

PLUS LUCIS

2/98

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

Klangexperimente mit der Soundkarte

Bau einer thermischen Solaranlage

Paradigmenwechsel in der Physik

Farbe des Weines

Nobelpreise 1998

Freihandexperimente

Bücher



Physik Chemie

Impressum

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

Erscheint drei- bis viermal jährlich.

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

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

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

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

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

Beiträge werden erbeten an:

Dr. H. Kühnelt, Institut für Theoretische Physik der Universität Wien, Strudlhofg. 4, 1090 Wien, Telefon: 01-31367-3415. e-mail: Helmut.Kuehnelt@univie.ac.at

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:	1
-----------------------	---

Reaktionen	2
-------------------------	---

Fachdidaktik

PING - Naturwissenschaften koordiniert unterrichten.....	10
Die Kerze im Becherglas.....	37

Aus der Praxis

Woher kommt die Farbe des Weines?.....	20
Klangexperimente mit der Soundkarte.....	23
Bau einer thermischen Solaranlage	29

Aktuelles

Die großen Paradigmenwechsel der Physik und ihre Konsequenzen	3
Nobelpreise 1998	
Nobelpreis für Chemie.....	16
Nobelpreis für Medizin und Physiologie	17
Nobelpreis für Physik	17
Exzellente Fachbereichsarbeiten aus Physik.....	19

Ankündigungen

Informationstag	
PING - Naturwissenschaften fächerübergreifend unterrichten.....	14
Interpädagogica 1998	34

Freihandexperimente

Entartete Zwillingseier	35
Luftdichtebestimmung	35
Kaffee bei tiefstehender Sonne	36

Bücher	39
---------------------	----

Umschlagbild: Vor 80 Jahren, am 30.10.1918 legte Frau Franziska Seidl die Externistenreifeprüfung ab, um das Physikstudium an der Universität Wien beginnen zu können. Frau Univ.-Prof. F. Seidl leitete den Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts viele Jahre und begründete 1947 die Fortbildungswoche. Eine Ausstellung in der Zentralbibliothek für Physik in Wien hat das Physik-Studium von Frauen zum Thema. Information dazu auch über WWW unter <http://www.thp.univie.ac.at/netdays>.

... anders unterrichten

ist das Motto des Augusthefts der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht-Physik. Natürlich wurde das etwas provokante Motto bewußt gewählt. In dem Heft werden Alternativen zum traditionellen lehrerzentrierten Unterricht vorgestellt. Nun höre ich sofort die Frage, ob denn das Demonstrationsexperiment und der Lehrervortrag gar nichts mehr wert seien. Aber im Gegenteil, jedoch gibt es genug Literatur zum Lehrerexperiment, etwa die exzellenten Handbücher aus dem Aulisverlag, und schließlich wird dies in der Ausbildung oft als dominantes Modell der Lehre erfahren. Nein, es geht in dem Heft darum, alternative Unterrichtsformen vorzustellen. Das gab es in NiU-Physik schon früher – aber alle Beispiele aus Österreich: das gab es bisher noch nicht.

Die Arbeit eines Herausgebers besteht vor allem darin, mögliche Autoren zu finden; ihnen einzureden, sie müßten unbedingt einen Beitrag liefern; danach zunächst zu warten, daß Manuskripte eintreffen; wenn der Druck aus dem Verlag zu groß wird, diesen an die Autoren weiterzugeben; Kleinigkeiten zu verbessern; und schließlich zu hoffen, daß aus den verschiedenen Beiträgen doch ein abgerundeter Blumenstrauß wird. Da spielt dann die Redaktion eine unschätzbare Rolle – bewundernswert, wie es der Redakteurin gelungen ist, das notwendige Beiwerk zu finden.

Allen Beiträgen im Heft ist gemeinsam, daß durch geänderte Arbeitsformen die Mitwirkung und Eigenverantwortung der Schülerinnen und Schüler am Lernprozeß gesteigert und deutlich ausgewiesen wird. Ob es den Autoren bewußt ist oder nicht, es wird ein konstruktivistisches Modell des Lernen zugrunde gelegt. Ohne eigene Anstrengung und vor allem ohne echte Einbindung des Schülers in den Lernprozeß bleibt vermitteltes Wissen immer oberflächlich und wird binnen kurzem von anderem kurzlebigen Wissen verdrängt.

Naturwissenschaftliches Labor unter dem Motto “Naturwissenschaft spielerisch erleben” als Mittel, das Interesse der Jugend zu wecken und zu vertiefen, steht im Mittelpunkt des Beitrags von Klemens Kerbler und seinen Kollegen aus jenem humanistischen Gymnasium, an dem 1918 die späteren Nobelpreisträger Wolfgang Pauli und Richard Kuhn maturierten. Es wird oft die Lücke zwischen der Natur- und Sachkunde in der Volksschule und dem erst in der 2. Klasse (HS, AHS) einsetzenden Physikunterricht beklagt. Hier gibt es ein Beispiel, wie diese Lücke mit einem Freigegegenstand geschlossen werden kann, der Biologie, Physik, Chemie verbindet – und etwa 50% der Schüler wählen diese “Zusatzbelastung”.

Ein durchgeplantes Modell für die Oberstufe ist das Naturwissenschaftliche Labor am BRG Leibnitz. In jeder Schulstufe wirken 2 naturwissenschaftliche Fächer zusammen, geben Stunden an das Labor ab, teilweise als Ersatz von Stunden des Wahlpflichtfaches. Daß es dabei zu kuriosen Effekten kommt, liegt an der Überregulierung unserer Schulen. Der Schulzweig mit dem Naturwissenschaftlichen Labor wird als RG mit Schularbeiten in DG geführt.

Die konsequente Einbeziehung des Schülerinteresses, indem sie aufgefordert werden, Freihandexperimente zu finden und selbst vorzuführen, und daß dies in gemeinsamer Erkenntnis mündet und dabei noch lehrplankonform ist, ist ein weiteres

Beispiel phantasiereicher und motivierender Gestaltung von Unterricht.

Die Schüler den Kraftbegriff anhand eines Rollstuhls vertiefen zu lassen, dabei Modelle zu bauen und mit Realdaten zu vergleichen, zu überlegen, wie Gehsteigkanten beschaffen sein sollten, erfordert vielleicht etwas mehr an Zeit als ein Lehrervortrag, führt aber – wie spätere Interviews gezeigt haben – zu einem wesentlich stärkeren Eindruck. Mit diesen Beispielen (und einige mehr finden sich im genannten Heft) soll die Lust am Selbstprobieren provoziert werden: Unterricht als Abenteuer mit einem nicht völlig vorhersehbaren Ablauf verjüngt, wie mir kürzlich bestätigt wurde.

Neue Rechtschreibung

Wenn Ihre – hoffentlich weiter zahlreich einlangenden Beiträge – mit der neuen Rechtschreibung verfaßt sind, bitte ich um sorgfältige Rechtschreibprüfung, da sie bei uns noch nicht nach den neuen Regeln geprüft werden kann. Vermeiden Sie aber bitte das durch keine Regel gedeckte und die Lesbarkeit stark beeinträchtigende “I”. Es ist allgemein bekannt, daß im Lehrkörper und in der schulbesuchenden Population der weibliche Anteil ca. 50% (und oft noch mehr) beträgt, darauf braucht nicht in jedem Satz hingewiesen werden.

... anders kommunizieren

Was brachten die Netdays? Als EU-weite Woche der Präsentation von Projekten, die am und durch das Internet möglich wurden, waren die Netdays beeindruckend. Als Gemeinschaftsaktion mit BHAK Tamsweg und BG Schwechat führten wir NetScience98 durch und konzentrierten uns auf Videokonferenzen zu niedrigen Kosten. Wenn in den Schulservern einige Feuermauern niedriger werden, erlauben Videokonferenzen über Internet einfach und kostengünstig, Experten direkt zu befragen, sowie Diskussionen und Vorträge zu übertragen. Als nächsten Versuch wollen wir jene beiden Vorträge, die am 24.11.1998 über die Nobelpreise aus Chemie und Physik an der Universität Wien stattfinden werden, zu späterem Zeitpunkt senden. Interessenten mögen sich melden!

Wie lautet Ihre e-mail-Adresse ?

Vielen ist e-mail bereits ein Begriff, sie hält bereits Einzug in Privathaushalte. Als Mittel der professionellen Verständigung ist sie aus dem Alltag des Forschers nicht mehr wegzudenken. Viele Mitglieder aus Förderverein und ÖPG haben e-mail-Adressen. Teilen Sie uns bitte Ihre aktuelle e-mail-Adresse durch eine Nachricht an vfpc@doppler.thp.univie.ac.at mit. Wir können manches Porto für Kurzmitteilungen ersparen, aktuelle Nachrichten schneller weitergeben, usw. Ja selbst die Anmeldung zur Fortbildungswoche wird dadurch möglich!

Aber ist es nicht angenehmer, diese Zeitschrift in der Hand zu halten, als vom Bildschirm abzulesen? Welche Projekte haben Sie und Ihre Schüler mit Internetunterstützung durchgeführt? Berichten Sie doch die Erfahrungen! Darüber würde sich freuen

Ihr Helmut Kühnelt

Betrifft Lehrplan Abendschule HTL/Nachrichtentechnik

Physik, Chemie sind zu einem einzigen Gegenstand zusammengezogen, der ein Jahr lang zu 2 + 1 Wochenstunde existiert. Dem Lehrplanautor ist es gelungen, die gesamte Physik unterzubringen. Wieviele Minuten pro Kapitel sind da wohl vorgesehen? Und die Bildungsziele sind ja erfreulich hoch gesteckt.

Lehrplan für Angewandte Physik und Chemie:

Bildungs- und Lehraufgabe:

Der Schüler soll:

- physikalische Methoden verstehen, anwenden und auf physikalisch-technische Aufgabenstellungen unter Verwendung (einfacher) mathematischer Symboliken übertragen können;
- die physikalischen Gesetze, die für die Herstellung und Anwendung der in der Berufspraxis gebräuchlichsten Werkstoffe, Geräte, Maschinen, Anlagen und Verfahren bedeutsam sind, kennen und anwenden können;
- Denk- und Arbeitsweisen in der Chemie kennen;
- die für den persönlichen Lebensraum und die Berufspraxis bedeutsamen Gesetzmäßigkeiten und Methoden der Chemie kennen sowie die dafür bedeutsamen chemischen Produktions- und Entsorgungstechniken kennen;
- die Bedeutung des Lebensraumes Boden, Luft, Wasser, Kreisläufe in der Natur, sowie deren Veränderungen durch anthropogene Einflüsse erkennen können;

Lehrstoff:

1. und 2. Semester:

Klassische und moderne Physik:

Grundlagen der Mechanik (Statik, Kinematik, Dynamik, Aero- und Hydromechanik, Schwingungen und Wellen). Grundlagen der Elektrizitätslehre (elektrisches und magnetisches Feld, Gleichstrom, Wechselstrom, elektromagnetische Induktion). Ausgewählte Kapitel der Optik und der Wärmelehre. Ausgewählte Kapitel der Atom- und Kernphysik. Strahlenschutz.

Allgemeine Chemie:

Aufbau der Materie; chemische Reaktionen; Reaktionstypen; Elektrochemie. Organische und anorganische Grundstoffe.

Ökologie:

Ökosphäre und Ökosysteme (Luft, Wasser, Boden), Kreisläufe, Gleichgewichte, Belastungen, Umweltschutz.

OStR Mag. L. Stadler

Anmerkung der Redaktion: Außerhalb der BHS ist leider nur wenig Information über die zahlreichen Varianten von verordneten Lehrplänen und deren Umsetzung vorhanden. Vermutlich handelt es sich auch bei diesem Lehrplan um einen Rahmenlehrplan. Sicher erhalten Absolventen solcher Schulen ein Maturazeugnis mit voller Studienberechtigung.

Betr.: Freihandversuch Zimmereis in PL 1/98

Beim Durchlesen der (wie immer sehr interessanten) Artikel des gestern in meinem Postfach aufgetauchten Plus Lucis 1/98 ist mir eine Ungenauigkeit im Freihandversuch "Zimmereis" von Herrn Rentzsch aufgefallen:

Herr Rentzsch verwendet für den Versuch 2-Methylpropanol. Diese Bezeichnung ist nicht korrekt, da sie die Stellung der OH-Funktion nicht eindeutig angibt: 2-Methyl-1-propanol ("Isobutanol", Fp. -180°) oder 2-Methyl-2-propanol ("tert. Butanol", Fp. $25,3^{\circ}$). Während also kaum ein Zweifel bestehen kann, welche der beiden Verbindungen Herr Rentzsch für seinen Versuch verwenden will, sollte doch aus naheliegenden Gründen die korrekte Nomenklatur verwendet werden.

F. W. Vierhapper, Institut für Organische Chemie, Uni Wien

Kleine Netdays-Nachlese

Von der Arbeitsgruppe Physikdidaktik am Institut für Theoretische Physik war als Beitrag NetScience 98 vorgeschlagen worden. Ein Hauptpunkt der Aktivitäten während der Netdays war eine Videokonferenz mit Schülerinnen und Direktor der handelsakademie Tamsweg. Thema war das Physikstudium für Frauen in der ersten Hälfte des 20. Jhdts.. Dazu gibt es bis Jahresende eine Ausstellung in der Zentralbibliothek für Physik in Wien IX. Zu Interviews vor der Kamera stellten sich neben der Ausstellungsgestalterin, Brigitte Bischof, noch die beiden Professorinnen Dr. Regina Hitznerberger (Aerosolphysik) und Dr. Heide Narnhofer (Theoretische Physik). Die Konferenz lief ohne wesentliche Pannen etwa 45 Minuten. Es zeigte sich dabei, daß das Medium Videokonferenz gerade für verkehrsmäßig benachteiligte Regionen große Vorteile bringt. Es ist daher geplant, allgemein interessierende Vorträge künftig entweder "live" oder als Konserve auf diese Weise den Vereinsmitgliedern und Schulen verfügbar zu machen.

Dazu sandte uns Dir. Mag. J. Weilharter per e-mail:

...ich konnte inzwischen die Ursache für den fehlenden Ton unsererseits klären. Eine kleine Einstellung war falsch. Leider muss man erst die entsprechenden Erfahrungen machen. Die ganze Sache war trotzdem beeindruckend. Im südöstlichsten Ort Salzburgs in der Einsicht (in meinem Haus) einen Vortrag aus der Zentralbibliothek miterleben - hervorragend.

mfG Johnny Weilharter

Helmut Kühnelt

Die großen Paradigmenwechsel der Physik in unserem Jahrhundert und ihre Konsequenzen

Herbert Pietschmann

Unser Thema ist ziemlich anspruchsvoll, aber ich werde versuchen, es Ihnen doch in einer Stunde näher zu bringen. Bevor wir die Konsequenzen der Paradigmenwechsel besprechen, müssen wir uns anschauen, was damit eigentlich gemeint ist. Kurz gesagt, ein "Paradigma" ist das, was unserem Denken und Handeln vorausgesetzt und meistens gar nicht reflektiert oder diskutiert wird. Es wird einfach außer Streit gestellt. Da gibt es eine ganze Menge von solchen Voraussetzungen, die in jeder Kultur anders sein können. Sie können sich nicht nur auf das Denken, sondern auch auf das Handeln beziehen und werden heute als "Paradigma" bezeichnet. Der Begriff stammt vom Wissenschaftstheoretiker Thomas Kuhn, der ihn allerdings zunächst auf die Wissenschaften bezogen hat, heute wird er aber allgemeiner gebraucht.

Die Vorgeschichte

Bevor wir uns dem Paradigmenwechsel, also dem Neuen der Physik des 20. Jahrhunderts, zuwenden, müssen wir uns kurz anschauen, was es denn vorher gab! Mir fällt dazu eine schöne Geschichte ein, wonach der Mathematiker und Astronom Bessel am Hof, an dem er gedient hat, einmal von seinem Herrscher gefragt wurde, was es denn Neues gäbe in der Astronomie. Daraufhin hat Bessel zurückgefragt: "Sire, kennen Sie das Alte?". Es hat ja gar keinen Sinn, vom Neuen zu sprechen, wenn man sich nicht überlegt, was denn vorher war.

Nun, das Ende des 19. Jahrhunderts kann ich wieder durch eine kleine Geschichte charakterisieren, wobei ich nicht überprüft habe, ob sie historisch ist, aber sie beschreibt die Stimmung in der Physik sehr gut. Demnach hat Max Planck, einer der großen Physiker, die am Beginn unseres Jahrhundert einen Paradigmenwechsel eingeleitet haben, als Student seinen Professor gefragt, für welchen Beruf er sich entschließen soll; Max Planck war nämlich außer seiner Begabung als theoretischer Physiker auch ein hervorragender Pianist. Sein Professor soll ihm nach dieser Geschichte gesagt haben, er solle natürlich Pianist werden, denn in der Physik sei ja nichts wesentliches mehr zu machen. Das war die Einstellung am Ende des vorigen Jahrhunderts, die Physik sei eine abgeschlossene Wissenschaft.

Dazu müssen wir uns in Erinnerung rufen, daß das, was wir *heute* Physik nennen, erst im 17. Jh. entstanden ist. Schon Aristoteles hat ein großes Werk "Physik" geschaffen; es handelt aber nicht von dem, was wir heute unter "Physik" verstehen. Was wir heute als Physik bezeichnen, ist im 17. Jh. entstanden, in der ersten Hälfte die Methode, entwickelt von Galilei. In der 2. Hälfte wurde durch Newton das erste große Gebäude der Physik fertig erstellt, und zugleich die Idee der Vereinheitlichung begründet.

Die Voraussetzungen, die dabei angenommen wurden, hat Galilei sehr deutlich formuliert. Sie wissen ja, das war die Zeit - Galilei war ungefähr 36 Jahre alt - in der der Kampf um die Wahrheit mit der Kirche ausgetragen wurde. Galilei hat gewußt, die Wahrheit darf er nicht angreifen; es tobten ja die Religionskriege, Giordano Bruno wurde wegen dieses Deliktes im Jahre 1600 verbrannt! Das war also eine durchaus gefährliche Zeit und Galilei hat daher beschlossen, die Wahrheit nicht anzugreifen. Das ist ganz wichtig, denn es wird manchmal falsch dargestellt. Hätte Galilei die Wahrheit angegriffen, wäre er genauso verbrannt worden wie Giordano Bruno. Galilei hat deutlich gesagt, er greife die Wahrheit nicht an, die Wahrheit sei Sache des Heiligen Geistes und soll Sache des Heiligen Geistes bleiben.

Aber Galilei behauptete, eine Methode zu haben, um zu *Kenntnissen* über die Natur zu gelangen! In heutiger Sprache: die Gesetze der Materie in Raum und Zeit zu erkennen. Das hat nichts mit Geist zu tun, nichts mit Wahrheit, Galilei hat nur von *Wissen* und von *Kenntnissen* gesprochen. Damit hat er tatsächlich die Methode der modernen Naturwissenschaft begründet! Mittels eines Experimentes werden "Hypothesen" überprüft und jene aussortiert, welche dem Experiment widersprechen. Wenn dann nur eine überbleibt, können wir sie zu den neuen Kenntnissen über die Natur zählen. Die "Neue Wissenschaft", die Naturwissenschaft, beschränkt sich ausschließlich auf Materie in Raum und Zeit. Das war von allem Anfang an der Ansatz des Galilei.

Das mechanistische Weltbild

Die Trennung von Materie und Geist stammt von Galileis Zeitgenossen Rene Descartes, der es damals leichter gehabt hat, er bewegte sich im protestantischen Raum Europas, wo es nicht ganz so gefährlich war, einen neuen Zugang zur Wahrheit zu suchen. Während Galilei die Wahrheit unangetastet dem Heiligen Geist überließ, hat Descartes versucht, einen neuen Weg zur Wahrheit zu finden. Seine Methode war der Zweifel. Wenn alles angezweifelt wird und dennoch etwas übrig bleibt, dann muß es die Wahrheit sein. Aber das einzige, was an Wahrheit übriggeblieben ist, war das berühmte "cogito, ergo sum". Ich denke (oder ich zweifle), daher bin ich. Also hat Descartes geschlossen, die einzige Wahrheit, die ich finde, bezieht sich auf meinen Geist, aber das kann ja nicht genug sein. Wir müßten ja auch Materie in Raum und Zeit unbezweifelbar beschreiben können. (Er hat allerdings dafür einen Ansatz gewählt, von dem wir heute wissen, daß er nicht zielführend ist. Als Kriterium setzte er nicht das Experiment, sondern die Mathematik.)

Descartes hat jene Trennung eingeführt, die wir zwischen Geist und Materie finden, die Unterscheidung von "res cogitans" und "res extensa". Die Methode des Galilei hat sich nur auf die Materie bezogen, war dort aber unglaublich erfolgreich. Sie war so erfolgreich, daß man am Beginn des 19. Jh. die Meinung vertreten konnte, wir wissen jetzt alles, denn in

Dieser Artikel ist eine vom Autor redigierte Abschrift nach freiem Vortrag

Bezug auf Materie in Raum und Zeit können wir tatsächlich alles, was wir wissen müssen, herausfinden! Und was wir jetzt noch nicht wissen, werden wir einmal wissen! Das war in Bezug auf Materie in Raum und Zeit durchaus ein Anspruch, der nicht von dummen Leuten erhoben wurde, der sicherlich zu rechtfertigen war, aber eben nur in Bezug auf Materie in Raum und Zeit.

Damit hat sich etwas herausgebildet, was ich den "neuzeitlichen Denkraum" nenne. Man hat nämlich gesagt, wenn wir jetzt stillschweigend die Voraussetzung aufnehmen, das einzig real Existierende sei die Materie, dann sind wir tatsächlich allmächtig. Dieses Weltbild wurde bis zum Ende des 19. Jh. ausgebaut, ich muß dazu sagen, es waren nicht etwa die Physiker, die das propagiert haben! Voltaire war zum Beispiel einer der großen Vertreter, der dieses Weltbild propagiert hat, nachdem er die Physik Newtons kennengelernt hat. Er meinte, jetzt hätten wir eine neue Religion, jetzt bräuchten wir die Kirche nicht mehr. Jetzt können wir alle Naturgesetze, alles über Materie in Raum und Zeit herausfinden.

Man war damals der Meinung, daß die Mechanik der Massenpunkte in Raum und Zeit und die Kräfte zwischen ihnen die Grundlage der Physik sein müsse, es war ja die erste Disziplin, die geschaffen worden war. Man war daher der Meinung, daß man die Welt verstehen könne als ein großes Uhrwerk. Das Weltbild war mechanistisch und deterministisch! Laplace hat gesagt, wenn die Welt wirklich ein großes Uhrwerk ist, die Teilchen des Universums wirklich das einzige sind was es gibt, werden wir mit Hilfe der Physik alles, was in dieser Welt geschieht erfassen können. Er hat es so ausgedrückt: Wenn es einen Geist gäbe, der in einem einzigen Augenblick alle Orte und Geschwindigkeiten sämtlicher Teilchen des Universums kennt, könnte er aus einer einzigen Formel berechnen, was jemals geschehen ist und was jemals geschehen wird. Es ist der berühmte "Laplace'sche Dämon", Ausdruck des Materialismus und Determinismus. Damals haben sich auch die Herrscher für die Neue Methode interessiert. Napoleon hat Laplace gefragt, wo bleibt in dieser Theorie Gott? und Laplace hat folgerichtig geantwortet: Sire, diese Hypothese benötige ich nicht mehr!

Das war so die Stimmung bis ins Ende des vorigen Jh. Einer der großen Erfolge der mechanistischen Sichtweise geht auch auf einen Österreicher zurück, auf Ludwig Boltzmann, der auch in Graz lehrte.

Er führte die Wärmelehre auf die Mechanik zurück! Auch der Begründer der elektrodynamischen Theorie, James Clark Maxwell, hat mechanistisch gedacht! Wenn Sie ein elektrisches Gerät kaufen, werden Sie gefragt, für welche Spannung. (220 Volt bei uns). Spannung ist ein Begriff aus der Mechanik. In der Elektrodynamik wurden einfach die Begriffe der Mechanik übernommen.

Die Krise der klassischen Physik

Am Ende des vorigen Jahrhunderts sind zwei Ereignisse eingetreten, die das ganze Gebäude radikal umgeworfen haben. (So radikal, daß es bis heute Kollegen und Kolleginnen gibt, die das bedauern.) Zu jener Zeit, als man dachte, die Physik sei im wesentlichen eine abgeschlossene Wissenschaft, sind verschiedene Experimente gemacht worden, die im Widerspruch zu dem geschlossenen Gebäude gestanden sind. Newton hatte

ja zur Beschreibung der Materie in Raum und Zeit gefordert: es gibt den "absoluten Raum" und die "absolute Zeit", Materie ist gewissermaßen "im" absoluten (leeren) Raum und "daneben" verfließt die absolute Zeit.

Nachdem die Elektrodynamik gefunden war, und man festgestellt hat, daß elektromagnetische Wellen sich in diesem Raum ausbreiten, hat man sich den Raum vorgestellt als erfüllt mit "Äther", dem Medium, in dem sich elektromagnetische Wellen ausbreiten, etwa wie Wellen auf einer Wasseroberfläche. Und da wollte man feststellen, wie groß die Geschwindigkeit des Sonnensystems und der Erde in diesem Medium, dem Äther, sei. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Erde in diesem Äther scheinbar ruht, ihre Geschwindigkeit sei Null! Stellen sie sich das vor! Angefangen hat doch alles mit Galilei, mit der großen Auseinandersetzung um die Frage der Bewegung der Erde! Galilei hat sich auf Kopernikus berufen. Kopernikus - übrigens ein Mann der Kirche - hatte die Hypothese vertreten, die Sonne stehe im Mittelpunkt und die Erde bewege sich um die Sonne, während nach Aristoteles und Ptolemäus die Erde ruht und die Sonne umläuft. Und jetzt kommt man auf einmal darauf, die Erde ruht im Äther! Man hat dann die tollsten Experimente gemacht, ich kann sie Ihnen gar nicht alle schildern. Alle diese Experimente haben gezeigt, daß die Erde keine feststellbare Bewegung gegen den Äther aufweist.

Im Grunde genommen gab es einen Widerspruch zwischen Mechanik und Elektrodynamik. Denn die Elektrodynamik fordert den Äther als raumfestes Medium und die Mechanik postuliert den leeren Raum, in dem es eigentlich nur Relativbewegungen gibt. (Sie kennen das aus dem Erlebnis in einem Zug, wenn der Zug am Nebengeleise anfährt und Sie meinen, selbst in Bewegung zu geraten)

Diesen Widerspruch zwischen Mechanik und Elektrodynamik mußte man irgendwie loswerden, damit die Physik eine einheitliche Wissenschaft bleibt. Selbstverständlich war man der Meinung, die jüngere Elektrodynamik müsse sich anpassen, um den Widerspruch zu eliminieren, denn die Mechanik war ja schließlich die Grunddisziplin der Physik. Die Welt war die Materie in Raum und Zeit, und wir Menschen sind sozusagen irgendwelche Zuschauer (oder auch Akteure) und wir schauen nur an, was an sich schon da ist, unabhängig davon, ob wir da sind oder nicht.

Bevor ich Ihnen die Lösung dieses ersten Widerspruches sage, erzähle ich Ihnen gleich den zweiten, der am Ende des vorigen Jahrhunderts auftauchte. Man ist nämlich auch draufgekommen, daß der Atombegriff nicht so einfach zu handhaben ist, wie man sich das gedacht hat. In der Physik hat man sich seit Demokrit unter Atom das kleinste, unteilbare Teilchen vorgestellt. (Kleine, unteilbare Kugel sozusagen). Damit ist ein Problem verbunden, das man einfach weggeschoben hat. Denn es ist ein wesentliches Bestimmungsstück der Ausdehnung, daß alles, was ausgedehnt ist, auch teilbar sein muß. Es ist fast ein Synonym. Was aber nicht ausgedehnt - also punktförmig, diskret - ist, kann unmöglich die kontinuierlich ausgedehnte Materie erfüllen. Demokrit hat dieses Problem mit dem Begriff des "Atomon" beiseite geschoben und der Große Newton ist ihm noch ausgewichen, indem er gesagt hat, was Gott am Anfang aller Zeiten unteilbar geschaffen hat, das kann der Mensch nicht teilen.

Am Ende des vorigen Jahrhunderts ist dieses Problem aufgebrochen, als man feststellte, daß scheinbar kontinuierliche Meßgrößen wie die elektrische Ladung oder der Energieinhalt von Strahlung einer bestimmten Wellenlänge nur diskrete Werte annehmen können.

