

PLUS LUCIS

2/95

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

Lehrpläne

Podiumsdiskussion

Vorstellungen und Lernen

Chemieunterricht im Umbruch

Einstein und die Österreicher

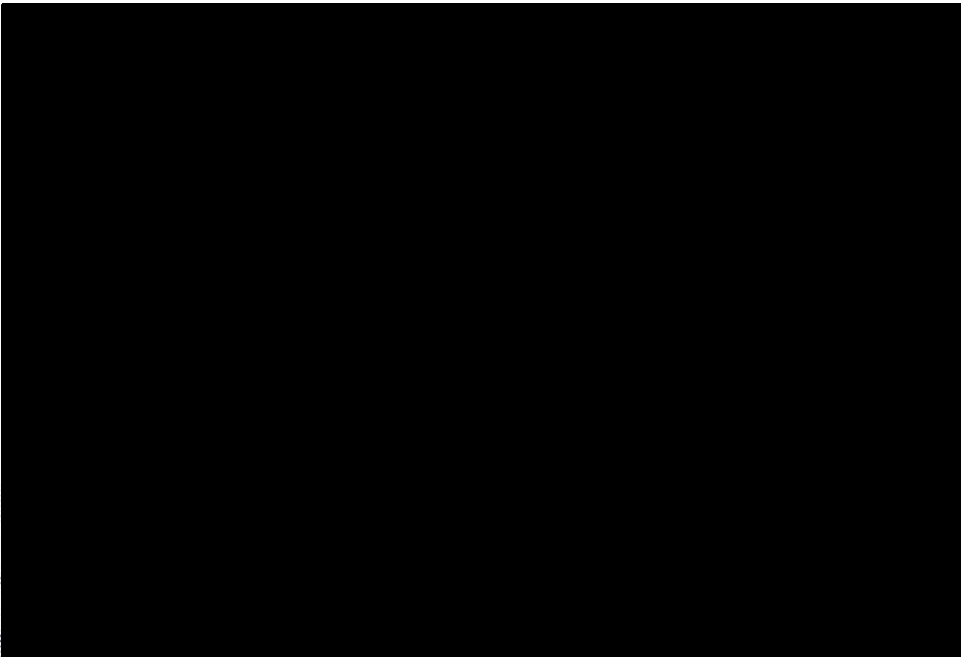
Loschmidt - Experiment, Briefmarke

ESO-Wettbewerb

Erdmagnetfeld

Experimente

Bücherecke



Mileva Maric - Albert Einstein

Physik Chemie

Impressum

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

Erscheint viermal jährlich.

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

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

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

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

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

Beiträge werden erbeten an:

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

HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg

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

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

Inhalt

Vorwort: Was tut sich mit den Lehrplänen	1
---	---

Lehrplan und Ausbildung

Zukunft des naturwissenschaftlichen Unterrichts	
Beiträge zur Podiumsdiskussion	2
Lehrplanentwurf	5

Unterricht

Chemieunterricht im Umbruch - Tendenzen und Perspektiven	8
Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie	11

Physikgeschichte

Einstein und die Österreicher	19
Wissenschaft auf Briefmarken	
100. Todestag von Josef Loschmidt	36
100 Jahre Röntgenstrahlen	38

Für die Praxis - Freihandexperimente

Beispiele der Landeswettbewerbe zur Österreichischen Physikolympiade 1995	22
Die Faszination einer riesigen Zahl	
Loschmidt im Unterricht	25
Die Arbeitsweise der Physik kennenlernen	
Zwei Phänomene mit flüssigem Stickstoff und einem Kreidestück	28
Freihandexperimente	32
Über die langfristige Änderung des erdmagnetischen Feldes	33

Mitteilungen - Berichte

Programm der ÖPG-Haupttagung 1995	24
Europäischer Chemielehrerkongreß 1995	31

Preise

Europa greift nach den Sternen - ESO-Wettbewerb	III
---	-----

Bücherecke	39
-------------------------	----

Umschlagbild:

Hochzeitsphoto von Albert Einstein und Mileva Maric, 6. 1. 1903

Umschlagbild des Buches *Am Sonntag küsst' ich dich mündlich*, Verlag Piper

Was tut sich mit den Lehrplänen?

