo de Ball nach Wien berufen.

Wissenschaftliche Erfolge

Unter der Direktion von Leo de Ball erwarb sich die Sternwarte rasch internationale Anerkennung. Die Beobachtungen am Meridiankreis zur Positionsvermessung der Sterne wurden im Rahmen des Internationalen Zonenunternehmens fortgesetzt und im Jahre 1904 abgeschlossen. Insgesamt wurden 8468 Sterne katalogisiert und in den Publikationen der Sternwarte veröffentlicht.

Im Jahre 1897 trat Karl Schwarzschild als Assistent in die Kuffner-Sternwarte ein. Am Großen Refraktor war in der Zwischenzeit ein photographisches Rohr montiert worden, und Karl Schwarzschild begann sich mit der Schwärzung photographischer Platten zu beschäftigen. Nach langen Belichtungsreihen gelang ihm schließlich eine wesentliche Verbesserung der Beschreibung der photographischen Schwärzung durch Einführung eines Exponenten bei der Belichtungszeit. Dieser empirische Exponent trägt heute den Namen "Schwarzschild-exponent" und ist in der Photographie allgemein bekannt.

Dipl.-Ing. Peter Habison ist Leiter der Kuffner-Sternwarte, Johann Staud-Straße 10, 1160 Wien, Tel. und Fax 9148130.

Zwischen 1890 und 1896 wurden zwei weitere Instrumente auf der Sternwarte installiert. Schon Norbert Herz schlug ein großes Heliometer und einen Vertikalkreis vor; Leo de Ball realisierte nunmehr die Erweiterung dieses Instrumentariums. Der Vertikalkreis diente der Bestimmung von sogenannten Polhöhenchwankungen. Diese Schwankungen spiegeln die Verschiebung der Rotationsachse der Erde in bezug auf den Erdkörper wider und waren für genaue Meridiankreisbeobachtungen unerlässlich.

1896 wurde in der zweiten Kuppel das große Heliometer errichtet. Mit einem Teleskop dieser Art gelang 1838 Friedrich Wilhelm Bessel in Königsberg die erste erfolgreiche Messung einer Fixsternentfernung am Stern 61 Cygni. Leo de Ball vervollständigte nun mit diesem Instrument die großzügige Ausstattung der Sternwarte. Es sollte schließlich das größte jemals gebaute Heliometer der Welt werden. 16 Sternentfernungen (von damals weltweit 100 bekannten) konnten innerhalb weniger Jahre vermessen werden. Die Beobachtungen lieferten einen entscheidenden Beitrag zur Vermessung unserer Sonnenumgebung und der Positionsastronomie allgemein.



Refraktor nach der Restaurierung

Mit diesem Instrumentarium versehen und unter Mitarbeit erfahrener Astronomen hatte die Kuffner-Sternwarte in 30 Jahren internationalen Ruf erlangt. Der erste Weltkrieg bedeutete wegen des entstandenen Personal- und Geldmangels jedoch das Ende der Sternwarte als wissenschaftliche Forschungsstätte. Nach dem Tode Leo de Balls im Jahre 1916 wurde kein neuer Direktor bestellt und neue Investitionen an Gebäude und Instrumenten blieben aus.

Die Sternwarte von 1916 bis 1947

Die ungünstige Zeit der Weltwirtschaftskrise und die unsichere politische Lage machten in der Zwischenkriegszeit alle Bemühungen zur Revitalisierung der Sternwarte zunichte. Moriz von Kuffner verlor das Interesse an seinem Institut und überließ die Sternwarte von 1928 bis 1933 der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Danach fiel die Stern-

warte wiederum an Kuffner zurück. Die politische Lage im Jahre 1938 zwang Kuffner und seine Familie schließlich in die Schweiz zu emigrieren, wo er am 5. März 1939 in Zürich starb. Die Sternwarte wurde enteignet und es zogen diverse politische Parteiorganisationen ein. Bis 1946 sollte sich an diesem traurigen Bilde leider nichts ändern.

Professor Walter Jaschek

Die Jahre des zweiten Weltkrieges überstand die Sternwarte wie durch ein Wunder fast vollständig unbeschädigt. Sie wurde nunmehr einer neuen Aufgabe und Bestimmung übergeben, und ihre Geburtsstunde als Institut der Volksbildung schlug im Frühjahr 1946. Ein Jahr später, am 21. März 1947 fand schließlich die Eröffnung der Sternwarte statt. Es wurde mit einem regelmäßigen Führungsbetrieb begonnen und astronomische Vorträge wurden organisiert. Dipl.-Ing. Walter Jaschek, Professor an der Grafischen Lehr- und Versuchsanstalt, übernahm die Leitung der Sternwarte als Zweigstelle der Volkshochschule Alsergrund. Mit großem persönlichen Einsatz begann Walter Jaschek die Sternwarte und ihre Instrumente zu restaurieren. Da jedoch keine finanziellen Mittel für eine Generalsanierung der Sternwarte zur Verfügung standen, konnte nur das Notwendigste an Reparaturen durchgeführt werden.

Im Jahre 1950 wurde schließlich die gesamte Sternwarte an die Familie Kuffner rückgestellt. Im Oktober 1951 verkauften die Erben von Moriz von Kuffner die Sternwarte an die gemeinnützige Bau- und Siedlungsgenossenschaft "Heim". Die astronomischen Instrumente waren hiervon ausgenommen und wurden 1964 von Vera Eberstadt, einer Enkelin Moriz von Kuffners, der Universität Wien geschenkt. Diese wiederum schenkte 1968 die Instrumente der Volkshochschule Alsergrund.

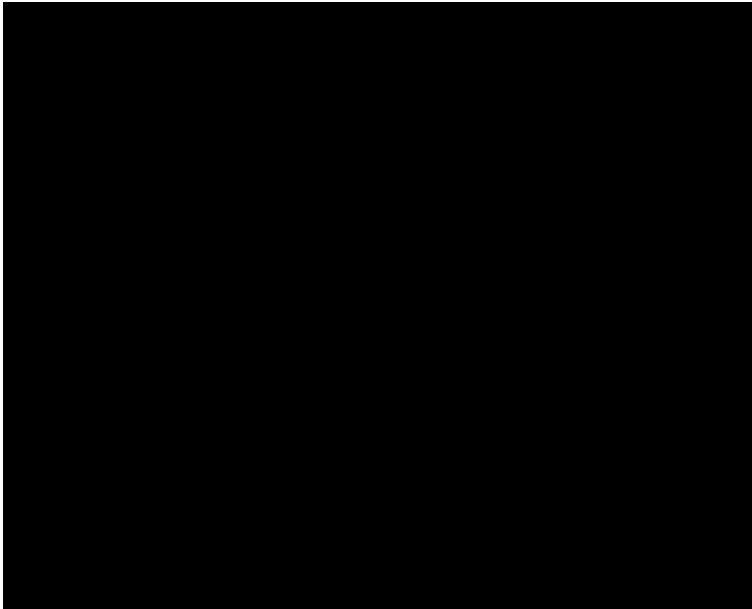
1977 wurde die Sternwarte schließlich unter Denkmalschutz gestellt und konnte damit einem geplanten Wohnblock nicht mehr weichen. Im Mai 1982 kündigte jedoch die Volkshochschule Wien Nordwest (vormals Wien Alsergrund) den Mietvertrag. Spontan gründeten die ehemaligen Mitarbeiter der Sternwarte im Jahre 1982 den "Verein der Freunde der Kuffner-Sternwarte".

Ein neuer Aufbruch

Berufs- und Amateurastronomen betreuten zunächst ehrenamtlich die Sternwarte und ihre Veranstaltungen. Über 5000 Besucher jährlich nahmen an zahlreichen Führungen und Veranstaltungen teil und bezeugten ihr Interesse an Astronomie, Bildung und der Kuffner-Sternwarte selbst. Im Juni 1987 kaufte die Stadt Wien schließlich die Sternwarte. Aus Mitteln des Altstadtsanierungsfonds konnte bereits im Herbst 1989 mit der Renovierung der Hauptkuppel begonnen werden. Ein Jahr später folgten Haupt- und Heliometertrakt, sowie die Gartenanlage und ihre Einfriedung. Darüber hinaus erhielt die Sternwarte einen neuen Vortragssaal für 100 Hörer. 1994 wurde mit der originalgetreuen Restaurierung der astronomischen Instrumente begonnen. Ab August 1995 wurde die Sternwarte wiederum in die Wiener Volksbildung eingegliedert und erstmals seit 1916 betreut hauptberufliches Personal das Observatorium.

Die Kuffner-Sternwarte heute

Als Zweigstelle der VHS Ottakring begann im Oktober 1995 der neue Führungs- und Bildungsbetrieb. Neben den klassischen Sternführungen wird an einem reichen Bildungs- und Kulturprogramm gearbeitet. Es wird ein Konzeptes zur Neugestaltung von Bildung in den Bereichen Astronomie, Astrophysik und Weltraumwissenschaften entwickelt. Das Ziel ist die Zusammenführung von Bildung, Wissenschaft, Kultur und Erziehung im astronomischen Umfeld.



Es bleibt zu hoffen, daß die begonnene Zusammenarbeit mit den zahlreichen Bildungs-, Kultur- und Wissenschaftsinstitutionen in Zukunft weiter ausgebaut und intensiviert werden kann. Als Forum für Astronomie und Astrophysik soll sie das Interesse an der "Wissenschaft von den Sternen" fördern und stärken.

Abschließend sei der Stadt Wien, der Wiener Volksbildung und allen Freunden und Förderern der Kuffner-Sternwarte herzlichst für ihren Einsatz und ihre Unterstützung gedankt.

Literatur

W.W.Weiss, *Die Kuffner-Sternwarte*, Wiener Bezirkskulturführer, Jugend und Volk, 1982

Hermann von Kuffner, *Geschichtliche Daten über die Familie Kuffner*, Verlag des Verfassers, 1902

Peter Müller, *Sternwarten in Bildern*, Springer Verlag, 1992

Dr. Adolf Schopf, *Der Hl. Franz von Assisi in Wien Starchant*, Österr. Wirtschaftsverlag, 1996

Hinweis

Astronomie-Führungen zu verschiedenen Themen (Erlebnis Sternenhimmel, Nachbar Mond, Die Riesenplaneten, Sonnen- und Mondfinsternis) finden jeden Dienstag und Freitag um 21 Uhr, Samstag um 17 Uhr und 21 Uhr statt. Nach einem kurzen Vortrag besteht bei Schönwetter die Gelegenheit zur Beobachtung am Fernrohr. Für Schulen und interessierte Gruppen werden Sonderführungen zu speziellen Themen angeboten. Auch für Schulprojekte stehen die Mitarbeiter gerne zur Verfügung. Um Anmeldung im Sekretariat wird gebeten.

Arbeitsgruppe Astronomie

Umfragen unter Schülern zeigen, daß gerade der Astronomie großes Interesse im Rahmen des Physikunterrichts entgegengebracht wird. Uns Lehrern fehlt es aber oft an Ausbildung und Materialien, um diesem Vertrauensvorschuß Rechnung tragen zu können. Dem soll mit regelmäßigen Treffen im Rahmen des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts abgeholfen werden.

Zweimal im Jahr - bei der ÖPG-Tagung im Herbst und der Fortbildungswoche im Februar - besteht das Angebot für Teilnahme an Treffen, bei denen neben Austausch von Erfahrungen und Materialien auch aktuelle Themen mit Experten besprochen werden sollen.

Die diesjährige ÖPG-Tagung bot den Rahmen für ein erstes Kontaktgespräch. Dort wurde die internationale Vereinigung EAAE (s. PLUS LUCIS 1/96, S. 37) und das große Internet-Projekt ASTRONOMY ON LINE vorgestellt (siehe weiter unten).

Für die Fortbildungswoche ist neben Vorträgen zur Astronomie ein Treffen mit dem Schwerpunkt „Materialien für den Astronomie-Unterricht“ geplant. Es wäre schön, wenn zusätzlich zu den präsentierten Materialien (Dias, Skripten, Software, Bücher etc.) teilnehmende Kollegen etwas mitbringen, vielleicht auch selbst Erstelltes!

European Astronomy on line

Ein europaweites Projekt unter Einsatz des World Wide Web

Bis 1. November besteht die Gelegenheit für Schulklassen oder Gruppen von Schülern (von 12 bis 18 Jahren), sich für dieses großangelegte Projekt anzumelden. Die Themenwahl innerhalb der Astronomie ist frei, Informationsaustausch, Unterstützung und Präsentation erfolgen über das WWW (in englischer Sprache). Themenvorschläge und Hilfen erhält man bei den Veranstaltern ESO (European Southern Observatory) und EAAE (European Association of Astronomy in Education) unter: <http://www.eso.org/astronomyonline>

Dort findet sich ein „marketplace“, wo neben Vorschlägen (auf drei Schwierigkeitsstufen: leicht, mittel, schwer) auch Kontakte zu Wissenschaftlern oder anderen Gruppen angeboten werden. Möglich ist weiters die Buchung von Beobachtungszeit an großen Teleskopen.

Auf nationaler Ebene gibt es Informationen unter: <http://www.netsphere.co.at/astronomyonline> mit Angeboten österreichischer Organisationen (Universitätsinstitute, Planetarien, Österreichischer Astronomen Verein u.a.) - diese in deutscher Sprache.

Die Teilnahme ist kostenlos, die Projektgruppen müssen allerdings selbst für ihren Internetzugang sorgen. Die Anmeldung erfolgt direkt über das WWW an einer der genannten Adressen

Dr. Gerhard Rath,
BRG Keplerstraße, 8020 Graz

Die Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung in Wien

H. Rosenstingl

Nach der Gründung im Jahr 1897 in den Räumlichkeiten einer aufgelassenen Gewehrfabrik in der Schwarzschanerstraße im 9. Wiener Gemeindebezirk zieht die Untersuchungsanstalt im Jahr 1908 in einen Neubau der Universität Wien in der Kinderspitalgasse 15 im selben Bezirk provisorisch ein, wo sie sich trotz zahlreicher Versprechen von Neubauten heute noch befindet. Ihr Platzbedarf hat allerdings dazu geführt, daß drei Außenstellen eingerichtet werden mußten, und zwar in der Alserstraße, in der Berggasse und in der Laxenburgerstraße.

Die Bundesanstalt ist in 15 Abteilungen gegliedert, welche sich in die sogenannten Lebensmittelabteilungen und die analytischen Laboratorien gliedern, in denen insgesamt 145 Mitarbeiter tätig sind.

Die Grundlage für die Untersuchungstätigkeit ist im Bundeslebensmittelgesetz und den zugehörigen Verordnungen zu finden, welches auch die Probenziehung regelt, die den jeweiligen Bundesländern unterliegt. Die probenziehenden Amtsorte sind in den Städten mit eigenem Statut die Marktbeamten, sonst werden sie Lebensmittelaufsichtsorgane "Lebensmittelpolizisten") genannt; sie werden in einem dreimonatigen Kurs an der Bundesanstalt ausgebildet, wobei die Matura als Vorbildung vorausgesetzt wird.