Spezielle Relativitätstheorie

Der erste Paradigmenwechsel ist aus dem Widerspruch zwischen Mechanik und Elektrodynamik entsprungen. Erstere kannte - wie schon gesagt - nur Relativbewegung, letztere ein raumfestes, durch den ruhenden Äther ausgezeichnetes System. Nach den Gesetzen der klassischen Mechanik sollte das Licht im Äther genau die "Lichtgeschwindigkeit" haben, in jedem relativ dazu bewegten jedoch eine andere. Ein Beispiel soll dies erläutern: Wenn Sie sich einen Zug vorstellen, der 100 km/h fährt, und Sie gehen von hinten nach vor in den Speisewagen mit 4 km/h, dann bewegen Sie sich gegenüber dem Bahnsteig mit 104 km/h, und wenn Sie wieder zurückgehen mit 96 km/h. Das scheint trivial. Nun sind aber die Physiker schon vor Einstein daraufgekommen, daß dem nicht so ist. Das Licht hat immer die gleiche Geschwindigkeit, völlig unabhängig davon, wie sich die Lichtquelle und wie Sie selbst sich bewegen. Das war etwas Faszinierendes, Unerwartetes, das einen gewaltigen Widerspruch bedeutete. Lorentz hat - schon vor Einstein - vorgeschlagen, bewegte Gegenstände könnten sich verkürzen, um den Widerspruch zu eliminieren. Aber die Lösung ist dann erst von Einstein gekommen.

Vielleicht darf ich Ihnen kurz von Einstein erzählen. Er hat ja in Zürich an der Universität studiert. Eine Bemerkung nebenbei: Albert Einstein hat am Ende des vorigen Jahrhunderts dort seine Frau kennengelernt, eine Mathematikerin. Sie war Serbin, mußte aber in Zürich studieren, weil die Universität in Zürich die einzige Universität Europas war, an der damals schon Frauen zugelassen waren.

Einstein war ein genialer "Feuergeist", den man auch als "Wirkkopf" sehen konnte. Seine Professoren an der Universität haben ihn daher für eine wissenschaftliche Laufbahn ungeeignet erachtet. Er wurde dann Beamter des Patentamtes in Bern und in meinem Institut in Wien hängt ein vergrößerter Ausschnitt einer Tageszeitung, in der Albert Einstein annoncierte, er gäbe Nachhilfestunden in Mathematik. In seiner Zeit im Patentamt hat er offenbar einen sehr gütigen Chef gehabt, der ihn im Jahre 1905 drei Arbeiten veröffentlichen ließ. Jede einzelne für sich hätte alleine schon die Physik revolutioniert. Eine davon war über die spezielle Relativitätstheorie. Der Grundgedanke dieser Arbeit ist der erwähnte Paradigmenwechsel. Einstein hat nämlich gesagt, die von Lorentz vorgeschlagene Verkürzung bewegter Gegenstände löst den Widerspruch nicht auf. Denn wenn die Bewegung relativ ist, dann sagt der Bahnhofsvorstand der Zug wird kürzer, und der Schaffner sagt der Bahnhof wird kürzer. Einstein fragte also, wie kann man das lösen.

Die Formeln für die Größe der Verkürzung, die sogenannte "Lorentz-Kontraktion" sind übrigens schon von Lorentz gefaßt worden. Aber erst Einstein hat sie erklärt und verstanden. Deshalb gilt Einstein als Gründer dieser Theorie.

Einstein ist behutsam vorgegangen und hat die Voraussetzungen aller Begriffe hinterfragt! Eine davon war doch: Die Materie befindet sich in Raum und Zeit völlig unabhängig davon,

ob wir sie beobachten oder nicht, wir können Messungen an ihr vornehmen. Das mag trivial erscheinen, mußte aber nun hinterfragt werden. Das Neue, der Paradigmenwechsel, besteht nun darin, daß in alle Überlegungen einbezogen wird, es macht keinen Sinn irgend etwas anzunehmen, was grundsätzlich nicht erkannt werden kann. Es ist heute wieder sehr wichtig, darauf hinzuweisen, weil es einen gewissen Zweig in der Esoterik gibt, der über Dinge redet, die man grundsätzlich nicht beobachten kann. Das ist ein Rückfall ins vorige Jahrhundert. Denn die entscheidende Beobachtung Einsteins war gerade, sich zu überlegen, was denn *grundsätzlich* beobachtbar oder meßbar ist. Nur davon kann man auch sinnvollerweise reden.

Es kann freilich sein, daß man irgend etwas gerade einmal nicht messen kann, weil etwa die Geräte nicht ausreichen; es geht aber nun um die *grundsätzliche* Meßbarkeit. Man kann etwa Längen jederzeit mittels eines Maßstabes messen. Das ist kein Problem, wenn der zu messende Gegenstand ruht. Was ist aber, wenn ich die Länge eines bewegten Gegenstandes messen will? Etwa einen Zug, der mit 100 km/h durch den Bahnhof fährt. Es genügt nicht, einen Maßstab hinzulegen, sondern ich muß auch *gleichzeitig* vorne und hinten ablesen oder ein Stricherl machen! Wenn vorne - bei der Lok - das Stricherl ein bißchen zu spät gemacht wird, dann ist der Zug länger, und wenn es ein bißerl zu früh gemacht wird, ist der Zug kürzer. Wenn das nur ein Fehler ist, kann man den Fehler ausmerzen. Aber Einstein hat gezeigt, daß es *grundsätzlich* unmöglich ist, in relativ zueinander bewegten Systemen Uhren zu synchronisieren. Die Idee, daß es den absoluten Raum gibt und die absolute Zeit quasi daneben abläuft, war zu naiv. Die Zeit ist eine ungeheuer komplizierte Sache. Es gibt keine absolute Zeit, sondern die Zeit ist ein Maß, das für jeden bewegten Beobachter anders abläuft. Deswegen ist das was am Bahnhof gleichzeitig ist, im Zug nicht gleichzeitig und umgekehrt. *Deswegen* wird die Länge eines Gegenstandes, der sich bewegt, kürzer sein, weil die Gleichzeitigkeit eine andere ist.

Wie lange ist der Maßstab nun wirklich? Diese Frage ist seit Einstein verboten! Weil für Materie nun gilt, wirklich ist das, was wir messen. Eine Wirklichkeit darüber hinaus ist nicht sinnvollerweise zu postulieren. Das war der Paradigmenwechsel, den Einstein verursacht hat. Ein Jahr später, im Jahre 1906, ist die berühmte Formel $E = mc^2$ daraus entstanden. Das ist die Einsteinsche Formel. Die Grundgleichungen der speziellen Relativitätstheorie, die sogenannte "Lorentz-Transformation", stammen nicht von Einstein, aber erst er hat sie richtig interpretiert und verstanden. Erst dieses Verständnis führte zum Paradigmenwechsel, daß es *in der Physik* nicht sinnvoll ist, *Meßgrößen* zu definieren, die grundsätzlich nicht meßbar sind. Nur das was ich messen kann, kann ich als *Physikalische Wirklichkeit* annehmen.

Allgemeine Relativitätstheorie

Der Vollständigkeit halber sei auch die Allgemeine Relativitätstheorie erwähnt, obwohl ich sie hier nur oberflächlich streifen kann.

Während Einstein mit der speziellen Relativitätstheorie den Begriff der "absoluten Zeit" eliminiert hat, tat er Ähnliches mit der Allgemeinen Relativitätstheorie bezüglich des "absoluten Raumes". (Erstere ist eine Theorie der Kinematik aller Gebiete

der Physik, letztere ist die Theorie der Gravitation, die Newton's klassische Gravitationstheorie ersetzt.) Vielleicht darf ich einen Einstein zugeschriebenen Ausspruch zitieren: Demnach hat Einstein selbst seine Allgemeine Relativitätstheorie folgendermaßen charakterisiert: Vor der Allgemeinen Relativitätstheorie glaubte man, daß der leere Raum übrig bleibt, wenn man die Materie aus der Welt entfernt; seit der Allgemeinen Relativitätstheorie wissen wir, daß mit der Materie auch Raum und Zeit verschwinden!

Quantenmechanik

Das Wesentliche des Paradigmenwechsels ist - wie gesagt - daß das *grundsätzlich* Unmessbare keinen physikalischen Wirklichkeitsanspruch als *Meßgröße* hat. Es ist dies nicht mit dem philosophischen Positivismus zu verwechseln! Hier geht es um die Konstruktionselemente der physikalischen Wirklichkeit (oder des Modells der Physik). Das wurde noch deutlicher beim zweiten großen Paradigmenwechsel. Dieser Schritt war so gewaltig, daß er nicht mehr von einem Einzelnen vollzogen werden konnte. Für die Relativitätstheorie war Einstein ja der alleinige "Vater". Die Quantenmechanik war das Werk einer ganzen Physikergeneration unter der "väterlichen" Obhut von Niels Bohr.

Ursprung und treibende Kraft dieses Paradigmenwechsels war der Widerspruch, der auftaucht, wenn wir nach den letzten Bausteinen der Materie fragen, wie wir schon erwähnt haben. Demokrit hat sie schon vor zweieinhalb Jahrtausenden "Atome" genannt, die unteilbaren letzten Teilchen der Materie. Wenn nun diese "kleinsten" Teilchen selbst noch ausgedehnt sind, dann sind sie weiter teilbar. Wenn wir sie nicht ausgedehnt, also punktförmig auffassen, dann können wir die Materie nicht mehr aus ihnen aufbauen. Denn aus punktförmigen, also ausdehnungslosen, "diskreten" Objekten kann kein Kontinuum zusammengesetzt werden.

Wir wissen freilich heute, daß die Atome nicht die letzten Bausteine der Materie darstellen; aber das soeben Gesagte gilt weiterhin, immer für die jeweils "kleinsten" Bausteine der Materie, zum Beispiel Elementarteilchen.

Physikalisch hat sich dieser Widerspruch erst geäußert, als man die Frage nach der Natur der Atome stellen konnte. Am Ende des vorigen Jahrhunderts war die Physik schön eingeteilt in die verschiedenen Gebiete, die entweder ein Kontinuum beschrieben (wie etwa die Elektrodynamik) oder mit diskreten Objekten arbeiteten (wie etwa die Mechanik der Massenpunkte). Diese beiden unterschiedlichen Gebiete der Physik benutzten verschiedene Begriffe. Die Mechanik der Massenpunkte zum Beispiel Energie und Impuls; in der Kontinuumsphysik waren die typischen Begriffe etwa Dichte, Wellenlänge, Frequenz und dergleichen. Die Experimente, die für beide Gebiete charakteristisch sind, unterscheiden zugleich ganz eindeutig diskrete und kontinuierliche Phänomene. In der Physik der Massenpunkte (oder Teilchen) sind es Stoß- und Streuexperimente, in der Physik des Kontinuums (dazu gehören Wellenphänomene) sind es Interferenz und Beugung, sowie die Bestimmung von Verteilungen (etwa einer Ladung).

Am Ende des vorigen Jahrhunderts ist diese schöne Einteilung zusammengebrochen, und zwar das erste Mal durch die Entdeckung der elektrischen Elementarladung. (Das Elektron wurde 1897 entdeckt). Denn nach der Kontinuumshypothese

kann die elektrische Ladung jeden beliebigen Wert annehmen. Mit der Entdeckung der elektrischen Elementarladung (der Ladung eines einzelnen Elektrons) ist man draufgekommen, daß das nicht stimmt. Jede elektrische Ladung, die es irgendwo gibt, ist immer ein ganzzahliges Vielfaches der Elementarladung. Das war der erste große Schritt. Die elektrische Elementarladung ist gewissermaßen ein "Atom" der Ladung, das nicht weiter geteilt werden kann, obwohl es selbst keine verschwindend kleine Größe darstellt. Damit war der Demokritsche Ansatz zwar nicht in räumlicher Hinsicht, aber doch erstmalig realisiert.

Bald darauf stellte sich die Frage, was ist das Atom. J. J. Thomson, der das Elektron entdeckt hatte, mußte sich ein Modell vom Atom machen, das einerseits die Elektronen als "Quanten" der elektrischen Ladung enthielt, andererseits aber die experimentell gesicherte Kugelgestalt der Atome wiedergab. Er stellte sich das Atom als positiv geladenes Kügelchen vor, in dem - wie in einem Rosinenkuchen (oder eigentlich Gugelhupf) - die Elektronen wie die Rosinen stecken. Man nennt dieses - heute freilich überholte - Modell daher auch das "Rosinenkuchen-Modell" des Atoms. Darin sind diskrete Elemente (Elektronen) mit kontinuierlichen (positiver Körper) schön vereint.

1911 hat Rutherford mit seinen berühmten Streuexperimenten den Atomkern entdeckt. Er ist draufgekommen, daß die Masse des Atoms (und damit auch die positive Ladung) selber quasi punktförmig im Atomkern vereint ist. Als punktförmig können wir den Atomkern bezeichnen, weil für die damalige Zeit eine weitere Auflösung aus technischen Gründen noch nicht möglich war. Damit hat man ein großes Problem gehabt, denn nun waren die notwendigen kontinuierlichen Aspekte im Atommodell verloren gegangen. In dieser verzweifelten Situation hat sich Rutherford gesagt, wenn wir punktförmige Elektronen, und für die damalige Begriffe punktförmige Atomkerne haben, dann bleibt als einzige Möglichkeit, sich ein Atom wie ein kleines Planetensystem vorzustellen, wo die Elektronen wie Planeten um den Kern kreisen. Rutherford hat aber gewußt, daß das in physikalischer Hinsicht ein Blödsinn ist. Aber als Experimentalphysiker hat er einen jungen, sehr begabten theoretischen Assistenten beauftragt, die Mängel auszumerzen. Dieser junge Mann war Niels Bohr, der zunächst mittels der Planckschen Quantenhypothese an das Problem heranging.

Max Planck hatte schon 1900 entdeckt, daß nicht nur die elektrische Ladung quantenartige Züge trägt, daß vielmehr auch die elektromagnetische Strahlung ähnlichen Prinzipien folgt. Bei Absorption und Emission von Strahlung sollte die Energie bei gegebener Wellenlänge (oder auch Frequenz) immer nur in ganzzahligen Quanten aufgenommen oder abgegeben werden. Dabei bildete der Quotient aus Energie dieser Quanten und ihrer Frequenz eine neue elementare Naturkonstante, das Plancksche Wirkungsquantum h . ($E = h \cdot f$)

Damit war erstmalig eine Querverbindung zwischen Größen der Kontinuumsphysik (Frequenz f) und der Physik diskreter Teilchen (Energiequantum E) hergestellt! Niels Bohr erweiterte solche Überlegungen durch einige ad hoc Hypothesen, um das Rutherfordsche Atommodell zu retten, aber es konnte nicht gelingen! Denn ein Atom, das so aussieht wie ein Planetensystem, ist ein völliger Unsinn und widerspricht allen experimentell gesicherten Eigenschaften des Atoms. Aber es

wird heute noch so an den Schulen unterrichtet, weil es historisch das letzte anschauliche Modell des Atoms ist.

Bei der Weiterentwicklung des Atommodells trat erneut die Frage auf, welche physikalischen Meßgrößen *grundsätzlich* zugänglich sind. Heisenberg konnte in seiner berühmten Unschärfe-Relation zeigen, daß Ort und Impuls eines Teilchens nicht gleichzeitig beliebig genau gemessen werden können und daß daher der Begriff der "Bahn" eines Teilchens im Mikrokosmos unphysikalisch wird. So wie beim Paradigmenwechsel zur Relativitätstheorie mußte also auch hier auf lieb gewordene Begriffe wie "Bahn" eines Teilchens verzichtet werden. Aber die Entfernung von klassischen Vorstellungen ging nun noch viel weiter! In konsequenter Verfolgung der Atomvorstellungen mußte schließlich angenommen werden, daß nicht von Eigenschaften der Teilchen gesprochen werden darf, wenn diese nicht gemessen werden. Damit ging der alte Begriff einer vom Beobachter unabhängig vorhandenen "Realität" verloren. Es hat sich weiters herausgestellt, daß die beiden Aspekte "Welle" und "Teilchen" (oder Kontinuum und diskreter Massenpunkt) nicht im Entweder-oder-Verhältnis stehen, sondern daß auf allen Gebieten der Mikrophysik, die man damals kannte, beide zutrafen. Auch was man als Teilchen gekannt hat, dem konnte man eine Wellenlänge und eine Frequenz zuordnen und auch was man einmal als Welle gekannt hat, dem konnte man lokalisiert Impuls und Energie zuordnen, wobei die Energie nicht wie bei klassischen Wellen dem Quadrat der Amplitude, sondern der Frequenz proportional ist. Das heißt, diese beiden Bilder sind völlig ineinander geflossen.

Wolfgang Pauli, einer der großen österreichischen Nobelpreisträger, hat auf die Frage: "Wie sieht ein Elektron aus?", einfach geantwortet: "Ein Elektron sieht nicht aus!" Er meinte damit, diese Frage darf ich gar nicht stellen.

Jetzt hat sich also herausgestellt, daß die Bausteine der Materie und alles, was wir im Mikrokosmos vorfinden, sowohl diskrete als auch kontinuierliche Eigenschaften haben. Nun gibt es aber physikalisch eine eindeutige Möglichkeit herauszufinden, was Teilchen und was Welle ist. Ich mache mit einem Objekt ein Interferenzexperiment und wenn ich Interferenzen beobachte, dann ist es ein kontinuierliches Objekt (eine Welle). Ich kann ebenso die Frage stellen, ob es sich bei einem physikalischen Objekt um ein Teilchenphänomen handelt, und zwar durch Stoß- oder Streuexperimente. Nun ist diskret und kontinuierlich in der Logik im Entweder-Oder Bereich. Etwas ist entweder diskret oder kontinuierlich. Es ist entweder ein Teilchen, oder eine Welle. Logisch gibt es keine andere Möglichkeit. Aber das Experiment sagt in beiden Fällen "ja". Man hat die unglaublichsten Experimente ersonnen und doch entschied die Natur immer für beides. Unsere Logik reicht also nicht aus, um die Materie in Raum und Zeit zu beschreiben, so kann man das sagen. Das war freilich eine Verabschiedung, die noch viel dramatischer war, als jene, die Einstein durch seine Relativitätstheorie ausgelöst hat. Sie hat alles aufgelöst, was man bisher für unantastbar gehalten hat. Max Planck, Albert Einstein, Louis de Broglie, Walter Nernst und Erwin Schrödinger haben zu dieser Entwicklung je einen wesentlichen Schritt beigetragen und dafür einen Nobelpreis bekommen. Alle fünf haben sich aber später von dieser Entwicklung distanziert! Schrödinger hat in Graz bei der Antrittsvorlesung gesagt, "die Wahrheit

liegt nicht in der Mitte", man muß sich für eine Seite, also Teilchen oder Welle, entscheiden!

Wolfgang Pauli beschreibt Einsteins Haltung so: *"Einstein sagte oft 'in der Tiefe ist es falsch, wenn auch empirisch und logisch richtig'. Ein Denken in Gegensatzpaaren, anschauliche Bilder, die von der Wahl der Versuchsanordnung abhängen, primäre Wahrscheinlichkeiten, das konnte Einstein nicht akzeptieren.... 'Physik ist doch die Beschreibung des Wirklichen', sagt er zu mir und fuhr mit einem sarkastischen Blick auf mich fort: 'oder soll ich vielleicht sagen, Physik ist die Beschreibung dessen, was man sich bloß einbildet?' Diese Frage zeigt deutlich Einsteins Besorgnis, daß durch eine Theorie vom Typus der Quantenmechanik der objektive Charakter der Physik verlorengehen könnte, indem durch deren weitere Fassung der Objektivität einer Naturerklärung der Unterschied der physikalischen Wirklichkeit von Traum oder Halluzination verschwommen werden könnte."*[1]

Das sind wahrlich Urängste, das sind Ich-Auflösungs-Ängste, wenn Wirklichkeit und Traum ineinander fließen. Wir haben eine physikalische Theorie gewonnen, die uns erlaubt, die Materie in einer Weise zu verstehen, die vorher völlig ungeahnt war! Wir können verstehen, wie Physik und Chemie zusammengehören. Wir können Fernseher, Computer, Handy und all die technischen Sachen entwickeln, aber Einstein hatte Angst, daß der Unterschied zwischen Traum und Halluzination einerseits und der Wirklichkeit auf der anderen Seite verschwindet. Auch in einem Brief an Schrödinger hat er gesagt: "Du bist neben Laue der einzige der sieht, daß man um die Setzung der Wirklichkeit nicht herumkommen kann, wenn man ehrlich ist. Die meisten sehen gar nicht, was für ein gewagtes Spiel sie mit der Wirklichkeit treiben."

Die Konsequenzen

Ich muß zum letzten Teil kommen, zur Konsequenz. Die besprochenen physikalischen Theorien haben uns Möglichkeiten eröffnet, die Materie in einer Weise zu beherrschen, die vorher nicht einmal erahnt werden konnte. Alle die Geräte, die wir heute wie selbstverständlich gebrauchen, sind in der einen oder anderen Weise Erfüllungen von alten Träumen der Menschheit (Fliegen, Allgegenwart durch Fernsehen, Telekommunikation und dergleichen!). Und die dazu notwendigen technischen Elemente wie Transistoren, Datenspeicher und dergleichen, würden wir nicht verstehen, wenn wir sie nicht mittels der Quantenmechanik beschreiben könnten.

Nach meiner Einschätzung wird die nächste große Revolution im Informationswesen darin bestehen, daß man Computer nicht nur hinsichtlich ihrer Bauelemente auf die Quantenmechanik zurückführt, sondern daß man sie auch hinsichtlich ihrer Logik quantenmechanisch ausstattet, die dann Dinge können, die nach unserer klassischen Logik völlig unmöglich sind, wie z.B. in ein und demselben Bauelement mehrere Rechnungen gleichzeitig auszuführen. So großartig die Paradigmenwechsel auch sind, wir wissen heute, daß viele Hoffnungen, aber auch Befürchtungen, überzogen waren. Die Ängste Einsteins waren nicht begründet, wir können zwischen Traum und Halluzination und der Wirklichkeit auch nach der Quantenmechanik unterscheiden. Aber auch die Hoffnungen, die viele großen Physiker der damaligen Zeit gehabt haben, daß wir nun eine mathematische Theorie haben, die letzten

Endes auch nicht-materielle Aspekte des Menschen beschreiben wird, haben sich nicht erfüllt. Heisenberg ist ja soweit gegangen, daß er gemeint hat, vielleicht könnte man bis hin zur Religion mathematische Erklärungen finden, wo man doch komplementäre Aspekte mittels der Quantenmechanik erfassen konnte. Das alles waren überzogene Vorstellungen.

Trotzdem gibt es immer wieder Hoffnungen, die wegen dieser großartigen Leistungen darauf setzen, daß wir eines Tages alle menschlichen Probleme mit Hilfe naturwissenschaftlicher Methoden lösen werden. Was ich jetzt sage, ist meine persönliche Einschätzung der Situation, Sie können auch anderer Meinung sein. Ich halte dafür, daß es in der heutigen Situation zwei große Fehler gibt, vor denen wir uns beim Gang in eine neue Zeit hüten sollten. Der eine Fehler ist der, daß man sagt die naturwissenschaftliche Methode ist so großartig, daß das, was wir mit ihr nicht erfassen können, einfach weniger wichtig, weniger bedeutsam, weniger "real" sei. Der zweite Fehler ist der, daß man sagt, die naturwissenschaftliche Methode ist so großartig, daß sie alles, was für den Menschen wichtig ist, erfassen muß, also auch geistige und seelische Phänomene, und zwar mit Hilfe derselben Methode mit der wir die Materie erfassen.

Um das ein bißchen deutlicher zu machen, möchte ich Ihnen aus meiner Sicht die sechs Voraussetzungen des naturwissenschaftlichen Denkrahmens zusammenstellen und überlegen, was damit erfaßt werden kann. Naturwissenschaftliches Denken gründet auf Logik und Experiment. Die Logik fordert von uns Eindeutigkeit der Begriffe und Widerspruchsfreiheit der Aussagen und außerdem (seit dem 17. Jh.), nur kausale Begründungen zuzulassen. Jede Wissenschaft, die sich als Naturwissenschaft versteht, muß sich dem unterwerfen, also dürfen wir in der Biologie nicht sagen, die Insekten haben Flügel, damit sie fliegen können, denn das wäre eine finale Begründung. Kepler hat noch die Gesetze der Planeten final begründet: Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, weil Gott in ihnen die Harmonie der Welt ausdrücken wollte. Darum ist nicht Kepler, sondern Galilei der Urheber der modernen Naturwissenschaft.

Die zweite Wurzel ist das Experiment, wie Galilei es definiert hat. Es ist bestimmt durch die Forderungen nach Reproduzierbarkeit, Quantität (messen!) und Analyse. Die Methode funktioniert freilich nicht für die Welt, in der wir leben. (Das ist auch ein Grund, warum es so schwer ist, Physik zu unterrichten.) Physik ist nämlich keine Erfahrungswissenschaft, sondern eine experimentelle Wissenschaft und dieser Unterschied kann nicht deutlich genug gemacht werden. Der Satz des Galilei "Alle Körper fallen gleich schnell" ist nirgends in unserer Erfahrung zu bestätigen. Wenn Sie spazieren gehen, werden Sie feststellen, Kastanien fallen schnell, Blätter fallen langsam und Rauch steigt auf, so wie es Aristoteles als Fallgesetz formuliert hat. Galilei sagt, unsere Welt ist zu kompliziert, um einfache Naturgesetze zu finden. Daher muß sie zunächst vereinfacht werden, im genannten Fall muß der Luftwiderstand weggedacht werden; dies ist die Forderung der Analyse.

Kurz gesagt, die moderne Naturwissenschaft beruht auf der Erkenntnis, daß es genügt, vereinfachte Modelle unserer Welt zu beschreiben und trotzdem Aussagen über die Welt, in der wir leben, daraus ableiten zu können. Die sechs Forderungen nenne ich den Denkrahen der Neuzeit:

Eindeutigkeit
Widerspruchsfreiheit
Kausale Begründung
Reproduzierbarkeit
Quantifikation
Analyse

Der Denkrahen der Neuzeit ist einerseits großartig, weil er einfach und flexibel ist und auf alle Probleme Antworten erlaubt. Aber zugleich beschreibt er nur Materie in Raum und Zeit. Das was den Menschen erst zum Menschen macht, wird dabei nicht erfaßt! Was ist denn das Gegenteil von Eindeutigkeit? Mehrdeutigkeit? Ambivalenz? Vielleicht offen, bunt? Jedenfalls *Qualitäten*, die zum Menschen wesentlich dazugehören.

Das Gegenteil von Widerspruchsfreiheit ist Leben im Sinne der Philosophie. Hegel sagt, etwas ist lebendig, nur insofern es den Widerspruch in sich enthält. (Und die *Kraft des Lebendigen* sei es, den Widerspruch in sich zu fassen und auszuhalten!) Im Sinne der Biologie ist Leben *Überleben*, im Sinne des Menschen heißt leben *in der Fülle der Zeit sein*.

Die Reproduzierbarkeit schließt das Einmalige aus. Kant hat schon so schön gesagt, die Würde des Menschen liegt in seiner Einmaligkeit, in seiner Unauswechselbarkeit. Im Bereich des Menschen hat alles entweder einen Preis oder eine Würde. Das was ersetzbar ist, hat einen Preis, das was in stiller Einmaligkeit nicht ersetzbar ist, hat Würde. Ich mache das als irdischer Naturwissenschaftler deutlich mit dem Begriffspaar Sexualität und Liebe. In der Sexualität ist der Partner auswechselbar, aber die Liebe, die den Partner meint, hat im selben Geschehen Würde.

Quantität ist nicht Qualität. Im Bereich des Menschen ist aber Qualität das wichtigere.

Es ist mit der Quantenmechanik ein einziges Mal gelungen, die Widerspruchsfreiheit etwas zu erweitern, durch die Komplementarität zum Dualismus. Darauf gründete ja die besprochene Hoffnung, daß wir damit auch den menschlichen Bereich, den Bereich des Nicht-Materiellen, naturwissenschaftlich erfassen können. Und im Umkehrschluß: daß wir alles nicht so Erfaßbare ableugnen dürfen. Ich sage das mit einer gewissen Vehemenz, weil es mir nicht um theoretische Überlegungen geht, sondern um das praktische Verhalten der Menschen.