Eine oft gestellte Frage! Das verwirrende Spiel nach der Regierungsneubildung im Herbst ist noch gut in Erinnerung. Sanierung des Budgets durch Sparmaßnahmen im Unterrichtsbereich, "Rettung" der österreichischen Schule - nach Jahren der Konsenspolitik - durch Stop kontinuierlicher Entwicklungsarbeit. Die Verlage mußten zu Weihnachten den Druck der überarbeiteten Schulbücher absagen. Vor Ostern kam etwas Bewegung in die Angelegenheit durch eine Enquete mit dem damaligen Bundesminister Dr. Busek. Von den überarbeiteten Lehrplänen sprach er nicht, wohl aber, daß in zwei Jahren schon wieder neue Lehrpläne in Kraft treten sollen. Kern- und Erweiterungsstoff sind die wiederbelebten Schlagworte - doch was soll dies sein? Es sollen die Grundqualifikationen verstärkt gefördert werden - wie eine Elternvertreterin empört feststellte: doch wohl eine selbstverständliche Aufgabe der Schule.

Nach dem Wechsel an der Spitze des Ministeriums kam nach kurzer Ruhe plötzlich hektische Betriebsamkeit. Binnen einer Woche waren die Lehrplanentwürfe für die 3. und die 4. Klasse begutachtungsfähig abzugeben. Sie sollen mit Schuljahresbeginn 95/96 in Kraft treten. (Die auf Grund zahlreicher Stellungnahmen neu erstellten Entwürfe finden Sie zu Ihrer Information in diesem Heft.) Und wieder schreiben die Zeitungen vom Inkrafttreten (sorgfältig erarbeiteter) neuer Lehrpläne im Herbst 1997!

Vier Monate sind schon wieder seit der letzten Fortbildungswoche vergangen. Daher nur eine kurze Rückbesinnung. Weit über 500 Lehrerinnen und Lehrer haben an dieser Veranstaltung teilgenommen. Allein zum Workshop- und Exkursionsprogramm haben sich 350 Personen (gegenüber 280 im Vorjahr) angemeldet, zum phantastisch organisierten Chemie-schwerpunkt Toxikologie kamen 200 Teilnehmer, und der Experimentalvortrag über das Chaos von Prof. Martienssen füllte den große Hörsaal mit der Galerie. (Da mußte das Buffet zu klein sein! - Leider!) Daß die Veranstaltung weitgehend aus den Mitgliedsbeiträgen zum Förderverein finanziert wird - die dankenswerterweise gewährte BMUK-Subvention beträgt seit Jahren S 15000,- darf einerseits die Mitglieder mit Stolz erfüllen, zeigt aber andererseits die äußerste Sparsamkeit, mit der der Vorstand wirtschaftet - muß doch auch noch die Zeitschrift finanziert werden. (Der Mitgliederstand ist auf 995 gestiegen. Werben Sie weitere Mitglieder für den Förderverein oder den Fachausschuß LHS der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft!)

Die Spitzen der Schulverwaltung, Sektionschef Dr. Dobart und Sektionschef DI Heuritsch, fanden zur Eröffnung sehr klare und positive Worte. Insbesondere Herrn Dr. Dobart sei für seine Initiative zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts gedankt. Ich möchte hier - dem allgemeinen österreichischen Trend zum Jammern entgegensteuernd - auf einige Fördermaßnahmen durch das BMUK hinweisen, die europaweit einmalig sind:

Die Wissenschaftlichen Nachrichten werden an alle Lehrer aus Physik, Chemie, Mathematik, Philosophie, Biologie und Geographie gratis versandt - die 100. Nummer ist nicht mehr fern.

Die AHS wurden mit Schülerversuchskästen ausgestattet. Dadurch wurde den in den Didaktischen Grundsätzen zum Lehrplan verbindlich geforderten Schülerversuchen der Weg bereitet.

Und als letztes Beispiel ein pädagogisches Neuland: In einer beispiellosen Ausstattungssaktion wurden (fast) alle AHS mit Physik- und Chemiecomputern ausgestattet.

Der 40. Todestag Einsteins im April ist eher unbemerkt vorbeigegangen. Von zeitlosem Interesse bleibt jedoch seine Person, zu der der Artikel "Einstein und die Österreicher" des Physikhistorikers Armin Hermann interessante Aufschlüsse liefert. Auch die in der Bücherecke besprochenen Liebesbriefe Einstein-Maric zeigen bisher wenig bekannte Facetten auf dem Weg vom ausländischen Studenten zum anerkannten Weltweisen.