Für die Menge und Art der Lebensmittel, die durch diese Aufsichtsorgane als Proben gezogen werden, wird zwischen dem Gesundheitsministerium und den Landesregierungen ein jährlicher Probenplan ausgearbeitet. Dazu aber ist es notwendig, die Produkte, die durch das Lebensmittelgesetz geregelt werden, zu definieren:

Lebensmittel (Nahrungs- und Genußmittel) sind Stoffe, die dazu bestimmt sind, von Menschen in unverändertem, zubereitetem oder verarbeitetem Zustand überwiegend zu Ernährungs- oder Genußzwecken gegessen, gekaut oder getrunken zu werden.

Diätetische Lebensmittel sind Lebensmittel besonderer Beschaffenheit, die für bestimmte Gruppen von Verbrauchern hergestellt werden, um die Zufuhr bestimmter Nährstoffe oder anderer ernährungsphysiologisch wirkender Stoffe zu steigern oder zu verringern oder besonderer Ernährungsbedürfnisse bei Krankheiten, Mangelerscheinungen, Funktionsanomalien und bei Überempfindlichkeit gegen einzelne Lebensmittel oder deren Bestandteile, während der Schwangerschaft und Stillzeit sowie des Säuglings oder Kleinkindes Rechnung zu tragen.

Weiters zählen dazu die *Verzehrprodukte*, die dazu bestimmt sind, von Menschen gegessen, gekaut oder getrunken zu werden, ohne überwiegend Ernährungs- oder Genußzwecken zu dienen oder Arzneimittel zu sein.

Kosmetische Mittel sind ebenfalls dem Lebensmittelgesetz unterworfen, genau so wie Gebrauchsgegenstände (Geschirre, Geräte, Lebensmittelverpackungen), Wasch-, Reinigungs-, Desinfektions-, Luftverbesserungs-, Vorratsschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Farben, Beizen, Lacke, Kitte, Anstrichmittel, Spielwaren, Farben für Bilderbücher, Tusch- und Malfarben, Scherzartikel, Kerzen, Tapeten, Vorhänge, Möbelstoffe, Teppiche, Bodenbeläge, Perücken, Kleidung und Bettwäsche und Mittel zu deren Behandlung, Geräte zur Körper- oder Gesundheitspflege und weiters alle jene Gegenstände, die nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Berührung kommen und zufolge ihrer Beschaffenheit geeignet sind, bei bestimmungsgemäßen Gebrauch die Gesundheit zu gefährden.

Die Lebensmittelaufsichtsorgane ziehen in Ausübung ihrer Tätigkeit Proben, die an die amtlichen Untersuchungsanstalten eingesendet werden. In Österreich gibt es Bundesanstalten für Lebensmitteluntersuchung in Graz, Innsbruck, Linz, Salzburg und Wien, Landesuntersuchungsanstalten finden sich in Bregenz, Klagenfurt und Wien. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von privaten Lebensmitteluntersuchungsanstalten.

Eine Lebensmittelprobe wird, wenn dies möglich ist, immer zweigeteilt und jeder Probenteil einzeln verpackt und plombiert, das ergibt die *Probe* und die *Gegenprobe*, wobei letztere beim beprobten Betrieb verbleibt, um diesem die Möglichkeit einer Gegenuntersuchung zu geben, welche eine andere, auch private Anstalt, auf Wunsch durchführt.

Die so gezogenen amtlichen Proben werden auf schnellstem Weg in die Untersuchungsanstalt gebracht, wobei der Transport verderblicher Produkte gekühlt in eigenen Kühltaschen erfolgt. Zu diesen Proben werden Probenbegleitschreiben verfaßt, aus denen alle notwendigen Daten hervorgehen, wie Name des Betriebes, Probenbezeichnung, Aufbewahrungsart und -ort, vorhandener Vorrat nach der Probennahme und Rezeptur bei zusammengesetzten Produkten.

In der Untersuchungsanstalt werden die Proben in gleicher Weise, wenn notwendig gekühlt, nach der Übernahme in die zuständigen Abteilungen gebracht, wo zur ersten Kontrolle eine Temperaturmessung durchgeführt wird, um festzustellen, ob die Waren entsprechend transportiert wurden.

Daran schließt sich die sensorische Untersuchung, welche aus der Probenbeschreibung und Verkostung (Organoleptik) besteht. Diese sinnemäßige, kommissionell durchgeführte Untersuchung ist die Grundlage aller weiteren Maßnahmen.

Proben, welche Geruchs- und Geschmacksabweichungen aufweisen, werden einer mikrobiellen Untersuchung unterzogen. Werden Proben in Betrieben gezogen, die der Gemeinschaftsverpflegung zuzurechnen sind, wie Kindergarten-, Schul-, Werks- oder Pensionistenheimküchen (Restaurants, Gasthäuser und Imbißstuben), so werden diese Proben prinzipiell einer

H. Rosenstingl, Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung, 1090 Wien, Kinderspitalgasse 15, Tel.: 0222/404 91 0, Fax.: 0222/404 91 540

bakteriologischen Untersuchung unterworfen, da diese auch über den hygienischen Zustand der Zutaten Aufschluß gibt.

Daran schließen sich in der Regel weitere Untersuchungen der substantiellen Zusammensetzung bzw. auf Parameter, die auf unsachgemäße Herstellungsverfahren schließen lassen.

Wird bei der Sinnenprüfung die Feststellung getroffen, daß die Probe als verdorben zu beurteilen ist und ergibt sich aus dem Probenbegleitschreiben ein Warenvorrat, so wird sofort über Telefon bzw. Telefax ein vorläufiges Gutachten abgegeben, das zur Beschlagnahme der inkriminierten Ware führt (praktischer Konsumentenschutz). Entsprechend der Größe des Warenvorrates werden auch weitere Informationsproben gezogen.

Eine ähnliche Vorgangsweise greift ebenfalls beim Nachweis von humanpathogenen Keimen (z.B. Salmonellen); nur dauert hier die bakteriologische Arbeit mindestens drei Tage, ehe mit einem vorläufigen Gutachten vorgegangen werden kann.

Wenn Konsumenten glauben, Waren erworben zu haben, die nicht den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen entsprechen, weil sie zum Beispiel verdorben sind, so können sie diese Waren den Marktämtern oder den Dienststellen der Lebensmittelinspektion an den Bezirkshauptmannschaften übergeben bzw. an den Wochenenden an Gendamerie- und Polizeidienststellen abgeben, die dann die Weiterleitung an eine Untersuchungsanstalt veranlassen. Von den zuständigen Kontrollorganen werden im angegebenen Betrieb Vergleichsproben gezogen und ebenfalls zur Untersuchung überbracht.

Über diese amtlichen Proben hinaus werden an den Untersuchungsanstalten auch Proben von privaten Einreichern untersucht. In der Regel sind das Importwaren oder innovative Produkte vor deren Inverkehrbringung.

Jährlich gelangen an der Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung in Wien ca. 30.000 Proben zur Untersuchung, wovon zwischen 20 und 30 % beanstandet werden.

Die auflaufenden Untersuchungskosten müssen, wenn eine Beanstandung und Verurteilung des Verantwortlichen erfolgte, von diesem getragen werden. Haben die Untersuchungen zu keinem Einwand gegen die Ware geführt, so trägt der Bund die Kosten für die Untersuchungen. Darüber hinaus erhält der beprobte Betrieb für den Wert der gezogenen Probe eine Entschädigung.

So werden zum Beispiel die Zusammensetzung von Fleischwaren, Zusätze zu Lebensmitteln (Nitrat/Nitrit, Polyphosphate, Ascorbinsäure, Zucker, Glutamat, Gluconsäure u.s.w.) untersucht, Eiweißabbauprodukte (biogene Amine), Muscheltoxine, Spuren von Verunreinigungen durch Schädlingsbekämpfungs- oder Lösungsmitteln sowie auch von Schwermetallen gesucht, das Alter von Wein in der radiologischen Abteilung festgestellt (in der sonst nach Spuren von Tschernobyl gefahndet wird) und auf alle neuen Entwicklungen des großen Gebietes der menschlichen Ernährung, wie zum Beispiel die Gentechnik, eingegangen.

Direktor: Univ.-Prof. HR Dr.Dr.h.c.Johann Gyimothy
Dir.-Stv.: HR Dr. Helmuth Cikerle

Hinweise auf kommende PI-Seminare

PING-Praxis naturwissenschaftlicher Grundbildung

Zeit: 21.4.1997, 10.00 Uhr bis 24.4.1997, 17.00 Uhr

Ort: Bildungshaus Neuwaldegg, Wien

Zielgruppe: Lehrkräfte bzw. Lehrerteams, die voraussichtlich im Schuljahr 1997/98 Biologie in einer 1. Klasse (HS, AHS) bzw. im Schuljahr 1998/99 Biologie und Physik (aufsteigend) in einer 2. Klasse unterrichten werden. Das Seminar wird von IFF, PI Wien und Universität Wien-Arbeitsgruppe Physikdidaktik gemeinsam durchgeführt.

PI-Nr.: 1997-3-16-2-071-00

Referenten: Dr. Klaus Mie (IPN Kiel) und ein weiterer Referent des IPN, Prof. Dr. H. Kühnelt (Uni Wien), Dr. Thomas Stern (IFF), Mag. Ulrike Lehner (PI Wien), Mag. Ilse Bartosch (PI Wien)

PING ist ein Konzept, das in der BRD in enger Kooperation zwischen LehrerInnen und Wissenschaftlern in erste Linie für die Sekundarstufe I (10- bis 14-jährige) entwickelt wurde. Zu unterschiedlichen Themenkreisen wurde Anregungsmaterial für selbständige Schüleraktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht (Bio, P, Ch) entwickelt. Das umfangreiche Material hat noch keine Unterrichtsstruktur.

Bei der Fortbildungsveranstaltung wird die Rahmenkonstruktion von PING vorgestellt. Alle für die Schulstufen 5 und 6 entwickelten Materialien werden bei diesem Seminar zur Verfügung stehen. Im Zentrum stehen jedoch unterrichtspraktische Fragen (konkrete Unterrichtsplanung, Auseinandersetzung mit den Arbeitsbögen, Anpassung an die österr. Lehrplanvorgaben, Fragen der Leistungsbeurteilung. Als Unterstützung für die konkrete Arbeit ist je ein begleitendes Seminar in den Schuljahren 97/98 und 98/99.

Als Unterstützung für die konkrete Arbeit mit dem Material im Schuljahr 1997/98 bzw. 1998/99 ist ein begleitendes Seminar geplant. Die Erfahrungen mit PING werden dokumentiert und evaluiert.

Arbeitsgruppe: Forschendes Lernen im Physikunterricht der AHS-Oberstufe

Zeit: Einmal pro Monat nach Vereinbarung;

Vorbesprechung: Dienstag 18.2.1997, 16.00 Uhr

Ort: PI Wien (Lernwerkstatt)

Koordination: Mag. Ilse Bartosch

Zielgruppe: Physik-LehrerInnen der AHS-Oberstufe

PI-Nr.: 1997-3-02-2-071-01

Im Rahmen dieser Arbeitsgruppe entwickeln LehrerInnen Materialien, die es ermöglichen, sich mit allen Sinnen mit der Welt, in der sie leben, aktiv auseinanderzusetzen. Erfahrungen und Probleme sowie Formen der Leistungsbeurteilung werden diskutiert.

Thema: *Lärm und Lärmmessung.*

Derive im Physikunterricht

Hildegard Urban-Woldron

Obwohl das Aufstellen und Lösen von Differentialgleichungen eine der wichtigsten Methoden der Physik ist, kann diese Methode in der Schule kaum genutzt werden und ist auch in den Physikbüchern für die Schule häufig nur im Kleingedruckten oder als Anmerkung für besonders Interessierte zu finden. Schüler sind bei einer Reihe von Problemen zwar in der Lage, die zugehörige Differentialgleichung aufzustellen, doch um die Lösung zu bestimmen, fehlen ihnen ausreichende mathematische Kenntnisse. Auch wenn man die Lösung vorgibt, sind die Schülerinnen und Schüler häufig nicht in der Lage, diese algebraisch handzuhaben und zu interpretieren. Durch die Einführung von Mathematikprogrammen in der Schule, die nicht nur die Lösung einer Differentialgleichung zur Verfügung stellen, sondern mit denen auch die Möglichkeit besteht, diese Lösungen graphisch zu veranschaulichen und Parameterstudien durchzuführen, haben wir als Physiklehrer zum ersten Mal die Chance, Differentialgleichungen im Physikunterricht zu behandeln.

Als Beispiel soll über den Einsatz des Programmes DERIVE bei der Behandlung elektromagnetischer Schwingungen zur Lösung der Differentialgleichungen und deren Interpretation berichtet werden. Dazu wurden drei Unterrichtsstunden in einer 8. Klasse Realgymnasium verwendet.

1. Der elektrische Schwingkreis

Die Abbildung 1 zeigt eine Schaltung zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen. Der Kondensator wird in Schalterstellung 1 über einen Widerstand R_1 aufgeladen. Danach verbinden wir ihn über die Schalterstellung 2 mit einer Spule hoher Induktivität. Am Strommesser für $I(t)$ beobachten wir, daß der Zeiger um seine Ruhelage schwingt: Es fließt ein Wechselstrom abnehmender Amplitude.

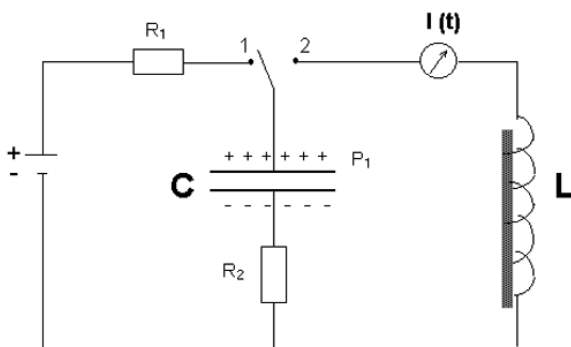


Abb. 1: Schaltung zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen

Aus dem Wechselstrom schließen wir auf eine Schwingung der elektrischen Ladung Q . Daher bekommen die Platten des Kondensators periodisch wechselnde Ladungen und damit

schwankt auch die Spannung am Kondensator periodisch, wie man mit Hilfe eines Spannungsmessers leicht überprüfen kann.

Das System aus Kondensator und Spule ist also schwingungsfähig, es heißt *elektrischer Schwingkreis*. Der Vorgang heißt *elektromagnetische Schwingung*.