Ich bin häufig zu Vorträgen in der Ganzheitsmedizin eingeladen, da geht es genau um diese Probleme[2]. Heute wird zum Beispiel die Homöopathie ausgegrenzt, nur weil sie keine kausale Begründbarkeit nachweisen kann. Ob sie Menschen helfen kann, ist dann bereits eine sekundäre Frage! Der offizielle Gesundheitsbegriff wird streng im Denkrahen der Neuzeit gefaßt, er folgt den Axiomen naturwissenschaftlichen Denkens. Aber auch die WHO, die Weltgesundheitsorganisation definiert Gesundheit nicht als Abwesenheit von Störungen, sondern als ein gesamtes Wohlbefinden sozialer und psychischer Natur in unserer Gesellschaft.

Zwei Bereiche menschlicher Existenz

Der Denkrahen der Neuzeit zieht also eine Grenze zwischen zwei Bereichen. Innerhalb des Rahmens liegt alles, was sich mittels der naturwissenschaftlichen Methode erfassen läßt.

Nun dürfen wir aber nicht einfach sagen, außerhalb sei alles andere, denn es gibt ja die Behauptung, außerhalb sei Nichts! Sie beruht auf der richtigen Erkenntnis, daß Alles auch eine Komponente hat, die materiell ist oder zumindest durch die naturwissenschaftliche Methode erfaßt werden kann. Die Frage ist nur, ob diese Beschreibung - wie im Falle der Ganzheitsmedizin - für ein gegebenes Problem die beste ist!

Wenn Sie diese beiden Bereiche genauer betrachten, können Sie ihnen verschiedene Begriffspaare zuordnen. Sehr wichtig ist das Paar Sorgfalt und Verantwortung. Im Bereich des Denkrahmens gibt es Sorgfaltspflicht, dort liegen Regeln und Normen vor (z.B. Naturgesetze), die Voraussagen über den Ausgang von Handlungen gestatten. Da müssen Sie sorgfältig trachten, keinen Fehler zu machen. Verantwortung dürfen Sie nur dann übernehmen, wenn es nicht möglich ist, über Naturgesetze oder Experten herauszufinden, was die richtige Entscheidung ist. Nur wenn das nicht möglich ist, dürfen Sie Verantwortung übernehmen. Ansonsten müssen Sie Sorgfalt walten lassen!

Wir können diese beiden Bereiche auch (mit Kant) als Bereiche der *Heteronomie* (Naturnotwendigkeit und anerkannte Ordnung) und der *Autonomie* (Freiheit) bezeichnen. Im Bereich der Naturnotwendigkeit sind wir fremdbestimmt. Dort gelten die Naturgesetze. Im Bereich der Freiheit sind wir selbstbestimmt. Dort müssen wir selbst Entscheidungen treffen. Da dürfen Sie die Verantwortung nicht an Experten delegieren.

Nun gibt es zwei Merksätze:

Selbstbestimmung im Bereich der Naturnotwendigkeit ist dumm!

Beispiel: Wenn man auf der Autobahn mit 130 km/h fährt und es leuchtet ein Warnlämpchen auf, und man sagt sich: ich bin ein freier selbstbestimmter Mensch, ich ignoriere es, dann ist das schlicht dumm.

Fremdbestimmung im Bereich der Freiheit ist feige!

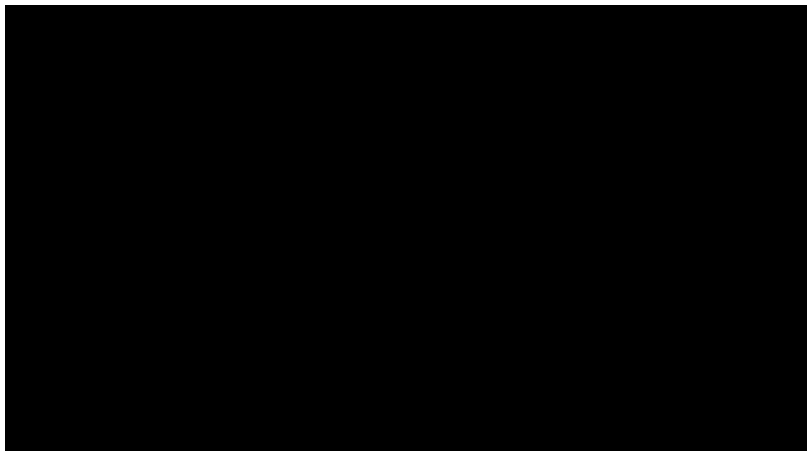
Freiheit ist nicht nur das, was manchmal in akademischen Diskussionen darunter verstanden wird (daß ich in Handlungen freie Entscheidung habe). Freiheit ist etwas viel höheres. Wenn Sie in einer guten Zweierbeziehung leben, und es tritt ein dritter Mensch in dieses Leben, dann *müssen* Sie eine Entscheidung fällen, die alle drei Menschen betreffen wird. Diese Entscheidung müssen Sie selbst treffen, auch wenn Sie sich mit anderen beraten. Wenn Sie die Entscheidung delegieren, dann entschlagen Sie sich aus Ängstlichkeit Ihrer Verantwortung.

Also Selbstbestimmung im Bereich der Naturnotwendigkeit ist dumm und Fremdbestimmung im Bereich der Freiheit ist feig, aber das Problem ist nun, die Grenze zwischen den Bereichen zu erkennen.

Unser Weg durchs Leben ist eine Gratwanderung zwischen den Bereichen und das macht das Salz und die Würde im Leben aus. Die Möglichkeit des Scheiterns ist Voraussetzung dafür, daß das Leben auch glücken kann! Wenn wir uns immer nur zurückziehen auf die äußeren Gesetze, dann verhindern wir vielleicht, daß unser Leben scheitert, aber es kann dann auch nicht glücken, denn ein erfülltes Leben setzt das Risiko des Versagens voraus. Damit möchte ich schließen.

Anmerkungen

- [1] Wolfgang Pauli: *Physik und Erkenntnistheorie*, Vieweg Verlag, Braunschweig 1984, p. 89
weitere Zitate siehe Herbert Pietschmann: *Phänomenologie der Naturwissenschaft*, Springer Verlag, Berlin 1996, Kap. 7.2.5
- [2] Herbert Pietschmann: *Zum Voraussetzungsproblem der Komplementärmedizin*, *Forschende Komplementärmedizin* 2 (1995) 72-77



Für Nobelpreisträger Robert B. Laughlin war nicht jedes Seminar spannend genug.

PING - Naturwissenschaften koordiniert unterrichten

Ilse Bartosch, Doris Elster

Bericht über das Pilotprojekt

Entwicklung eines Modells für handlungsorientierten fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule der 10 - 14-jährigen

Konzept und bisherige Erfahrungen

Anforderungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht in einer Schule, die sich ihres Erziehungsauftrages neu besinnt

Die Gedankengänge, die Anlass waren, die Aufgabe von Schule aber vor allem von Physikunterricht zu überdenken und neue Wege zu suchen, werden durch ein Zitat aus Hartmut v. Hentigs Buch *Die Schule neu denken* treffend charakterisiert:

"Die Schule stellt die größte gesellschaftliche Veranstaltung unserer Kultur dar. Sie beansprucht die lernfähigsten und vitalsten Jahre im Leben des Menschen. Sie verbraucht oft - schließt man Studium und Ausbildung mit ein - zwanzig Jahre, die Hälfte der dann folgenden 40 Berufsjahre; sie frißt nicht die Kinder wohl aber die Kindheit und Jugend. Sie entläßt die jungen Menschen kenntnisreich, aber erfahrungsarm, erwartungsvoll, aber orientierungslos, ungebunden, aber auch unselbständig - und einen erschreckend hohen Anteil unter ihnen ohne jede Beziehung zum Gemeinwesen, entfremdet und feindlich bis zur Barbarei."

Aufwand und Erfolg stehen in krassem Gegensatz zueinander in der Schule im Allgemeinen und, wie es, im Physik-Unterricht noch viel mehr.

Was Physikunterricht gut gelingt, ist die Förderung künftiger Spezialisten - die Ergebnisse der Physik-Olympiaden beweisen es. Diesen wenigen steht jedoch ein Heer von naturwissenschaftlich nahezu ungebildeten Laien gegenüber, die Physikunterricht vor allem einschüchtert. Schülerinnen sind meist zur Gänze in der zweiten Gruppe zu finden.

In einer Schule, die sich ihres Erziehungsauftrages neu besinnt, sollte ein veränderter naturwissenschaftlicher Unterricht

- Schülerinnen und Schüler vor allem zur Wahrnehmung der Welt, in der sie leben, anleiten;
- zu aktiver Auseinandersetzung statt Belehrung führen;
- Schüler und Schülerinnen zu Selbstbestimmung, zu sachlichem Urteil und begründetem Handeln befähigen;
- Kooperation und "learning by doing" zu wesentlichen Elementen des Unterricht machen;
- die Wirklichkeit und zwar vor allem jene Wirklichkeit, die für die SchülerInnen und ihre konkreten Lebensumstände

von Bedeutung ist, sollte aus erster Hand und ganzheitlich erfahren lassen.

Entstehung des Pilotprojekts

Vor zwei Jahren, hielt Dr. Mie (IPN Kiel) im Rahmen der Fortbildungswoche einen Vortrag und einen Workshop zum PING-Konzept. Dieses ganzheitliche, fächerübergreifende Konzept, das bei der Erlebniswelt der Kinder ansetzt, schien vielen der Forderungen an einen veränderten naturwissenschaftlichen Unterricht gerecht zu werden. Es war Anlass für die Entstehung des Pilotprojekts (Abb. 1).

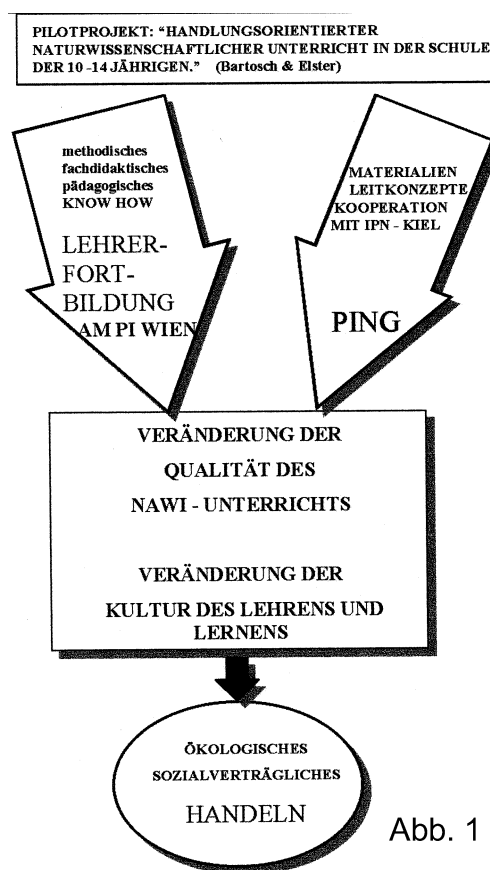


Abb. 1

Im April 1997 fand ein vom IFF und PI Wien organisiertes Einführungsseminar in Carnuntum statt, das von Dr. Mie und Dieter Zielinski, einem PING-erfahrenen Lehrer aus Schleswig-Holstein, gestaltet wurde. Im Anschluß daran entstand eine PING- Kerngruppe in Österreich. Sie besteht aus 14 Lehrkräften von 7 Schulen verschiedener Schultypen in Wien und Niederösterreich. Basis für die gemeinsame Arbeit sind die Vorgaben des Lehrplan 99.

Das Ziel der Gruppe ist es, den Lehrplan in einem fächerübergreifenden Unterricht auf der Basis des PING-Konzepts zu

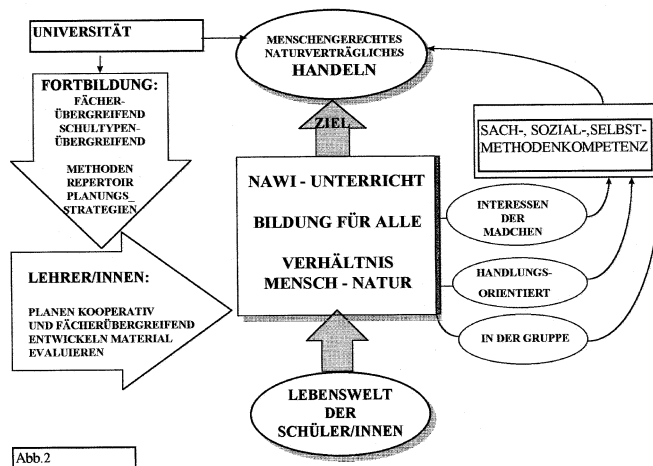
konkretisieren und so die Qualität von naturwissenschaftlichen Unterricht zu verändern.

Das PING-Konzept

Das PING-Konzept wurde 1989 von R. Lauterbach und Mitarbeitern am IPN Kiel mit dem Ziel initiiert, *"junge Menschen zu befähigen, kompetenter und verantwortlicher mit Natur, Kultur und Technik, mit anderen Menschen und mit sich selbst umzugehen."*

Es verspricht einen Unterricht, *"der so farbig lebendig und anregend ist, wie die Natur selbst"*

PING ist ein Unterrichtskonzept für die Unterstufe (Abb. 2):



Es geht von der Lebenswelt der Schüler aus und strebt eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle an, weil verantwortliches Handeln als mündiger Bürger in einer demokratischen Gesellschaft nur dann möglich ist, wenn sachlich begründetes Urteil vorausgeht. Verantwortliches Handeln bedeutet, dass mein Handeln ökologisch und sozial verträglich sein muss.

Dass Wissen allein nicht zu Handlungskompetenz führt, zeigen viele Untersuchungen. Es bedarf der Möglichkeit, Handeln in Situationen zu erproben, die für die Lebenswelt der Schüler von Bedeutung sind. Inhalte, die für die Institution Schule oder die Fachsystematik von Bedeutung sind, decken sich jedoch selten mit der lebensweltlichen Realität.

Daraus ergeben sich zunächst drei Forderungen an den Unterricht:

1. Der Unterricht muss fächerübergreifend organisiert sein, da die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler keine Fachgrenzen kennt.
2. Die von W. Klafki definierten Schlüsselprobleme unserer Gesellschaft: *"die Friedensfrage, die Umweltfrage, die gesellschaftlich produzierte Ungleichheit, die technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien, die ICH-DU-Beziehung"* können nur durch gemeinsame, solidarische, menschengerechte und naturverträgliche Anstrengungen gelöst werden. Daher muss die *Arbeit in der Gruppe* einen zentralen Stellenwert im Unterricht einnehmen.
3. Die Ergebnisse der *Interessensforschung bei Buben und Mädchen* müssen berücksichtigt werden.

Lehrerfortbildung

Das Konzept soll jedoch vor allem auch begründetes didaktisches Handeln bei den Lehrkräften erreichen. Dazu bedarf es Klarheit über die *Ziele und Planungskompetenz*, sowie zur Umsetzung ein reiches *Methodenrepertoire*. Dies erfordert eine entsprechendes Fortbildungskonzept und geeignete Rahmenbedingungen, was vom PI Wien ermöglicht wird.

Zu Beginn jedes Semesters nehmen die Lehrkräfte an einem Auffrischungsseminar teil, das von einem erfahrenen PING-Lehrer aus Schleswig-Holstein und den beiden Koordinatorinnen des Projekts gestaltet wird. Dabei wird ein Unterrichtsthema kooperativ geplant, das unmittelbar danach im Unterricht bearbeitet wird und Aspekte des konzeptuellen Hintergrundes beleuchtet. Die Teilnehmer treffen einander einmal monatlich, um ihre Erfahrungen auszutauschen, die Lehrplanumsetzung zu diskutieren und adäquate Formen der Leistungsbeurteilung zu entwickeln. Zusätzlich wird unterrichtsmethodisches Know How, wie z.B. Offenes Lernen, geschlechtssensibler Unterricht, Planung und Begleitung von Gruppenarbeit vermittelt. Unterrichtsbeobachtungen ergänzen diese regelmäßigen, begleitenden Treffen.

Zwischen den Projektleiterinnen und den Fachdidaktikern der Universitäten (Gruppe Kühnelt, Hödl) gibt es regelmäßige Arbeitsgespräche, in denen Arbeit der Kerngruppe und Konzept reflektiert werden.

Wissenschaft oder Welt - Was kommt zuerst?

Didaktisch unternimmt PING den Versuch, die beiden gegensätzlichen Welten

- des disziplinierten Ansatzes
 - und des lebensweltlichen Ansatzes
- zusammenzuführen.

Im Gegensatz zu einem nach Fächern differenzierten naturwissenschaftlichen Unterricht, der sich aus disziplinären Kernbereichen von Fachinhalten und deren Abfolge legitimiert, geht der ganzheitliche PING-Ansatz von einem direkten Bezug zu Leben und Umwelt der Lernenden aus und nutzt diese Beispiele für allgemeine Fragestellungen und Bildungsintentionen. Beide Ansätze stehen in Gefahr, die Lebenswelt und Umwelt der Schülerinnen und Schüler und die im Unterricht behandelten Kernbestände der Fachwissenschaften als zwei getrennte Welten nebeneinander stehen zu lassen.

Die Integration und Differenzierung dieser "Welten" erfolgt im PING- Unterricht durch einen Handlungsansatz: Das in der Auseinandersetzung mit der Natur erworbene sach- und disziplinierte Wissen soll im handelnden und erkennenden Subjekt wieder zusammengefügt und genutzt werden.

Eine besonders starke Integration ist dann möglich, wenn sich der Unterricht an einer konkret zu lösenden Aufgabe bzw. einem Problem orientiert (z.B. Rahmenthema: "Ich und das Wasser" - Einrichten eines Aquariums oder Anlage eines Teiches)

Stufenthemen

Die Art und Weise der Naturbegegnung wird vom Entwicklungsstand der Schüler geprägt.

In der 5. und 6. Schulstufe heißt das Stufenthema daher:
ICH erlebe und erfahre Natur, benutze und beschreibe sie.
 Gegenstand ist der Nahbereich der SchülerInnen.

In der 7. und 8. Schulstufe:

WIR begegnen der Natur, verändern und bearbeiten sie und interpretieren sie.

Gemeinsam erforschen die Schülerinnen und Schüler ihre Umwelt.

In der 9. und 10. Schulstufe: heißt das Stufenthema:

NATUR entwickelt sich und wird von Menschen mitgestaltet und auf verschiedene Art erklärt.

Globales verantwortliches Denken und Handeln gegenüber der Gesellschaft wird thematisiert.

Für die 5. und 6. Schulstufe soll gezeigt werden, wie dieser vielschichtige Ansatz konkretisiert wird. Im Zentrum der Auseinandersetzung mit der Natur stehen jene Dinge und Erscheinungen der Natur, die unmittelbare Existenzbedingungen für uns Menschen und andere Lebewesen sind - Wasser, Luft, Boden, Sonne, Pflanzen, Tiere. Die Themen heißen:

Ich und andere Menschen	Ich und die Tiere	Ich und die Pflanzen	Ich und das Wasser
Ich und der Boden	Ich und die Luft	Ich und die Sonne	*Ich bewege mich auf andere Menschen zu.

*In Österreich statt "Ich und Maschinen" um dem Lehrplan 99 zu entsprechen

In der Auseinandersetzung mit diesen Themen wird ein erstes Verständnis der abstrakten Begriffe Stoff, Energie, Leben gewonnen.

Leitkonzepte

Die naturwissenschaftlichen Grundprinzipien, die sich wie ein roter Faden durch die lebensweltlich relevanten Rahmenthemen ziehen, sind Stoff, Energie und Leben.

1. Das Stoffkonzept

Die Dinge, denen wir in der Welt begegnen, wie Wasser, Boden, Luft und Pflanzen bestehen aus verschiedenen Stoffen, die bestimmte Eigenschaften haben (z.B. Dichte, Härte, Farbe, Schmelz- und Siedepunkt, ...). Eine erste Begriffsbestimmung auf dieser Stufe (5/6) ist damit möglich:

Stoff ist das, woraus die Dinge sind.

Stoffe können sich verändern oder bewußt verändert werden z.B. beim Verbrennen oder bei der Zubereitung von Speisen.

Wasser, Boden, Luft, Pflanzen und tierische Stoffe sind keine Reinstoffe, sondern komplizierte Stoffgemische, die sich durch Trennverfahren in Reinstoffe zerlegen lassen. Um Stoffgemische zu trennen, verlangt es viel Wissen über die Eigenschaften von Stoffen und zum Teil große technische Anstrengungen.

Stoffe können sich jedoch auch verändern, sie können rosten, sich zersetzen oder auflösen. Manchmal will man Stoffveränderungen gezielt erreichen, wie z.B. beim Verbrennen, bei der Zubereitung von Speisen oder bei der Herstellung von Baustoffen. Wissenschaftliche und technische Fragestellungen drängen sich auf: Welche Eigenschaften eignen sich zur Charakterisierung von Stoffen? Wie gelingt es, Stoffe nachzuwei-

sen? Was geschieht "eigentlich" bei Stoffveränderungen? Gibt es allgemeine Regeln, mit deren Hilfe die Veränderungen beschrieben werden können? Wissenschaftliche Interpretationen und Modelle beginnen so im Lauf der 3. Klasse aber vor allem in der 4. Klasse ins Zentrum des Unterrichts zu rücken.

2. Das Energiekonzept

Energie ist ein Begriff, der jedem 11-jährigen aus dem Alltag geläufig ist. Die Schüler kennen verschiedene Energieformen, wie die Sonnenenergie oder die elektrische Energie, die Wärme und Bewegung ermöglicht.

Im Rahmen des Themas "Ich und die Sonne" wird der Energiebegriff das erste Mal im Unterricht diskutiert. Die Schüler erleben im Alltag, dass die Sonnenenergie Licht und Wärme für das Leben auf der Erde bedeutet. Im Unterricht stellen sie eine "Sonnenturbine" her und erfahren dabei, dass Luft, die mit Hilfe der Sonnenenergie erwärmt wird, ein Flügelrad in Bewegung setzen kann. Eine erste Begriffsbestimmung auf dieser Stufe ist somit:

Energie ist die Fähigkeit, Dinge zu bewegen und zu erwärmen.*)

Die Bewegung der Lufthülle der Erde und der Wasserkreislauf können nun unter dem Energieaspekt neu thematisiert werden. Die Schüler untersuchen auch die Wirkung der Sonnenenergie auf das Wachstum von Pflanzen und entdecken, dass Pflanzen mit Hilfe der Energie von der Sonne aus den Nährstoffen, die sie aus dem Boden aufnehmen, und aus Wasser Energieträger wie Stärke und Fett erzeugen. Sie finden heraus, dass man mit Hilfe von Solarzellen Sonnenenergie direkt in elektrische Energie umwandeln kann. Aus dem Alltag wissen sie, dass elektrische Energie ein "Universalkünstler" ist. Sie kann in Wärme, Bewegung und Licht umgewandelt werden.

Die Vorstellung von Energie wird so reicher und in verschiedenen Bereichen anwendbar. Die Schüler erkennen z.B. auch, dass sich alle Lebewesen durch einen Energiestoffwechsel auszeichnen.

Im Rahmen des Themas "Ich bewege mich auf andere Menschen zu" wird der physikalische Arbeitsbegriff ausgeschärft, denn bei der Fortbewegung geht es in erster Linie darum, permanent Arbeit gegen die Reibungskräfte zu verrichten.

In der 3. Klasse wird in den Einheiten "Wir bauen und wohnen" und "Wir ernähren uns" der Unterschied zwischen Speicher- und Transportformen von Energie thematisiert. Im Rahmen des Themas "Wir benützen Maschinen" geht es um den "Universalkünstler" elektrische Energie und wie es technisch gelingt, elektrische Energie in Bewegung umzuwandeln. Die Grenzen der Reversibilität werden erlebt.

Ende der 4. Klasse wird die Funktionsweise verschiedener Kraftwerke thematisiert. Die Schüler lernen eine neue Energieform, die Kernenergie kennen; das Energiekonzept wird durch die Begriffe Energieerhaltung und Energieentwertung vervollständigt. Die gesellschaftliche Bedeutung von Energieversorgungssystemen wird thematisiert, umweltgerechte Formen der Bereitstellung von Nutzenergien werden diskutiert

*Für weitere Ausführungen sei auch auf den Artikel "Das Energiekonzept im naturwissenschaftlichen Unterricht" von K. Mie verwiesen, der in PLUS LUCIS 1/96 abgedruckt ist.

und der sozial verträgliche Einsatz der verschiedenen Energieformen wird gemeinsam mit den SchülerInnen überlegt

3. Das Konzept des Lebendigen

Aus den Erlebnissen und Erfahrungen im Umgang mit Lebewesen können SchülerInnen und Schüler Charakteristika von Lebewesen benennen. Lebewesen haben einen Stoffwechsel, sie können sich aktiv bewegen und auf Reize gezielt reagieren. Eine entsprechende erste Begriffsklärung ist damit:

Leben zeigt sich in spezifischen Lebensvorgängen.

Die Kinder zeigen in diesem Alter großes Interesse am eigenen Körper. Durch körperbezogene Erfahrungen können sie ihren Organismus als Grundlage ihres Seins erleben und erfahren. Im Zentrum stehen dabei die Raumstruktur (Anatomie) sowie Prozesse (z.B. Atmung, Ernährung, Sexualität), die von außen wahrnehmbar sind.

Winkel spricht vom Alter der realen Zuwendung zur Welt und vom "Robinsonalter" (1. und 2. Klasse). Typisch ist die soziale Organisation in geschlechtsspezifischen Spielrudeln. Umweltaktionsgruppen, die die Pflegebedürftigkeit der Natur (z.B. Bäume pflanzen) und das Eingreifen in den "Wettkampf ums Überleben" zum Thema haben, sollen ins Leben gerufen werden. Schulgartenarbeit und das Einrichten eines Aquariums (am besten für Tiere der Heimat) sollte Pflichterfahrung in dieser Altersstufe sein.

Die anschließende Altersstufe (3. und 4. Klasse) bezeichnet Winkel als das Alter des Konflikts mit sich und der Umwelt. Die bewußte und betonte Gestaltung des Verhältnisses zum eigenen Körper dient der Selbstgewisserung in dieser orientierungsschwierigen Zeit.

Im Unterricht sollen alle jene Aktivitäten berücksichtigt werden, die auf Pflege, Gestaltung und Nutzung des Körpers, auf den Erwerb der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit und des Bewegungsrepertoires gerichtet sind.

Die Natur- und Umwelterziehung sollte jetzt eine Phase durchlaufen, in der konkrete, handwerkliche, sozialbezogene, selbstbestimmte Projekte wie nebenbei das nötige Wissen abwerfen. Das ist z.B. durch das Anlegen kleiner Biotope im Schulgelände (Feuchtbiotop, Wiese, Mauer, Gewürzbeet) zu erreichen (Zielinski).

Ausgehend von ersten, auf dem bewusst gemachten Alltagswissen basierenden Begriffsbestimmungen werden also die Konzepte Stoff, Energie und Leben im Verlauf des weiteren Unterrichts - handelnd - in der Auseinandersetzung mit der Lebenswelt immer weiter ausdifferenziert bis zu den umfassenden abstrakten Begriffen der jeweiligen Fachdisziplin.

Anregungsbögen und Themenlandkarten

Um die LehrerInnen in ihrer Arbeit zu unterstützen, wurden zu den Rahmenthemen Unterrichtsmaterialien (PING-Anregungsbögen, s. Abb. 3) entwickelt. Sie helfen bei der Planung

Typischer Aufbau eines Anregungsbogen

Ich und das Wasser

Natur des Wassers

Ich spüre Wasser auf
Draußen ist es kalt. Du steigst ins Auto und guckst aus dem Fenster. Doch nach einiger Zeit kannst Du nichts mehr sehen, weil die Scheiben beschlagen sind. Auch Brillenträger kennen so etwas.
Was hier passiert, kannst Du untersuchen.

Du brauchst:
1 saubere, leere Flasche oder
1 sauberes, leeres Glas.
(beide ohne Verschluß)
1 Kühlschrank

Durchführung:
1. Stelle die Flasche (oder das Glas) für mindestens 1 Stunde in den Kühlschrank. (Am besten über Nacht).
2. Nimm das Glas oder die Flasche aus dem Kühlschrank!
Was passiert?
Schreibe Deine Beobachtung auf!

Meine Beobachtung:

Meine Erklärung:

Vergleiche Deine Erklärung mit denen Deiner Mitschüler.
Gibt es Unterschiede?
Überlegt Euch ein Verfahren, um herauszufinden, welche Erklärung die richtige sein könnte
Versuche zu erklären, warum die Autoscheiben beschlagen!