Des 100. Todestags von Josef Loschmidt wird mit einem Symposium an der Universität Wien gedacht (25.-27.6.1995). Die Ankündigungen sind an die Schulen gegangen, Materialien für den Unterricht werden vom BMUK finanziert. Ergänzend dazu ist in diesem Heft ein Schülerversuch zur näherungsweise Bestimmung der außerhalb Österreichs *Avogadro'sche Zahl* genannten *Loschmidtschen Konstanten* beschrieben. Auch im Landeswettbewerb zur Physikolympiade war dieser Versuch durchzuführen.

Wie läßt sich die Diskussion zum naturwissenschaftlichen Unterricht anregen? Meine Vermutung ist, daß die Krise des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch unklare Ziele mitverursacht wird. Jetzt nach Schulschluß wäre Zeit, Ihre Ansichten zur Aus- und Weiterbildung, zu fachlichen und didaktischen Fragen zu Papier zu bringen.

Wie soll sich PLUS LUCIS weiterentwickeln? Sollen Buchrezensionen durch Softwarerevisionen ergänzt werden? Wie steht es mit den neuen Medien im Unterricht? Wer möchte eine Fragenecke betreuen, wie wäre es mit Rätseln? Was soll der Förderverein über Internet anbieten? Themen über Themen für die nächsten Nummern der Zeitschrift.

Diese Ausgabe war für Ostern geplant, Computerviren haben dazugeführt, daß die Auslieferung zu Ferienbeginn erfolgt.

Hinweisen möchte ich noch auf den Lehrertag der ÖPG im Rahmen der Jahresversammlung am 21.9.1995 an der Universität Leoben. Ein Programm (siehe S. 24) wird als Sondernummer ausgesandt.

Allen Mitgliedern des Fördervereins und des ÖPG-FA Lehrer an Höheren Schulen wünscht erholsame Ferien

Ihr Helmut Kühnelt

Zukunft des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Beiträge zur Podiumsdiskussion im Rahmen der 49. Fortbildungswoche

MR Mag. Hermine Dobrozemsky, BMUK, zuständig für den naturwissenschaftlichen Unterricht an AHS

Der naturwissenschaftliche Unterricht hat in den österreichischen Lehrplänen leider nicht den Stellenwert, der ihm zukommt und den er international auch hat. In erster Linie liegt das wahrscheinlich am Bildungsbegriff des Durchschnittsösterreichers, für den beispielsweise Literatur, Fremdsprachen und Kunstverständnis, nicht aber Kenntnisse in den Naturwissenschaften zur Definition des Gebildetseins gehören.

Wenn man jetzt aufgrund des Sparpakets und der dadurch notwendig gewordenen Kürzung von Werteinheiten für alle Schulen wieder über eine Herabsetzung der Wochenstundenanzahl für die Pflichtgegenstände nachdenkt, bin ich, was die Naturwissenschaften betrifft, sehr skeptisch.

Sie alle wissen ja wahrscheinlich, daß bei den Schulversuchsanträgen an AHS die weitaus größte Anzahl Anträge auf Einführung einer zweiten lebenden Fremdsprache ab der 3. Klasse sind. Auch in der Autonomie, wo seit der letzten Novelle im Realgymnasium sowohl die Einführung der 2. lebenden Fremdsprache in der 3. Klasse als auch die Einführung von Laborübungen in der Unterstufe möglich ist, kommt es bedeutend öfter zur Einführung der Sprache als zur naturwissenschaftlichen Form.

Daran ist aber sicherlich nicht die Stimmung der leitenden Beamten im Bundesministerium für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten schuld. Ich kann sagen, daß beispielsweise mein Abteilungsleiter und mein Sektionschef, obwohl selbst keine Naturwissenschaftler, den Naturwissenschaften sehr positiv gegenüberstehen und immer wieder ihre Wichtigkeit betonen. Schuld ist da wahrscheinlich eher das durch Politiker und Medien geförderte negative Bild von Physik und Chemie, die implizite Technikfeindlichkeit unserer Gesellschaft. Es mangelt an der Überzeugungskraft der Naturwissenschaftler im allgemeinen, die der Öffentlichkeit weder die Wichtigkeit und Notwendigkeit, noch die Schönheit der Naturwissenschaften klar machen können.