Dem schwingungsfähigen System muß zunächst Energie zugeführt werden. Dies geschieht hier durch Aufladen des Kondensators. Vor dem Schließen des Kreises trägt die Platte P_1 die Ladung $+Q_m$. Die elektrische Feldenergie des Kondensators beträgt

$$W_{el} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{C} \cdot Q_m^2 = \frac{1}{2} C U_m^2$$

Nach dem Schließen des Kreises beginnt sich der Kondensator zu entladen, und die Stromstärke steigt bis zum Maximalwert I_m . Die Spule besitzt dann die magnetische Feldenergie

$$W_{mag} = \frac{1}{2} L I_m^2 = \frac{1}{2} L \left(\frac{dQ}{dt} \right)^2$$

Der Strom fließt nach der Entladung des Kondensators weiter; denn würde er aufhören, wäre auch die Energie verschwunden. Der Kondensator wird also umgekehrt aufgeladen, wodurch die Feldenergie wieder auf ihn übergeht. Durch die stets im Schwingkreis vorhandenen Ohmschen Widerstände lassen sich Energieverluste nicht vermeiden, es entsteht eine *gedämpfte Schwingung*. (Wenn wir den Widerstand R vergrößern, nimmt die Amplitude rascher ab).

2. Differentialgleichungen der elektromagnetischen Schwingung

2. 1. Die ungedämpfte elektromagnetische Schwingung

Wir setzen voraus, daß die Summe der elektromagnetischen Feldenergien konstant ist:

$$\frac{1}{2} L \left(\frac{dQ}{dt} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{C} Q(t)^2 = \text{konstant}$$

Da sich die Energien zeitlich ändern, leiten wir beide Seiten der Gleichung nach der Zeit t ab:

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{1}{C} Q \frac{dQ}{dt} = 0$$

Daraus folgt:

$$\frac{dQ}{dt} \left(L \frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{1}{C} Q \right) = 0$$

Diese Differentialgleichung ist für alle t erfüllt, wenn gilt

$$L \frac{d^2 Q(t)}{dt^2} = -\frac{1}{C} Q(t). \quad (1)$$

2. 2. Die gedämpfte elektromagnetische Schwingung

Wir fassen den Schwingkreis in Abb. 1 als Stromkreis mit den beiden Quellen Kondensator und Spule auf. Damit ist die Stromstärke im Kreis durch den Widerstand R und die Summe der beiden Spannungen gegeben. Es gilt:

$$I(t) = \frac{1}{R} U(t) = \frac{1}{R} (U_c(t) + U_{ind}(t)), \text{ also}$$

$$I(t) = \frac{1}{R} \left(-\frac{1}{C} Q(t) - L \frac{dI}{dt} \right)$$

Wenn wir $I(t)$ durch $\frac{dQ}{dt}$ und $\frac{dI}{dt}$ durch $\frac{d^2 Q}{dt^2}$ ersetzen und anschließend noch umformen, erhalten wir daraus die Differentialgleichung der *gedämpften elektromagnetischen Schwingung*:

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C} Q(t) = 0 \quad (2)$$

Darin bedeutet der mittlere Term die Teilspannung am Widerstand R . Dieser gegenüber der Differentialgleichung (1) zusätzliche Term beschreibt die Dämpfung, da im Widerstand R dem Schwingungsvorgang ein Teil der Energie entzogen wird.

2. 3. Erzwungene Schwingungen

Ein elektrischer Oszillator mit der Eigenfrequenz f_0 wird durch einen Sinusgenerator variabler Frequenz f_z zu erzwungenen Schwingungen erregt. Die Stromstärke $I(t)$ ist also jetzt durch die Spannungssumme dreier Quellen bestimmt. Zu Spule und Kondensator als Quelle tritt noch die Quelle für die Zwangsspannung $U_z(t)$ hinzu, so daß wir erhalten:

$$I(t) = \frac{U_z(t) + U_c(t) + U_{ind}(t)}{R}, \text{ oder mit } I(t) = \frac{dQ}{dt} \text{ und}$$

Auflösen nach $U_z(t)$:

$$\frac{1}{C} Q(t) + R \frac{dQ}{dt} + L \frac{d^2 Q}{dt^2} = U_z(t) \quad (3)$$

3. Die DERIVE-Funktion DSOLVE2

In der Hilfsdatei ODE2.MTH stellt DERIVE die Funktion DSOLVE2 zur Lösung linearer gewöhnlicher Differentialgleichungen 2. Ordnung $y'' + p(x)y' + q(x)y = r(x)$ zur Verfügung. Bei den angegebenen Schwingungsgleichungen (1) bis (3) sind die Koeffizienten p und q konstant, so daß man stets eine Lösung erhält. Der Aufruf von DSOLVE2(0,1/(LC),0,t) liefert die allgemeine Lösung der homogenen Differentialgleichung (1), die aber noch Konstanten enthält, die für spezielle Lösungen bestimmt werden müssen. Daher ist in der Schule die Funktion DSOLVE_IV(p,q,r,x,x_0,y_0,v_0) besser geeignet; sie liefert sofort die Lösung für ein bestimmtes Anfangswertproblem (IV...Initial Value).

Wählt man für ein ungedämpftes System entsprechend Gleichung (1) die Anfangswerte $Q(0) = Q_m$ und $\frac{dQ}{dt}(0) = 0$, so liefert der Funktionsaufruf DSOLVE2_IV(0,1/(LC),0,t,0, Q_m ,0), wenn L und C als positiv und t als nicht negativ definiert wer-

den, das Ergebnis $Q(t) = Q_m \cdot \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t\right)$. Für eine gedämpfte Schwingung entsprechend der Gleichung (2) erhält man mit DSOLVE2_IV($R/L,1/(LC),0,t,0,Q_m,0$) periodische Lösungen mit trigonometrischen Funktionen, wenn man die Definitionsbereiche der Parameter R, L und C so wählt, daß $4C - LR^2 > 0$ ist.

Sollen erzwungene Schwingungen untersucht werden, so muß man $r(x)$ entsprechend wählen. Der Funktionsaufruf lautet dann DSOLVE2_IV($R/L,1/(LC),U_z \sin(2\pi f t),t,0,0,0$), wobei $U_z \sin(2\pi f t)$ die von außen aufgezogene Wechselspannung mit der Frequenz f darstellt. Es sind aber auch andere Anregungsterme wählbar.

4. Einsatz von DERIVE im Physikunterricht

Die Differentialgleichungen der elektromagnetischen Schwingung werden im Unterricht hergeleitet. Jetzt müßte den Schülern die Funktion DSOLVE2_IV erklärt werden, damit sie nach Bestimmung der Parameter p, q, r, x, x_0, y_0 und v_0 diese richtig einsetzen können. Da aber bei diesem Vorgehen einige Erläuterungen zur Lösung von Anfangswertproblemen erforderlich wären, wurde anders vorgegangen: Der Datei ODE2.MTH wurden drei weitere Funktionen Q1, Q2 und Q3 als Black-Boxes hinzugefügt

$$Q1(t,L,C,Q_m) := DSOLVE2_IV(0,1/(LC),0,t,0,Q_m,0)$$

$$Q2(t,L,C,R,Q_m) := DSOLVE2_IV(R/L,1/(LC),0,t,0,Q_m,0) \text{ und}$$

$$Q3(t,L,C,R,U_z,f,Q_m) := DSOLVE2_IV((R/L,1/(LC),U_z \sin(2\pi f t),t,0,0,0),$$

so daß die Schülerinnen und Schüler beim Aufruf der einzelnen Funktionen nur mehr die Parameter nach eigenen Vorstellungen eingeben mußten. Wenn diese Datei als UTILITY-FILE geladen wird, erscheinen die zahlreichen Funktionen nicht auf dem Bildschirm, sondern stehen nur bei Aufruf zur Verfügung.

a) Der ungedämpfte elektromagnetische Schwingkreis

Mit dem Aufruf von " $Q1(t)=$ " erhalten die Schüler zunächst die Lösung $Q_m \cdot \cos(t/\sqrt{LC})$

Daraus können sie unmittelbar ablesen:

- Die Amplitude der Ladungsschwingung wird durch eine Cosinusfunktion beschrieben.
- Die Kreisfrequenz bzw. die Periodendauer einer elektromagnetischen Schwingung ist gegeben durch: $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ und $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (Thomsonsche Schwingungsgleichung).
- Eine weitere interessante Anwendung ist die Überprüfung des Energieerhaltungssatzes, die algebraisch oder mit Hilfe graphischer Darstellungen erfolgen kann: Aus

$$W_{el} = \frac{1}{2C} Q_m^2 = \frac{1}{2} C U_m^2 \quad \text{und} \quad W_{mag} = \frac{1}{2} L I_m^2 = \frac{1}{2} L \left(\frac{dQ}{dt} \right)^2$$

erhalten wir durch Addition den konstanten Term $Q_m^2/(2C)$. Die beiden Energien sowie auch ihre Summe können ebenso graphisch dargestellt werden. (Abb. 2).

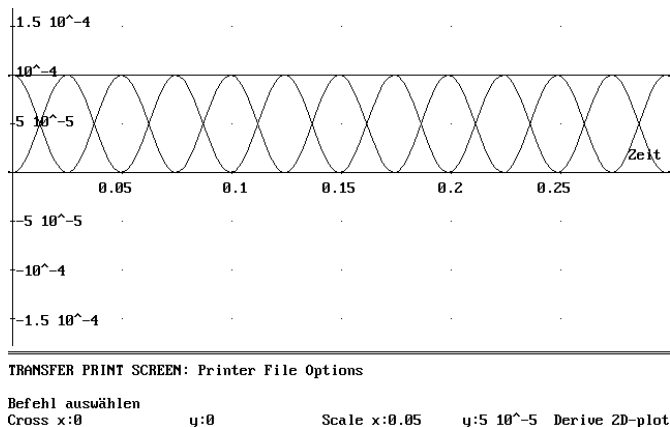


Abb. 2: Elektrische, magnetische und Gesamtenergie eines ungedämpften Schwingkreises

b) Der gedämpfte elektromagnetische Schwingkreis

Für die hier vorgestellten Simulationen wurde folgendes Szenario gewählt:

- Für die Konstanten wurden folgende Werte gewählt: $R = 0, 6, 20, 60$ und $400 \, \Omega$, $L = 0,2 \, \text{H}$ und $C = 100 \, \mu\text{F}$.
- Zum Zeitpunkt $0 \, \text{s}$ soll die Stromstärke I gleich $0 \, \text{A}$ sein. Der Kondensator sei auf $10 \, \text{V}$ aufgeladen; der Anfangswert für Q ist also $0,001 \, \text{C}$.

Die Schüler sollten nun die Zeitkurven für die Ladung am Kondensator ausgeben und diese Diagramme unter Berücksichtigung folgender Fragestellungen auswerten: (Abb. 3)

- Finde heraus, wie der dämpfende Widerstand das Schwingungsverhalten des Kreises beeinflusst.
- Beschreibe den zeitlichen Verlauf der Kondensatorladung beim Verändern des Widerstandes in Worten.
- Untersuche, ob sich bei der gedämpften Schwingung die Schwingungsdauer merklich ändert, wenn der Dämpfungswiderstand R verändert wird.
- Untersuche die Phasenbeziehung zwischen der Spannung am Kondensator und der Stromstärke.
- Untersuche, ob die Kondensatorladung bei großem Dämpfungswiderstand zumindest näherungsweise exponentiell abnimmt.
- Wie verändert sich die Schwingungsdauer beim Verdoppeln, Vervielfachen,... der Eigeninduktivität L oder der Kapazität C ? Untersuche die Abhängigkeit in einer systematischen Simulationsreihe.
- Überprüfung mit dem Realexperiment: Wähle Spulen, verschiedene Kondensatoren und einen Drehwiderstand aus und bestimme durch Messungen die Eigeninduktivitäten, Kapazitäten und Widerstandswerte und baue aus diesen Schaltelementen einen Schwingkreis auf. Mit dem Zweikanaloszillographen kannst Du die zur momentanen Kondensatorladung proportionale Spannung am Kondensator sowie den zur momentanen Stromstärke proportionalen Spannungsabfall am Widerstand in Zeit- und Phasendiagrammen darstellen. Überprüfe diese experimentell ermittelten Werte in einer Simulation.

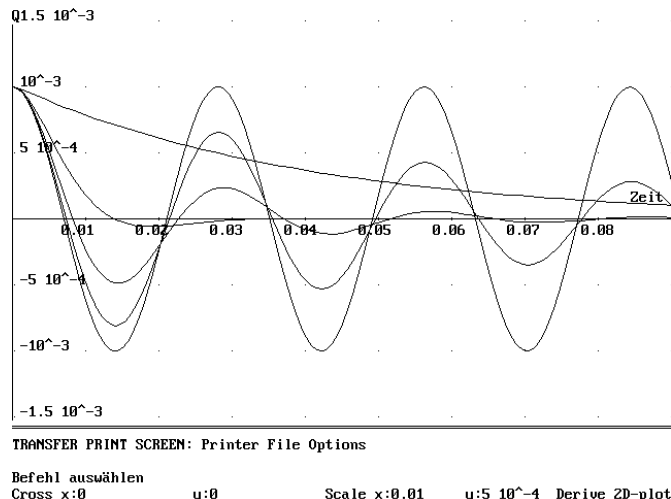


Abb. 3: Gedämpfte Schwingungen mit verschiedenen dämpfenden Widerständen ($0, 6, 20, 60, 400 \, \Omega$)

c) Die erzwungene Schwingung

Einem elektromagnetischen Schwingkreis mit der Eigenfrequenz f_0 und dem dämpfenden Widerstand R wird von außen eine sinusförmige Wechselspannung $U_z(t)$ mit der Frequenz f aufgezungen. Der Vorgang wird durch die Differentialgleichung (3) beschrieben. Im Vordergrund steht die Frage nach dem Verhalten des Schwingkreises, wenn f gleich, kleiner oder größer als f_0 ist. Hier kann der Einschwingvorgang beobachtet werden, der im Realexperiment nicht so einfach zugänglich ist wie der eingeschwingene Zustand.

Die Schüler erhielten folgende Aufgabenstellung:

- Führe die Simulation mit den Parameterwerten $R = 50 \, \Omega$, $C = 4 \, \mu\text{F}$, $L = 0,633 \, \text{H}$, $U_{z,0} = 2 \, \text{V}$ und den Startwerten $Q(0) = 0 \, \text{As}$ und $I(0) = 0 \, \text{A}$ durch. Nach der Thomsonschen Formel hat der Schwingkreis für diese Werte dann die Eigenfrequenz $f_0 = 100 \, \text{Hz}$.
- Untersuche das Schwingungsverhalten auch für die Fälle, in denen die Zwangsfrequenz gleich, kleiner oder größer als f_0 ist.