Rahmenthema: Betrachtung des Mensch-Natur-Verhältnisses, entwicklungspädagogische Orientierung

Logo: Hinweis auf die zugrundeliegende Erkenntnismethode

Kapitel: Orientierungshilfe für den Bearbeitungsstand

Einleitender Text: Realitätsbezug

Hinweis auf den Erkenntnisweg

Materialhinweis

Durchführungsanleitung

individuelle Beobachtungen

persönliche Erklärung

Auseinandersetzung mit anderen

Rückbezug auf den einleitenden Text

PING SH 56 01 02 95 0 2 01A

2.01

Abb. 3

eines fächerübergreifenden, kooperativen Unterrichts. Die Neigungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler, die jeweilige Kultur des Lehrens und Lernens, die Anforderungen des spezifischen Schultyps können berücksichtigt werden.

Die Rahmenthemen sind nach 6 Leitfragen gegliedert. Abb. 4 zeigt eine Themenlandkarte für das Rahmenthema "Ich und das Wasser".

Als Einstieg wird nach der Bedeutung des Wassers für mich gefragt. Der objektive Aspekt, die Naturerfahrung wird durch die Fragen zur Natur und zum Kreislauf des Wassers bearbeitet; die subjektive Seite, die Selbsterfahrung, wird durch die Frage nach der Qualität des Wassers und seiner Bedeutung für die Kultur erfasst. Jedes Thema mündet in der Frage "Was können wir tun?"

Die Anregungsbögen laden die Schüler zu Aktivitäten ("Erkenntnismethoden") wie Entdecken, Untersuchen, Nachforschen, Diskutieren und Mitgestalten ein, um die Umwelt, alltägliche Dinge und technische Gegenstände zu "erforschen" - allein, zu zweit in kleinen Gruppen oder als ganze Klasse. Im Lauf der Jahre sollen sich die SchülerInnen systematisch ein Methodenrepertoire aneignen und damit Probleme auf unterschiedliche Art und Weise bearbeiten lernen.

Erste Erfahrungen

Nach einem Semester Arbeit mit PING haben sich die ersten Anfangsschwierigkeiten geglättet, die jeden Wechsel in der Unterrichtskonzeption begleiten. Es zeigt sich, dass immer dann, wenn Lehrkräfte sich auf das Konzept einlassen und nicht nur einige Anregungsbögen ausprobieren, ein Innovationsprozess in Gang gesetzt wird, der für sie mehr Freude und Befriedigung bei der Arbeit und für die Schüler lustvolleres und nachhaltiges Lernen bewirkt.

Arbeiten an einer Schule Teams mit PING, so beschleunigt das den Innovationsprozess, weil die Lehrkräfte ihre Erfahrungen austauschen können, Arbeitsteilung den Zeitaufwand verringert und synergetische Prozesse ermöglicht werden. Die Diskussionen bei den monatlichen Treffen regen an, Neues auszuprobieren und geben Sicherheit.

Je breiter das methodische Repertoire von Lehrern ist, desto leichter gelingt es, sich im Konzept zurechtzufinden. Einer der inhaltlichen Schwerpunkte der Begleittreffen ist daher die Professionalisierung der Lehrkräfte in den Methoden der Neuen Lernkultur.

Ob das hoch gesteckte Ziel des ökologischen und sozialverträglichen Handelns erreicht wird, kann nach so kurzer Zeit noch nicht eingeschätzt werden. Hier könnten jedoch Vernet-

zungen von PING und ÖKOLOG, einem Projekt des BMUKA, das von Dr. Pfaffenwimmer koordiniert wird, interessante Ergebnisse liefern.

Die Berichte der Lehrkräfte, aber auch die Unterrichtsbeobachtungen zeigen, dass die Motivation auch schwieriger Schüler groß ist, sofern der Lehrkraft der Leistungsfähigkeit des Schülers/der Schülerin vertraut und Zeit für Entwicklung gibt. Die Schüler sind stolz auf ihre Leistungen. Das Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen in vielfältigen Zusammenhängen wird geweckt. Die selbständige Arbeitsweise bietet vor allem für die Mädchen ein breites Feld zur Entfaltung.

Die sprachlich kommunikative Ebene gewinnt im naturwissenschaftlichen Unterricht große Bedeutung, weil Schüler bei der Diskussion in der Kleingruppe aber auch in der Klasse, beim Verfassen von Protokollen, aber auch bei der Präsentation der Ergebnisse der Lerngruppe ihre Gedanken und naturwissenschaftlichen Erklärungen durch sprachliche und bildliche Ausdrucksmittel vermitteln müssen.

Obwohl kaum im klassischen Sinn systematisch Stoff durchgenommen wird, zeigt sich, dass die Schüler großes Faktenwissen haben. Dies wird auch durch die Erkenntnisse der Unterrichtsforschung (z.B. Duit, Labudde) unterstützt: *"Sachwissen wird nicht in Form allgemein formulierter Gesetze und Prinzipien erworben, sondern in einzelnen situativen Kontexten mit sachlichen und sozialen Komponenten, die sich erst langsam zu übergeordneten Prinzipien vernetzen."* (Duit)

Diese Ergebnisse legen nahe, den klassischen Unterrichtsansatz zu überdenken, Schülern in erster Linie allgemeine Gesetzmäßigkeiten zu vermitteln und von ihnen anschließend Transfer auf konkrete Alltagsprobleme zu erwarten. Vielmehr gilt die Forderung Labuddes: *"Alltägliche Phänomene müssen zu bestimmenden Elementen des Unterrichts werden. Mit diesen sollen Kinder und Jugendliche physikalische Methoden und Inhalte, wissenschaftliches Denken und Handeln entwickeln."*

Die jahrelangen Erfahrungen in Deutschland, aber auch die ersten Ergebnisse des Wiener Projekts weisen darauf hin, dass PING dies in hervorragender Weise leistet.

Literatur

- Hentig, H.v.: *Die Schule neu denken*; Hanser 1993
- Mie, K.: *Das Energiekonzept im naturwissenschaftlichen Unterricht*; Plus Lucis 1/96
- Bünder, W.: *Wissen und Handeln im Projekt PING*. Zur Rolle fachwissenschaftlicher Inhalte bei der Förderung menschengerechten und naturverträglichen Handelns; IPN Kiel 1997 (Entwurfassung)
- PING-KORB: Einführung zur Themenmappe "Ich und das Wasser"
- Duit, R., Treagust, D.F.: *Learning in Science - From Behaviorism Towards Social Constructivism and Beyond*. In: Fraser, B., Tobin, K.: *International Handbook of Science*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer. (deutsche Übersetzung zitiert nach Schecker, H.)
- Winter, B.: *Zwischenbericht zum Modellversuch BINGO*, Universität Bremen 1997
- Labudde, P.: *Erlebniswelt Physik*, Bonn, Dümmler 1993
- W. Klafki: *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*, Weinheim, Beltz 1985; 1991

Einladung zum Informationstag am PI-Wien: PING - Naturwissenschaften fächerübergreifend unterrichten

Die überwiegende Mehrheit der SchülerInnen erlebt einen naturwissenschaftlichen Fachunterricht, der kaum in Beziehung zu ihren Interessen und ihrem täglichen Leben steht. Naturwissenschaftliche Allgemeinbildung ist jedoch Voraussetzung für aktive und verantwortungsbewusste Mitgestaltung in einer von Naturwissenschaft und Technik geprägten pluralistischen Gesellschaft. Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht nach dem PING-Konzept geht von den Interessen und den alltäglichen Erfahrungen der SchülerInnen aus und strebt eine aktiv handelnde Auseinandersetzung mit der Umwelt an. Das Ziel des Unterrichts ist ökologisches und sozial verträgliches Handeln auf der Basis sachlich begründeten Urteils.

Inhalt des Informationstages

- Einführung in das *PING-Konzept* am Beispiel des Unterrichtsthemas "Ich und das Wasser" (Lehrplan 99 - 2. Klasse)
- Entwicklung einer *konkreten Unterrichtssequenz* zum Thema "Ich und das Wasser"
- Kennenlernen der *PING-Anregungsmaterialien*
- Information über den zweijährigen *PING-Lehrgang*, der ab dem Schuljahr 1999/2000 vom PI-Wien angeboten wird.

Zielgruppe

LehrerInnen, die in der AHS-Unterstufe Biologie, Physik oder Chemie unterrichten

Referenten

Mag. Ilse Bartosch, Mag. Doris Elster, Mag. Angela Schuster

Termin und Ort

22. 1. 1999, 9.00 bis 17.00 Uhr.
PI-Wien, 1070 Wien Burggasse 14 - 16

Seminaranmeldung

PI-Wien (über den Dienstweg).
Seminarnummer: 98 1 022 070 03
Meldeschluss: 16.12.1998

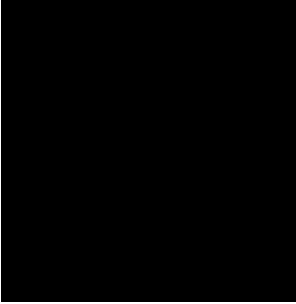
Auskunft

Tel.: 523 62 22/711 (Mag. Elster: Mo, Di, Fr 9.00-12.00 Uhr)
bzw. 523 62 22/704 (Frau Cech)
e-mail: Ilse.Bartosch@blackbox.at
Doris.Elster@schule.at

Nobelpreise 1998

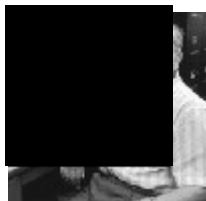
Nobelpreis für Chemie 1998

Der Chemienobelpreis wurde an Walter Kohn "für die Entwicklung der Methode der Dichtefunktionale" und an John Pople "für die Entwicklung von Rechenverfahren in der Quantenchemie" vergeben.



Walter Kohn, geboren am 9.3.1923 in Wien, mußte Österreich mit 15 Jahren verlassen, ist US-Staatsbürger. Seine akademische Karriere begann 1950 als Professor am Carnegie Institute of Technology in Pittsburgh und ließ ihn schließlich von 1979 bis 1984 als Direktor des Institut für Theoretische Physik an der University of California in Santa Barbara leiten, wo er nach seiner Emeritierung weiter aktiv ist.

John Pople wurde 1925 in England geboren und ist weiterhin englischer Staatsbürger. Nach seinem Doktorat aus Mathematik wurde er 1964 Professor für physikalische Chemie in Pittsburgh und 1986 (mit 61 Jahren) Professor für Chemie an der Northwestern University in Evanston (Illinois).



Warum wird der Nobelpreis für Chemie einem Physiker und einem Mathematiker verliehen?

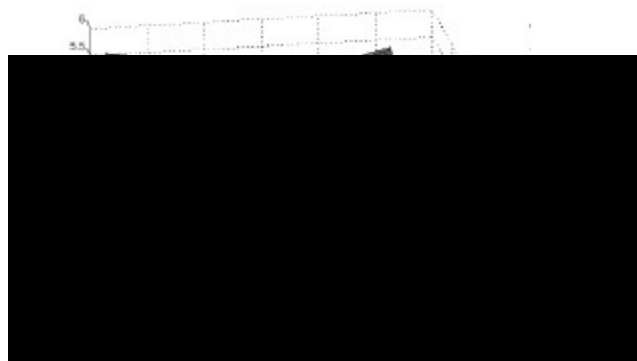
Bekanntlich liegt die Quantentheorie der Chemie zu Grunde. Im Bereich der Atome und Moleküle sind relativistische Effekte unwichtig und damit ist die nichtrelativistische Quantentheorie jene Theorie, die anwendbar sein sollte. Die Kräfte - elektromagnetische Wechselwirkung zwischen Elektronen und positiven Kernen - sind bekannt, was verhindert die Anwendung? Aber schon in der klassischen Mechanik stößt man auf große Schwierigkeit, wenn man statt eines reinen Zweikörperproblems (z.B. Das idealisierte System Erde-Sonne) ein Vielkörperproblem (unter Einschluß aller Planeten und Monde mit ihren wechselseitigen Kräften) behandeln möchte. Für die Quantenmechanik sagt Dirac 1929: "Die für die mathematische Beschreibung großer Teile der Physik und der gesamten Chemie fundamentalen Gesetze sind ... vollständig bekannt. Die Schwierigkeit besteht lediglich darin, daß die exakte Anwendung dieser Gesetze zu Gleichungen führt, die aufgrund ihrer Komplexität nicht lösbar sind."

Eine exakte Lösung des quantenmechanischen Problems der Bindung von Vielelektronensystemen ist sicher nicht möglich, Näherungsmethoden wurden jedoch frühzeitig entwickelt, die jedoch für die Praxis lange zu ungenau blieben. Eine dieser Näherungsmethoden ist die Hartree-Fock-Methode, nach der die Wellenfunktion eines Vielelektronensystems (z.B. Uranatom) durch ein antisymmetrisiertes Produkt von 1-Elektronen-Funktionen, den Orbitalen, ersetzt wird, wodurch das Pauliprinzip befriedigt wird. Darauf baut dann eine Störungsrechnung auf, indem Korrekturen zu den Orbitalen näherungsweise berechnet werden. In der Thomas-Fermi-Näherung wird hingegen versucht, statt mit der komplexen Wellenfunktion

mit der viel einfacheren reellen Elektronendichte zu arbeiten. Die Näherungen waren zu grob, um für die Chemiker von Wert zu sein und sie betrachteten die Quantenchemie noch um 1970 als eher vergebliche Bemühung.

Seit den Fünfzigerjahren beschäftigte sich Pople (allein und zusammen mit Kollegen) mit der Theorie der Valenzelektronen und der Hartree-Fock-Methode. Die Molekülorbitale werden nach einem Satz von Basisfunktionen entwickelt (analog zu einer Fourierzerlegung eines Klanges in Grund- und Obertöne), die als Gaußsche Glockenkurven an den einzelnen Atomen eines Moleküls definiert sind. Die Berechnung des Energieminimums eines Orbitals führt auf ein (unendlich dimensionales) System von linearen Gleichungen, das näherungsweise gelöst werden kann. Doch vor der Lösung des Gleichungssystems steht die Berechnung der zahlreichen Matrixelemente, die als mehrdimensionale Integrale des Energieoperators und der Basisfunktionen zu berechnen sind. Pople fand einen Weg, die Rechenzeit drastisch zu reduzieren, doch war er damit noch weit vom Ziel.

Das wichtigste Merkmal eines Moleküls ist seine Struktur, also seine Bindungslängen und -winkel. Der Gleichgewichtszustand eines Moleküls ist jener, in dem die geometrischen Parameter zu einem Minimum der Gesamtenergie des Moleküls führen. In der Abbildung ist in einem Modell die Energie als Funktion von zwei geometrischen Parametern dargestellt mit zwei durch eine Energieschwelle getrennten stabilen Gleichgewichtslagen.



Energiefläche einer hypothetischen chemischen Reaktion mit zwei Gleichgewichtszuständen.

Um auf solchen Flächen effizient Minima zu suchen, muß man sowohl Gradienten als auch zweite Ableitungen berechnen. Pople fand eine Möglichkeit, diese aufwendigen Berechnungen zu beschleunigen und packte all sein Können in ein Computerprogramm, GAUSSIAN, das seit 1970 zunächst frei erhältlich war, heute vermarktet wird. Doch noch betrug der Fehler in der Energie etwa 1% und war für die Chemiker nicht klein genug. Er kam dadurch zustande, daß die gegenseitige Beeinflussung der Elektronen nur approximativ berücksichtigt wurde. Pople trug dem durch Verfeinerung der Störungsrechnung bis zur vierten Ordnung Rechnung, was in sein Programm einfloß.

Was war nun der Beitrag von W. Kohn? Er belebte die Thomas-Fermi-Theorie wieder. Zunächst war er vor 35 Jahren am Beweis eines Satzes beteiligt, nach dem das effektive Ein-

Elektronen-Potential durch die exakte Elektronendichte des Grundzustands eindeutig bestimmt ist. Kurz darauf konnte er die Existenz einer exakten Methode a la Thomas-Fermi beweisen und ein Variationsverfahren angeben, das zur Lösung führt. Es bedurfte noch langer Verfeinerung der Methode, bis im Jahr 1992 die Kohnsche Methode Einzug in das Programm GAUSSIAN hielt. Damit wurde GAUSSIAN genau genug, um Systeme aus mehreren hundert Atomen zu behandeln.

Quantenchemie ist heute imstande, Vorhersagen zu treffen über:

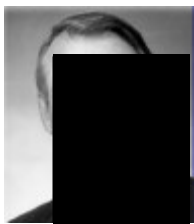
- Gleichgewichtsstrukturen von Molekülen und über Reaktionswege,
- Molekulare Eigenschaften,
- Spektroskopie von NMR bis Röntgen,
- Reaktionsmechanismen,
- Intermolekulare Wechselwirkungen, woraus Potentiale für das Studium von Makromolekülen, Kristallstruktur, etc. abgeleitet werden können.

Quantenchemie wird nun in praktisch allen Bereichen der Chemie angewandt, wenn es um den inneren Aufbau der Materie geht.

Nobelpreis für Medizin und Physiologie 1998

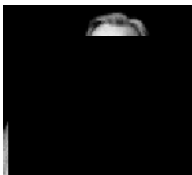
Stickoxid als Signalsubstanz in den Herzerarterien

Robert Furchgott, emeritierter Pharmakologe an der State University of New York, Ferid Murad von der University of Texas in Houston und Louis Ignarro (University of California, Los Angeles) teilen sich den Nobelpreis für die Entdeckung des "Stickoxids als Signalmolekül in den Herzkranzgefäßen".



Murad entdeckte 1977, daß Nitroglycerin und verwandte gefäßentspannende Substanzen zur Freisetzung von NO führen, das die glatten Muskelzellen entspannen läßt.

Furchgott untersuchte, warum der Einfluß von Medikamenten auf Blutgefäße zu widersprüchlichen Resultaten führt. Er fand 1980, daß nur ein intaktes Endothel die Blutgefäße "richtig" reagieren läßt. Er schloß aus seinen Ergebnissen, daß das Endothel eine Signalsubstanz erzeugt, die zur Entspannung der glatten Muskelzellen führt.



Ignarro konnte 1986 zeigen, daß die von Furchgott vermutete Substanz NO ist. Als er und Furchgott ihre Ergebnisse auf einer Konferenz 1986 vortrugen, lösten sie damit weltweit eine Lawine an Forschungsarbeiten aus.

NO schützt das Herz, regt das Gehirn an, tötet Bakterien, usw. Überraschend ist die Wirkung von NO besonders deshalb, da es innerhalb von 10 Sekunden zu Nitrat und Nitrit umgewandelt wird. Wenn es allerdings im Endothel, der inneren Auskleidung der Arterien, produziert wird, diffundiert es rasch durch die Zellwand in die Muskelzellen und führt zur Entspannung der Arterien. Dadurch kontrolliert NO den Blutdruck.

Wenn NO in Nervenzellen gebildet wird, breitet es sich schnell in alle Richtungen aus und aktiviert die Zellen der Umgebung. In weißen Blutkörperchen kann NO in großen Mengen produziert werden, wodurch Bakterien vergiftet werden.

Die Rolle von NO in der Medizin ist vielfältig. Neben positiven Effekten tritt bei bakteriellen Infektionen NO in einer gefährlichen Rolle auf: Infektionen können zu Sepsis und Kreislaufchock führen. Weiße Blutkörperchen produzieren als Reaktion auf die Anwesenheit von Bakterien NO im Übermaß, wodurch der Blutdruck weiter gesenkt wird.

Nitroglycerin war als Dynamit die Quelle des Reichtums von Alfred Nobel. Seit 100 Jahren wußte man, daß Nitroglycerin bei Herzbeschwerden Erleichterung schafft - und doch brauchte es 100 Jahre, bis aufgeklärt war, daß Nitroglycerin zur Ausschüttung von NO führt.

Quelle: Pressemitteilung der Nobel-Stiftung. Im World Wide Web zu lesen unter: <http://www.nobel.se>. Es findet sich auch eine Reihe von Bildern zur Wirkungsweise von Nitroglycerin und Stickoxid, sowie eine Animation.

Nobelpreis für Physik 1998

Elektronen sorgen für Überraschungen

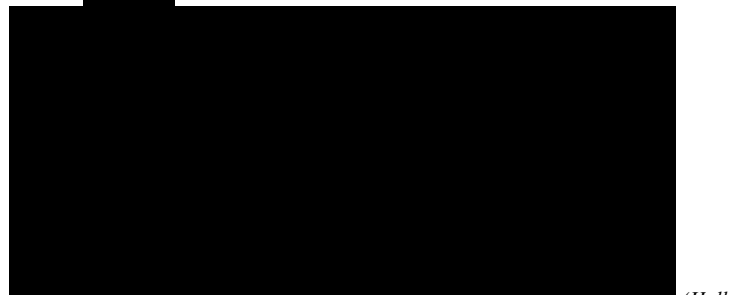
"Für die Entdeckung eines neuartigen Quantenfluids mit gebrochenzahligen geladenen Anregungen" in starken Magnetfeldern erhielten Robert Laughlin (Universität Stanford), Horst Störmer (aus Stuttgart gebürtig und nun nach langer Tätigkeit in den Bell Labs an der Columbia University, New York) und Daniel Tsui (Universität Princeton) den diesjährigen Nobelpreis für Physik.

Robert B. Laughlin an der Tafel

Störmer und Tsui machten ihre Entdeckung im Jahr 1982 bei einem Experiment, in dem sie bei äußerst reinen Halbleiterproben den Halleffekt bei tiefen Temperaturen und in einem extrem starken Magnetfeld maßen. Im Jahr darauf schlug Laughlin eine Erklärung für ihre Resultate vor, die heute die



Als Student hatte Edwin Hall 1879 den später nach ihm benannten Effekt entdeckt. Als er die Stromleitung durch eine dünne Goldplatte im Magnetfeld untersuchte, fand er, daß senkrecht zum Magnetfeld und senkrecht zum Strom eine Spannung entsteht, die dem angelegten Magnetfeld proportional ist. Neben Anwendungen in der Meßtechnik bietet der Halleffekt auch die Möglichkeit, die Natur der Ladungsträger (z.B. ob der elektrische Strom von Elektronen oder Löchern



n (Halb-) Leiter in positiver x-Richtung. Als normalen ohmschen Widerstand definiert man V/I . Ein Magnetfeld in positiver z-Richtung lenkt wegen der Lorentzkraft positive Ladungsträger (Löcher) in die negative y-Richtung (Elektronen in die positive y-Richtung) ab. Es folgt eine Hallspannung V_H und ein Hallwiderstand V_H/I in y-Richtung.

Gegen Ende der Siebzigerjahre wurden mit der Verfeinerung der Molekularstrahlepitaxie zur Herstellung von Bauelementen (insbes. Prozessoren) immer störstellenärmere in Schichten aufgebaute Halbleiter hergestellt. In den Schichten bewegen sich die Ladungsträger faktisch nur in 2 Dimensionen, sie bilden ein zweidimensionales Elektronengas. Als 1980 Klaus von Klitzing den Hallwiderstand einer Probe in Abhängigkeit von der Feldstärke maß, entdeckte er, daß der Hallwiderstand nicht linear mit der Feldstärke abnimmt, sondern in Stufen, die durch Naturkonstanten in der Form von h/e^2 gegeben sind. Der Hallwiderstand ist "quantisiert". Im Bereich des quantisierten Hallwiderstands verschwindet der ohmsche Widerstand und die Probe wird gewissermaßen supraleitend. Für die Entdeckung des ganzzahligen Quanten-Halleffekts erhielt von Klitzing 1985 den Nobelpreis.

Von Klitzings Quanten-Halleffekt läßt sich folgendermaßen erklären: Die Elektronen bewegen sich im Magnetfeld in Kreisbahnen, deren Radien durch die magnetische Feldstärke bestimmt sind. Die Stufen sagen uns, wieviele dieser Kreisbahnen mit Elektronen besetzt sind. Der Füllfaktor (in Abb. 2 mit i bezeichnet) ist definiert als Quotient von Anzahl der Elektronen in einer solchen Kreisbahn zu Anzahl der Quanten

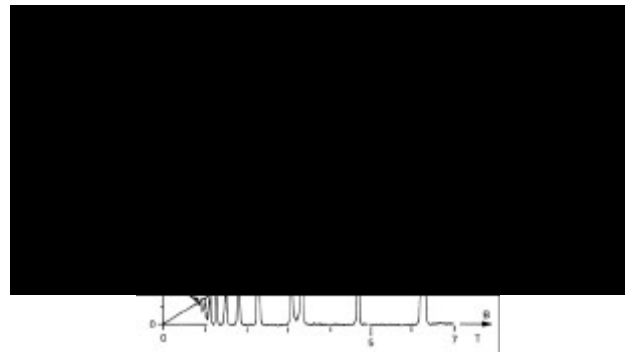


Abb. 2: Der Hallwiderstand zeigt bei hohen Magnetfeldern (über 1 Tesla) eine Stufenstruktur. Die Stufenhöhe ist gegeben durch die Konstante h/e^2 (entspricht etwa 25 kiloOhm) geteilt durch eine ganze Zahl i . Der ohmsche Widerstand (untere Kurve, mit Spitzen) ist in den Plateaus Null. Die Größe $h/4e^2 = 1$ klitzing wird als neue Einheit des Widerstands definiert.

des magnetischen Flusses: $N_\phi = \phi/\phi_0$ (ϕ der magnetische Fluß, $\phi_0 = h/e$ die Größe des Flußquants). Bei ganzzahligem i füllen die Elektronen eine Anzahl solcher Kreisbahnen vollständig. Verschiedene Zustände sind durch Energielücken getrennt. Die Lücke beträgt typischerweise etwa 1/100 eV (entsprechend einer Temperatur von etwa 100 Kelvin).

1982 untersuchten Störmer und Tsui im Bell Lab besonders reine Galliumarsenidproben mit Schichtstruktur. Ihre Entdeckung machten sie bei Feldstärke von etwa 20 Tesla. Sie fanden Plateaus im Hallwiderstand, die einem gebrochenzahligen Füllfaktor entsprechen, z.B. 1/3 und 2/3. Wenn man die Erklärung des normalen Quantenhalfeffekts übernahm, mußten "Quasiteilchen" mit drittelzahliger Ladung auftreten. Vermutet wurde von den Entdeckern, daß kollektive Phänomene, also eine Elektron-Elektron-Wechselwirkung eine Rolle spielen müßten.

Damals arbeitete auch Robert B. Laughlin am Ball Lab (im Zuge der Aufspaltung von AT&T in kleine Teilbereiche zur Erhöhung des Profits ging das traditionsreiche Labor, aus dem zahlreiche Nobelpreisträger stammen, an Lucent Technologies). Er fand eine Erklärung mit einem genial einfachen Ansatz, der die Korrelation sämtlicher beteiligter Elektronen und das Pauliprinzip berücksichtigte. Dabei und mit verfeinerten Methoden zeigte sich, daß gebrochenzahlige Füllfaktoren Zuständen entsprechen, die durch eine Energielücke vom Grundzustand und von einander getrennt sind (wodurch wieder supraleitende Eigenschaften impliziert werden) und Quasiteilchen mit gebrochenzahliger Ladung darstellen. Elektronen verbinden sich mit beispielsweise 3 Flußquanten zu einem Quasiteilchen, das sich wie ein Boson verhält. Die Bosonen können bei niedriger Temperatur (Gesamtenergie) kondensieren (was Elektronen als Fermionen nicht können - bei der gewöhnlichen Supraleitung bilden zunächst zwei Elektronen mit entgegengesetztem Impuls ein "Cooper-Paar", das ganzzahligen Spin hat und sich wie ein Boson verhält; bei tiefen Temperaturen können die Bosonen kondensieren und bilden eine "Quantenflüssigkeit", die supraleitend ist).

In den Jahren seither wurden zahlreiche neue Details gefunden, etwa daß sich Zustände mit $i = 1/2$ oder $1/4$ wie fermionische Quantenflüssigkeiten verhalten und von jenen mit $i = 1/3$ und anderen ungeradzahligem Brüchen fundamental unterscheiden.

Der fraktionale Halleffekt bietet also tiefe Einblicke in das Verhalten von Materie unter extremen Bedingungen - sozusagen "Quantenphysik pur".

Exzellente Fachbereichsarbeiten aus Physik

Wie in den vergangenen Jahren zeichnete die Österreichische Physikalische Gesellschaft Fachbereichsarbeiten aus. Eingereicht wurden 19 durchwegs niveauvolle Arbeiten. Nach Begutachtung durch eine vierköpfige Jury zeichnete der ÖPG-Vorstand die folgenden Verfasser aus:

Sascha Zelzer (BGRG Leibnitz, Betreuer Prof. Mag. H. Scherz): *Experimente zur Elektrodynamik und ihr theoretischer Hintergrund*. Der Verfasser erarbeitete sich nicht nur die Grundlagen der Maxwellschen Theorie und die dazu notwendige Mathematik, er führte markante Versuche zur Wellentheorie mittels Mikrowellen durch und dokumentierte sie auch fotografisch.