Im Bundesministerium für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten wurde vor kurzer Zeit eine Arbeitsgruppe zur Förderung der Naturwissenschaften an allgemeinbildenden Schulen eingerichtet, in der man daran geht, Möglichkeiten zur Motivation der Schüler, zur Hebung des Image in der Öffentlichkeit und zur Unterstützung der Lehrer auszuarbeiten. So sollen beispielsweise Materialien für Laborübungen erarbeitet, eine Beispielsammlung für naturwissenschaftliche Projekte angelegt und auch Informationen an die Eltern erstellt werden.

Was können die Lehrer selbst tun? Bitte, lassen Sie sich in der Autonomie nicht widerspruchslos Physik- und Chemiestunden kürzen! Wenn eine Klasse ein sogenanntes Sprachrealgymnasium führen will, verlangen Sie in der Parallelklasse Laborübungen! Organisieren Sie sich in Chemischer und Physikalischer Gesellschaft und versuchen Sie das zu bilden, was es bei praktisch allen anderen Gegenständen schon seit langem gibt,

nämlich eine naturwissenschaftliche Lobby. Nur dann werden Sie auch bei den Politikern etwas in Bewegung setzen können.

Wir haben unseren Schülern und unserem Land gegenüber die Verantwortung, alles zu tun, um die Naturwissenschaften zu fördern. Meine Argumente, warum das sein muß, will ich hier nicht im Detail besprechen - ich nehme an, daß einiges davon in der folgenden Diskussion angesprochen werden wird.

Ich hoffe, daß der Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts jedenfalls seinem Namen entsprechend einen wesentlichen Beitrag zu einer Besserstellung der Naturwissenschaften bringen kann.

OR DI Dr. Christian Dorninger, BMUK, zuständig für den naturwissenschaftlichen Unterricht an BHS

Der Tübinger Wissenschaftssoziologe Friedrich Tenbruck hat 1974 auf einen "Trivialisierungsprozeß" in den Kernfächern der Naturwissenschaften hingewiesen: Während die Naturwissenschaften ab dem 17. Jhd einen enormen Bedeutungsgehalt für die gebildete Bevölkerung anboten, eine Art Heilsgeschichte der Offenbarung, verflachte dieser im Laufe technischer Umsetzungen und nützlicher Anwendungen immer mehr: Während der Nutzwert naturwissenschaftlicher Erkenntnisse stieg, sank der Bedeutungswert und die Anwendung auf gesellschaftliche Modellbeschreibungen. Erkenntnisse über Hochtemperatursupraleitung, Vektorbosonen oder gentechnische Heilungsmöglichkeiten rauschen im Wust von (zumeist schlechten) "News" am Bürger vorbei, ohne sein Leben zu beeinflussen. Bei vielen populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen der letzten Jahre dominieren naturwissenschaftliche Erkenntnisse, die sich hinter Anwendungsbezügen verstecken und wodurch Schulfächer wie Physik und Chemie immer weniger abgrenzbar werden. Ein Auszug aus Veröffentlichungen der anerkannten Zeitschrift *Spektrum der Wissenschaft* 1994 mag dies verdeutlichen: Angesprochen wurden Themen wie "Publizieren mit Lichtgeschwindigkeit(!)", "Robotik", "Sonolumineszenz", "inflationäre Universen", "Datenverkehr", "Photovoltaik" und "Welle-Teilchen-Dualismus" unter dem Titel Physik und "Phosphor", "biomolekulare Maschinen", "Gestaltung von Umweltabkommen", "bio-abbaubare Kunststoffe" oder "Umweltinformationsmanagement" unter dem Titel Chemie; mit wenigen Ausnahmen Themengebiete, die aktuelle Anwendungsbereiche der Naturwissenschaften ansprechen und keine grundlegenden Fragestellungen (eine gewisse Ausnahme sind Vorschläge und Experimente zur Plausibilisierung der Quantentheorie).

Die derzeitigen Triebfedern (populär)wissenschaftlicher Darstellungen, ökologische Bedrohung und Umweltmanagement, Bio- und Gentechnologie und die "Datenautobahn" (als Datenhighway eines der meistpublizierten Worte 1994!) müssen auch den naturwissenschaftlichen Unterricht bestimmen. Es muß möglich sein, plausible Darstellungen von grundsätzlichen Überlegungen der Mechanik, Optik, des Elektromagnetismus, der Thermodynamik oder der Relativitätstheorie und Quantentheorie mit diesen Anwendungsbezügen zu verknüpfen.