5. Zusammenfassung

Diese Beispiele zeigen, daß es durch den Einsatz des Programmes DERIVE möglich war, im Physikunterricht der 8. Klasse Differentialgleichungen zu behandeln, ohne die Schüler zu überfordern. Dabei wurden die Schüler nicht mit der Theorie der Differentialgleichungen belastet, da vom Lehrer für jede der drei Unterrichtseinheiten die entsprechende Funktion definiert wurde, die dann Lösungen für spezielle Aufgabenstellungen lieferte. Die Aufgabe der Schüler bestand darin, durch Wahl der Parameter Zusammenhänge und Abhängigkeiten herauszufinden, wobei die Ergebnisse meistens direkt aus den graphischen Darstellungen abgelesen werden konnten. Dadurch ist es gelungen, den Schülern tiefere Einblicke in das Thema elektromagnetische Schwingungen zu liefern, denn sie konnten durch geeignete Parameterstudien selbst das Verhalten eines elektrischen Schwingkreises nachbilden und damit auch "begreifen" und verstehen.

Unabhängigkeitsprinzip

Martin Apolin

Aufgabe 1: Im gleichen Augenblick wird eine sehr schnelle Kugel aus einem Gewehr waagrecht abgefeuert und eine andere Kugel einfach aus gleicher Höhe fallen gelassen (Abb. 1). Welche Kugel trifft zuerst auf den Boden?

- a) die fallen gelassene Kugel
- b) die abgefeuerte Kugel
- c) beide gleichzeitig

Aufgabe 2: Eine aus einem Gewehr waagrecht abgefeuerte Kugel kann mindestens 100 m weit fliegen, ohne überhaupt zu fallen!

- a) richtig
- b) falsch

Aufgabe 3: Schreibe zur Wiederholung die Formel für die zurückgelegte Wegstrecke beim freien Fall auf:

.....

Trage dann in die Tabelle die Fallstrecken für die erste bis sechste Sekunde ein (nimm g mit 10 m/s^2 an). Du wirst diese Tabelle bei den späteren Aufgaben noch benötigen.

Deine Intuition (innere Eingebung) wird Dir wahrscheinlich bei Aufgabe 1 gesagt haben, daß die Kugel, die fallen gelassen wird, schneller am Boden ist. Richtig ist jedoch Lösung c), woraus wir lernen, daß Intuition in der Physik nicht immer zum gewünschten Ergebnis führen muß.

Der Grund, warum beide Kugeln zur gleichen Zeit am Boden sein müssen, wird durch das *Unabhängigkeitsprinzip* beschrieben. Es besagt, daß die Horizontal- und Vertikalbewegungen, die ein Körper ausführt, sich gegenseitig nicht beeinflussen. Die erste Kugel wird nur fallen gelassen, führt daher nur eine senkrechte Bewegung aus. Die zweite Kugel bewegt sich gleichzeitig auch waagrecht, führt also zwei Bewegungen aus. Diese beeinflussen einander jedoch nicht. Die abgeschossene Gewehrskugel fällt daher genauso schnell zu Boden wie die nur fallengelassene (Abb. 2). Kannst Du mit diesem Wissen nun die Antwort zu Aufgabe 2 auf ihre Richtigkeit überprüfen?!

(Anmerkung: Das *Unabhängigkeitsprinzip* setzt voraus, daß der *Luftwiderstand vernachlässigt werden kann*.)



Abb.1 zu Aufgabe 1 (aus EPSTEIN 1989, S.147)

Zeit [s]	Fallstrecke [m]
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Tabelle 1 zu Aufgabe 3: Fallstrecken beim freien Fall

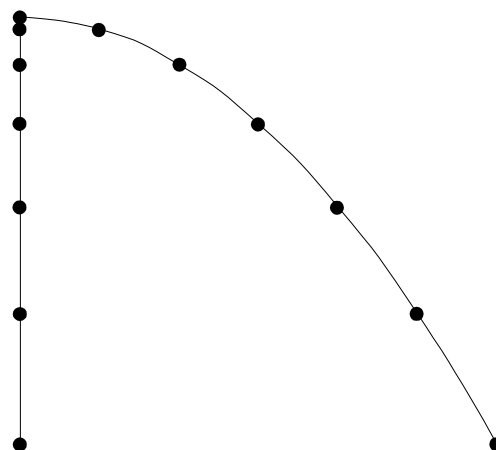


Abb. 2 zu Aufgabe 1: Beide Kugeln befinden sich immer auf der selben Höhe.

Aufgabe 4: Versuche nun nochmals (am besten ohne nachzuschauen) das Unabhängigkeitsprinzip der Mechanik zu formulieren.

.....

.....

.....

.....

.....

Aufgabe 5: Versuche nun, in Abb. 3 die Bahn einer Kugel einzuzichnen, die mit einer Geschwindigkeit von 20 m/s waagrecht abgeworfen wird. Dieser Wurf setzt sich aus einer waagrechten, gleichförmigen Bewegung und einer senkrechten Fallbewegung zusammen. Denke an das Unabhängigkeitsprinzip. Die waagrechte Geschwindigkeit ändert sich nicht, sie bleibt immer 20 m/s. Für die senkrechte Fallstrecke benötigst Du Tabelle 1 aus Aufgabe 3. Wenn Du beide unabhängigen Bewegungen für die ersten sechs Sekunden eingezeichnet hast, verbinde diese (wie in Abb. 3 für die ersten zwei Sekunden), und Du erhältst die fertige Bewegung.

Aufgabe 6: Nun ein Test, ob Du das Unabhängigkeitsprinzip auch in der Praxis anwenden kannst! Eine Person wirft einen Stein waagrecht von einer erhöhten Position, 5 m über dem Boden (Abb. 4). Der Stein fliegt 10 m weit. Wie schnell warf die Person den Stein?

Überprüfe nun Aufgabe 2. Auch wenn es eine weitverbreitete Vorstellung ist und sogar in Polizeischulen gelehrt wird, daß eine mit ausreichender Geschwindigkeit waagrecht abgefeuerte Kugel eine gewisse Distanz fliegt, ohne überhaupt zu fallen: Wegen Schwerkraft und Unabhängigkeitsprinzip fällt jeder Gegenstand, egal wie schnell er abgeschossen wurde. Sogar das Licht "fällt". Die Lichtteilchen (Photonen) werden durch die Gravitation der Erde "zum Boden gezogen".

In Abb. 5 kannst Du überprüfen, ob die Zeichnung in Aufgabe 3 richtig war. So sieht die tatsächliche Flugbahn eines Körpers aus (maßstäblich verkleinert), der waagrecht mit 20 m/s abgeworfen wird.

Die Lösung zu Aufgabe 6 ist eigentlich recht einfach, auch wenn man zu Beginn vielleicht glaubt, daß noch eine zusätzliche Angabe nötig wäre. Jeder Gegenstand fällt in einer Sekunde 5 m (siehe Tabelle 1). Der Wurf dauert daher genau eine Sekunde. In dieser Sekunde fliegt der Gegenstand 10 m weit. Er muß daher mit einer horizontalen Geschwindigkeit von 10 m/s abgeworfen worden sein!

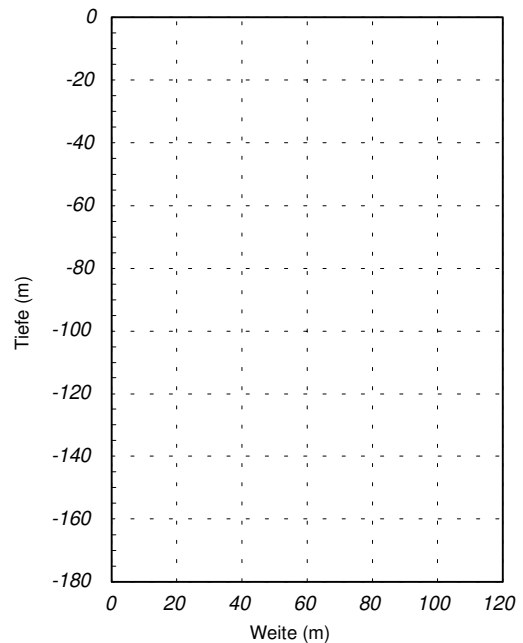


Abb. 3 zu Aufgabe 5: zeichne die Bahn eines Körpers, der mit 20 m/s waagrecht abgeworfen wird. Trage zuerst die Einzelbewegungen ein. Für den freien Fall benötigst Du jetzt die Tabelle aus Aufgabe 3. Setze aus der waagrechten und der senkrechten Bewegung die Gesamtbewegung zusammen. Die Positionen nach 0 bis 2 s sind bereits eingezeichnet.

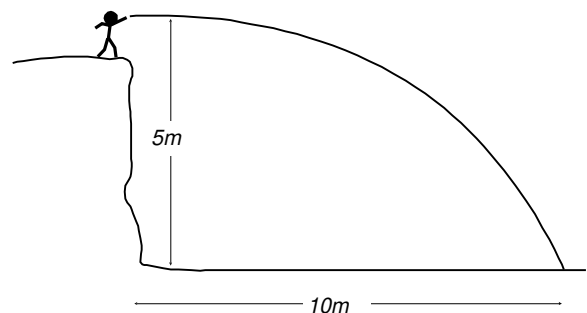


Abb. 4 zu Aufgabe 6

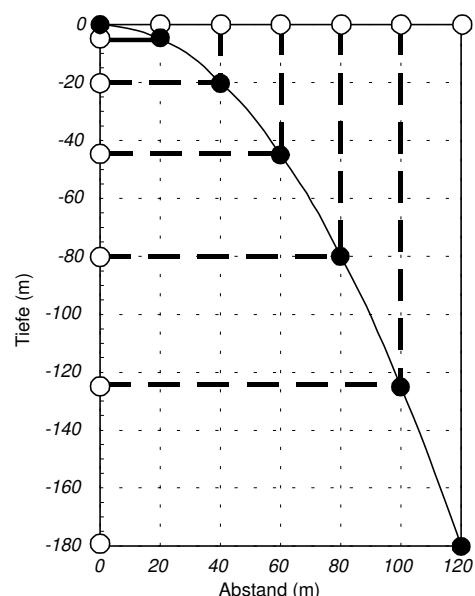


Abb. 5: Lösung zu Aufgabe 5

Aufgabe 7: Versuche nun, in Abbildung 6 die Bahn einer Kugel bei einem schiefen Wurf einzuzichnen. Die Kugel wird mit 10 m/s Horizontal- und 20 m/s Vertikalgeschwindigkeit abgeworfen. Zeichne zunächst die Stellen ein, an denen sie sich nach 2, 3 und 4 Sekunden befinden würde, wenn es keine Schwerkraft gäbe. Wie würde sich die Kugel dann bewegen? Von diesen Positionen "ziehe" den freien Fall ab, und du erhältst die tatsächliche Flugbahn.

Abb.7 zeigt die Lösung zu Aufgabe 7. Vergleiche Sie nun mit Deiner Zeichnung.

Aufgabe 8: Um nicht ein Flugzeug und eine Bombe für das nächste Rätsel zu bemühen, nehmen wir eine Taube, die im waagrechten Flug „etwas“ fallen läßt. Damit sie Dich trifft, muß sie dieses „etwas“ in Flugrichtung gesehen

- a) vor Dir fallen lassen
- b) über Dir fallen lassen
- c) hinter Dir fallen lassen.

Egal, ob Flugzeug oder Taube: Wenn ein waagrecht fliegendes Objekt etwas fallen läßt, dann behält dieser Gegenstand dieselbe horizontale Geschwindigkeit bei. Er muß daher immer genau unter dem fliegenden Objekt sein. Zu dieser Horizontalbewegung kommt nun noch die Fallbewegung dazu (Abb.8). Die richtige Lösung ist daher a). Vergleiche Abb.8 mit Abb.5!

Aufgabe 9: Du stehst auf einem Turm und wirfst waagrecht einen Stein mit 15 m/s ab. Der Stein fliegt 45 m weit. Wie hoch ist der Turm?

Aufgabe 10: Bei einer Sprengung wird ein Stein weggeschleudert und schlägt nach 8 Sekunden wieder auf dem Boden auf. Wie hoch ist der Stein geflogen? Ist die Höhe unabhängig davon, ob der Stein senkrecht oder schief geflogen ist?

Literatur

EPSTEIN Lewis C.; Epsteins Physikstunde;
450 Aufgaben und Lösungen; Birkhäuser 1989

SCHREINER Josef; Physik 1; hpt 1989

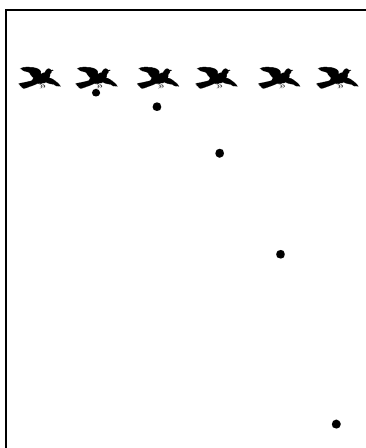


Abb. 8: Zu Aufgabe 8

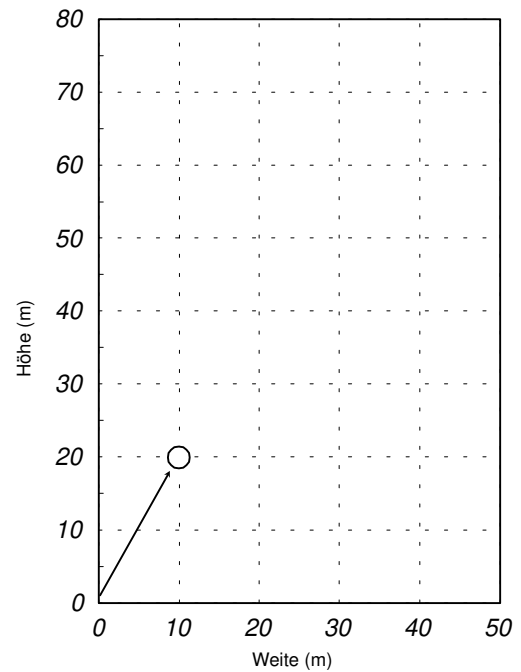


Abb. 6: zu Aufgabe 7

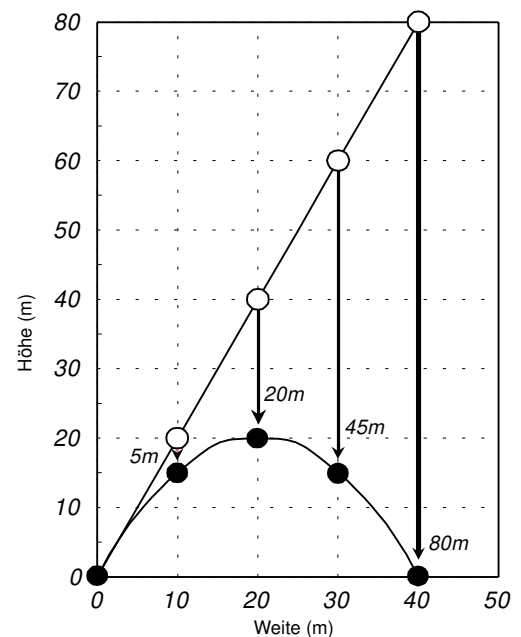


Abb. 7: Lösung zu Aufgabe 7: Die weißen Kreise sind die Positionen der Kugel 1, 2, ... Sekunden nach dem Abwurf, wenn es keine Schwerkraft gäbe. Der Gegenstand würde sich geradlinig nach schräg oben bewegen. Von diesen Positionen wird der freie Fall "abgezogen". Es ergibt sich die tatsächliche Flugbahn, die Wurfparabel.