Andreas Wolf (BGRG 12 Wien, Rosasgasse, Betreuer Prof. Mag. E. Kohaut): *Kreiserverhalten*. Andreas Wolf erarbeitete sich die Theorie des Kreisels anhand eines modernen Lehrbuchs der theoretischen Mechanik, ging aber drüber hinaus, indem er die Bewegung von Kreiseln mit Stroboskopbeleuchtung fotografierte und damit die Theorie mit Beispielen illustrierte.

Helga Gissing (BGRG Bruck/M., Betreuerin Prof. Mag. A. Mayer): *Energiebilanz eines Einfamilienhauses*. Neben allgemeinen Betrachtungen zum Einsparungspotential wurden konkret der Energiebedarf aller Elektrogeräte und der Heizaufwand über ein Jahr verfolgt und analysiert.

Einen weiteren Preis mit besonderem Hinweis auf die gelungene multimediale Aufbereitung erhielt **Philipp Huber** (BGRG Graz Carnerigasse, Betreuer Prof. Mag. Stremitzer): *Am Anfang war das Gas...* Hier wird die Theorie der Sternentwicklung dargestellt, wobei auch auf schwierige Themen wie die Entartung des Elektronengases nicht nur verbal eingegangen wird. Die Arbeit ist reich mit aktuellen Bildern illustriert. Auf einer zugleich erstellten CD-ROM finden sich zusätzlich zur Fachbereichsarbeit, die im HTML-Format gespeichert ist, Animationen und Filme aus dem Internet und an geeigneten Stellen gesprochene Kommentare.

Die weiteren Themen waren in alphabetischer Reihenfolge der Verfasser:

Der Elektrosmog von Manuela Dissauer (BGRG Graz Kirchengasse)

Aerodynamik und ihre Auswirkungen auf Bauformen und Materialien in der Luftfahrt von Andreas Eder (BGRG Linzerstraße Wien)

Optische Phänomene in der Atmosphäre von Julia Fornleitner (BGRG 15 Wien)

Radioaktivität in unserer Umwelt von Martin Hillbrand (BG Feldkirch, Rebberggasse 25 6800 Feldkirch)

Abenteuer Weltraum von Gernot Leitner (BGRG Bruck/Mur)

Extreme Phänomene - Extreme Gedanken von Paul Merdzo (Sacre Coeur Graz)

Möglichkeiten der Energieeinsparung am konkreten Beispiel des Einfamilienhauses Meßner in Reutte von Verena Meßner (BRG Reutte)

Die Aerodynamik des Hubschraubers von Christian Putz (BRG Traun)

Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Kontaktlinien von Barbara Reisenhofer (BGRG Linzer Straße Wien)

Streuversuche und Stoßexperimente mit Schwerpunkt Elementarteilchenforschung von Michael Sabransky (BGRG Linzer Straße Wien)

Verbrennungsmotoren: Ihre ersten Stunden - Anwendungen heute von Alexander Sekanina (BGRG Tulln)

Schrödingers Katze (mit einem Experiment zur Quantisierung des elektrischen Widerstands) von Philipp Smutny (BGRG Graz-Carnerigasse)

Schwarze Löcher als Endstadium der stellaren Entwicklung von Daniel Steiner (BRG Ödenburgerstr. Wien)

Die Theorie der Weißen Löcher, Minilöcher und Wurmlöcher von Christian Steiner (Kollegium Kalksburg)

Fahrmechanik des Motorrades von Zeitlhofer Rupert (BGRG St. Pölten)

Es ist zwar nicht Sinn der Fachbereichsarbeit, Lehrbücher der theoretischen Physik aufzuarbeiten, doch wurde dies in den vorliegenden Arbeiten durch eigene Untersuchungen ergänzt. Insgesamt kann man sagen, daß Arbeiten mit einer experimentalphysikalischen Komponente zahlreicher geworden sind.

Die Preise, Sachbücher gestiftet vom Verlag Hölder-Pichler-Tempsky und Einladungen zur Besichtigung des Forschungszentrums Seibersdorf für Maturanten und Lehrer, wurden im Rahmen des Lehrertags der ÖPG-Jahrestagung am 16. 9. 1998 in Graz vom ÖPG-Vorsitzenden Univ.-Prof. Dr. Anton Zeilinger überreicht. Frau MR Mag. Hermine Dobrozemsky und der geschäftsführende Präsident des Steirischen Landesschulrats, Dr. Stadler, würdigten die Preisträger wie auch die Leistungen der Sieger im Bundeswettbewerb der Physikolympiade und Teilnehmer an der Internationalen Physikolympiade in Reykjavik. (Ein Kurzbericht über die IphO 1998 in Island erscheint in unserer nächsten Ausgabe.)



Abb. 1: Die Preisträger der Fachbereichsprämierung aus Physik 1998 waren (v.l.n.r.): Helga Gissing, Philipp Huber, Andreas Wolf und Sascha Zelzer.

Woher kommt die Farbe des Weines?

Jennifer Rupp

Einleitung

Vielleicht haben auch Sie sich schon mal gefragt, woher der Blaue Portugieser, der Grüne Veltliner oder der Blauburgunder ihre Namen haben, denn eigentlich sind diese Weine ebenso wenig grün wie blau. Als Weinkenner ist Ihnen natürlich bekannt, daß der Grüne Veltliner tatsächlich einen grünen Stich hat, jedoch weder Blauburgunder noch der Blaue Portugieser in einen blauen aufweisen. Diese Namensgebungen waren für mich äußerst rätselhaft, und ich beschloß, im Rahmen einer Fachbereichsarbeit der Farbe des Weines genauer auf den Grund zu gehen, denn woher kommt die charakteristische Rot-, beziehungsweise Weißweinfarbe? Welche chemischen Verbindungen sind für einen "Stich" verantwortlich? Ist es überhaupt möglich, mit schulischen Mitteln ernsthafte Ergebnisse zu erzielen? Wieso unterscheiden sich manche Weine in ihrer Farbintensität? Kann man mit Hilfe chemischer Tricks die Farbe der Weine verändern?

Wie Sie sehen, gibt es Fragen über Fragen, aber so geht es einem Schüler, der gerade am Anfang seiner Fachbereichsarbeit sitzt. Jedoch ist dies keineswegs deprimierend, sondern regt nur geradezu die Lust am Detektivspiel an.

Warum ist der Rotwein rot und der Weißwein gelblich?

Ein Rotwein ist wie ein riesiges Puzzle, denn er besteht aus sehr vielen verschiedenen Komponenten, wie zum Beispiel phenolische Verbindungen, Flavone (meist gelbe Farbräger), Anthocyanidinen (blau-rote Farbräger)... Dies ist auch der Grund, warum ich auf die Frage: "Woher kommt die Farbe des Rotweines?", die enttäuschende Antwort geben muß: "Von über 100 Verbindungen". Allerdings kennt man einige dieser 100 Puzzleteile recht gut und weiß, daß die rote Farbe hauptsächlich durch die Molekülgruppe der Anthocyanidine ausgemacht wird. Anthocyanidine sind Aglykone, die bei der Gärung von Anthocyanen entstehen. Anthocyane sind rot-blaue Farbräger, die in roten Trauben, aber auch in vielen roten Beeren oder Blüten vorkommen. Kommt es zur Gärung der Maische roter Trauben, so spalten sich die Anthocane enzymatisch in Glucose und Anthocyanidine. Anthocyanidine und Anthocyane haben beide das gleiche chemische Grundgerüst des 2-Phenylbenzo(b)pyran, an dem an den Stellen 3, 3', 4', 5, 5' und 7 H-Atome substituiert sind.

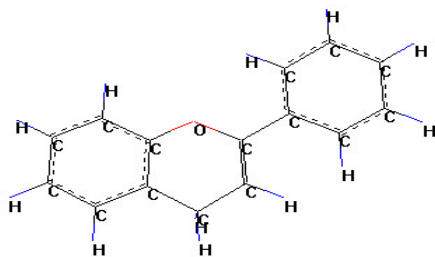


Abb. 1: Grundgerüst des 2-Phenylbenzo(b)pyrans

Jennifer Rupp. Dieser Artikel ist eine Kurzfassung der Fachbereichsarbeit am BRG 22, Polgarstraße. Betreuer: Mag. Robert Hölzl



Abb. 2: Kugelmodell des 2-Phenylbenzo(b)pyrans

Das Anthocyan (Zucker) und das Anthocyanidin (Nichtzucker) unterscheiden sich nur durch die Stelle R (siehe Abb. 3): Handelt es sich um ein Anthocyan, so hängt hier ein Glykosidrest. Wenn es sich um ein Anthocyanidin handelt, so hängt an der Stelle R ein H-Atom.

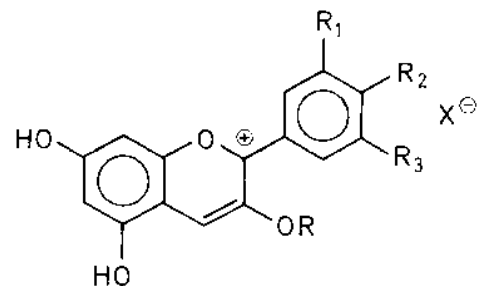


Abb. 3: Grundgerüst des Anthocyanins und Anthocyanidins

Derzeit sind 22 Anthocyanidine im Rotwein bekannt, die sich jeweils durch unterschiedliche Substitution der H-Atome durch Hydroxyl- und Methoxygruppen an den Stellen R1, R2 und R3 unterscheiden. Die im Rotwein am meisten vorkommenden Anthocyanidine sind: Cyanidin, Delphinidin, Paeonidin, Petunidin und das in sehr hohen Mengen vorkommende Malvidin. Charakteristisch für die Anthocyanidine ist, daß sie alle zwischen 500 und 560 nm absorbieren. Gott sei Dank, denn sonst wäre unser Rotwein wohl nicht rot.

Erstaunlicherweise ist vom Weißwein nur sehr wenig bekannt. Vermutlich resultiert die Farbe des Weines hauptsächlich vom Molekül Quercetin, welches ebenfalls neben der Weißweintraube auch in vielen gelben Blüten vorkommt. Wie das Anthocyan liegt auch das Quercetin dem Grundgerüst des 2-Phenylbenzopyrans zu Grunde (siehe Abb.1 und 2), nur daß hier H-Atome an den Stellen 3, 3', 4', 5, und 7 durch OH-Gruppen substituiert sind.

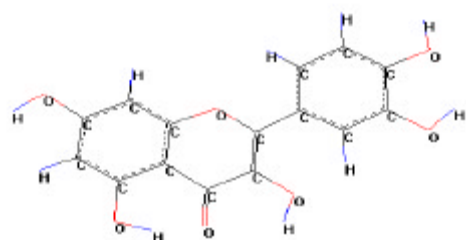


Abb. 4: Strukturformel des Quercetins

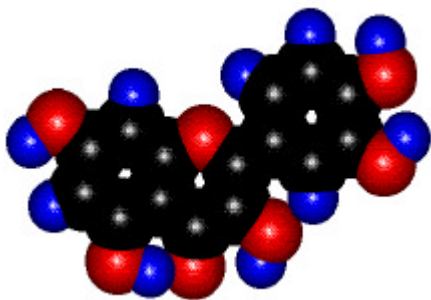


Abb. 5: Kugelmodell des Quercetins

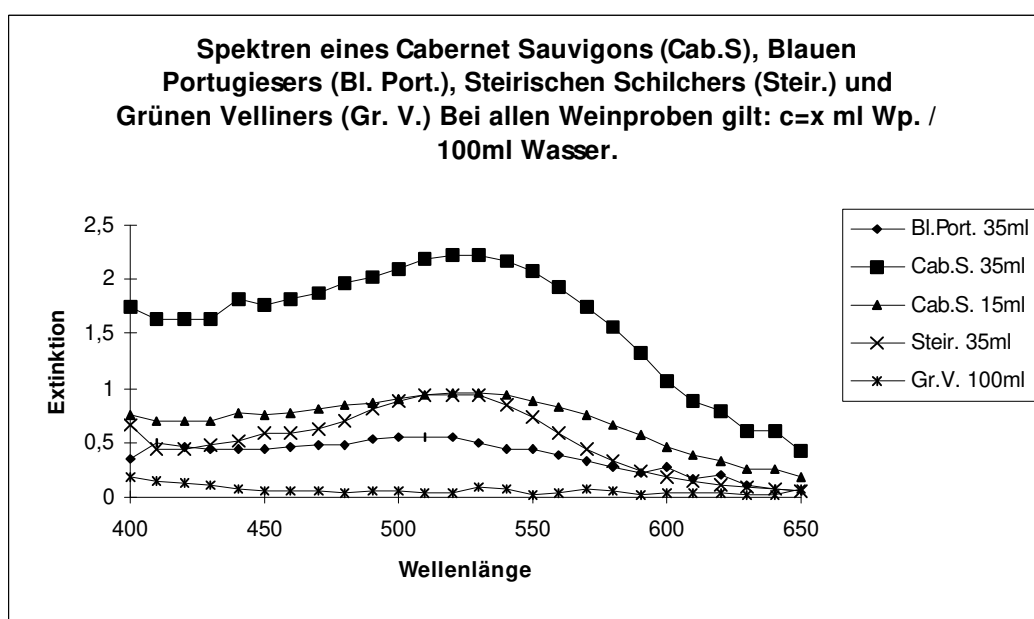
Experimentelle Bestimmung der Absorptionsspektren von Cabernet Sauvignon, Blauem Portugieser, Steirischem Schilcher und Grünem Veltliner

Nun ist zwar geklärt, woher der rote bzw. gelbe Grundton eines Rot-, bzw. Weißweins resultieren, jedoch ließen mir einige Fragen noch immer keine Ruhe: Wieso hat der Grüne Veltliner einen grünen Stich? Und warum haben weder der Blauburgunder noch der Blaue Portugieser einen?

Um dies herauszufinden, beschloß ich die Spektren der Weine im Bereich jeweils zwischen 400 und 650 nm aufzuzeichnen. Vermutlich hört sich das Ermitteln und Erstellen von Spektren für einen jeden Physiker oder Chemiker furchtbar einfach an, jedoch gibt es da eine Schwierigkeit: Man ist Schüler.

Dies bedeutet, daß man natürlich nicht die Möglichkeiten wie an einer Universität hat und mit sehr einfachen schulischen Mitteln Forschung betreiben muß. Glücklicherweise war in meiner Schule ein Spektrometer vorhanden, jedoch war dies komplett manuell zu bedienen. So muß alle 10 nm die Blindprobe neu geeicht werden, die Weinprobe eingeführt und der Wert notiert werden. Folglich mußten natürlich auch alle Weinspektren am Computer aus den Daten erstellt werden. Ein weiteres Problem war, daß jeder Wein eine andere Lichtdurchlässigkeit hat und somit jeder Wein unterschiedlich stark mit Wasser vermengt werden muß, um die optimalen photometrischen Ergebnisse zu erzielen. (Selbstverständlich wurden die Meßwerte für Vergleiche der Weinspektren auf die selbe Wein-Wasser-Konzentration zurückgerechnet, siehe Diagramm.) Dies war alles mit sehr vielen außerschulischen Nachmittagen (und zum Teil Nächten) verbunden, in denen auch mein Chemielehrer, Herr Mag. Robert Hölzl (Gymnasium Polgarstraße) viel von seiner Freizeit opferte. Doch auch so manche Strapazen können einem die Freude am Forschen nicht nehmen.

Das Ergebnis dieser Messungen sind diese Spektren:



Als erstes läßt sich feststellen, daß es sich beim Blauen Portugieser, Cabernet Sauvignon und auch Steirischen Schilchers um Rotweine handelt, da sie alle im Bereich zwischen 500 und 550 nm ihr Absorptionsmaximum haben. Klar zu erkennen ist, daß der Grüne Veltliner ein Weißwein ist, da er erst unterhalb von 450 nm merklich Absorption aufweist und sein Absorptionsmaximum vermutlich sogar im UV-Bereich hat (in diesem Bereich hatte ich leider keine Meßmöglichkeit), da hier blaues Licht absorbiert wird und uns somit der Wein gelb erscheint. Ferner sticht der Grüne Veltliner als Vertreter der Weißweine ins Auge, da er trotz einer 100 % konzentrierten Weinprobe die niedrigste Extinktion und somit die höchste Lichtdurchlässigkeit hat. Vergleicht man die Rotweine untereinander, so

stellt man fest, daß der Steirische Schilcher der purpurkste dieser Weine ist, da er im blauen wie auch im roten Bereich in etwa gleich stark absorbiert und somit im grünen Bereich ein nahezu symmetrisches Absorptionsmaximum hat, was zu seinem schönen satten Purpurton führt.

Der Cabernet Sauvignon sticht besonders hervor, denn er hat bei gleicher Konzentration wie der Steirische Schilcher und der Blaue Portugieser eine etwa dreimal höhere Extinktion. Beim Cabernet Sauvignon handelt es sich um einen Qualitätswein, bei den beiden anderen um Tafelweine. Aus meinen Meßergebnissen läßt sich die Tendenz ablesen, daß Qualitätsweine meist sehr hohe Extinktionswerte aufweisen. Ferner ab-

sorbiert der Cabernet Sauvignon im blauen und roten Bereich viel stärker als die beiden anderen Weine, was auf eine größere chemische Vielfalt an verschiedenen Inhaltsstoffen schließen läßt. Beim nächsten Weinkauf ist es also empfehlenswert, auf die Lichtdurchlässigkeit Ihres Weines zu achten.

Der blaue Portugieser macht seinem Namen leider keine Ehre, denn er absorbiert zwar mehr als die anderen beiden Rotweine im roten Bereich, was theoretisch zu einem blauen Stich führen würde, doch leider noch stärker im blauen Bereich. Dies ist auch der Grund, warum der Blaue Portugieser sogar zinnoberrot ist und an einen blauen Stich leider gar nicht zu denken ist.

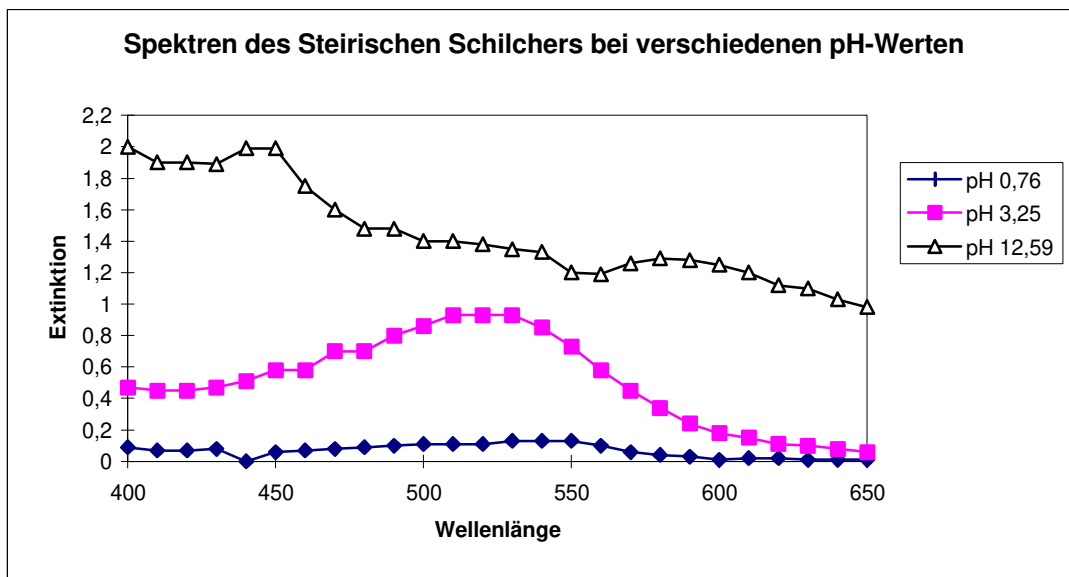
Eine interessante Feststellung ist, ob ein rot-orangener Stich durch Absorptionen im Bereich zwischen 400 und 500nm zustande kommen. In diesem Bereich liegt zum Beispiel das Absorptionsmaximum des Grünen Veltliners, der seine Farbe hauptsächlich dem Quercetin und anderen phenolischen Verbindungen verdankt. Vermutlich sind der orangene Stich im Rotwein, und letztlich die Absorptionen im Bereich zwischen 400-500 nm, auf einen gewissen Gehalt an Quercetin und anderen phenolischen Verbindungen im Rotwein zurückzuführen. Leider läßt sich zu dieser Vermutung kein Hinweis in der Fachliteratur finden.

Farbenzauber

Ich habe mich auch mit dem Thema befaßt, inwieweit man als Chemiker auf die Farbe des Weines Einfluß nehmen kann. Als Testwein habe ich mich wegen seiner ausgeprägten symmetrischen Absorptionsbande für den Steirischen Schilcher entschieden.

Durch Zufügen von Salzsäure kann man bei einem Rotwein eine so starke Farbminderung erzielen, daß er fast farblos ist und nur noch schwach hellrosa schimmert. Eine völlige Entfärbung war mir jedoch nicht möglich.

Wenn man dem entfärbten Schilcher nun Natriumhydroxid hinzufügt, so kann man annähernd die ursprüngliche Farbe wieder "zurückzaubern". Fügt man nun noch mehr NaOH hinzu, so wird der Wein schließlich dunkelbraun. Wenn man einen mit NaOH stark behandelten Schilcher hat (pH liegt über 11) und diesen mit Wasser etwas erdünnt, so kann man sehen, daß es zu einer Zunahme an gelb-bräunlichen Trübstoffpartikeln gekommen ist. Diese Beobachtungen werden durch die bei verschiedenen pH-Werte gemessenen Spektren unterstützt:



Wie man am Graphen des Steirischen Schilchers mit pH 12,59 sehen kann, kommt es zu einer Zunahme der Absorption im blauen Bereich, wenn der pH-Wert des Weines erhöht wird.

Wer selbst einmal zu Hause seinen Wein entfärben möchte, braucht nur eine Zitrone. Zum Zurückzaubern der Farbe versetzt man den Wein anschließend mit Bullrichsalz (eine starke Base, welche in jeder Apotheke zu bekommen ist).

Klangexperimente mit der Soundkarte

Harald Wiltsche

Einleitung

Welche Veranlassung sollte es geben, mit den einfachen Mitteln einer Programmiersprache der Soundkarte eines Personalcomputers Töne und Klänge entlocken zu wollen, findet man doch in Zeiten der Multimedia-PCs eine Vielzahl fertiger, leistungsfähiger, zum Teil sogar als Shareware erhältlicher Musikprogramme?

Abgesehen davon, dass es für jeden interessierten Programmierer reizvoll ist, Peripheriegeräte wie z.B. Plotter, Drucker oder Maus mittels selbstgeschriebener kleiner Pascal- oder Basicprogramme anzusteuern, gibt es vor allem für die Tonausgabe über die Soundkarte zahlreiche interessante Anwendungsbereiche im Bereich des Physik- oder Musikunterrichts, als Grundlage für Fachbereichsarbeiten oder als Bestandteil fächerübergreifender Projekte.

Im Physikunterricht wäre es zum Beispiel bei der Demonstration der Schwebung eine interessante Ergänzung zum Experiment mit den beiden Stimmgabeln, wenn man (als Lehrer oder auch als Schüler) die Möglichkeit hätte, den Effekt mit Frequenzpaaren, die man beliebig wählen kann, am Computer nachzuvollziehen. Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge könnten so von den Schülern experimentell erforscht werden.

Viele interessante Phänomene der Schallwahrnehmung, wie das Hören von Residuuntönen, der Maskierungseffekt oder das Frequenzauflösungsvermögen unseres Gehörs erfordern es, ein- oder zweistimmige Tonfolgen erzeugen zu können. Auch zum Vergleich der verschiedenen musikalischen Stimmungssysteme, wie der diatonischen und der wohltemperierten Stimmung, ist es notwendig, Töne ganz bestimmter Frequenzen wiederzugeben.

Für all diese Zwecke erweisen sich die eingangs erwähnten Musikprogramme größtenteils als unbrauchbar. Vielmehr hat man aber die Möglichkeit, mit erstaunlich einfachen, selbstgeschriebenen Basic- oder Pascalprogrammen gezielt an die Problemstellung herangehen.

War es aber bei einem der "Urväter" der Heimcomputer, dem Commodore 64, mit Hilfe des im Gerät integrierten Soundchips geradezu trivial und ohne nennenswerten Aufwand möglich, zweistimmige Klänge in verschiedenen Klangfarben zu erzeugen, so gestaltet sich dies beim PC nicht ganz so einfach.

Mit der in den Programmiersprachen Basic und Pascal verfügbaren SOUND-Anweisung ist es leider nur möglich, einstimmige Töne zu erzeugen, die direkt über den PC-Speaker ausgegeben werden. Vordefinierte Funktionen oder Prozeduren zur Ansteuerung der Soundkarte sind nicht verfügbar.

In VisualBasic ist es wiederum recht einfach, Wave-Dateien zu bearbeiten; zur Erzeugung einzelner Sinustöne wäre man je-

doch gezwungen, in die undurchschaubaren Tiefen der Windowsprogrammierung vorzudringen.

Das Programmieren der Soundkarte macht es erforderlich, sich einen kleinen Überblick über deren Funktionsweise zu schaffen. Um auch ohne dieses Vorwissen auf den Geschmack zu kommen, und um die Lust am selbständigen Experimentieren zu wecken habe ich für Neugierige ein Pascal-Programmbeispiel zur Schwebung den Erklärungen vorangestellt. Die späteren Erläuterungen beziehen sich soweit wie möglich auf die Befehlszeilen des Programms (die Zeilennummern sollen dabei die Orientierung erleichtern).

```
1: PROGRAM Schwebung;
2: USES CRT;           {für Delay}
3: VAR Status:Byte;
4:   i:Integer;
5: CONST
6:   Adr_Reg:Word=$388; {Adress-Register}
7:   Dat_Reg:Word=$389; {Daten-Register}

{----- Ausgabe-Prozedur -----}

8: Procedure Sound(Adr,Data:Byte);
9: Begin
10:  Port[Adr_Reg]:=Adr;
11:  Delay(1);           {Verzögerung}
12:  Port[Dat_Reg]:=Data;
13:  Delay(1);
14: End;

{----- Hauptprogramm -----}

15: Begin

{--- Einstellung der Generatorzellen ---}

16: Sound($23,$01); {EGT=0}
17: Sound($24,$01);
18: Sound($E3,$00); {Wellenform: Sinus}
19: Sound($E4,$00);
20: Sound($43,$00); {Level: 0db Dämpfung}
21: Sound($44,$00);
22: Sound($63,$F0); {Attack=F, Decay=0}
23: Sound($64,$F0);
24: Sound($83,$F1); {Sustain=F, Release=1}
25: Sound($84,$f1);

{--- Einstellung der Stimmen (Kanäle) ---}

26: Sound($A0,$44); {LSBs Fnummer Stimme 1}
27: Sound($B0,$32); {Block,MSBs Fn Stimme1}
28: Sound($A1,$3f); {LSBs Fnummer Stimme 2}
29: Sound($B1,$32); {Block,MSBs Fn Stimme2}

{----- Ausschalten der Stimmen -----}

30: Sound($B0,$12); {Key-Off,Stimme1}
31: Sound($B1,$12); {Key-Off,Stimme2}
32: End.
```

Das Programm müßte unter jeder TurboPascal-Version ab 5.0 funktionieren. Aufgrund der Wahl der Portadressen dürfte es auch keine Probleme mit verschiedenartigen Soundkarten geben. Sollte die Ausgabe verzerrt oder zu laut erfolgen, sind in den Programmzeilen 20 und 21 die Inhalte der Register 43h(exadezimal) und 44h zu ändern. Bei zu leiser Ausgabe liegt das Problem an einem zu geringen Pegel des NF-Verstärkers der Soundkarte. Hier hilft ein Griff zum Lautstärkeregler der (dann notwendigen) Aktivlautsprecher.

Vorschlag zum Experimentieren: die Einstellung der Tonhöhen erfolgt in den Programmzeilen 26 bis 29. Eine Änderung der Tonhöhe kann durch Variieren der Inhalte der Register A0h (Zeile 26) und A1h (Zeile 28) erzielt werden. Dazu ist jeweils der zweite Wert innerhalb der Klammer zu verändern.

Ein Übertragen des Programms auf QuickBASIC wäre relativ einfach möglich. Dem PORT-Befehl von Pascal entspricht dann die OUT-Anweisung in Basic.