Für den Autor persönlich ist es auch verwunderlich, daß das Paradigma "Chaos und Fraktale", das aktuell ist, ästhetische Ansätze bietet, ökologisches Denken fördert und mit einfach zu verstehenden Iterationen zu vielfältigen Ergebnissen verhilft, im Unterrichtsbereich bisher so wenig Resonanz gefunden hat.

Es soll also hier einem gewissen Opportunismus der Themenwahl das Wort geredet werden, um der vielfach beklagten Sinnkrise des naturwissenschaftlichen Unterrichts entgegenzutreten zu können. Damit muß auch klar sein, daß das "große Demonstrationsexperiment" gegenüber dem einsichtigen Freihandexperiment, dem Kurzversuch (ohne Meßreihen!), der filmischen Simulation oder der Computeranimation immer mehr zurücktreten wird. Blackbox-Wissen, das von Lehrenden mit fachdidaktischen Idealen immer wieder beklagt wird, ist dann ein integrierter Bestandteil aktuellen Unterrichtsgeschehens.

Schließlich wurde auf die Notwendigkeit starker medialer Präsenz im naturwissenschaftlichen Unterricht bereits hingewiesen: Der aufbereitete Kurzfilm, in dem man experimentelles Geschehen auf kleinem Raum "zoomen" kann, aktuelle Zeitschriftenanalysen oder der PC als universelles Datenerfassungsinstrument und Darstellungsinstrument determinieren das Unterrichtsgeschehen mehr als sorgfältig aufbereitete Lehrstoffdarstellungen. "Visualisierung" ist das Instrument, um die Kids der Video- und PC-Generation überhaupt ansprechen zu können. Wenn man Interesse erweckt hat, lassen sich auch methodische quantitative Zusammenhänge im Hintergrund im Unterricht "verkaufen". Die unter Lehrern der Naturwissenschaften vielgelästerte "Knoff-Hoff-Show" hat hier zweifellos Vorbildcharakter. Um mit parallel laufenden Unterrichtsfächern zu vergleichen:

Die Arbeit mit Computeralgebrasystemen und "symbolic computation" hat der Mathematik (zumindest an den HTLs) neuen Schwung gegeben - da wurde es möglich, mit der Einführung dieser Instrumente, einer neu gestalteten Didaktik (Heugl, Schüller et al.) und regelmäßigen didaktischen Publikationen ca. 60% der Mathematiklehrer an technischen Lehranstalten anzusprechen. Bei Ausstellungen, Messen und Zusammenkünften spürt man die Dynamik, die nun in der Unterrichtsdidaktik der Mathematik wieder herrscht.

Diese Dynamik gibt es in den Naturwissenschaften wohl derzeit eindeutig nicht: Erfahrungen mit der Schulwahl im hochspezialisierten technischen Schulwesen zeigen, daß die Ausbildung in den Fachrichtungen Chemie, Kunststofftechnik oder Werkstofftechnologien in den letzten fünf Jahren zum Teil dramatische Einbrüche erlitten haben. Die Ursachen sind dabei weniger in mangelnder Sorgfalt der diese Bereiche Lehrende oder in einer schlechten Unterrichtsorganisation zu suchen und auch nicht, wie die einschlägige Industrie immer wieder betont, in zu geringen Berufschancen, sondern in der Rückspiegelung dieser Fachrichtungen und Ausbildungen in der Öffentlichkeit. Akribisch angelegte Unterrichtsformen und ausgearbeitete Curricula nützen nichts, wenn diese (Aus)bildungsformen nicht ein entsprechendes "Image" in den Medien oder in der Jugendkultur nachweisen können.

Daher beeinflussen jugendsoziologische und mediendidaktische Überlegungen die Rekrutierung für Unterrichtsbereiche oder Ausbildungsfelder wohl derzeit mehr als der Appell an (naturwissenschaftlichen) Erkenntnisgewinn oder der Hinweis

auf eine tragfähige naturwissenschaftliche Basis für die (technisch) orientierte Berufswelt. Ungerecht, aber es ist so!