Freihandexperimente

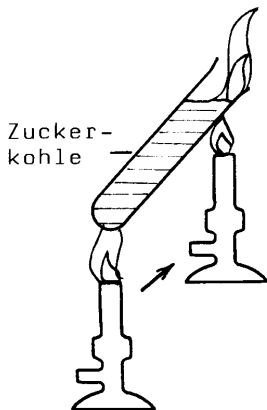
Werner Rentzsch

Die Hitze zeigt, was drinnen steckt!

Zuckerkohle

Material: Brenner, Reagenzglas, Reagenzglashalter, feuerfeste Unterlage, Kristallzucker

Durchführung: Ein Reagenzglas wird ca. bis zur Hälfte mit Zucker gefüllt. Der Zucker wird in der rauschenden Brennerflamme erhitzt. Quillt der Zucker aus dem Reagenzglas, schiebt man den Reagenzglashalter nach unten und erhitzt den oberen Teil der Proberröhre. Die entweichenden Dämpfe werden an der Brennerflamme entzündet.



Auswertung: Der Zucker färbt sich erst braun, dann schwarz (Zuckerkohle); die entstehenden Dämpfe sind brennbar.

Saccharose besteht aus den Elementen Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff – $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Hinweis: Um sich beim Verschieben des Reagenzglashalters nicht zu verbrennen, geht man folgendermaßen vor: Man hält das Reagenzglas an die feuerfeste Unterlage, lockert den Halter und schiebt die Proberöhre ein Stück durch.

Die grüne Flamme

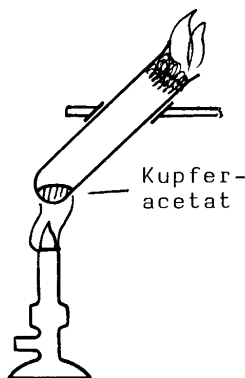
Material: Stativ und Stativmaterial, Brenner, Reagenzglas, Spatel, Glaswolle, Kupfer(II)-acetat.

Durchführung: In ein schräg eingespanntes Reagenzglas gibt man eine Spatel Kupferacetat und verschließt locker mit Glaswolle.

Man erhitzt mit rauschender Brennerflamme und entzündet die entweichenden Dämpfe.

Auswertung: Die Dämpfe brennen mit grüner Flamme; die Glaswolle verändert sich farblich; im Reagenzglas scheidet sich Kupfer ab; Geruch nach Essigsäure ist feststellbar.

Kupferacetat zerfällt beim Erhitzen in Kupfer und Essigsäure. Die Essigsäuredämpfe sind brennbar; die Flammenfärbung von Kupfer ist blaugrün.

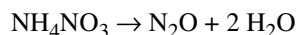


Stickoxide

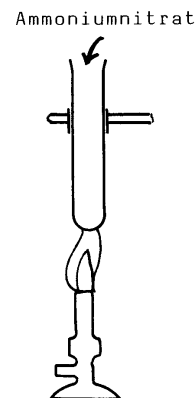
Material: Stativ und Stativmaterial, Brenner, Reagenzglas, Spatel, Ammoniumnitrat

Durchführung: Das Reagenzglas wird senkrecht im Stativ fixiert und mit rauschender Brennerflamme stark erhitzt. Nun läßt man einige Körnchen Ammoniumnitrat in das Reagenzglas fallen.

Auswertung: Der eingeworfene Stoff zerfällt heftig unter Lichterscheinungen. Eine leichte bräunliche Verfärbung kann festgestellt werden (ev. weißes Papier hinter das Reagenzglas halten).



Neben N_2O (Distickstoffmonoxid - Lachgas) entsteht noch zusätzlich das braune giftige NO_2 (Stickstoffdioxid).



Das blanke Blech

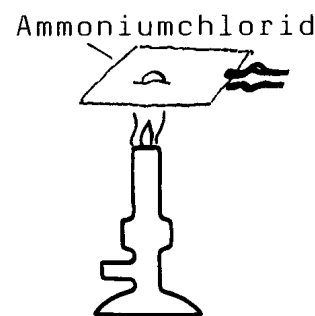
Material: Brenner, Tiegelfzange, Spatel, Ammoniumchlorid (Salmiaksalz), Kupferblech (ev. an der Oberfläche schon oxidiert)

Durchführung: Auf das Kupferblech gibt man eine Spatelspitze Ammoniumchlorid. Mit der Tiegelfzange hält man das Blech in die rauschende Brennerflamme.

Auswertung: Das Kupferblech wird blank. Die Flamme färbt sich blau, weil der entstehende Chlorwasserstoff mit Kupferoxid Kupferchlorid bildet. Beim Zerfall des entstehenden Ammoniaks entsteht Wasserstoff, der seinerseits das Kupferoxid reduziert.

Bei Rotglut zerfällt der Großteil des Ammoniaks in Wasserstoff und Stickstoff (Umkehrung der Haber-Bosch-Synthese).

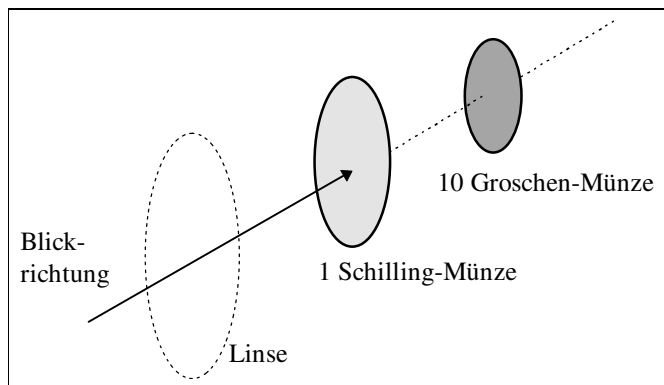
Beim Löten und beim Reinigen von LötKolben wird die reinigende Wirkung des Ammoniumchlorids (NH_4Cl) ausgenutzt.



Verborgenes wird sichtbar

Ein einfaches Experiment mit zwei Münzen und einer Linse

Helmuth Mayr/BGRG 15-Schmelz und Universität Wien



Material:

- 1 1-Schilling-Münze
- 1 10-Groschenmünze
- 1 Sammellinse mit großer Brennweite
- Unterlage, Knetmasse

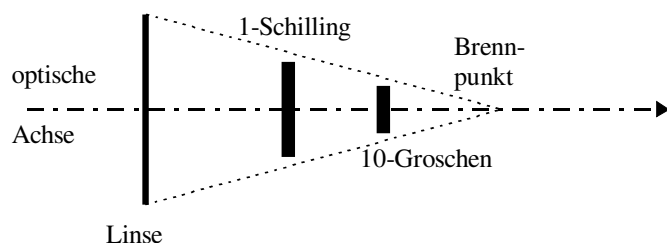
Stellen Sie mit Hilfe von etwas Knetmasse eine 1-Schilling- und eine 10-Groschenmünze in einer Entfernung von wenigen Zentimetern so hintereinander auf, daß die Mittelpunkte der Münzen auf einer Trägergeraden liegen, die parallel zum Untergrund verläuft.

Wenn Sie nun auf das Zentrum der (größeren) 1-Schillingmünze blicken, können Sie die (kleinere) 10-Groschenmünze klarerweise nicht mehr sehen.

Betrachten Sie jedoch diese Münzanordnung aus derselben Perspektive durch eine Sammellinse mit größerer Brennweite (z.B. $f \approx 300$ mm oder durch die Fresnellinse eines Overheadprojektors) können Sie - bei geeigneten Abstandsverhältnissen - mindestens eine Einstellung finden, mit der Sie die kleinere 10-Groschenmünze sehen können, obwohl sie nach wie vor durch die größere 1-Schillingmünze verdeckt wird.

Haben Sie eine Erklärung für diese Beobachtung ?

Lösung:



Damit die beschriebene Beobachtung gemacht werden kann, müssen sich beide Münzen gleichzeitig innerhalb der Brennweite der Sammellinse befinden. Sie werden daher beide gleichzeitig mit einer Lupe betrachtet.

Da sich die 10-Groschenmünze näher beim Brennpunkt als die 1-Schillingmünze befindet, ist die durch die üblichen Gesetze

der geometrischen Optik beschriebene Vergrößerung der 10-Groschenmünze deutlich größer als die Vergrößerung der 1-Schillingmünze.

Daher kann man zwar (bei entsprechender Einstellung) die 10-Groschenmünze ohne Lupe nicht sehen, mit der Lupe aber ergibt sich für die 10-Groschenmünze ein größeres virtuelles Bild als für die 1-Schillingmünze.

Näheres zu diesem Experiment finden Sie in der Zeitschrift *Praxis der Naturwissenschaften-Physik*; Heft 6/45 - Sept. 1996; S. 37 - 39

Ein Ball läuft bergauf

Nach einem *Trick des Monats* von **Martin Gardner** in *The Physics Teacher* 34 (1996) 461.

Wie leicht kann man doch mit wenig Aufwand Staunen erzeugen. Wir brauchen einen Ping-Pong-Ball, zwei neue Bleistifte mit Radiergummi am Stifende und einen Satz Spielkarten.

Teile den Kartenstapel in zwei gleiche Hälften und lege sie wie in Fig. 1 nebeneinander. Lege die Bleistifte wie ein V, so daß sich die Radiergummi auf dem Kartenstapel berühren und die anderen Enden etwa 3 cm von einander entfernt sind. Lege den Ball auf das V: Der Ball wird die Bleistifte hinunter auf den Tisch laufen.

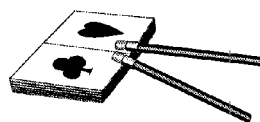


Fig. 1.



Fig. 2.

Lege nun die Bleistifte so um, daß die Spitze des V auf dem Tisch liegt (Fig. 2). (Bei Bedarf fixiere die Bleistiftenden, indem du ein Lineal drauflegst.) Lege nun den Ball auf das V. In welche Richtung wird er laufen?

Da die Bleistiftenden auf dem Kartenstapel höher liegen als auf dem Tisch, werden wohl viele Schüler zunächst meinen, daß der Ball wie zuvor auf den Tisch laufen wird. Im Gegenteil! Er scheint bergauf zu laufen.

Tatsächlich senkt sich jedoch der Schwerpunkt, wenn der Ball in Richtung Kartenstapel läuft. (Also wieder kein Gegenbeispiel gegen den Energiesatz!) Es versteht sich wohl von selbst, daß die Höhe des Kartenstapels nicht beliebig gewählt werden kann und von der Bleistiftlänge abhängt. Wäre schön, wenn dies Schüler selbständig herausfinden!

Prämierung von Fachbereichsarbeiten

Auch heuer lud der Vorstand der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft ein, Fachbereichsarbeiten aus Physik zur Prämierung einzureichen. 11 Arbeiten wurden bis zum Ausschreibungsende 1. Mai 1996 eingereicht und von einer vierköpfigen Jury begutachtet. Beeindruckend sind Qualität und Umfang der mit offensichtlich großem Eifer und viel Verständnis erstellten Arbeiten. Auch die Gestaltung ist in der Regel vorbildlich. Wie schon im Vorjahr ist die Zahl jener Arbeiten, in denen eine experimentelle Untersuchung eines physikalischen Sachverhalts unternommen wird, wesentlich kleiner als die Zahl der Literaturarbeiten. Ob nicht ein Spezialpreis für originelle Untersuchungen im Sinne von "Jugend forscht" ein Signal setzen könnte?

Die Jury schlug dem ÖPG-Vorstand

Weiser Barbara (BRG Wörgl): *Interferenzerscheinungen von der klassischen bis zur modernen Physik*

(Betreuer: Prof. G. Lechner),

Kainhofer Reinhold (Borromäum Salzburg): *Mit HERA und ZEUS durch die Götterwelt der Teilchenphysik*,

(Betreuerin: Prof. E. Willau)

Landl Barbara (BRG Wörgl): *Die komplexen Zahlen in der Wechselstromrechnung und ihre Anwendung*

(Betreuer: Prof. G. Lechner)

als Preisträger vor. Sie waren auf Einladung der ÖPG Gäste der Jahrestagung in Linz, wo ihnen am Lehrertag die Preise überreicht wurden, die neben einer Urkunde aus einer Einladung zur Besichtigung des Forschungszentrums Seibersdorf, vom Verlag HPT gestifteten Buchpreisen und einem Geschenkabonnement "Physik in unserer Zeit" (gestiftet vom Atominstitut) bestehen. Auch die Schulen der Preisträger werden ein Jahresabonnement von "Physik in unserer Zeit" für die Schulbibliothek erhalten, um das Interesse der Schüler zu fördern und aktuelle Informationen für Referate und Fachbereichsarbeiten zur Verfügung zu stellen.

Die weiteren Arbeiten in alphabetischer Reihe:

Gritsch Katrin (BG/BRG 2 Wien): *Stärker als Zeit - Sternentwicklung*

Gundacker Klemens (Stiftsgymnasium Melk): *Österreichs Beitrag zur Weltraumforschung anhand von Beispielen*

Maida Martina (BRG 4 Wien): *Bildgebende Untersuchungsverfahren in der Medizin*

Pfeiffer Gregor (BRG 1 Wien): *Die Planeten Jupiter und Saturn und ihre Trabanten*

Rebmann Andreas (BG/BRG 12 Wien): *Verschiedene Materialien in der Kirlianfotografie*

Roch Christoph (Goethegymnasium BRG 14 Wien): *Erdbeben: Mechanismen - Wirkungen - Risiken*

Scherer Doris (BG/BRG Weiz): *Löcher im Raum - Ein physikalisches Grenzphänomen*

Tappauf Johannes (Bischöfl. Gymnasium Graz): *Naturphänomene und ihre Farben*

Die eingereichten Arbeiten werden im Einverständnis der Verfasser in der Zentralbibliothek für Physik aufgestellt und damit Interessierten zugänglich. Einige der Arbeiten sind auch über

Internet am Server unter <http://doppler.thp.univie.ac.at/~vfpc/fba96> lesbar. Reinhold Kainhofer hat als ehemaliger Betreuer der Web-Seiten des Borromäums seine Arbeit selbst dafür aufbereitet - herzlichen Dank dafür!