Und nun zu den angekündigten technischen Details:

Grundfunktionen der Soundkarten

Sie können grob in drei Gruppen zusammengefaßt werden:

- Die synthetische Tonerzeugung, wobei die gebräuchlichste Form jene der Frequenzmodulation (FM, FM-Synthese) darstellt.
- Das Sampling auf Basis eines Digitalen Sound Processors (DSP). Darunter versteht man die Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandlung beim Aufzeichnen und Wiedergeben von Musiksignalen.
- Der Mixer mit der Aufgabe, die einzelnen Eingangs- und Ausgangsquellen zu steuern, zu verbinden und die Lautstärke zu definieren.

Vielfach verfügen Soundkarten zusätzlich noch über eine MIDI-Schnittstelle (Musical Instrument Data Interface) zur Ansteuerung externer elektronischer Musikinstrumente.

Wenn Soundkarten auch von vielen Herstellern angeboten werden, so hat sich doch ein Standard entwickelt, der von der Firma Creative Labs mit ihren "Soundblaster"-Karten vorgegeben wurde. Von nahezu jedem Produkt anderer Herstellerfirmen kann man daher "Soundblaster-Kompatibilität" erwarten.

FM - Synthese

Technische Basis der Tonerzeugung bilden bei praktisch allen Soundkartenherstellern sogenannte OPL-Chips von Yamaha. Am weitesten verbreitet ist der OPL2. Auf diesen Bauteil beziehen sich auch die folgenden Erläuterungen. Mit OPL3 oder OPL4 Chips bestückte Soundkarten sind generell abwärtskompatibel zum OPL2.

Der OPL2 kann in zwei Einstellungen betrieben werden und verfügt dann entweder über neun Melodiestimmen (Kanäle) oder im Percussion-Mode über sechs Melodiestimmen und fünf Rhythmusstimmen.

Prinzipiell beruht die Tonerzeugung beim OPL2 auf Sinusgeneratoren, die als Generatorzellen oder Operatoren bezeichnet werden.

Jede Generatorzelle besteht im wesentlichen aus drei Komponenten:

- dem Oszillator zur Erzeugung einer Schwingung
- dem Hüllkurvengenerator, dessen Funktionsweise noch genauer beschrieben wird
- dem Level-Controller zur Festlegung der Amplitude

Der OPL2 besitzt insgesamt 18 solcher Generatorzellen, je zwei davon werden zu einem Kanal zusammengefaßt, woraus sich auch die Maximalzahl von neun Melodiestimmen ergibt.

Die beiden Generatorzellen eines Kanals können dabei auf zwei verschiedene Arten verknüpft werden:

Bei der additiven Synthese werden die Ausgangssignale einfach addiert:

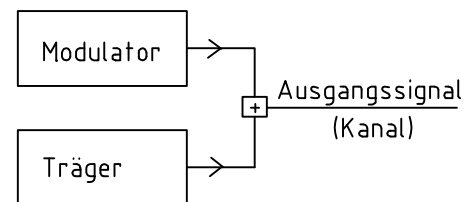


Abb. 1: Additive Verknüpfung zweier Generatorzellen: Modulator und Träger sind funktionell gleichwertig.

$$y_1 = a_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t), y_2 = a_2 \cdot \sin(2\pi f_2 t)$$

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t) + a_2 \cdot \sin(2\pi f_2 t)$$

Geht es darum, bestimmte Klangbilder beispielsweise von Instrumenten nachzubilden, so sind die Möglichkeiten, die sich aus der additiven Synthese von nur zwei Teilschwingungen ergeben, zwangsläufig eher dürftig. Annähernd wirklichkeitsgetreue Klänge sind kaum zu erzielen.

Wesentlich mehr Variationsmöglichkeiten ergeben sich, wenn man die beiden Generatoren hintereinanderschaltet; d.h. das Ausgangssignal des ersten Generators als Eingangssignal des zweiten verwendet. Diese Art der Verknüpfung wird als Frequenzmodulation (oder Frequenzmodulationssynthese) bezeichnet.

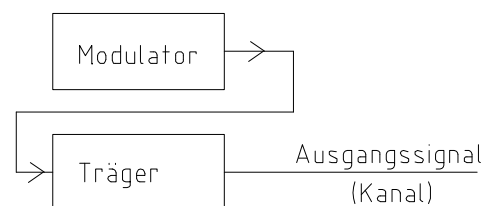


Abb. 2: FM-Synthese: Das Signal der ersten Generatorzelle (Modulator) beeinflusst den Träger.

Obwohl zum Aufbau einer Melodiestimme üblicherweise zwei Generatorzellen verwendet werden, läßt sich ein reiner Sinuston auch mit nur einer Generatorzelle erzeugen. Dabei muß es sich aber dann unbedingt um eine Trägerzelle handeln. Bei der alleinigen Ansteuerung einer Modulatorzelle wird kein Ausgangssignal erzeugt.

Im Programmbeispiel wurden zur Erzeugung einer Schwebung ebenfalls nur die jeweiligen Trägerzellen für die erste

und zweite Stimme (das sind die Generatorzellen 3 und 4) verwendet.

Eine Alternative zur Erzeugung der Schwebung durch Programmierung zweier Kanäle mit je einer Trägerzelle wäre die Verwendung eines Kanals mit additiv verknüpfter Modulator- und Trägerzelle (z.B. Generatorzelle 0 zusammen mit Generatorzelle 3).

Ansteuerung der Generatorzellen

Bei der Programmierung des OPL-Chips geht es darum, in bestimmte Speicherplätze (Register) des Chips Werte einzutragen, die daraufhin seine Funktionsweise bestimmen. Der Chip besitzt ca. 120 dieser Register; nur ein kleiner Teil davon wird für die Programmierung benutzt. Wie gelingt es nun, Werte in die Register des OPL-Chips zu schreiben?

Wie auch bei anderen Peripheriegeräten erfolgt der Zugriff auf die Soundkarte über sogenannte Portadressen. Es sind dies den entsprechenden Geräten zugeordnete Speicherplätze von Ein/Ausgabebausteinen des PCs.

Zur Programmierung des OPL2 benötigt man zwei Ports. Ein Port (jenes mit der niedrigeren Adresse) ist dabei einem Adreßregister des OPL2, das andere einem Datenregister des OPL2 zugeordnet. Wie schon aus der Bezeichnung hervorgeht, wird in das Adreßregister eine Speicheradresse, und in das Datenregister der für diese Adresse bestimmte Wert eingetragen.

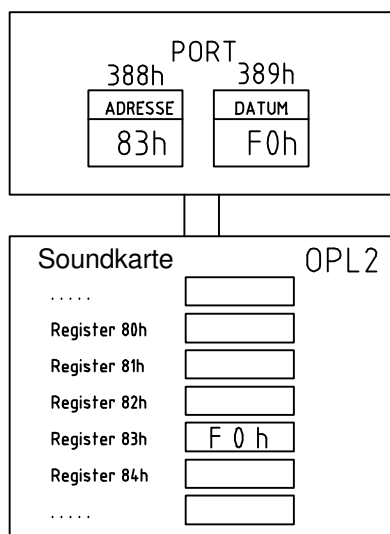


Abb. 3: Zusammenhang zwischen den Ports und den Registern des OPL2

Für die Wahl der beiden Ports hat man zwei Möglichkeiten:

- die Ports 388h und 389h (Portadressen, wie auch Registerinhalte werden i.a. in hexadezimaler Form, gekennzeichnet durch ein nachgestelltes h, angegeben). Diese beiden Adressen waren ursprünglich der AdLib-Soundkarte zugeordnet, wurden aber für Soundblasterkarten übernommen und müßten bei fast allen installierten Soundkarten funktionieren.
- Anstelle der Ports 388h und 389h, für die keine Programm Anpassungen notwendig sind, kann ein Zugriff auch immer über die Basisadresse (und Basisadresse +1) der jeweils

installierten Soundkarte erfolgen. Die Basisadresse kann dabei aus der Datei AUTOEXEC.BAT entnommen werden. Bei der Installation einer Soundkarte wird üblicherweise automatisch eine Umgebungsvariable bestimmt. Der Eintrag lautet dann z.B. SET BLASTER = A220 I5 D1 T1. Der erste Parameter enthält dabei immer die Basisadresse, d.h. in diesem Fall 220h. Der Nachteil der Wahl dieser Portadressen ist der, dass Programme, die für eine unter dieser Basisadresse konfigurierte Soundkarte geschrieben werden, bei Soundkarten, die über andere Basisadressen angesprochen werden, nicht mehr funktionieren.

Im Programmbeispiel wurden die Ports 388h und 389h verwendet (siehe Programmzeile 6 und 7). Mit dem Befehl `PORT[Portadresse]:=Wert` wird der Inhalt der Variablen Wert dem entsprechenden Port zugeordnet. (z.B.: `PORT[$388]:=$83` belegt den Port 388h mit dem Wert 83h; Hexadezimalwerte werden in Pascal durch ein vorgestelltes "\$"-Zeichen gekennzeichnet).

Die Register der Generatorzellen

Zur Einstellung jeder der insgesamt 18 verfügbaren Generatorzellen (durchnumeriert von 0 bis 17) werden je fünf Register verwendet. Um nun auf ein ganz bestimmtes Register einer gewählten Zelle zugreifen zu können, verwendet man sogenannte Basis- und Offsetadressen. So besitzt z.B. das Register zur Bestimmung der Sustain- und Releaseparameter der ersten Generatorzelle (Generatorzelle 0) die Adresse 80h (=Basisadresse), jenes der zweiten Generatorzelle (Generatorzelle 1) die Adresse 81h (=Basisadresse + Offset 1) usw.

Welche der Generatorzellen als Modulator, welche als Trägerzelle verwendet werden kann, der entsprechende Offset, sowie die Zuordnung der Zellen zu den 9 Kanälen (Modulator = 1 bedeutet z.B. Modulator für Stimme 1), ergeben sich aus folgender Tabelle:

Generator	Offset	Modulator	Träger
0	00h	1	
1	01h	2	
2	02h	3	
3	03h		1
4	04h		2
5	05h		3
6	08h	4	
7	09h	5	
8	0Ah	6	
9	0Bh		4
10	0Ch		5
11	0Dh		6
12	10h	7	
13	11h	8	
14	12h	9	
15	13h		7
16	14h		8
17	15h		9

Im Programmbeispiel wurde die Generatorzelle 3 als Trägerzelle des ersten Kanals und die Generatorzelle 4 als Träger-

zelle zweiten Kanals verwendet. Zu den Basisregistern wird daher jeweils der Offset 3 bzw. 4 addiert.

Das Basisregister 20h

(Programmzeilen Nr. 16 und 17)

Es dient zur Festlegung des Multiplikationsfaktors, der Hüllkurvenverkürzung und des Hüllkurventyps (EGT, siehe Anhang), sowie von Vibrato und Tremolo.

BASISREGISTER 20h

Bit	Bedeutung
0 - 3	Multiplikationsfaktor
4	Hüllkurvenverkürzung
5	Hüllkurventyp
6	Vibrato
7	Tremolo

Der Multiplikationsfaktor bewirkt eine Vervielfachung der im Basisregister B0h eingestellten Frequenz (Standardeinstellung = 1).

Die Hüllkurvenverkürzung führt zu einer Erhöhung der Attack- und Releasewerte für höhere Frequenzen.

Da im Programmbeispiel nicht die Generatorzelle 0, sondern die Zellen 3 und 4 verwendet werden, sind daher die Register 23h und 24h anstelle des Basisregisters 20h mit Werten zu belegen. Dies passiert in den Programmzeilen 16 und 17. Mit dem Befehl `Sound ($23, $01)` wird der Wert 01h in das Register 23h eingetragen. Wie schon aus der Beschreibung des Basisregisters 20h hervorgeht, sind die Register achtstellig, d.h. sie besitzen eine Größe von 8 Bit (1 Byte). Da nun einer Hexadezimalziffer jeweils eine vierstellige Binärzahl (Halbbyte) entspricht, bedeutet der Eintrag 01h eine Belegung der oberen vier Bit des Registers 23h mit 0 0 0 0 und eine Belegung der unteren vier Bit mit 0 0 0 1.

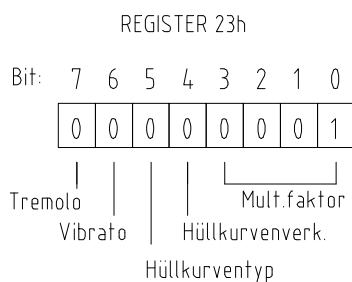


Abb. 4: Belegung des Registers 23h

Die aktuelle Registerbelegung bedeutet somit: Multiplikationsfaktor = 1, keine Hüllkurvenverkürzung, Hüllkurventyp 0, kein Vibrato und kein Tremolo.

Wie man beim Multiplikationsfaktor erkennt, können mehrere Bits zusammen den Wert eines Parameters enthalten, es kann aber auch ein einzelnes Bit eine Art Schalterfunktion besitzen (wie z.B. das Bit 7 für Tremolo). Zur Aktivierung des Tremolo müßte als Bit 7 auf 1 gesetzt werden, die Registerbelegung wäre dann 1000 0001 und der entsprechende Programmbe-
 fehl müßte in `Sound ($23, $81)` geändert werden (81h deshalb, da die vier oberen Bits den Wert 1000 binär = 8h und die unteren vier Bits den Wert 0001 = 1h besitzen).

Noch ein Beispiel:

Wollte man zusätzlich ein Vibrato einstellen, wäre dafür das 6-te Bit auf 1 zu setzen, der Registerinhalt daher 1100 0001, die entsprechende Hexadezimalzahl C1h und der Programmbe-
 fehl `Sound ($23, $C1)`.

Das Basisregister 40h

dient zur Einstellung der Lautstärke durch Angabe eines Dämpfungsfaktors, wobei Dämpfung = Dämpfungsfaktor * 0,75 dB.

Unabhängig von der gewählten Lautstärke können hohe Töne leiser wiedergegeben werden als tiefe Töne. Die Einstellung erfolgt durch den Parameter "Hochtondämpfung". Im Programm wurde die maximale Amplitude ohne Hochtondämpfung gewählt (Zeilen 20, 21).

BASISREGISTER 40h

Bit	Bedeutung
0 - 5	Dämpfungsfaktor
6 - 7	Hochtondämpfung

Das Basisregister 60h

Damit werden Attack und Decay (siehe Anhang) der Hüllkurve eingestellt. Bei großen Werten erfolgt ein schneller Anstieg bzw. Abfall, bei kleinen Werten ein langsamer.

REGISTER 60h

Bit	Bedeutung
0 - 3	Decay der Hüllkurve
4 - 7	Attack der Hüllkurve

Im Programmbeispiel (Zeilen 22 und 23) wurde ein schneller Anstieg und langsamer Abfall `Sound ($63, $F0)` bzw. `Sound ($64, $F0)` gewählt.

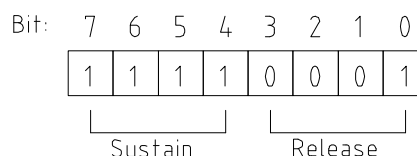
Das Basisregister 80h

dient zur Einstellung von Sustain und Release. Wird für Release der Wert Null eingetragen, so klingt der Ton nicht aus, bis die Einstellung wieder geändert wird.

REGISTER 80h

Bit	Bedeutung
0 - 3	Release der Hüllkurve
4 - 7	Sustain der Hüllkurve

REGISTER 83h



`Sound ($83, $F1)`

Das Basisregister E0h

Von diesem Register werden nur die beiden niedrigstwertigen Bits benutzt. Sie dienen zur Einstellung der Wellenformen.

REGISTER E0h

Bit	Bedeutung
0 - 1	Wellenform
2 - 7	nicht benutzt

Jede Generatorzelle kann nicht nur Sinustöne, sondern noch drei weitere Klangformen erzeugen. Typ1 liefert anstelle der negativen Halbwelle der Sinusschwingung einen Nullpegel, Typ2 gibt den Absolutwert der Sinusschwingung aus, Typ3 setzt das Signal in der fallenden Flanke von Typ2 auf Null. Es gilt folgende Zuordnung: 00 ... Sinus, 01 ... Typ1, 10 ... Typ2, 11 ... Typ3.

Das erzielbare Klangerlebnis ist dabei nicht allzu berauschend; alle drei Klangtypen wirken im Vergleich zum Sinus-ton eher verzerrt und übersteuert. (Programmzeilen 18 und 19)

Mit der Programmierung der Generatorzellen sind nun die Rahmenbedingungen für die Klangausgabe festgelegt. Zum Erklängen eines Tons fehlt aber noch die

Einstellung der Kanäle (Stimmen)

Pro Kanal müssen in drei Registern fünf Parameter eingestellt werden:

- Blocknummer
- Frequenz
- Verknüpfung
- Rückkopplung
- An/Ausschalten der Stimme

Die Zuordnung der Register zu den einzelnen Kanälen erfolgt ähnlich wie bei den Generatorzellen durch Basisadresse plus Offset, wobei die Nummer des Kanals nun gleichzeitig den Offset darstellt (d.h. Kanal 0: Basisadresse; Kanal 1: Basisadresse + Offset 1, usw.).

Das wichtigste Merkmal eines Tons, seine Tonhöhe, ist auch gleichzeitig der am schwierigsten einzustellende Parameter, da eine direkte Eingabe der Frequenz nicht möglich ist. Ein Register besteht aus 8 Bits, es können daher nur $2^8 = 256$ Werte angenommen werden, was für eine Frequenzangabe nicht ausreichen würde. Vielmehr errechnet sich die Frequenz aus zwei Parametern, der Block- und der Frequenznummer, die auf zwei verschiedene Register aufgeteilt sind. Die Bezeichnung Frequenznummer wurde gewählt, um zu keiner Verwechslung mit der tatsächlichen Frequenz des Tons zu verleiten.

REGISTER A0h

Bit	Bedeutung
0 - 7	LSBs der Frequenznummer

REGISTER B0h

Bit	Bedeutung
0 - 1	MSBs der Frequenznummer
2 - 4	Block
5	Stimme ein/aus
6 - 7	nicht verwendet

Das Basisregister A0h enthält die unteren acht Bits (LSBs ... Least Significant Bits), das Register B0h die oberen zwei Bits

(MSBs ... Most Significant Bits) der Frequenznummer. Bei 10 Bits darf die Frequenznummer somit Werte von 0 bis 1023 (000h bis 3FFh) annehmen. Zusätzlich stehen 3 Bits für die Blocknummer zur Verfügung (die daher acht Werte von 0 bis 7 annehmen kann).

Soll nun ein Ton der Frequenz f ausgegeben werden, so errechnet sich die dazugehörige Frequenznummer (F_n) nach der Formel

$$F_n = \frac{f \cdot 2^{19}}{49,72 \text{ kHz} \cdot 2^{\text{Block} - 1}}$$

Löst man die Formel nach f auf, wird auch die Bedeutung der Blocknummer deutlich:

$$f = \frac{49,72 \text{ kHz} \cdot F_n \cdot 2^{\text{Block} - 1}}{2^{19}}$$

Eine Erhöhung der Blocknummer um eins bewirkt jeweils eine Frequenzverdopplung, schaltet daher um eine Oktave hinauf, die Verminderung um eins eine Halbierung der Frequenz, wechselt also um eine Oktave nach unten.

Für die Frequenznummer des Kammertons A mit einer Frequenz von 440 Hz ergibt sich, wenn man für Block den Wert vier einsetzt und rundet:

$$F_n = \frac{440 \text{ Hz} \cdot 2^{19}}{49720 \text{ Hz} \cdot 2^3}$$

Wie man sich leicht überlegen kann, erfordert dies einen Eintrag von 44h (= 0100 0100) in das Register A0h und einen Eintrag von 2h (=10 binär) in die untersten Bits des Registers B0h.

REGISTER B0h

Bit:	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	0	1	1	0	0	1	0
			Ein / Aus			Block		MSBs

Hätte man für Block den Wert 5 verwendet, so würde man den ebenfalls erlaubten Wert $F_n=122\text{h}$ erhalten; dh. zur Codierung einer Tonhöhe existieren i.a. mehrere gültige Wertepaare von Frequenz- und Blocknummer.

Überschreitet ein Ergebnis aus obiger Formel die Höchstgrenze von 3FFh, so ist einfach die Blocknummer zu erhöhen, um wieder in den gültigen Wertebereich der Frequenznummer zu gelangen.

Mit folgenden Registerbelegungen würde der Kammerton A daher eingeschaltet (Programmzeilen 26 und 27) bzw. ausgeschaltet (Zeile 30) werden:

	Register	Inhalt
	A0h	44h = 0100 0100
EIN	B0h	32h = 0011 0010
AUS	B0h	12h = 0001 0010

Im Programmbeispiel wird in den Zeilen 26 und 27 der Ton mit einer Frequenz von 440 Hz, in den Zeilen 28 und 29 der Ton mit der Frequenznummer 23Fh und somit der Frequenz 436 Hz eingeschaltet.

Wird wie in diesem Beispiel nur eine Trägerzelle zur Tonausgabe verwendet, ist es nicht notwendig, die zwei noch verbleibenden Parameter, Verknüpfung und Rückkopplung, einzustellen. Soll ein Kanal jedoch aus Modulator- und Treiberzelle gebildet werden, so hat die Einstellung im Register C0h zu erfolgen.

REGISTER C0h

Bit	Bedeutung
0	Verbindung
1 - 3	Rückkopplung
4 - 7	nicht verwendet

Verbindung = 1 bedeutet additive Verknüpfung der Generatorzellen, Verbindung = 0 bedeutet FM-Synthese, wobei die Einstellung der Rückkopplung nur für die FM-Synthese von Bedeutung ist.

Hüllkurve

Zum Abschluß und als weitere Anregung zum Experimentieren noch eine genauere Beschreibung der Hüllkurve.

Die Hüllkurve bestimmt den zeitlichen Verlauf der Amplitude eines Klanges. In der Sythesizertechnik ist es üblich, den Amplitudenverlauf in vier Phasen zu teilen, die mit Attack, Decay, Sustain, und Release (ADSR) bezeichnet werden.

- Der Attack-Parameter bestimmt die Geschwindigkeit des Amplitudenanstiegs. Bei einem hohen Wert erreicht ein Ton schneller seine volle Lautstärke als bei einem niedrigen.
- Der Decay-Parameter gibt die Dauer bis zum Erreichen des Haltepegels (Sustain-Wert) an. Ein hoher Wert führt zum schnellen Absenken auf den Sustain-Pegel.
- Der Sustain-Parameter legt keine Dauer, sondern jenen Amplitudenwert fest, ab dessen Erreichen der Übergang von der Decay- in die Release-Phase (Ausklangphase) stattfindet. Von Bedeutung ist der Sustainwert vor allem bei kontinuierlichen Hüllkurven.
- Der Release-Parameter bestimmt die Dauer der Ausklangphase.

Zusätzlich kann noch zwischen zwei verschiedenen Hüllkurventypen unterschieden werden:

Bei der kontinuierlichen Hüllkurve verbleibt das Signal bis zum Ausschalten (Key Off) auf dem Sustain-Level. Erst mit dem Ausschaltbefehl wird die Release-Phase eingeleitet. Dieser Hüllkurventyp wäre vor allem zur Simulation von Instrumenten, bei denen Töne gehalten werden können (z.B. Blasinstrumente) zu wählen. Aktiviert wird die kontinuierliche Hüllkurve durch Setzen des EGT-Bits (EGT=1 ... Envelope Generator Type im Basisregister 20h).

Bei der abnehmenden Hüllkurve (EGT=0) wird die Ausklangphase vom FM-Chip selbst eingeleitet. Zu beachten ist, dass die entsprechende Generatorzelle auch dann noch arbeitet, wenn die Amplitude schon auf Null abgefallen ist. Ein Abschalten der Zelle ist also auch in diesem Fall notwendig (Pro-

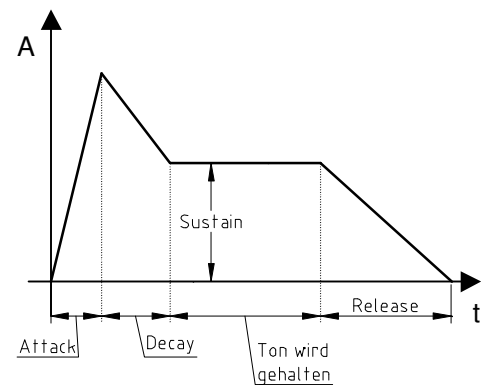


Abb. 4: Kontinuierliche Hüllkurve. Der Ton wird gehalten und klingt erst nach dem Ausschalten ab.

grammzeilen 30 und 31). Gewählt wird diese Hüllkurve zur Simulation von Instrumenten, die nach dem Anschlagen von selbst ausklingen (z.B. Saiteninstrumente)

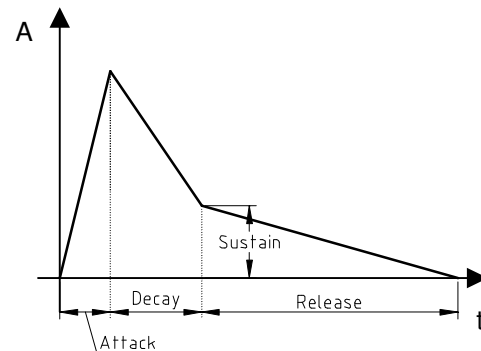


Abb. 5: Abnehmende Hüllkurve. Der Ton klingt nach dem "Anschlagen" automatisch aus.

Da neben der Amplitude und der Frequenz gerade die Hüllkurve einen Klang entscheidend beeinflusst, ist es der Experimentierfreudigkeit des Programmierers überlassen, durch Veränderung der Hüllkurvenparameter den gewünschten "Sound" zu erzielen. Viel Spaß dabei!

Literatur

- M.Tischer, *PC intern 4*, Data Becker 1994
 K. Dembowski, *Soundkarten*, Hanser 1996
Töne, Klänge, Gefühle, Chip Spezial 2/96

Bau einer thermischen Solaranlage

Erich Reichel

Einleitung

Immer mehr Menschen streben einen komfortablen Lebensstil an, wodurch auch der Bedarf an Energie steigt. Es wird vorausgesagt, daß dadurch bis zum Jahr 2010 der weltweite Energiebedarf um 50% steigen wird, obwohl bekannt ist, daß die Ressourcen an fossiler Energie in absehbarer Zukunft erschöpft sein werden. Gleichzeitig führt der übermäßige Gebrauch der nicht erneuerbaren Energiequellen (Erdgas, Erdöl, Kohle) zu einem enormen Umweltproblem. Der vor ca. 100 Millionen Jahren gebundene Kohlenstoff wird bei der Verbrennung frei und beeinflusst in Form von Kohlendioxid die Zusammensetzung der Erdatmosphäre und trägt zum Treibhauseffekt bei [1].

Zusätzliche Probleme sind bereits dadurch vorprogrammiert, daß die Rohstoffvorkommen auf wenige Länder beschränkt sind und der Transport der Energierohstoffe durch dritte Länder manchmal nicht unproblematisch durchgeführt werden kann. Es wurden bereits in der jüngeren Vergangenheit Kriege um diese Ressourcen geführt. Daraus ergibt sich, daß mit dem zunehmenden Energieengpaß die politische Lage auf unserer Erde ebenfalls destabilisiert werden kann.

Diese und andere Argumente, die den Rahmen dieses Berichtes sprengen würden, zeigen, daß es notwendig ist, über diese Problematik intensiv nachzudenken und alternative Lösungswege vorzubereiten und zu beschreiten. Dazu bieten sich die sogenannten erneuerbaren Energieformen an, die alle durch Umwandlung von Sonnenenergie zur Verfügung stehen: Wind, Wasser, Biomasse, aber auch die direkte Sonneneinstrahlung selbst. Untersuchungen zeigen, daß eine vollsolare Energieversorgung für Österreich bis zum Jahr 2050 realisierbar ist [2]. Angesichts all dieser Argumente sollte man denken, daß es selbstverständlich sein müßte, den solaren Weg zu beschreiten. Trotzdem sind viele noch nicht bereit, sich mit dieser Thematik auseinanderzusetzen - vielfach nur aus rein finanziellen Überlegungen.

Didaktischer Ansatz

Die Gründe, die für den Umstieg auf die vollsolare Energieversorgung sprechen, scheinen so eindeutig zu sein, daß allein ihre Behandlung im "normalen" Unterricht ausreichen müßte, bei den Schülern eine positive Einstellung zu erneuerbaren Energieformen zu bewirken. Dennoch findet man kaum einen nachhaltigen Niederschlag dieses Wissens. Das bloße Erwähnen bzw. Besprechen im Unterricht reicht also nicht aus.