Wenn sich die Physik also stärker mit modernen Technologiefeldern, vor allem der Informatik verbinden kann und die Chemie mit Umwelt- und Biotechnologie, werden positive Entwicklungen absehbar. Im neuen HTL-Lehrplan (beginnt im Herbst 1996) wurde darauf reagiert: Es entsteht ein neues Fach "Angewandte Chemie und Ökologie" mit erweitertem Stundenumfang für alle HTL-Fachrichtungen und die Physik wird noch enger an Grundlagenfächer der technischen Ausbildung gebunden. Außerdem soll versucht werden, durch EDV-Werkzeuge und ein Kurzfilmangebot die mediale Komponente stärker zum Tragen zu bringen. Möglicherweise ist dies ein kleiner Schritt, etwas aus dem häßlichen Innovationspott, das oben beschrieben wurde, herauszufinden.

OSTr Erwin Kaufmann, Abteilungsvorstand an der PÄDAK der Erzdiözese Wien

Wir wünschen uns Schüler,

- die wichtige physikalische und chemische *Phänomene* ihrer Umwelt *kennen*,
- die verstehen, was die Naturwissenschaften meinen, wenn sie sagen, sie können die Phänomene *erklären*,
- die über einige wesentliche *Grundbegriffe* der Naturwissenschaften verfügen und diese für Erklärungen heranziehen können,
- die also bereit und befähigt sind, die Welt - auch - unter physikalischem und chemischem Aspekt zu sehen,
- die mit *angenehmen Gefühlen* an ihren Physik- und Chemieunterricht denken und
- die daher auch außerhalb und nach der Schule in ihrem privaten Leben weiterhin *Interesse* an physikalischen und chemischen Fragestellungen haben;
- von denen aus diesem Interesse heraus ein angemessener Prozentsatz auch *naturwissenschaftliche und technische Berufe* ergreift;
- die wissen - weil sie es in Ansätzen erfahren haben -, *was Naturwissenschaftler tun* und die daher deren Bedeutung für den einzelnen und für die Gesellschaft zumindest errahnen können.

Wir beklagen demgegenüber,

- daß Physik und Chemie in der Beliebtheitsskala der Unterrichtsgegenstände bei Schülern (und bei Erwachsenen in der Erinnerung) seit Jahrzehnten am Ende rangieren,
- daß zu viele Erwachsene, die in nicht-naturwissenschaftlichen Berufen einflußreich tätig sind, mit charmantem Lächeln einbekennen, in diesen Fächern in ihrer Ausbildungszeit stets gerade nur das Limit erreicht zu haben, um zu bestehen - und die damit ausdrücken möchten, daß man Physik und Chemie wahrlich nicht braucht, um im Leben erfolgreich zu sein,
- daß immer weniger Studierende an den Pädagogischen Akademien und Universitäten die Fächer Physik und Chemie studieren,
- daß die Vorkenntnisse der Inskribierten und die mit der Reifeprüfung erworbene Fähigkeit, naturwissenschaftlich zu denken, im Mittel erschreckend gering sind, und daß es nur wenigen gelingt, ihr Wissen mit Alltagsphänomenen in Zusammenhang zu bringen,
- daß das vorhandene Wissen häufig aus sinnleeren Wörtern und Formeln besteht, deren Nutzen für den einzelnen deshalb so gering ist, weil hinter den Wörtern keine Begriffe und hinter den Formeln kein - wenigstens qualitativ verstandener - Zusammenhang steht, sodaß ein Übertragen (Anwenden auf je neue Situationen) nicht gelingt,
- daß die Tendenz sichtbar und spürbar wird, den naturwissenschaftlichen Unterricht (besser: den Unterricht in Physik und Chemie) mit weniger Stunden zu dotieren (z.B. im Zusammenhang mit schulautonomen Maßnahmen).

Wir sind daher aufgefordert, nach möglichen Ursachen zu suchen - und diese offen zur Diskussion zu stellen, auch wenn es schmerzhaft sein mag.