Auch den betreuenden Lehrern darf zu so schönen Fachbereichsarbeiten gratuliert werden. Das Interesse an Naturwissenschaft und insbesondere Physik wird wohl auch innerhalb der Schulen durch erfolgreich abgeschlossene Arbeiten gefördert, die ÖPG möchte mit der Prämierung, die auch wieder für das nächste Jahr vorgesehen ist, ihren Beitrag leisten.

Auszeichnung der Teilnehmer an der Internationalen Physikolympiade.

Auch die fünf österreichischen Teilnehmer an der Internationalen Physikolympiade in Oslo, die heuer wieder mit 2 Bronzemedallien und zwei 4. Rängen sehr erfolgreich gekämpft haben, wurden mit den Betreuern zur ÖPG-Jahrestagung eingeladen und am Lehrertag vorgestellt. In Anerkennung ihrer Leistung erhielten sie vom Vorsitzenden der ÖPG, Univ.-Prof. Dr. H. Rauch, ebenfalls Bücher und Abonnements sowie eine Einladung zu einem Besuch der Forschungsabteilung von AVL überreicht. Erstmals konnten auch die Betreuer der Olympiadekurse der IPhO-Teilnehmer vorgestellt werden.

Das österreichische Team wurde von Prof. Mag. Lechner und Prof. Mag. Mayr bestens vorbereitet und in Oslo betreut. Ihnen gilt der Dank der ÖPG ebenso wie den Betreuern der Kurse an den Schulen.



Die IPhO-Teilnehmer Felix Hummel, Martin Schuster und Gernot Pauschenwein, die FBA-Preisträger R. Kainhofer, B. Weiser und B. Landl mit Prof. Mag. Elisabeth Willau (Borromäum Salzburg), Prof. Mag. G. Lechner und Prof. Mag. H. Mayr

Ein Reversionspendel im Land der Mitternachtssonne

Helmuth Mayr

Bericht über die 27. Internationale Physikolympiade 1996 in Oslo/Norwegen

Trolle im Regen

Der Himmel hing trüb und regnerisch über dem Vorgelände des Flughafens von Oslo, auf dem uns einige Trolle (aus Kunststoff) freundlich anlächelten. Die Gestalten der norwegischen Sagenwelt übten sich in sommerlichen Posen, die so gar nicht zur allgemeinen Nässe und dem offensichtlich seit Tagen herabströmenden Regen passen wollten.

Wir, das waren Marcus Lang aus Graz, Peter Fischer aus Wien, Felix Hummel aus Salzburg, Gernot Pauschenwein aus dem Burgenland, Martin Schuster aus Kärnten, Koll. Günther Lechner vom BRG-Wörgl und ich, also die österreichische Delegation zur 27. Internationalen Physik-Olympiade-1996, vertraten uns am 30. Juni 1996 auf diesem begrünten Flughafenvorplatz die Beine, während wir auf den Weitertransport zu unseren Unterkünften warteten.

Oslo

Unsere Fahrt durch Norwegens Hauptstadt zeigte uns, daß sich die Stadt vom Ufer des gleichnamigen Fjordes über unüberschaubar viele Hügel bis tief in die sprichwörtlich dunklen Wälder Norwegens erstreckt. Sowohl die Unterkünfte der Schüler und Schülerinnen als auch jene von uns Betreuern befanden sich am Stadtrand von Oslo, inmitten der für Skandinavien so typischen weiß, rot oder blau gestrichenen Holzhäuschen oder Villen, die die letzten Hügel der Stadt schmücken, bevor die ausgedehnten Waldflächen um Oslo beginnen.

Obwohl es an diesem späten Abend noch immer nicht recht dunkel werden wollte, waren wir von der Anreise doch so rechtschaffen müde, daß wir bald – trotz der ungewohnten Tageshelligkeit während der Nachtstunden – in einen erquickenden Schlaf fielen.

Laute Hörner und melodische Röhrenknochen

Am nächsten Tag versammelten sich Teilnehmer und Betreuer aus 57 Staaten aus allen Kontinenten der Erde sowie einige internationale Beobachter, eine größere Anzahl von norwegischen Wissenschaftlern und praktisch die gesamte politische Prominenz Oslos im Festsaal des durch seinen eigenwilligen kubischen Baustil in Fachkreisen berühmten Rathauses, dessen Hinterfront an den Oslofjord grenzt.

Die Ansprachen der politischen und wissenschaftlichen Prominenz wurden von musikalischen Darbietungen umrahmt, die für uns Mitteleuropäer völlig ungewohnt waren: Ein Physiker, der die Akustik ins Zentrum seines wissenschaftlichen

Interesses gerückt hatte, spielte auf nachgebauten Blasinstrumenten aus der Wikingerzeit, die aus Widderhörnern bzw. Röhrenknochen gefertigt worden waren. Das eigentümliche Klangbild vermittelte einen lebhaften Eindruck jener längst verflossenen Tage, zeigte aber auch die Virtuosität des "Physik-Musikers".

Alle Jahre wieder – das Theorie-Aufgaben-Meeting

Nach einem Lunch versammelten sich die Betreuer aller 57 Teilnahmestaaten in einem Hörsaal der Universität Oslo. Diese Internationale Kommission hatte wie jedes Jahr die Aufgabe, die von Universitätslehrern des Gastgeberstaates ausgearbeiteten und in englischer Fassung vorliegenden theoretischen Aufgaben zu hinterfragen, zu diskutieren und durch eventuelle Ergänzungen bzw. Textänderungen eine durch Abstimmung autorisierte Letztfassung der Theorieaufgaben samt zugehörigen Bewertungsskalen zu erstellen und anschließend in die betreffenden Landessprachen zu übersetzen. (Während wir Betreuer uns die Köpfe heiß redeten, besichtigten die Schüler alte Wikingerschiffe, das berühmte Papyrus-Floß Kon-Tiki, das geschichtsträchtige Polarschiff Fram sowie andere Sehenswürdigkeiten der Museumsinsel von Oslo).

Die norwegischen Gastgeber legten uns drei Aufgaben vor:

Die erste Aufgabe war in fünf voneinander unabhängige Teilaufgaben unterteilt: Es mußten eine ungewöhnliche elektrische Schaltung, die Verhältnisse während des Schiffahrens längs eines unregelmäßig geformten Hanges, das zeitlich veränderliche thermische Verhalten eines elektrisch beheizten Metallstückes, die durch eingefügte Platten verursachte Änderung der Strahlungsverhältnisse in einem Hohlraum und die Form des Magnetfeldes eines stromdurchflossenen Doppelleiters mit doppelt sichelförmiger Querschnittsfläche analysiert und nachgerechnet werden.

Die zweite Aufgabe gliederte sich in sechs voneinander abhängige Teilaufgaben, die das Bewegungsverhalten von Elektronen in einem elektrischen Zylinderfeld zum Thema hatten.

In der dritten Aufgabe wurde ein vereinfachtes Modell des Systems Erde-Mond vorgestellt, auf Grund dessen die Gezeitenabläufe zu analysieren und die Höhe des Flutberges auszurechnen war.

Insbesondere diese dritte Aufgabe gab Anlaß zu längeren und lebhaften Diskussionen, so daß wir unsere Übersetzungs- und Schreibarbeiten erst lang nach dem Abendessen beginnen und deutlich nach Mitternacht beenden konnten.

Vor den Erfolg haben die Götter den Schweiß gesetzt

Der nächste Tag, der 2. Juli, war für uns Betreuer wesentlich erholsamer als für die teilnehmenden Schüler. Während sie fünf Stunden lang über den drei theoretischen Aufgaben brüte-

Helmuth Mayr; BGRG Wien 15/Schmelz und Universität Wien

ten, konnten wir uns während einer Besichtigung der olympischen Sportstätten und des Freilichtmuseums bei Lillehammer tagsüber etwas entspannen.

Nach dem Abendessen erhielten wir dann die Kopien der Arbeiten unserer Schüler, um sie zu korrigieren. Parallel dazu nahmen die norwegischen Korrekturteams ihre Arbeit auf, um ihren Beitrag zur kommenden Korrekturkonferenz vorzubereiten.

Alle Jahre wieder – Teil 2

Am 3. Juli bildeten wiederum alle Betreuer die Internationale Kommission, die sich diesmal mit den experimentellen Aufgaben zu beschäftigen hatte. Zunächst wurde uns eine experimentelle Anordnung vorgestellt, die im wesentlichen aus einem kalibrierten Gewindestab mit Spezialmuttern, einem Schneidenlager und einer optoelektronischen Zeitmeßanlage bestand.

Zunächst war der Zusammenhang zwischen dem Schwingungsverhalten dieses physikalischen Pendels und dessen unterschiedlicher Ausprägung zu untersuchen. Dann mußte die örtliche Fallbeschleunigung so präzise wie möglich bestimmt werden (was am besten durch die Herstellung eines Reversionspendels bewerkstelligt werden konnte). Weiters wurde verlangt, daß die optischen Eigenschaften des Zählwerkes untersucht und erfaßt werden. Dann war das Pendel-Schwingungsverhalten unter dem Einfluß eines starken Permanentmagneten zu untersuchen und letztlich das Dipolmoment eines in der Gewindestange montierten Stabmagneten zu bestimmen.

Wieder gab es hitzige Diskussionen innerhalb der Kommission, so daß wir die Übersetzungs- und Schreivarbeiten der 11(!) Seiten langen Angabe wiederum erst lang nach Mitternacht beenden konnten.

Schwitzende Schüler und diskutierende Betreuer

Der 4. Juli war sowohl für die Schüler als auch für uns Betreuer anstrengend und nervenaufreibend:

Von den vielen männlichen und den wenigen weiblichen teilnehmenden Schülern wurde erwartet, daß sie sich (wiederum fünf Stunden lang) intensiv mit den experimentellen Aufgabstellungen beschäftigen, was diese im Schweiß ihres Angesichtes auch taten.

Wir Betreuer hingegen führten das Ritual der "Theoretischen Korrekturkonferenz" durch: Für jede Aufgabe gab es zuständige Korrektoren, die die eigenen Korrekturen mit jenen der Vertreter des jeweiligen Staates zu vergleichen, zu diskutieren und in Einklang zu bringen hatten. Dabei müssen außer unterschiedlichen nationalen Gepflogenheiten in der Darstellung auch sprachlich formulierte Inhalte und Ideen sowie mathematische Formulierungen mit dem vorgelegten Punkteschema abgedeckt werden. Für uns heißt das, daß wir quasi als Anwälte der Ideen unserer Schüler zu agieren haben.

Nach den zeitaufwendigen und nervenaufreibenden Diskussionen über die Beurteilung unserer Schüler erhielten wir die Kopien über deren experimentelle Arbeiten, die wir wiederum zu korrigieren hatten, damit auch die "Experimentelle Korrek-

turkonferenz" abgewickelt werden konnte. Diese zweite Korrekturkonferenz fand dann am nächsten Tag, dem 3. Juli 1996, statt und gestaltete sich ebenso zeitaufwendig und zermürend wie ihre Vorläuferin.

Nach Beendigung der Korrektorgespräche mit den Betreuern aller Teilnehmerstaaten traf sich dann die internationale Kommission zur Schlußsitzung, in der die endgültige Punktevergabe, Reihung und Preiszuordnung fixiert wurde.

Nochmals ertönt das Vikingerhorn

Am Samstag, dem 6. Juli 1996, füllte sich die große Aula der Universität von Oslo mit den festlich gestimmten Schülerinnen und Schülern aller teilnehmenden Staaten sowie deren Betreuern, der politischen und wissenschaftlichen Prominenz von Oslo sowie Kamerateams diverser Fernsehstationen.

Nach einer Festrede füllten wiederum die ungewohnte Klänge der alten Vikingerinstrumente den Raum, und anschließend wurden den Preisträgern die Diplome, Medaillen und Sachpreise in würdigem Rahmen übergeben.

Nach langjähriger Tradition erfolgt die Preiszuordnung nach einem ausgeklügelten Prozentschema, das auf der Anzahl der erreichten Punkte beruht. Auf diese Weise verteilen sich die Preisträger auf insgesamt 45 Ränge (die teilweise ex aequo besetzt waren), während die weniger erfolgreichen Teilnehmer/innen unerwähnt blieben.

Die Resultate

Marcus Lang aus Graz landete (ex aequo mit einem polnischen Schüler) auf dem 24. Rang, was ihm eine Bronzemedaille sicherte.

Sein Teamkollege Peter Fischer aus Wien befand sich gemeinsam mit einem tschechischen, einem bulgarischen, einem jugoslawischen, einem kanadischen und einem slowakischen Schüler auf dem 30. Rang und konnte sich ebenfalls über eine Bronzemedaille freuen.

Der Salzburger Felix Hummel belegte gemeinsam mit einem Norweger und einem Kolumbianer den 39. Rang und erhielt einen der 4. Preise.

Ebenfalls einen 4. Preis errang Gernot Pauschenwein aus dem Burgenland, der sich ex aequo mit einem Australier, einem Jugoslawen, einem Ukrainer, einem Slowenen, einem Schweizer und einem Schüler aus Singapur auf dem 40. Rang befand.

Insgesamt wurden 20 Gold-, 25 Silber- und 47 Bronzemedailen sowie 63 vierte Preise vergeben (wobei alle jene Teilnehmer/innen, die weniger als 50% erreichten, "leer" ausgingen).

Und wie geht's weiter?

Zur nächsten Internationalen Physikolympiade lädt im Juli 1997 Kanada ein. Bereits jetzt beschäftigen sich österreichweit zirka 500 Schüler/innen freiwillig im Rahmen der Physikolympiadekurse intensiv mit Physik.

Wünschen wir allen das Beste!

Nachrufe

Univ.-Prof. Dr. Heinrich Newesely

Am 3. April 1993 verstarb Prof. Dr. Heinrich Newesely nach längerer Krankheit. Er hat in den letzten Jahren, für den Außenstehenden nicht ohne weiteres erkennbar, mit seiner Krankheit gelebt und bis zuletzt gearbeitet.

Er wurde in Innsbruck geboren und studierte dort Chemie, Mineralogie, Physik, Mathematik und Philosophie. 1955 schloß er mit der Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien für Chemie, Mathematik und Physik ab. Im gleichen Jahr schloß er ersten Kontakt mit der Zahnheilkunde bei einem Vortrag über die Fluorose der Zähne in Isparta/Türkei. Er arbeitete mikroanalytisch und mikromorphologisch bei Frau Prof. Erika Cremer in Innsbruck und promovierte 1957 zum Dr. phil. über das Calciumphosphat Whitlockit.