Das legt wieder einmal nahe, einen mehrkanaligen Zugang zu diesem Thema zu wählen, der am besten in Form von Projektunterricht umzusetzen ist. Der Bau einer thermischen Solaranlage zur Bereitung von Warmwasser eignet sich bestens für solche Projekte, da es keine größeren technischen Probleme zu bewältigen gibt und auch die Kosten niedrig gehalten werden

können. Viele Handgriffe und handwerkliche Tätigkeiten können auch von weniger geübten Schülern problemlos durchgeführt werden, und schon nach wenigen Stunden stehen sie bei guter Planung vor einem Werk, mit dem sie sich identifizieren können.

Vielfach werden solche Projekte im Unterricht mit dem Basteln kleiner Modellanlagen durchgeführt. Bei der Erprobung stellt man dann fest, daß das Wasser tatsächlich warm wird, und das Projekt ist damit abgeschlossen. Ich persönlich bin aber der Meinung, daß es sehr wichtig ist, den Nutzen solcher Anlagen im größeren Maßstab zu zeigen. D.h., es muß eine Anlage sein, die sich auf das tägliche Leben der Schüler auswirken kann, die es erlaubt, daß das solar erwärmte Wasser auch von den Schülern genutzt werden kann. Darüber hinaus sollte ihr Betrieb ständig beobachtbar sein. Interessant wird es erst dann, wenn eine Solaranlage zu Zeiten gute Resultate zeigt, die scheinbar kaum eine Umwandlung der Sonnenenergie erlauben (z.B. an bewölkten Tagen oder im Winter). Die Schüler müssen also auch die Möglichkeit haben, auf einfache Art und Weise an die Betriebsdaten (Temperaturen etc.) zu gelangen, um sie auswerten zu können.

Organisation des Projektes

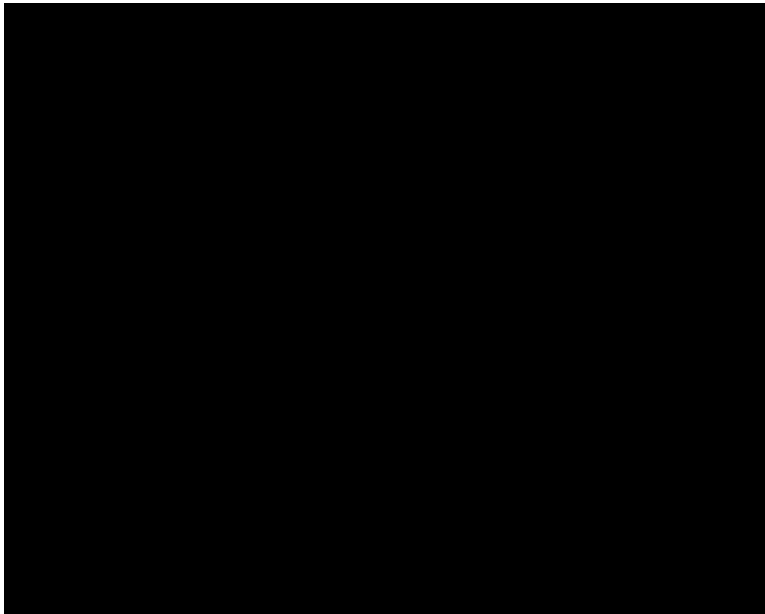
Im Frühjahr 1997 konnten wir ein Projekt an unserer Schule durchführen, das alle genannten Ziele auch erfüllte. Die Reaktionen der Schüler während der Arbeit und der Einsatz und das Interesse für ihren Sonnenkollektor nach dem Abschluß zeigte wieder einmal, wie wichtig Projektarbeit in der Schule ist.

Das Projekt wurde mit sieben Schülern der 7. Klasse (1996/97) im Rahmen des Wahlpflichtfaches Physik durchgeführt. Die Materialbeschaffung stellte kein Problem dar, da wir die gesamte Anlage bei einem Wettbewerb des WWF Österreich gewonnen hatten. Zusätzlich notwendiges Material, wie z.B. die intelligente Meßwerterfassung konnte über das an der Schule laufende Comeniusprojekt zum Thema "Energy Consumption in Europe" (Sokrates Projekt/ Comenius Aktion 1 der EU) angekauft werden. Die gesamte Projektabwicklung wurde ebenfalls im Rahmen dieses Projektes durchgeführt.

Sehr zum Dank verpflichtet bin ich Herrn DI Schröttner von der Bundesgebäudeverwaltung, der uns half, innerhalb weniger Tage das ohnehin empfindliche Flachdach unserer Schule vorzubereiten, und nach dem Aufbau der Solaranlage für den ordnungsgemäßen Anschluß der Anlage an die Warmwasserleitung der Schule und die notwendige Elektroinstallation für die Meßdatenerfassung sorgte.

Beschreibung der Anlage

Der schematische Aufbau der Anlage ist in Abb. 1 dargestellt.



Aufbau und Funktion

Gekürzte Wiedergabe des Schülerberichtes von Christoph Ernet:

Die Solaranlage des BG/BRG Seebachergasse verfügt über einen Flachkollektor mit 4m^2 hochselektiv beschichteter Absorberfläche und arbeitet nach dem Schwerkraftprinzip. Das Nutzwasser wird in einem Doppelmantelboiler mit 200l Inhalt erwärmt.

Der Flachkollektor besteht im wesentlichen aus einer transparenten Abdeckung, dem Absorber, einer Wärmedämmung und dem Kollektorgehäuse. Im Querschnitt in Richtung Sonneneinstrahlung betrachtet, besteht er aus 4 mm starkem Hartglas, das oben und unten am Kollektorgehäuse aufliegt bzw. befestigt wird. Danach folgen ca. 20 - 30 mm Luft, und darunter liegt der Absorber. Damit nicht zuviel Wärme verloren geht, folgt eine 40 mm Isolierung, darunter eine Alu-Folie als Reflektor zur Verminderung der Wärmeverluste. Der Absorber ist in Holz gefaßt und auf einer tragenden Unterkonstruktion aus Metall befestigt.

Die einfallenden Sonnenstrahlen durchdringen das Glas und treffen auf den Absorber. Dieser wandelt die Strahlungsenergie durch Absorption in Wärme um. Dadurch steigt die Temperatur des Absorbers. Aber auch ein sehr guter Sonnenkollektor kann nicht die ganze Energie der Sonne in Wärme umwandeln, da die Sonnenstrahlen als erstes vom Glas und vom Absorber selbst reflektiert werden. Dazu kommt noch der Wärmeverlust über die Glasscheibe und, trotz Dämmung, der Wärmeverlust über die Hinter- und Seitenwände. Der erwärmte Absorber gibt seine Energie an ein Wasser-Frostschutz-Gemisch ab, das durch ein mit dem Speicher verbundenes Rohrleitungssystem strömt. Die Wärmeenergie wird zum Boiler transportiert und im Wärmetauscher an das Brauchwasser im Boiler abgegeben. Das Brauchwasser wird dem Boiler von oben entnommen, da es dort am wärmsten ist. Kaltwasser von unten aus der Wasserleitung wird zugeführt. Das über den Wärmetauscher abgekühlte Wasser fließt wieder zum Kollektor zurück. Da der Kollektor im Freien steht, müssen alle Zu- und Ableitungen isoliert werden, damit die Wärmeverluste bei niedrigen Außentemperaturen minimiert werden. Die Temperaturschwankungen führen zu Volumsänderungen des Wasser-Frostschutzgemisches, das sich dabei ausdehnt oder zusammenzieht. Ein

Ausgleichsbehälter im Leitungssystem kompensiert diese Volumsänderungen.

Durchführung

Gekürzte Wiedergabe des Schülerberichtes von Markus Kreuzthaler

Da der Begriff "Erneuerbare Energie" in den letzten Jahrzehnten unausweichlich mit der Umweltproblematik der heutigen Welt verbunden ist, beschloß auch unsere Schule, sich näher mit diesem Thema zu befassen. Ein erster großer Schritt dazu wurde mit der Teilnahme am COMENIUS - Projekt gesetzt, einem Projekt, das sich europaweit mit der Umweltproblematik in der Zukunft beschäftigt. Im Rahmen dieses Projektes ergab es sich, mit der Unterstützung von WWF Österreich, Solar Einkaufs GmbH, Steweag, einen Sonnenkollektor an unserer Schule zu installieren, der nicht nur für Warmwasser in unserer Schule sorgen soll, sondern mit dem man auch durch den Einsatz computerunterstützter Meßgeräte interessante Betriebsdaten in Zukunft ablesen kann. Da die Montage des Sonnenkollektors nicht ohne pädagogischen Wert sein soll, mußte sich die Wahlpflichtgegenstandsgruppe Physik schon Wochen vorher mit der Planung und den verschiedenen Konstruktionsweisen von Sonnenkollektoren auseinandersetzen. Auch am Tag der Montage gab es von Herrn Forster von der Solar Einkaufs GmbH, einem Fachmann auf dem Gebiet der Solartechnologie, noch einen interessanten Vortrag über das Problem der globalen Erwärmung mit anschließender Diskussion. Nach Beendigung dieser Diskussion ging es dann schließlich zur Sache.



Abb. 2: Vermittlung der notwendigen Grundkenntnisse



Abb. 3: Herr Forster erklärt die technischen Details



Abb. 4: Das "leere" Dach

Als erstes besprachen wir noch einmal die Konstruktions-schritte für die in unserem Fall gewählte Schwerkraftanlage. Eine Schwerkraftanlage unterscheidet sich von anderen Anlagen dadurch, daß sie überhaupt keine technischen Hilfsmittel, sprich Pumpe, für die Zirkulation des Wassers benötigt. Anschließend begannen wir mit der Beförderung des Kollektormaterials hinauf auf das Flachdach, was mit einigen Schwierigkeiten verbunden war, denn manche Teile waren sehr groß und schwer, wie z. B. der Speicher, und die kleine Aufstiegs Luke auf das Dach machte die Beförderung auch nicht leichter. Schlußendlich hatten wir dann doch das Material auf dem Dach und konnten mit dem Zusammenbau des Kollektors beginnen.



Abb. 5: Der Einbau des Absorbers in den Holzrahmen

Als erstes machten wir uns an die Montage des Holzrahmens, an den dann als nächster Schritt die Blechabdeckung montiert wurde. In den Holzrahmen kam nun ein wärmedämmendes Material und darüber eine Art Alufolie, die Wärmeverluste reduzieren soll. Nach diesen Schritten wendeten wir uns dem Einbau des hochselektiv beschichteten Kollektors zu, bei dem die Anschlußstutzen des Wasservor- und -Rücklaufes abgeschliffen werden mußten, was eine schweißtreibende Aufgabe war und die meisten Schüler einige Kräfte kostete. Nach dem Einbau des Kollektors folgte nun die Abdeckung des Kollektors mit einem Sicherheits-glas, wobei besondere Vorsicht angebracht war, da diese Scheibe sich durch einen Schlag an ihre Kante schlagartig in ein paar Eimer voll mit Glassplintern verwandeln konnte. Da wir dieses heikle Unterfangen nun auch hinter uns hatten, fehlte nur noch die Abdichtung des Kollektors mit Hilfe eines Schutzblechs und von Silikon. Die reine Montage des Kollektors war jetzt abgeschlossen, und die Markierungen für die Bohrungen an der Wand wurden vorgenommen. Dazu mußten wir vorher den Kollektor noch nach Süden ausrichten, was mit Hilfe einiger alter Pfadfindertricks kein großes Problem war. Nach der Ausrichtung des Kollektors konnten wir die Bohrungen in der Wand durchführen, und der erste Arbeitstag ging damit um ca. 18.00 Uhr zu Ende.



Abb. 6: Fertigstellung der Glasabdeckung

Am 2. Tag mußten wir "nur noch" die Leitungen verlegen, was sich vor allem beim Boiler als schwerer erwies, als wir vorher angenommen hatten. Nach der Verlegung der Leitungen nahmen wir im Leonhardstüberl ein Mittagssmahl zu uns und machten uns gleich danach wieder an die Arbeit, um den Kollektor endgültig fertig zu stellen. Dazu fehlte uns nur noch die Isolierung der Leitungen und anschließend die Füllung des Kollektorsystems mit Wasser, dem ein lebensmittel-echtes Frostschutzmittel beigegeben wurde.

Jetzt konnten wir endlich behaupten, daß das BG/BRG Seebacher einen voll funktionstüchtigen Kollektor besitzt. Nach dieser vollbrachten Leistung, die komplett auf Video festgehalten wurde, versammelten wir uns noch einmal um den Kollektor, um uns einem Gruppenphoto zu stellen, das natürlich wie immer, wenn es Tätigkeiten in unserer Schule gibt, von unserem geschätzten Herrn Professor Dr. Etzler gemacht wurde.

Nach Vollendung dieses Projekts konnten wir uns rühmen, unter den wenigen Schulen in der Stadt Graz zu sein, die sich die Sonnenenergie zu Nutze machen.

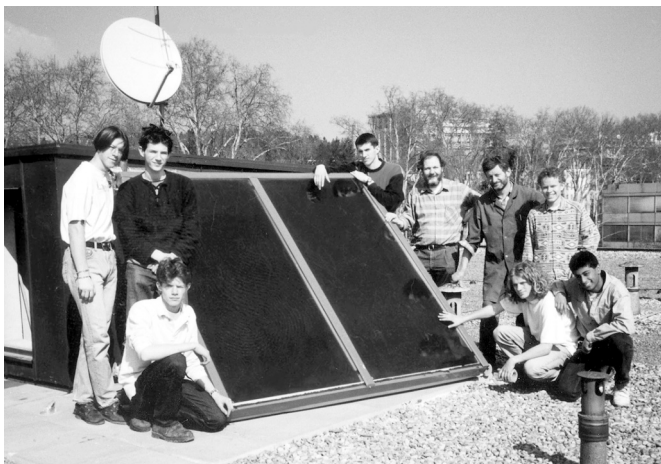


Abb. 7: Der fertige Sonnenkollektor
(Das Team von li. nach re.: Cristoph Ernet, Markus Kreuzthaler, Thomas Lang (knieend), Emir Mujcinovic, Dr. Reichel, Ing. Forster, Michael Leditzky, knieend: Stefan Rosanelli, Dashaka Pathirana)

In Zukunft, wie schon am Anfang erwähnt, wollen wir Temperatursensoren am Kollektor anbringen, die es uns ermöglichen, genaue Aussagen über Temperatur, Wirkungsgrad etc. treffen zu können, wobei zu erwähnen ist, daß die Software für die Datenübertragung von den Physik - vertiefend - Schülern selbst programmiert wird. Dabei wollen wir mit unseren Messungen nicht nur in unserer Schule bleiben, sondern sie früher oder später in die Seebacher Homepage geben, wo sie dann für jeden abrufbar sein sollen.

Die computerunterstützte Messdatenerfassung

Mit Hilfe von vier selbst angefertigten und kalibrierten Pt100-Temperatursensoren kann die Temperatur an 4 Stellen der Solaranlage fernüberwacht werden, ohne daß man das Dach dabei betreten muß (siehe Abb. 1). Diese Meßstellen befinden sich im Vor- und Rücklauf des Heizkreislaufes und oben und unten im Doppelmantelspeicher. Durch einen intelligenten Sensormodul (ISM 110 der Fa. Gantner electronic) werden diese 4 Meßstellen hintereinander abgefragt und über eine 4-adrige Leitung (RS 485) an einen Personalcomputer (486, 33

MHz) geschickt. Da der Computer nur über eine RS 232 - Schnittstelle verfügt, müssen die Daten durch einen Schnittstellenkonverter umgewandelt werden. Dieser Konverter versorgt gleichzeitig auch den Sensormodul über 2 der 4 Adern der Meßleitung mit der notwendigen Betriebsspannung.

Die Daten werden am Bildschirm simultan angezeigt und alle 5 Minuten neben Uhrzeit und Datum auf die Festplatte geschrieben. Das dazu notwendige Programm wurde von Thomas Lang, einem Schüler der 7c- Klasse (1996/97), in Turbo-Pascal 6.0 geschrieben.

Die Anlage lief bereits den ganzen Sommer 1997 ohne Zwischenfall im Probelauf. Die erhaltenen Daten wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes EXCEL 5.0 ausgewertet.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen Meßergebnisse, die im August 1997 aufgezeichnet wurden.

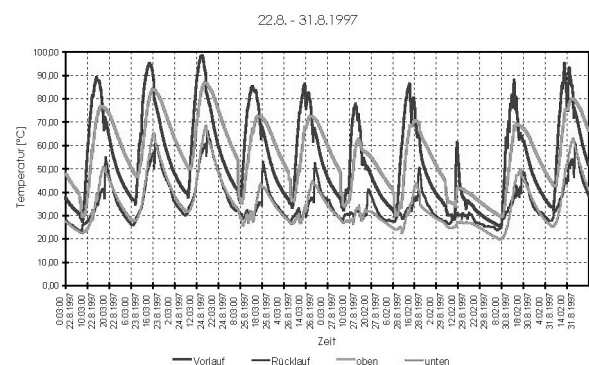


Abb. 8: Temperaturverlauf in der letzten Augustwoche 1997
Vorlauf Temperatur des zum Speicher fließenden Heizwassers
Rücklauf Temperatur des rücklaufenden Heizwassers
oben Temperatur im oberen Speicherbereich
unten Temperatur im unteren Speicherbereich

Die Daten in Abb. 8 zeigen den Temperaturtagesgang der Anlage im angegebenen Zeitraum. Besonders fällt auf, daß das Wassers in der Nacht rasch abkühlt. Das läßt sich darauf zurückführen, daß sich die Strömungsrichtung im Heizkreislauf in der Nacht umkehrt und das im Speicher befindliche Wasser über den Kollektor wieder abkühlt. Ursache dafür ist die aus Platzgründen notwendig gewordene Bauart mit Kollektor und Speicher auf gleicher Höhe.

In der "Kleinen Zeitung" werden im Nachhinein immer die täglichen Sonnenscheinstunden eines Monats veröffentlicht. Dadurch ist es möglich, den direkten Vergleich von Sonnenscheinstunden zu maximaler Wassertemperatur durchzuführen, wie es in der nachfolgenden Abbildung für den Monat August 1997 zu sehen ist.

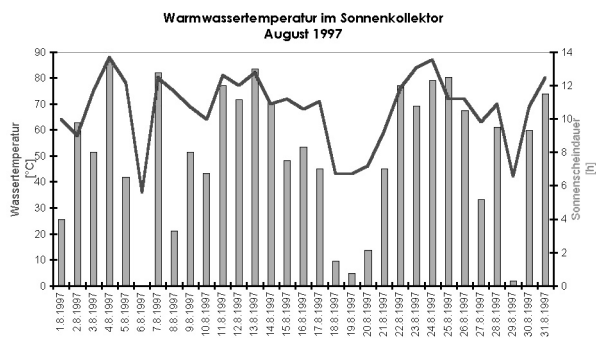


Abb. 9: Gegenüberstellung der Warmwassertemperatur im Speicher und der täglichen Sonnenscheindauern.

Der Zusammenhang ist ganz klar zu erkennen. Es zeigt sich auch, daß die Speicherfähigkeit der Anlage nicht besonders hoch ist, obwohl im August kaum eine Warmwasserentnahme notwendig ist. Das ist wieder auf den vorhin genannten Effekt der umgedrehten Strömungsrichtung im Heizwasserkreislauf zurückzuführen.

Vor- und Nachteile der Konstruktion, Verbesserungen

Wenn man auf maximale Effizienz gehen würde, so müßte das Umdrehen des Heizkreislaufes unterbunden werden, was aber auch eine Behinderung der richtigen Strömungsrichtung des Heizwassers bedeuten würde. Eine Pumpe könnte hierbei als eine Möglichkeit Abhilfe schaffen. Diese würde aber Hilfsenergie benötigen und den gesamten Spareffekt der Anlage herabsetzen.

Auf der anderen Seite ist gerade diese Eigenschaft der Anlage von Vorteil, da Teile der Anlage, wie Lötstellen, nicht überhitzen können. Dieses Problem könnte vor allem in der Sommerzeit auftreten, in der die Anlage längere Zeit unbeobachtet arbeitet.

Die Wassertemperaturen reichen problemlos dazu aus, das für das Reinigen großer Teile der Schule benötigte Warmwasser sowie das Warmwasser in den Schülertoiletten bereitzustellen.

Abschliessende Bemerkungen zur Projektdurchführung

Wirtschaftliche Bemerkungen

Die Daten zeigen bis jetzt, daß auch "trübe" Tage genug Energie beinhalten und damit zu ausreichend hohen Wassertemperaturen führen.

Das Problem des verhältnismäßig raschen Abkühlens während der Nacht ließe sich sicher durch eine Schwerkraftbremse lösen, und ein größerer Anteil der Wärme könnte gespeichert werden. Eine entsprechend dimensionierte Solaranlage würde also durchaus den Warmwasserbedarf unserer Schule abdecken. Das wird zusätzlich noch durch die Lage unserer Schule begünstigt, da das Schuldach freie Sicht nach Süden hat und keine Hindernisse baulicher Art in Zukunft zu erwarten sind.

Didaktische Bemerkungen

Nach solchen praktisch durchgeführten Projekten stellt sich immer wieder heraus, daß sich die Schüler im größeren Aus-

maß mit den von ihnen erbrachten Leistungen identifizieren und viel mehr Zeit freiwillig in die Durchführung investieren. Lange Zeit nach Beendigung des Projektes wird noch darüber gesprochen und versucht, Verbesserungen vorzuschlagen oder anzubringen.

Das Engagement der Schüler spornt aber umgekehrt auch den Lehrer an und zwingt ihn zu einer besseren Vorbereitung, damit die Schüler in ihrer Arbeit nicht durch Leerläufe gestoppt werden.

Eine wichtige Komponente liegt auch darin, daß Schüler und Lehrer ein Team bilden. Dadurch können Schranken des "normalen" Unterrichtes aufgehoben werden. Die Schüler akzeptieren den Lehrer als Helfer und sehen ihn nicht als "Beurteiler"; diese Erfahrung wirkt sich auch nachhaltig positiv auf die normale Unterrichtssituation aus.

Ich kann nur jedem Lehrer empfehlen, es in ähnlicher Weise zu versuchen, denn nur so können wir entdecken, was in so manchen Schülern stecken mag, die vielleicht als "schwierig" gelten, und wieviel Schüler zu leisten imstande sind. Projektarbeit bietet auch den Lehrern die Gelegenheit, ihre grundsätzliche Einstellung zur Institution Schule zu überdenken und die Erkenntnisse in die zukünftige Unterrichtsplanung einzuarbeiten.

Vielleicht liegt in der Durchführung von Projekten auch die große Chance, den nicht sehr positiven Stellenwert des Physikunterrichtes, gemessen an anderen Schulfächern, wesentlich zu verbessern und den Schülern die Sinnhaftigkeit, sich mit Physik auseinanderzusetzen, zu vermitteln.

Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei folgenden Personen, Firmen und Institutionen bedanken, die mitgeholfen haben, den Aufbau der Anlage zu ermöglichen:

WWF Österreich

Solareinkaufsgesellschaft Hr. Forster

Steweag

Hr. Ing. Schröttner, Bundesgebäudeverwaltung

Schulwarte: Hr. Endthaller und Hr. Kloiber

Direktor HR Mag. K. Ebenführer

Prof. Etzler

Dieses Projekt wurde im Rahmen des Sokratesprojektes der EU/ Comenius Aktion 1 mit dem Titel "Energy Consumption in Europe" durchgeführt.

Literatur

- [1] Kronberger, H., Nagler, H. *Der sanfte Weg*. Uranus Wien 1997
- [2] Schauer, K. *Ein nachhaltiges Energiesystem für Österreich*. Verlag für die Technische Universität Graz 1995.

Interpädagogica 1998

Ideen für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Im Rahmen der Lehrmittelmesse Interpädagogica 1998, die von 12. -14. November 1998 am Wiener Messegelände stattfindet, wird auf Anregung von Leybold-Didactic am 13. November 1998 eine Vortragsreihe zum naturwissenschaftlichen Unterricht stattfinden. Wir möchten die Mitglieder des Fördervereins und der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft auf diese Veranstaltung hinweisen und würden uns über regen Besuch durch Lehrer und Schüler freuen.

Das Programm

Freitag, 13.11.1998

10:00 - 10:45 *Schüler präsentieren Chemie*

HOL Werner Rentzsch, HS 20 Wien,
mit Schülerinnen und Schülern

10:45 - 11:30 *Naturwissenschaften spielerisch erleben*

Prof. Mag. Hans Mühl, Prof. Mag. Ludwig Murtinger,
Prof. Mag. Christine Rötzer, Prof. Mag. Erna Swoboda,
BG 19 Wien, mit Schülerinnen und Schülern

11:30 - 12:15 *Atmosphärenchemie und Klima*

ao. Univ.-Prof. Dr. Hans Puxbaum, TU Wien

14:00 - 14:45 *Muß Mechanik unbeliebt sein?*

a. Univ.-Prof. Dr. Helmut Kühnelt, Universität Wien

14:45 - 15:30 *Licht, Spektren und Quantenmechanik*

Univ.-Prof. Dr. Romano Rupp und Dr. Heinz Kabelka,
Universität Wien

15:30 - 16:15 *Der Himmel in der Westentasche - Drehbare Sternkarten und andere einfache Hilfsmittel*

Dr. Franz Kerschbaum, Universität Wien

16:15 - 17:00 *Forschen und Entdecken im Physikunterricht*

Prof. Mag. Ing. Helmuth Mayr, BGRG 15 Wien und
Universität Wien

Da es sich um keine Firmenpräsentation handelt, möchten wir die Initiative der Fa. Leybold Didactic besonders begrüßen und für die Finanzierung der Veranstaltung danken.

Gleichzeitig möchten wir darauf hinweisen, daß das Projekt *NetScience*, das von der Arbeitsgruppe Physikdidaktik am Institut für Theoretische Physik gemeinsam mit einigen Schulen durchgeführt wird, am Stand des Unterrichtsministeriums vertreten sein wird. Es besteht dort auch die Möglichkeit, das Medium Videokonferenz kennenzulernen.

Freihandversuche

Entartete Zwillingseier

Material: Becherglas 800 ml, 3 Bechergläser 600 ml, Kristallisierschale, großer Kunststofflöffel, Glasstab, 2 gleich große Hühnereier, Permanentschreiber, Salzsäure conc., Natriumchlorid, dest. Wasser.

Durchführung

Vorbereitung: Das große Becherglas wird in die Kristallisierschale gestellt. Daneben stellt man ein zweites Becherglas. In das Becherglas in der Schale legt man die zwei Hühnereier und übergießt sie mit Salzsäure. Die Eier sollen mit der Säure gerade bedeckt sein. Man dreht und wendet die Eier mit dem Löffel immer wieder, schöpft den entstehenden Schaum dauernd ab und gibt ihn in das bereitgestellte Becherglas. Man läßt die Eier so lange in der Säure, bis beide Eischalen vollständig aufgelöst sind - gegebenenfalls etwas Säure nachgießen. Die übriggebliebene Säure wird abgegossen und der Entsorgung bzw. Weiterverwendung zugeführt. Nun werden die Eier vorsichtig mit viel Wasser abgespült - nur zart anfassen!

Die Schale löst sich unter sehr starkem Schäumen auf. Die entkalkten Eier greifen sich sehr weich an. Die Dotter scheinen durch.

Kalk löst sich in Salzsäure. Die äußerste Eiweißschicht wird durch die Salzsäure fest (denaturiert) - es hat fast den Anschein, als würde es sich um ein weichgekochtes Ei handeln.

Die Osmose:

Man stellt die beiden Bechergläser mit 600 ml nebeneinander auf. In das erste Glas füllt man dest. Wasser und beschriftet mit " H_2O ". In das zweite Becherglas füllt man gesättigte Natriumchloridlösung und beschriftet mit " $NaCl$ ". Man legt in beide Flüssigkeiten je ein Ei und läßt die beiden Gläser einen Tag (über Nacht) stehen.

Nimmt man am nächsten Tag (oder auch nach mehreren Tagen) die Eier aus den Flüssigkeiten, kann man beobachten, daß das Ei im Wasser größer und das im Salzwasser kleiner geworden ist.

Die dünne Eihaut wirkt als Membran. Durch die Osmose dringt im ersten Becherglas Wasser in das Ei. Im zweiten Glas dringt Wasser vom Inneren des Eis durch die Membran. Die treibende Kraft ist das Bestreben nach der Verringerung der Salzkonzentration (osmotischer Druck). Die Makromoleküle des Hühnereiweiß können nicht durch die Membran gelangen.

Hinweise:

- Während des AuflöSENS der Eierschalen entstehen Salzsäuredämpfe. Die Dämpfe dürfen nicht eingeatmet werden. Wenn möglich, im Abzug arbeiten oder gut lüften.
- Man kann das Gefäß mit der Salzsäure und den Eiern direkt in die Laborspüle stellen, dort den Schaum entfernen und mit viel Wasser immer wieder wegspülen.
- Übriggebliebene und leicht verunreinigte Salzsäure kann in einer alten Salzsäureflasche aufgehoben (beschriften!) und

als sogenannte Waschsäure zum Reinigen von Glasgefäßen verwendet werden.

- Beim Ablösen der Kalkschale kann man beobachten, daß sich das Ei um 180 Grad dreht, wenn unten der Kalk gelöst ist (Schwerpunkt). Man muß dann das Ei mit dem Kunststofflöffel unter die Flüssigkeitsoberfläche drücken.
- Nimmt man das Ei vorzeitig aus der Säure, spürt man auf der weichen Oberfläche noch vorhandene Kalkreste.
- Auf Grund der größeren Dichte der Salzlösung schwimmt in dieser das Ei.
- Möchte man den Versuch außerhalb eines Labor durchführen, löst man die Schale mit Essig (über Nacht die Eier im Essig liegen lassen) und verwendet normales Leitungswasser und Kochsalz. Mit Geräten aus der Küche und einfachen Gläsern läßt sich auch so der Versuch durchführen.

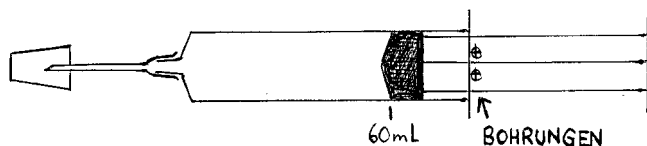
Werner Rentzsch

Luftdichtebestimmung

Material: 1 Einmalspritze 60 ml mit Gummikolben (Luer- oder Luer-Lock-Anschluß), 1 Einmalkanüle (z.B. 1,20 x 40), 1 kl. Gummistopfen, 2 hölzerne Schaschlikspießchen, (Handbohrer), Waage (Meßgenauigkeit 0,01g)

Durchführung:

1. Spritzenkolben bis 60 ml-Markierung herausziehen.
2. Auf Kolbenschaft (mit Overhead-Stift) 2 Markierungen (++; s. Skizze!) anbringen.
3. An den 2 markierten Stellen Bohrungen anbringen, sodaß 2 auf handliche Länge abgebrochene Schaschlikspießchen "streng" durchgesteckt werden können.
4. Gummistopfen auf Kanülenspitze aufsetzen.
5. Kanüle samt Stopfen auf Spritze aufsetzen.
6. Kolben bis 60 ml-Markierung herausziehen und festhalten.
7. Ein Helfer steckt die beiden Schaschlikspießchen durch die Bohrungen und fixiert somit den Kolben.
8. Spritze auf Waage legen, Ergebnis notieren.
9. Gummistopfen kurz entfernen (Luft "hineinlassen") und wieder aufsetzen.
10. Zweite Wägung, Ergebnis notieren.
11. Meßergebnis von 60 ml auf 1000 ml umrechnen. Das Ergebnis wird (soll) etwas unter dem Wert von 1,29 g/l liegen. (Lufttemperatur, Meereshöhe, aktuelle Wetterlage, ...)



Hubert Klinglmair, HS I, Bad Ischl

Dieses Experiment ist eine Hommage an Viktor Obendraufs Einwegspritzenversuche, aus denen nicht nur H. Klinglmair Anregungen für den Unterricht erhielt.

Kaffee bei tiefstehender Sonne

Konvektionszellen - Bénardzellen - Wärmetransport - Verdunstung - Nebel

Da über dem Übergangsgebiet zwischen zwei angrenzenden Konvektionszellen einer mit Kaffee gefüllten Tasse kein Wasserdampf kondensiert, kann man anhand des vorhandenen bzw. nicht vorhandenen Wasserdampfes Konvektionszellen erkennen.

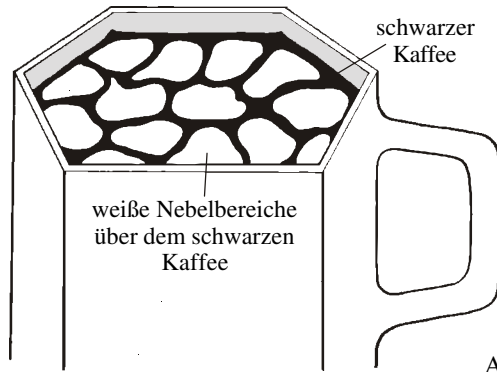


Abb. 1

Material: Kaffeetasse, starker, heißer schwarzer Kaffee oder heißer schwarzer Tee, Taschenlampe oder eine tiefstehende Morgen- oder Abendsonne

Aufbau und Durchführung: Eine Kaffeetasse wird bis zum Rand hin mit heißem, starkem schwarzem Kaffee gefüllt und von schräg oben mit einer Taschenlampe beleuchtet (am besten beleuchtet man im Freien mit einer tiefstehenden Morgensonne). Man erkennt unregelmäßige, weißliche Flecken, die von dunklen Linien abgegrenzt sind (siehe Abb. 1). Das Muster könnte man als wabenförmig bezeichnen. Die Flecken, die einen Durchmesser nicht größer als 2,5 cm besitzen, sind ständig in Bewegung und können ihre Form ändern, verschwinden aber nicht.

Erklärung

Da über die Grenzschicht Kaffee/Luft mehr Wärme abgeführt werden kann (der Kühleffekt ist hauptsächlich auf die Verdunstung zurückzuführen) als über die Grenzschicht Kaffee/Tasse (hier wird Wärme nur über den Mechanismus der Wärmeleitung abgeführt), kühlt der heiße Kaffee an der Oberfläche schneller ab als der restliche Kaffee in der Tasse. Da heißer Kaffee eine kleinere Dichte besitzt als kühlerer Kaffee, kann sich ein Wärmestrom über eine Konvektion einstellen. Es bilden sich Konvektions- oder sog. Bénardzellen (siehe Abb. 2).

In der Tasse markieren die weißlichen Flecken heißen Kaffee und die schwarzen Ränder den kühleren Kaffee. Die weißlichen Flecken sind in Luft suspendierte Wassertropfchen. Steigt heißer Kaffee an die Oberfläche, verdunstet Wassermoleküle (nach der Boltzmann-Verteilung haben einige Wassermoleküle genug kinetische Energie, um die Flüssigkeitsoberfläche zu verlassen). In der Luft geben die Wassermoleküle ihre kinetische Energie zum Teil an Luftmoleküle (durch Stöße) ab und es bilden sich schließlich kleine Wassertropfchen. Da die verdunsteten Wassermoleküle über der gesamten Konvektionszelle ihre Energie zum Teil an Luftmoleküle abgeben, entsteht eine Tröpfchenschicht über der Zelle. Durch

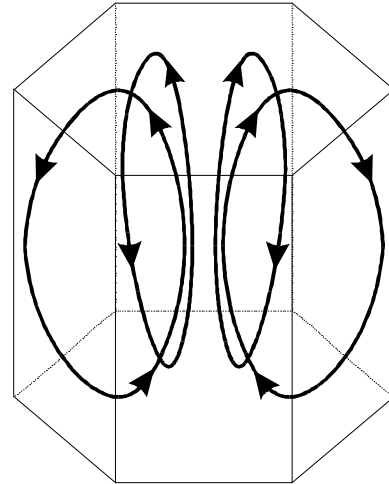


Abb. 2: In der Mitte der Zelle steigt warmer Kaffee auf und kühlerer Kaffee sinkt am Zellenrand nach unten.

ständig verdunstende energiereiche Wassermoleküle entsteht eine Strömung des Gases über der Kaffeeoberfläche nach oben.

Die Wassertropfchen über einer Konvektionszelle besitzen einen gewissen Strömungswiderstand in der gerade angesprochenen Strömung. Dieser Strömungswiderstand setzt sich wie folgt zusammen:

- Einige verdunstete Wassermoleküle (oder Luftmoleküle) treffen auf einen Tropfen, dringen in den Tropfen ein und geben ihre vertikale Impulskomponente an den Tropfen ab.
- Zwischen dem am Tropfen nach oben vorbeiströmenden Gas und dem Tropfen entsteht eine Reibungskraft, die seitlich am Tropfen angreift und nach oben weist.
- Bildet die Strömung oberhalb des Tropfens Wirbel, ist die Luftgeschwindigkeit über dem Tropfen größer als unter dem Tropfen (siehe Experiment "Zwei Fallkegel"). Die daraus resultierende Differenz des statischen Drucks oberhalb und unterhalb des Tropfens hat eine nach oben weisende Kraft auf den Tropfen zur Folge.

Der Strömungswiderstand ist der Gewichtskraft des Tropfens entgegengerichtet. Der Tropfen verweilt auf der ausgezeichneten Höhe, bei der sich Strömungswiderstandskraft und Gewichtskraft kompensieren. Deshalb bleibt die Tröpfchenschicht über dem heißen Kaffee bestehen. Der Abstand zwischen diesem "Nebel" aus kondensiertem Wasser und der Kaffeeoberfläche beträgt etwas weniger als 1 mm.

Da aus kühlerem Kaffee durchschnittlich weniger Moleküle aus der Oberfläche austreten als aus der Oberfläche von heißerem Kaffee, stellt sich über dem kühleren Kaffee eine geringere durchschnittliche Geschwindigkeit des strömenden Gases ein als über dem heißeren Kaffee. (Moleküle mit einer großen Geschwindigkeit nach oben treten in einen Gasraum mit Molekülen ein, deren Geschwindigkeiten statistisch verteilt sind. Je mehr Moleküle mit großer Geschwindigkeit nach oben in den Gasraum eintreten, desto größer ist die durchschnittliche Geschwindigkeit der Moleküle im Gasraum nach oben.) Der Strömungswiderstand der Tröpfchen hängt quadratisch von der Geschwindigkeit der Strömung ab. Deshalb ist der Strömungswiderstand der Tröpfchen über dem kühleren Kaffee

kleiner als der Strömungswiderstand der Tröpfchen über dem heißeren Kaffee. Der Abstand der Tröpfchen zur Flüssigkeitsoberfläche, der aus dem Gleichgewicht zwischen Strömungswiderstandskraft und Gewichtskraft der Tröpfchen folgt, wird so klein, daß die Tröpfchen wieder in die Flüssigkeitsoberfläche eintreten. Über dem kühleren Kaffee ist keine Tröpfchenschicht zu beobachten.

Die Tröpfchen erscheinen weiß, da das schräg einfallende Licht durch Brechung und Reflexion an den Tröpfchen gestreut wird und die durch Dispersion dabei auftretenden Farben sich zu weiß mischen. Der darunterliegende Kaffee ist schwarz (wie man an den Rändern der Konvektionszellen erkennt). Nur an den von dem Nebel bedeckten Stellen erscheint er weißlich. Bläst man über die Kaffeetasse, so verschwindet dieser Nebel für kurze Zeit. Der Nebel ist also nur ein Indikator für die Konvektionszellen.

Bemerkungen

Zitat von J. Ingram, von dem dieses Experiment stammt: "Mein Freund Jearl Walker, Physiker und Erzähler in bester te-

xanischer Tradition, liebt es, sich mit dem Flair des harten Lebens zu umgeben: jede Menge Bier nach Sonnenuntergang und Unmengen Kaffee bei Sonnenaufgang. Ihm verdanke ich die Idee, einen Blick in eine dieser endlosen Tassen Kaffee zu werfen, um alle möglichen interessanten wissenschaftlichen Phänomene zu entdecken."

Literatur

- Ingram, J.: *Wie man trocken durch den Regen läuft und andere Phänomene des täglichen Lebens*, Knaur, München 1992
Walker, J.: *Der fliegende Zirkus der Physik*, R. Oldenbourg Verlag GmbH, München Wien 1994

Dieses Experiment für Mußstunden ist der CD-ROM *Physikalische Freihandexperimente* entnommen. Der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Helmut Hilscher (Universität Augsburg, Didaktik der Physik). Die CD-ROM enthält über 400 Freihandexperimente. Sie ist erhältlich um DM 69,- bei Multimedia Verlag Physik, Alte Salzstraße 1, D-88175 Scheidegg (Tel.: 0049 8381 940937; www.multimedia-physik.com). Besprechung erfolgt im nächsten Heft.

Die Kerze im Becherglas

Helga Stadler und Helmut Kühnelt

Eine zweite Klasse im Physikunterricht. Entsprechend einer Anregung von H. Craigher (1998) folgt ein Großteil des Unterrichts folgendem Schema: Die Schülerinnen werden am Beginn des Schuljahrs dazu angeregt, zu Hause Experimente vorzubereiten und sie in der Schule vorzuzeigen. Eine Unterrichtsstunde beginnt damit, daß zwei bis drei Schüler/innen ein Experiment vorführen. Jede/r Schüler/in dokumentiert den Ablauf des Experiments in einem "Experimentierheft", erste Erklärungen werden diskutiert und daran anschließend weitere Phänomene untersucht, die auf ähnliche Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen sind.

Die Schüler benutzen die Literatur, die sie zu Hause vorfinden oder suchen nach geeigneten Büchern z.B. in der Schulbibliothek. Sie zeigen Experimente wie "Die singende Schallplatte", "Der Luftballon in der Flasche" oder "Blumen-Färben". Unter den Experimenten fand sich auch das bekannte Experiment "Die Kerze im Becherglas": Eine Kerze wird auf eine Untertasse gestellt, Wasser dazugefüllt, die Kerze angezündet und ein Becherglas darübergestülpt. Die Kerze geht nach einiger Zeit aus, Wasser wird ins Becherglas "hineingesaugt". Die Erklärung der beiden Schülerinnen folgt den Erklärungen in ihrer Experimentiervorlage:

"Die Kerzenflamme verbraucht den Sauerstoff der in der Flasche enthaltenen Luft und geht schließlich aus. Durch das Aufzehren des Sauerstoffs erniedrigt sich der Luftdruck in der Flasche und der (größere) äußere Luftdruck drückt einen Teil des Wassers in der Untertasse in die Flasche hoch." (Goldstein-Jackson 1978)

Verwirrend ist nur folgende Beobachtung: Das Wasser steigt im Becherglas erst einige Zeit nach dem Erlöschen der Flamme hoch. Und: Wohin verschwindet der Sauerstoff? Die

Schüler wissen, daß beim Verbrennen neue Gase entstehen und im Biologieunterricht haben sie auch vom Kohlendioxid gehört. Wo bleibt das Kohlendioxid? Diese Frage wird von den Schülern in Gruppen diskutiert. Folgende Ergebnisse werden schließlich präsentiert:

- Das Gas löst sich im Wasser auf.
- Das Gas braucht weniger Raum als der Sauerstoff bzw. übt einen geringeren Druck auf das Wasser aus.
- Die im Becherglas verbleibenden Gase kühlen langsam aus, ziehen sich zusammen und das Wasser wird hochgesaugt.

Zwei Schülergruppen wiederholten die Erklärung aus dem Experimentierbuch. Sie wurden von den anderen auf die Widersprüche hingewiesen. Einer der Schüler las aus einem Buch, das er mitgebracht hatte, daraufhin nochmals vor, was im Buch stand. Die vorgelesene Erklärung war identisch mit der obigen Erklärung. "Aber dann ist ja das, was im Buch steht, falsch!" meinte er schließlich. Und eine andere Schülerin: "Dann kann man ja nichts glauben, was in den Büchern steht. Das kann ja immer falsch sein."

Zwölfjährige sind nicht nur diskussionsfreudig und können dabei den eigenen Standpunkt verteidigen, sie setzen sich auch mit Argumenten auseinander, um gemeinsam Lösungen zu finden. Dies kann den Physikunterricht in dieser Altersstufe nicht nur für alle Beteiligten sehr spannend gestalten, sondern auch zum Entstehen einer kritisch abwägenden Haltung den Naturwissenschaften gegenüber beitragen, also dazu beitragen, daß nachgefragt wird, daß Erklärungen nicht einfach gedankenlos übernommen werden. Physikunterricht kann damit auch außerhalb gesellschaftsrelevanter Themen ein Stück zur politisch-sozialen Erziehung beitragen.

Literatur

- Craigher, H.: *Anfängerunterricht einmal anders*, NiU-Physik 46 (1998), 7 - 10
Goldstein-Jackson, K.: *Experimente spielend leicht*. Herder: Freiburg im Breisgau 1978

Bücher und Software

Farbstoffen analytisch auf der Spur

Georg Schwedt

Unterrichtshilfen Naturwissenschaften, ISBN 3-7614-1895-7, Aulis Verlag Deubner & CoKG, Köln 1996. DM 26,-.

Ein wünschenswerter Fall. Das vorliegende Buch ist die Neuauflage des vergriffenen Kosmos-Experimentierbuches *Farbstoffen auf der Spur. Mit 40 chromatographischen Versuchen*.

Bei vielen anderen Büchern wartet man vergebens auf eine Neuauflage wie z.B. von dem im Literaturanhang angeführten Buch *Bilder, die sich selber malen*.

Die Versuche wurden so ausgesucht, daß sie auch von interessierten Laien durchgeführt werden können. Auf giftige und teure Chemikalien wurde verzichtet; einfache Gerätschaften des Haushalts ersetzen Laborgeräte. Trotz diesem Zugeständnis an jugendliche Experimentatoren sind 46 Experimente beschrieben, mit denen Farbstoffgemische mit chromatographischen Methoden getrennt werden können.

Die folgenden synthetischen und natürlichen Farbstoffe werden behandelt: Füllhaltertinten, Farben in Faserschreibern und Wachsmalstiften, Kugelschreiberfarben, Ostereier- und Speisefarben, Farbstoffe in Lebensmitteln, Indikatorfarbstoffe, Chlorophylle und Carotinoide, Anthrachione, Anthocyane und Flavonoide.

Vor dem eigentlichen Experimentierteil findet sich ein kurzer geschichtlicher Rückblick der Farben und dazu einige historische Trennversuche, die selbst ausgeführt werden können. Es folgt eine Beschreibung der Arbeitsweise der Chromatographie mit einer sehr ausführlichen Beschreibung der Trenntechniken - mit 15 eigenen Experimenten. Sehr praktisch zum Nachschlagen ist ein Anhang mit allen Versuchen im Überblick.

Alles in allem ein sehr praxisorientiertes Buch, das aber auch ausreichend Zusatzinformationen bietet. Es ist bestens geeignet für Schülerversuche in Einzel- oder Gruppenarbeit, für Projekte, aber auch für "Experimente als Hausaufgaben" - ein Buch mit diesem Titel ist im selben Verlag erschienen (siehe PLUS LUCIS 3/94).

Werner Rentzsch

Unterricht Chemie: Band 7 - Materie/ Stoffe - Reinstoffe - Stoffgemische

Hans-Joachim Bader, Gabriele Roder

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1996, ISBN 3-7614-1892-2

Im siebenten Band der Reihe "Unterricht Chemie" werden die Themen Stoffe und ihre Eigenschaften sowie verschiedene Trennmethoden behandelt. Bisher erschienen die folgenden Bände: "Säuren und Basen", "Wasser", "Metalle", "Salze",

"Atombau und chemische Bindung" und "Luft" - geplant sind noch 10 weitere Bände.

Wie in den vorhergehenden Bänden ist der Inhalt folgendermaßen gegliedert: fachliche und didaktische Grundlagen, Sequenzen von Unterrichtseinheiten zum Thema "Körper und Stoff - Reinstoff/Stoffgemische" sowie ein Anhang mit Glossar, Literaturverzeichnis und einem ausklappbarem Faltblatt (R- und S-Sätze, Gefahrenstoffkennzeichnung, Sicherheit und Entsorgung). In einer Klarsichttasche der Einbandinnenseite befinden sich noch vierfärbige Overheadfolien - "Gegenstände/Körper - Materie/Stoff", "Trennung eines Stoffgemisches", "Das Autowrack - ein Umweltproblem" und "Gefahrensymbole".

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

Aus der Einführung der Autoren: "Die vorliegenden ausgearbeiteten Unterrichtsvorschläge sollen einmal in die grundlegenden Begriffe einführen, zum anderen auch zeigen, wie wichtig die Charakterisierung von Stoffen durch ihre Eigenschaften und die Methoden der Stofftrennung sind.

Um dem gesamten Spektrum eines möglichen Einsatzes auf der Sekundarstufe I gerecht zu werden, wurden neben sehr einfachen Unterrichtsvorschlägen, die sich in ihrer Ausführlichkeit eher an weniger leistungsstarken Klassen orientieren, auch anspruchsvollere Vorschläge auf dem Gebiet der Stofftrennung aufgenommen. Dabei war es allerdings nicht das Ziel, alle wichtigen Methoden der Stofftrennung darzustellen. Bei der notwendigen Auswahl wurde darauf Wert gelegt, Bezüge zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler in den Vordergrund zu stellen. Als Beispiel hierfür seien die Unterrichtsstunden zur Gewinnung von Papier aus Altpapier und zur Aufarbeitung von Autoschrott aufgeführt, die an heute sehr augenfällige Probleme anknüpfen. Wie auch bei den anderen Bänden dieser Reihe stellen die ausgearbeiteten Unterrichtsstunden einen Vorschlag dar, aus dem der Lehrende sich je nach Bedarf eine Sequenz zum einführenden Chemieunterricht zusammenstellen kann."

Die Inhalte in diesem Themenband sind sehr anschaulich behandelt und können gut in den ersten Chemiestunden dargestellt werden.

Werner Rentzsch

Einführung in LOGO

Gerhard Otte

Dümmlerbuch 46774. 116 S. Zahlr. Abb. Bonn: Dümmler Verlag 1996. ISBN 3-427-46774-0. DM 30,-.

Seymour Papert hat in schon fast grauer Informatikvorzeit LOGO entwickelt, um Geometrielernen durch Konstruieren und Experimentieren für Kinder ab dem Volksschulalter möglich wird. Durch das Schreiben kleiner Programm-Module

wird algorithmisches Denken gefördert. Ottos Einführung in LOGO stellt die Möglichkeiten von LOGO vor inklusive der Steuerung von Geräten (z.B. Fischertechnikrobotern). Es wird vor allem für jene Lehrer interessant sein, die sich erstmals mit LOGO befassen wollen, vor allem für Mathematik-, Werkerziehung- und Informatiklehrer. Zur Verwendung von LOGO steht WIN-LOGO (unter Windows) zur Verfügung, allerdings kostet die Schullizenz bei Dümmler DM 450,-. (Eine Demo-Version ist um DM 15,- erhältlich.)

H. K.

GEOLOG-WIN - Konstruieren Berechnen Beweisen Problemlösen mit dem Computer

Gerhard Holland

Dümmlerbuch 45762. 168 S. 104 Abb. Bonn: Dümmler Verlag 1996. ISBN 3-427-45762-1. DM 36,-. (Schullizenz für Handbuch und Software DM 398,-)

Eine Interpretation der Ergebnisse der TIMS-Studie sagt für Mathematik, daß Routinen schablonenhaft eingeübt werden und daher bei geänderter Aufgabenstellung nicht angewandt werden können. Dem wird oft versucht gegenzusteuern, indem Konstruktionswege niedergeschrieben werden sollen. Da dies meist im Nachhinein erfolgt, verliert dies für die Schüler seinen Sinn. Ähnlich wie bei LOGO, aber verstärkt auf die Aufgabenstellungen der Unterstufengeometrie bezogen, bietet GEOLOG hier Hilfe. Die Zeichenarbeit übernimmt der Computer, die Formulierung der Konstruktion bleibt Aufgabe des Schülers. Letztere kann über Programmzeilen oder Menüeingabe erfolgen. Dabei wird das Erlernen einer normierten Beschreibung von Konstruktionen, modulares Konstruieren und experimentierendes Verifizieren unterstützt. Beobachtet man lernschwache Schüler bei Konstruktionsprogrammen am Computer, erhält man den Eindruck, daß GEOLOG für solche Schüler ähnlich attraktiv sein könnte und durch die verstärkte Beschäftigung mit Geometrie - ohne immer mit gespitztem Bleistift sauber zeichnen zu müssen - auch den Schulerfolg verbessern könnte.

H. K.

Eine kleine Quantenphysik Quantenmechanik - Relativistik - Quantenoptik

Viktor Hund, Massimo Malvetti, Hartmut Pilkuhn

Vieweg Lehrbuch. Verlag Vieweg 1997. viii + 308 S. Kart. DM 42,-. ISBN 3-528-06924-4

Mit Witz und Charm und neuer Rechtschreibung haben sich Hartmut Pilkuhn (Univ. Karlsruhe) mit zwei jüngeren Mitarbeitern darangemacht, den Stoff von 2 Semestern Vorlesungen aus Quantenmechanik auf 300 Seiten so zu bringen, daß die Leser mit Neugierde von Seite zu Seite wandern (der Rezensent verfällt bereits in den lockeren Ton der Autoren) und daß dabei weder Inhalt noch Strenge auf der Strecke bleiben. Dabei werden einige heiligen Kühe geschlachtet, etwa daß zum

Verständnis der QM die Poissonklammern der klassischen Mechanik unterrichtet werden müßten. Der Standpunkt der Autoren wird in §0 DAS QUANTENFELD ERHELLET DIE WELT - *Wo wir einige Worte über die deduktive Struktur der theoretischen Physik verlieren* dargelegt und Leserinnen und Leser werden eingestimmt. Im Sinne einer nichtrelativistischen Theorie steht die Erzeugung und Vernichtung von Elektronen nicht im Mittelpunkt, doch das Photonenfeld sehr wohl. Kapitel I (Ein Teilchen ohne Magnetfeld und Spin) führt über die Schrödingergleichung zum Wasserstoffatom, der Drehimpuls wird natürlich algebraisch behandelt, so daß als Differenzialgleichung nur die radiale Schrödingergleichung zu lösen bleibt. Kapitel II führt zu Spinoren und Pauligleichung, sowie zur stationären Störungstheorie. Kapitel III (Atome und Moleküle) führt das Pauliprinzip ein und Näherungsmethoden, um einfache Moleküle (z.B. H_2^+ -Ion) zu berechnen. Hier finden wir - hoch aktuell wegen des Nobelpreises für Chemie 1998 - das Thomas-Fermi-Modell und das Dichtefunktional.

Kapitel IV bringt Strahlung und Quantenoptik - ein Kapitel, das den Autoren auch wegen der technischen Bedeutung der Optik sehr am Herzen liegt. Es bringt den Leser bis zur nichtlinearen Optik. Kapitel V ist ein Zwischenspiel und führt von der Klein-Gordon-Gleichung dorthin, *wo wir Leptonen, Baryonen, ... Quarks und Gluonen beschnuppern*. Hier treffen wir Feynmans Graphen als Ausdruck der Bornschen Störungstheorie für die Streuung und Teilchenerzeugung. Kapitel VI schließlich räumt auf: Lineare Kette, Quantenstatistik und zum Abschluß Quanteninformatik (EPR, verschränkte Zustände,...).

Der Leser wird es gemerkt haben, dem Rezensenten gefällt das Buch durch seinen frischen Zugang und den Leser direkt ansprechenden Stil. Es ist für eine Befassung mit nichtrelativistischer QM auf einem mittleren Niveau zu empfehlen. Gewöhnungsbedürftig ist die neue Rechtschreibung, auch für die Autoren: Warum schreiben sie "partielle Differenzialgleichung"?

H.K.

Grundkurs Theoretische Physik 5/2 Quantenmechanik

Wolfgang Nolting

Vieweg Lehrbuch. Verlag Vieweg 1997. x + 489 S. mit 53 Abb. und 110 Aufg. Kart. DM 58,-. ISBN 3-528-16938-9

Prof. Nolting lehrt theoretische Festkörpertheorie an der Humboldt-Universität Berlin. Er hat einen ausführlichen achtbändigen Grundkurs Theoretische Physik verfaßt, von dem der Teilband 5/2 zur Besprechung vorliegt. Mit Band 5/1 zusammen ergeben sich über 900 Seiten Quantenmechanik. Zweifellos ein Nachschlagewerk für Dozenten und Studenten. In dieser Fülle kann keine Vorlesung den Stoff bieten. Als Stärke ist dabei die Ausführlichkeit zu betrachten, mit der die Themen besprochen werden. Andererseits hat der Rezensent vergeblich nach Thomas-Fermi, Dichtefunktional oder EPR und verschränkten Zuständen gesucht.

H.K.