1958 bis 1962 war er zu Gaststudien an der TU Berlin auf dem Gebiet der physikalischen und technischen Chemie bei Prof. Stranski und Kristallchemie bei Prof. H. Strunz. 1958 war er für ein Jahr am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin-Dahlem (Prof. Max von Laue) bei Prof. J.-G. Helmcke und Prof. Ernst Ruska, dem Erfinder des Elektronenmikroskops, mit quantitativen Untersuchungen zur Einlagerung des Fluorids in den Apatit beschäftigt. Damit wurde der Wirkungsmechanismus des Fluorids bei der Kariesverhütung geklärt. Zum ersten Mal wird von Newesely das Octacalciumphosphat synthetisiert und dessen Umwandlung zu Apatit beschrieben. 1963 erhält er den ORCA-Preis für die Strukturbestimmung des Carbonatapatits in der Zahnhartsubstanz. 1964 erfolgt die Habilitation zum Dr.-Ing. habil. bei Prof. Strunz an der Fakultät Kristallchemie und Mikromorphologie.

Mit der Gründung des Kariesforschungsinstitutes der VW-Stiftung 1964 übernahm er die Leitung der Kristallchemischen Abteilung, die im Fritz-Haber-Institut bei Prof. Ruska untergebracht war. Mit dem Auslaufen der Mittel 1968 wechselte er wieder zur TU Berlin und wurde 1969 zum außerplanmäßigen Professor am I. N. Stranski-Institut des Fachbereiches Physikalische und Technische Chemie der TU ernannt

1972 wurde er an den Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der FU Berlin berufen. Seither leitete er die Abteilung Spezielle Medizinische Chemie und Werkstoffkundliche Theorie

1975 gab er das Lexikon der Zahnmedizin mit heraus, 1976 wurde er Vorsitzender der Arbeitsgruppe für Implantatwerkstoffe bei der Commission on Dental Research der FDI, 1977 Vorsitzender der AG für Grundlagenforschung der DGZMK. 1978 Vorsitzender der Gordon Research Conference on Calcium Phosphates, seit 1979 war er Mitglied der INCOGUDET der FDI, der Kommission zur Vereinheitlichung der Begriffe; und 1980 wurde er Vorsitzender der Arbeitsgruppe für zahnärztliche Implantate des Deutschen Instituts für Normung und der International Organization for Standardization.

Er war ein stiller, aktiver Wissenschaftler und Forscher, kein Freund der lauten Worte. Da er im zahnärztlichen Grundlagen-

bereich tätig war, ist er den mehr praktisch tätigen Zahnärzten nicht so bekannt, wie es ihm eigentlich zukäme. Im Gegensatz dazu war er in der Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung der DGZMK ebenso wie in entsprechenden internationalen Gruppen ein gern gesehener Teilnehmer, Vortragender und Diskussionsteilnehmer. Sein fachlicher und persönlicher Rat wurde gesucht und geschätzt.

Anmerkung:

Herr Univ.-Prof. Dr. Heinrich Newesely war langjähriges Mitglied des Fördervereins. Einige biographische Detail sollen das Bild abrunden:

Geboren am 11.1.1933 in Innsbruck studierte Heinrich Newesely nach der Matura (RG) Chemie an der Universität Innsbruck, legte die Lehramtsprüfungen für Chemie, Mathematik und Physik und für Philosophie und Psychologie ab und promovierte 1957 aus Chemie. Nach sieben Jahren Tätigkeit u.a. an der TU Berlin, dem National Institute of Health, der Universität Groningen, am Fritz-Haber-Institut in Berlin habilitierte er sich 1964 am Institut für Werkstoffwissenschaften an der TU Berlin. 1972 wurde er für Medizinische Werkstoffkunde an die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin zum ao. Professor berufen (Leitung der Abteilung für Spezielle Medizinische Chemie und Werkstoffkundliche Theorie). Sein Schwerpunkt verlagerte sich rasch zur Implantationstechnik, seine Abteilung wurde als Forschungsschwerpunkt der FU Berlin anerkannt. Als Herausgeber von Büchern und Zeitschriften machte er sich einen guten Namen. Im Rahmen der Österreichischen Gesellschaft für Archäometrie betreute er die Osteoarchäometrie.

Frau Prof. Dr. Edeltraud Jiranek

Frau Dr. Jiranek war wohl eines der ältesten Mitglieder des Fördervereins. Im zweiten Teil der Darstellung der hundertjährigen Geschichte des Vereins (PLUS LUCIS 2/96) wurde beschrieben, wie Frau Prof. Seidl darauf bestanden hat, eine aktive Lehrkraft, nämlich Frau Dr. Jiranek, mit der Abhaltung eines Seminars für Lehramtskandidaten betrauen zu können. Im Schreiben an den LSI hat Seidl auf die pädagogischen Fähigkeiten von Dr. Jiranek besonders hingewiesen. Spätestens seit dieser Zeit - also seit 50 Jahren - muß der Kontakt zum Verein bestanden haben. Sie hat besonders aktiv am Vereinsleben teilgenommen und war lange Zeit im Vereinsausschuß tätig, so übernahm sie nach dem Tod von Prof. Blicher die Stelle des Obmannstellvertreters bis zur Übernahme durch LSI HR Guby. Bereitwillig übernahm sie bei Exkursionen die Leitung und hat des öfteren bei den Fortbildungswochen mitgewirkt.

Frau Jiranek war sehr sportlich - sie ist noch mit 80 Jahren skigelaufen, und damit sie sicher mit dem Auto nach Gastein kommt, hat sie mit 83 Jahren einen "Winterschleuderkurs" des ÖAMTC gemacht. In den letzten Jahren galt ihr Interesse der Radiästhesie, wo sie an Kursen teilnahm und versuchte, sich mit dem Phänomen wissenschaftlich zu befassen.

Der Verein und alle, die sie kannten - vermutlich gibt es unter den Vereinsmitgliedern zahlreiche ehemalige Schüler von Frau Dr. Jiranek - werden der Verstorbenen ein ehrendes Andenken bewahren.

Karl Lintner

Das originelle Geschenk zu besonderen Anlässen

Die Wetterkarte von damals



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

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

Bestellungen über den
Verein bei gleichzeitiger
Überweisung des
Rechnungsbetrags
auf das Vereinskonto
Bank Austria 612 424 903

Bestellschein – Wetterkarten

Hiermit bestelle ich

.... Stück Wetterkarten (1950 - 1994) vom ____ . ____ . 19__

.... Stück Wetterkarten (1900 - 1949) vom ____ . ____ . 19__

.... Stück Wetterkarten (1865 - 1899) vom ____ . ____ . 18__

.... Stück Älteste Wetterkarte von Österreich

A4-Format

zu ÖS 245,- ☐

zu ÖS 350,- ☐

Originalformat

Originalformat

A3-Format

zu ÖS 315,- ☐

zu ÖS 410,- ☐

zu ÖS 750,- ☐

zu ÖS 1800,- ☐

Zutreffendes bitte ankreuzen!

Preise zuzüglich einmaligen Portospesen von ÖS 30,-

Name:

Adresse:

CD-Rom Redshift 2

Seit einigen Monaten gibt es neben der englischen Originalversion der CD-Rom Redshift (R), die im Heft 4/95 dieser Zeitschrift ausführlich beschrieben ist, die gleichnamige deutsche Version (erschienen bei Ullstein-Soft Media). Sie ist im Buchhandel zu einem Preis von über S 1000,- zu bekommen.

Bei einem USA-Besuch zu Ostern 96 konnte die englischsprachige Ausgabe der Nachfolger-CD-ROM Redshift2 (R2) zu einem Preis von \$55 erstanden werden.

Was ist nun neu in R2?

1. Es gibt 10 guided tours, Filme von 5 bis 10 Minuten Länge mit gesprochenem Kommentar, jeder graphisch sehr ansprechend gemacht. Oberstufen-Schüler ab der 7. Klasse dürften mit dem englischen Kommentar keinerlei Probleme haben. Die dargebotenen Fakten machen neugierig. Jede Tour kann angehalten werden, um die sehr schönen Graphiken genauer anzuschauen. Man kann in der laufenden Zeitleiste auch zurückgehen, um sich etwas nochmals vorführen zu lassen.

Eine Auswahl der Themen: "From Big Bang to Galaxies", "Lives of the Stars", "Finding your way around the real sky", "Orbits in the solar system" - mit einem guten Beitrag zum Kometen Shoemaker. Wer nicht gerade ein Astronomie-Fachmann ist, wird in den Tours interessante Neuigkeiten finden.

Die 20 guided tours von R (in der deutschen Ausgabe Führungen genannt) wurden unter dem Namen *tutorials* in R2 unverändert beibehalten.

2. Man kann mit Kometen, Asteroiden und Raumfahrzeugen mitreisen und sie durch das Sonnensystem begleiten, oder ihre Flugbahnen und Annäherungen an diverse Himmelskörper von einem geeigneten (ruhenden) Standort im Raum betrachten. Dazu wählt man im Hauptmenü Events/Spaceflights und findet:

- *Komet Shoemaker trifft Jupiter*. Genauere Infos über dieses Ereignis findet man bei den Kometenfotos und im Lexikon.
- *Apollo 19*
- *Voyager 2 auf der Reise zu Jupiter, Saturn, Uranus*: Man erlebt den Vorbeiflug am Planeten und einigen seiner Monde. Der Flugverlauf kann aber auch von einer Position, bei der man das gesamte Sonnensystem überblickt, beobachtet werden.
- *Geostationärer Satellit über dem Pazifik*. Unter uns zeigt sich der immer gleiche Teil der Erde, Tag und Nacht kommen und gehen. ("locate me on it" soll erst nach der Beobachtung des Satelliten von der Erde aus gewählt werden.)
- Oder man setzt sich auf den Asteroiden Ceres und beobachtet die Positionsveränderungen der Nachbarn, oder wirft einen Blick zur Erde,
- oder fliegt mit dem Kometen Halley, was allerdings nicht annähernd so beeindruckend ist, wie die wirkliche Beobachtung eines Kometen von der Erde aus.

Oft irritieren die ungewohnten Anblicke und zwingen, sich den genauen räumlichen Verlauf der Vorgänge zu überlegen.

3. Die Darstellung der Sterne am Bildschirm läßt sich in R2 bezüglich Helligkeit und Farbsättigung einstellen. Farbenfrohe und kräftig leuchtende Sterne sind die Folge.

4. Die Einstellmöglichkeiten für die Kometen wurden verbessert. Man kann nun Perihel in A.E. sowie Periodendauer und Bahnform wählen.

5. Den Oberflächenkarten von Erde, Mond und Mars wurde jene der Venus hinzugefügt.

6. Die Fotogalerie wurde ergänzt, hauptsächlich um das Ereignis des Kometeneinschlags auf Jupiter.

7. Neue Videos wurden hinzugefügt wie: Merge of Galaxies, The Mechanism of a Nova, Gravitation Lenses. Die Größe der Videos beträgt nun auf einem 15"-Schirm 13x10 cm (früher 8x6 cm).

Ergänzend zum Beitrag in Plus Lucis 4/95 sei bemerkt, daß ausführliche Planeteninformationen vorhanden sind. Durch Anklicken eines Planeten sind für jeden Beobachtungsstandpunkt auf der Erde die Ephemeriden (also Positionen in Stunden, Tages, Jahres-Intervallen), auch ausdrückbar, zur Verfügung. Ein Sichtbarkeitsreport für 30 Tage informiert in Form von Tabellen und Diagrammen über die tägliche Sichtbarkeit, Auf- und Untergangszeiten, Stand und Phase des Mondes und über den Winkel zwischen Objekt und Mond. Ein Planetenreport für das laufende Jahr informiert über Abstand zur Erde, scheinbare Helligkeit und Winkeldurchmesser. Im Dictionary/Tabelle gibt es ausführliche Planetendaten und Daten der Planetenringe in Tabellenform.

Insgesamt ist Redshift2 eine gelungene Ergänzung und Verbesserung der ersten Ausgabe dieser Astronomie CD-Rom.

Anmerkung: Die deutsche Version von "How things work" (in Ausgabe 4/95 besprochen) erschien unter dem Titel "Wie funktioniert das" bei Duden-Meyer.

Mag. Fritz Wernig und Dr. Maria Posch, Viktring

Experimente mit Spaß – Magnetismus und Elektrizität

Werner Rentzsch

Verlag Holder-Pichler-Tempsky, Wien 1996. 142 S., ISBN 3-209-01882-0

Und wieder gibt es einen neuen "Rentzsch". An Hand von rund 125 Experimentiervorschlägen aus den Bereichen Magnetostatik, läßt Werner Rentzsch die Schüler mit einfachen Mitteln arbeiten. Die bewährte Struktur der ersten Bände (Materialliste, Arbeitsanleitung, zusätzliche Hinweise) wird beibehalten, die vom Autor erstellten Fotos rücken das Wesentliche in den Mittelpunkt. Dabei sind den Fotos auch Schaltskizzen beigegeben, wodurch nicht nur der Schaltungsaufbau, der auf Fotos naturgemäß nicht immer eindeutig zu erkennen ist, verdeutlicht wird, sondern auch das Lesen einfacher Schaltskizzen geübt wird. Neben den Schülerversuchen gibt es einige Lehrerversuche, z.B. Versuche mit Netzspannung; bei diesen wird zwar ein Warnhinweis gegeben, doch sollte deutlicher gemacht werden, daß es sich um Lehrerexperimente handelt. Das Motto des Buches "Ein gelungenes Experiment macht mehr Freude, wenn man es gesund und unverletzt übersteht"

klingt jedoch eher irreführend, sind doch die meisten Experimente völlig gefahrlos durchzuführen.

Trotz dieser schönen Experimentieranleitung wird der Lehrer nicht überflüssig: Die Erklärungen sind dem Platz entsprechend äußerst knapp.

H. Kühnelt

Physik-Anfangsunterricht für Mädchen und Jungen

W. Faißt, P. Häußler, Ch. Hergeröder, K.H. Keunecke, H. Kloock, I. Milanowski, M. Schöffler-Wallmann

233 S., IPN-Materialien 1994, ISBN 3-89088-080-0

Physikunterricht ist unbeliebt, insbesondere – wie zahlreiche internationale Studien bestätigen – bei Mädchen. Eine der Ursachen scheint darin zu liegen, daß Physikunterricht zu wenig die Interessen der Kinder und Jugendlichen berücksichtigt. Im Rahmen einer vom IPN Kiel durchgeführten Studie wurden 10-14jährige Mädchen und Buben nach ihren Interessen befragt. In Längs- und Querschnittstudien wurden die Interessen der Schülerinnen und Schüler in bezug auf verschiedene Gebiete der Physik und hinsichtlich unterschiedlicher Kontexte und Tätigkeiten erhoben. Die Ergebnisse dieser Studie waren zusammen mit den Ergebnissen der Delphi-Studie (in deren Mittelpunkt wünschenswerte Bildungsziele des Physikunterrichts standen) Grundlage des im Land Schleswig-Holstein durchgeführten BLK-Modellversuchs "Chancengleichheit – Veränderung des Anfangsunterrichts Physik/Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Kompetenzen und Interessen von Mädchen". Die vorliegende Materialsammlung ist im Rahmen dieses Schulversuchs entstanden.

Eine der Grundauffassungen der Autoren wurde bereits von Wagenschein formuliert: Was für Mädchen interessant ist, ist auch für Buben interessant, aber nicht umgekehrt. Physikunterricht, der Buben und Mädchen anspricht, muß bestimmte Kriterien erfüllen, wie Gelegenheit zum Staunen geben, an außerschulische Erfahrungen anknüpfen, die Möglichkeit zu eigenständigen Erfahrungen bieten, insbesondere aber für den Gesamtkontext des individuellen und gesellschaftlichen Lebens des Lernenden bedeutsam sein. Spielerischer Umgang und unmittelbares Erleben sollen dabei zu qualitativen Überlegungen führen und frühzeitige Abstraktion vermeiden – für viele Unterrichtende keine wirklich neue Erkenntnis. Antworten auf die Frage, wie diese Forderungen in der täglichen Arbeit umzusetzen sind, blieb die Physikdidaktik bisher freilich weitgehend schuldig. Doch das vorliegende Buch bietet eine erfreuliche Ausnahme: Die im Modellversuch erprobten Unterrichtssequenzen werden detailliert beschrieben und beinhalten zahlreiche Vorschläge für verschiedenste Unterrichts-Aktivitäten und Experimente. Abgerundet wird jede Einheit durch einen Wissenstest. Die Themen der fünf Unterrichtsbeispiele:

- Wir bauen Musikinstrumente und messen Lärm
- Wir untersuchen den Fahrradhelm und messen Geschwindigkeiten und Kräfte
- Wärme und Wärmequellen beim Zubereiten von Speisen
- Von einfachen Schaltungen und raffinierten Schaltern
- Wir machen Bilder

Die dem Buch beigelegte Auswertung einer Befragung der Schülerinnen und Schüler zeigt, daß die beschriebenen Unterrichtseinheiten auch von den Mädchen als interessant empfunden wurden und bestätigt damit, daß Schule durchaus dazu beitragen kann, daß sich Mädchen für Physik interessieren.

Wir würden uns noch mehr solcher Bücher wünschen, wo Physikdidaktiker in der Zusammenarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern Arbeitsunterlagen entwickeln, die im Unterricht direkt umsetzbar sind und somit die Chance eröffnen, daß die Ergebnisse physikdidaktischer Forschung zu einer tatsächlichen Verbesserung der Unterrichtssituation beitragen.

Helga Stadler

Presstexte Umwelt und Chemie – für den Unterricht aufbereitet

Interdisziplinäre Materialien mit Bezügen zu Biologie – Technik – Wirtschaft – Politik

Norbert Lüdtke

Aulis Verlag Deubner & Co. 1994. ISBN 3-7614-1572-9.

Sicherlich ist es Ihnen schon ähnlich ergangen: Sie haben gerade ein interessantes Kapitel durchgenommen, doch die Reaktion Ihrer Schüler (in Folge werden die Begriffe Schüler und Lehrer aus sprachlichen Gründen nur in der traditionell männlichen Form verwendet) zeigt von nur mäßigem Interesse. Es fehlte nur noch, daß es ein Schüler auf den Punkt bringt: "Und was hat dieser Lehrstoff mit mir und meinen Lebensumständen zu tun?". "Kampferprobe" Lehrer versuchen in diesen und ähnlichen Situationen persönliche Betroffenheit und damit Engagement der Schüler an Hand von Beispielen zu wecken. Doch woher etwas Passendes in der Schnelle finden, noch dazu mit möglichst vielen Details?

Diesem Problem ist Norbert Lüdtke nicht aus dem Weg gegangen. Emsig sammelte er für seinen eigenen Unterricht Zeitungsartikel, die auf aktuelle Problembereiche des Lehrstoffs Bezug nahmen. Der Aulis Verlag hat nun, in Hinblick auf die Verantwortung des Chemieunterrichts für die Umwelterziehung entsprechend aufbereitet, diese Sammlung veröffentlicht. Der engagierte Lehrer kann sie nach Meinung des Rezensenten in mehrfacher Hinsicht gut einsetzen: Als motivierenden Einstieg in ein bestimmtes Sachgebiet, als Hilfestellung für die Vorbereitung von Schülerreferaten, als Ausgangspunkt für Diskussionen und für Vergleiche zu aktuellen Umweltfragen oder auch "nur" als Möglichkeit, ein Kapitel aus der Sicht der Printmedien, die ja häufig die "öffentliche" Meinung prägen, zu sehen.

Das Buch ist im handlichen DIN A4-Format gedruckt. Im Prinzip wird das jeweilige Problem auf einer Doppelseite vorgestellt. Auf der ersten finden wir Informationen für den Lehrer, Stichworte, unterrichtliche Voraussetzungen, methodische Hinweise und Lösungsvorschläge zu Aufgaben, die sich auf der zweiten Seite, der Seite für die Schüler, befinden. Der Hauptteil dieser Seite wird von der Kopie des jeweiligen Zeitungsartikels bedeckt. Neben den schon vorher erwähnten Schüleraufgaben findet man noch ein oder zwei Stichworte für eine schnelle Orientierung, den Namen des Verfassers, der jeweiligen Zeitung und das Erscheinungsdatum, Hinweise auf

die Eignung für den Ober- und/oder Unterstufenunterricht sowie methodische Hinweise. Es bietet sich an, diese zweite Seite den Schülern kopiert zur Verfügung zu stellen. Einführende didaktische Überlegungen runden gemeinsam mit ausführlichen Literatur-, Adressen- und Stichwortverzeichnissen auf den letzten Seiten das Angebot ab. Sehr guten Eindruck hinterläßt das geschickt (aus-)gewählte Glossar, das chemisches Faktenwissen prägnant zusammenfaßt.

Einzelne Artikel sind für eine Seite zu lang. Dann wird das oben erwähnte Schema "Lehrer-/Schülerseite", d.h. linke/rechte Seite, nicht eingehalten. Leider verabsäumte man (aus Sparsamkeitsgründen?), in diesen Fällen eine Leerseite einzuschieben. Es ist zu befürchten, daß als Folge davon im Schulstress möglicherweise die falschen Seiten kopiert werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Tatsache, daß – wahrscheinlich zur Erleichterung des Kopiervorganges – die Blätter des Buches nicht herkömmlich gebunden sind, sondern durch kunststoffüberzogene Metallringe zusammengehalten werden. Damit ist jedoch noch immer mit einer (gerade noch akzeptierbaren) Verzerrung und einem Streulichteinfall während des Vervielfältigungsvorganges zu rechnen. Beides verschlechtert die optische Qualität der Kopien. Außerdem ist – zur Verringerung der oben erwähnten Nachteile? – der Durchmesser der Ringe sehr eng gehalten. Dadurch wird aber das Papier beim Hin- und Herblättern mechanisch sehr belastet, was sich auf die Lebensdauer sicherlich negativ auswirken wird. Theoretisch ist es möglich, die Buchblätter aus den Metallringen komplett zu lösen, womit die erwähnten Nachteile behoben werden könnten. In der Frage der Heftung scheint der Verlag selbst einen gangbaren Kompromiß zwischen der leichten Kopierbarkeit und der sachgerechten Bindung der Einzelblätter gesucht zu haben.

Inhaltlich gibt es aber wahrlich keinen Grund zur Klage. Gilt dem Interesse der Luft, so findet man u.a. "Abgaswolken am Straßenrand", "Ätzende Eiskristalle" oder "Ozon zeigt Zähne". "Sprengstoff in der Waldsiedlung" und kleine "Lichtblicke für den Boden" beschäftigen sich mit dem Umweltmedium Boden. Auf weitreichendes Interesse werden auch die Artikel "Angst vor Plomben" und "Gift frei Haus" stoßen. Aus diesen wenigen Beispielen erkennt man, daß den Intentionen des Buches entsprechend, das Fachübergreifende aller umweltrelevanten Themen in den Mittelpunkt gestellt wird. In Summe kann der Leser auf 69 gut aufbereitete Materialien zurückgreifen – sicherlich eine große Hilfe in der täglichen Suche nach Motivationshilfen im Unterricht.

Dem Herkunftsland des Buches entsprechend finden sich keine Artikel aus anderen (deutschsprachigen) Ländern in der vorliegenden Sammlung. Es ist zu hoffen, daß eine künftige Neuauflage nicht nur einzelne (wenige!) Fehler korrigieren wird, so ist z.B. anstelle der Formel des Anisaldehyds die des entsprechenden Alkohols im Glossar gezeichnet, sondern daß bei der Auswahl neuerer Artikel auch auf internationale Printmedien Rücksicht genommen wird.

Zusammenfassend kann jedem Chemielehrer der Einsatz dieses Buches in seinem Unterricht nur wärmstens empfohlen werden.

Mag. Hans Scholda

Die gemeinsame Geschichte von Licht und Bewußtsein

Arthur Zajonc

Rowohlt Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1994, 432 S., DM 46.-

Wo, wenn nicht in einer Zeitschrift namens "Plus Lucis", muß ein Buch mit dem Titel *Die gemeinsame Geschichte von Licht und Bewußtsein* besprochen werden? Dieses Buch ist nämlich ein Hymnus an das Phänomen Licht aus dem berufenen Munde eines Spezialisten für Quantenoptik.

Vor der Schilderung der Entwicklung unserer Vorstellungen vom Licht zeigt er an eindringlichen Fallbeispielen aus der Medizin, daß das Auge doch eindeutig mehr sein muß als eine bloß passive "camera obscura", als die wir sie in der Nachfolge Descartes' zu sehen gewohnt sind. Am Beispiel frisch Augenoperierter demonstriert er, daß "zum Sehen weit mehr als ein funktionsfähiges Organ erforderlich ist, daß wir ohne ein inneres Licht, ohne ein gestaltgebendes inneres Vorstellungsvermögen blind sind", daß also an dem früher weit verbreiteten Reden "vom geistigen Auge" schon etwas dran sein muß.

Es folgt eine sehr ausführliche Darstellung der Evolution unserer Modellvorstellungen vom Wesen des Lichtes angefangen von den frühen Griechen über die Lichtvisionen in der persischen Mythologie und bei Mani, Grossetestes Lichtkosmogonie im XIII. Jahrhundert und die Entwicklung der räumlichen Perspektive in der italienischen Renaissance. Daran anschließend die wichtigsten Etappen der eigentlich physikalischen Modellvorstellungen: Newtons und Descartes Schwierigkeiten mit dem Durchsetzen ihrer Teilchentheorie, die Abstrahierung des Lichtes zur Ätherwelle durch Leonhard Euler, die endgültige Festigung der Wellentheorie durch Young und Fresnel, bis hin zum "Tod des materiellen Äthers" durch Michael Faraday. Sehr detailliert werden dabei die Stationen beschrieben, in denen Faraday jedes materielle Fundament für das Licht Schritt für Schritt liquidierte.

Ausgehend von der Phänomenologie des Regenbogens gelangt Zajonc dann zu einer Würdigung der Goetheschen Farbenlehre und der Lichtmetaphysik R. Steiners. Schließlich betreten in Zajoncs "Lichtbiographie" (wie er sein Buch selbst nennt!) die beiden großen Helden der modernen Physik Max Planck und Albert Einstein die Szene und es werden ihre widersprüchlichen Bemühungen, die Natur der Photonen zu enthüllen, in gebührender Breite dargestellt. Zum Abschluß sollen einige Zitate auch den heutigen, durch den ausgiebigen Gebrauch von Quantenoptik verbildeten Leser zum Nachdenken anregen und ihn "vor jedem wissenschaftlichen Hochmut gegenüber dem Licht warnen".

Louis de Broglie: *Wir wären schon viel weiter, wenn wir wüßten, was ein Lichtstrahl ist.*

Albert Einstein (um 1917): *Den Rest meines Lebens werde ich darüber nachdenken, was Licht ist.*

Albert Einstein (um 1951): *Fünfzig Jahre intensiven Nachdenkens haben mich der Antwort auf die Frage "Was sind Lichtquanten?" nicht näher gebracht. Natürlich bildet sich heute jeder Wicht ein, er wisse die Antwort. Doch da täuscht er sich.*

Mag. Manfred Wasmayr

Experimente zwischen Natur und Technik. Erleben, Experimentieren, Werken, Forschen

Walter Arn

Verlag Orell Füssli 1990, öS 130, 80 S., zahlr. Abb.,
ISBN 3-280-01922-2

Von den Tricks der Natur zur Bastelvorschlägen – das ist das Thema des Buches, das sich an Kinder ab 9 Jahren und an Erwachsene richtet. Vier Themenbereiche – Fliegen, Seifenblasen, Spiralen, Spiegelungen – geben reichen Stoff ab, die Wunder der Natur zu studieren, nachzuempfinden und Lösungen mit modernen Materialien zu versuchen.

Ahornsaamen, die durch ihren Drehflug bezaubern, ergeben paarweise verleimt exzellente Gleitflieger. Gleiter, die den Samen eines tropischen Kürbis (Algomitra) nachgebaut waren, standen an der Wiege der Etrich-Taube und geben auch heute einen leichten Einstieg in den Bau von Papiergeleitern. Der Bau von Flugdrachen, die den Magnuseffekt nutzen, führt als systematische Untersuchung zu einem Forschungsprojekt. Seifenblasen faszinieren immer – die Vorschläge zur Realisierung von Minimalflächen durch Seifenhäute sind praxisgerecht, ebenso wie die Projektion von Interferenzfarben einer ebenen Seifenlamelle. Spiralen finden sich u.a. am Blütenboden der Sonnenblume, bei Föhrenzapfen usw. Damit werden sie zum Ausgangspunkt experimentalmathematischer Arbeitsvorschläge und der Bauanleitung eines Windrades, das auf einer logarithmischen Spirale beruht. Faszinierend: Spiegelungen und Kaleidoskope. Zum Nachbau sei daher das Sternkaleidoskop von Carl Schwabe beschrieben.

Sternkaleidoskop: Du benötigst ein Stück quadratische Spiegelfolie. Die Seiten werden im Goldenen Schnitt nach der Skizze geteilt. Teil d wird abgeschnitten, entlang der gestrichelten Linien wird die Folie auf der Rückseite gefalzt, gefaltet und mit Klebstreifen zu einer unten offenen Pyramide geformt. Zwei Varianten: a) Vor dem Falten mit Filzstift einen Viertelkreis um Punkt A einzeichnen. Das zusammen gefügte Kaleidoskop zeigt eine Kugel aus 15 gleich großen Kreisen. b) Die Spitze gemäß der folgenden Skizze ausschneiden: Keplers Ikosaeder wird sichtbar.

H. Kühnelt