Alle beklagten Erscheinungen sind offensichtlich eine Auswirkung des Stellenwertes, der Einschätzung, des Ansehens der exakten Naturwissenschaften in der Öffentlichkeit. Nur zum Teil mag dies seine Ursachen in der *Materie* (dem Gegenstand und dem Inhalt) naturwissenschaftlicher Erkenntnisse haben: Physikalische und chemische Erkenntnisse gewinnt man nicht und versteht man nicht im Vorübergehen. Sie setzen zunächst konzentriertes, jedenfalls aufmerksames "Hinsehen", Sich-Einlassen, voraus und verlangen dann eine gewisse Denkanstrengung, ohne die sich ihre Allgemeingültigkeit und Abstraktheit nicht erschließt. Viel eher müssen wir die Ursachen für die mangelnde Wertschätzung durch die Gesellschaft auch *im Physik- und Chemieunterricht selbst* suchen. Wer sonst, wenn nicht die Schule, hat es in der Hand, die Gegenstände den jungen Menschen so weit anzupassen, daß diese zumindest verstehen, worum es geht und daß sie an einigen Beispielen erfolgreich Antworten auf ihre Fragen erhalten und gleichzeitig das Fragen nicht "verlernen". Denn wir sollten nicht übersehen, daß die Chancen des Physik- und Chemieunterrichts von vornherein recht gut sind: Da sind die "ursprüngliche Neugier" des Kindes, sein Wunsch nach handelndem Umgang mit den Gegenständen, die Freude am Probieren und bei vielen auch die Bereitschaft nach denkender Auseinandersetzung, wenn die geforderte Denkanstrengung nur einigermaßen angemessen ist - und wenn der Erfolg nicht auf Dauer ausbleibt. Alles Beobachtungen, die jeder Lehrer mit den Schülern im ersten Lernjahr der Sekundarstufe I machen kann.

Es scheint ein *Circulus vitiosus* zu sein, den wir aufzubrechen haben.

Die Sekundarstufe I bietet den Physik- und Chemieunterricht offensichtlich so an, daß die Schulabgänger "Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts" (Kerschensteiner, 1928) nicht in dem Maße erkennen, daß sie sich später als Privatpersonen, "Stimmbürger" oder Politiker entsprechend förderlich verhalten.

Die Sekundarstufe II bietet den Physik- und Chemieunterricht so an,

- daß erstens nicht ausreichend viele (und geeignete) Maturanten die Lust verspüren, an Universitäten und Pädagogischen Akademien naturwissenschaftliche Disziplinen zu studieren,
- daß zweitens diejenigen, die es tun, teilweise mit einem *Zerrbild* der exakten Naturwissenschaften bzw. des naturwissenschaftlichen Unterrichts an ihr Studium herangehen
- und daß drittens zu viele derjenigen, die andere Studienrichtungen wählen oder direkt in den Beruf gehen, am Sinn dessen zweifeln, was sie oft mühsam "lernen" mußten.

Die Universitäten, und zum Teil auch die Pädagogischen Akademien, scheinen nicht ausreichend in der Lage zu sein, dieses *Zerrbild* zu korrigieren, zumindest, was das Lehramtsstudium anbelangt. Zu viele Absolventen tragen das falsche Bild und eine fatale Didaktik weiter in ihren eigenen späteren Unterricht.

Am wichtigsten jedoch ist die große Zahl "naturwissenschaftlicher Laien", die, an den Schalthebeln des Bildungsgeschehens unserer Gesellschaft sitzend, die Bedeutung und den Wert der naturwissenschaftlichen Bildung danach einschätzen

müssen, wie ihnen diese Disziplinen in ihrer Ausbildung begegnet sind.

Wir sollten nicht hoffen oder erwarten, daß "die Gesellschaft" sich ändert oder einsichtig wird durch das, was die Fachleute über ihre Disziplin sagen. Die Veränderung muß von unten herauf wachsen - so lang das auch dauern mag. Nebenher mögen "Öffentlichkeitsarbeit" und Appelle das Ihre beizutragen versuchen.

Woran also könnte es liegen?

Was machen wir möglicherweise falsch?

- Wir wollen zu viel und erreichen zu wenig. Mit anderen Worten: Die Stofffülle läßt im Verhältnis zur Unterrichtszeit ein besseres Ergebnis nicht zu. Wir bleiben an der Oberfläche, wo wir meinen, in die Tiefe gehen zu müssen. Wir sollten verweilen können, statt eilen zu müssen. Das gilt für beide Sekundarstufen.
- Die Stundentafeln der Sekundarstufe I sind nicht ausgewogen auf die Lernbereitschaft der Schüler abgestimmt. Die Lücke in der ersten Klasse und das Übergewicht in der vierten Klasse gehören beseitigt.
- Wir vermitteln meist fertige Ergebnisse, statt sie - wenigstens ansatzweise - mit den Methoden der Naturwissenschaft zu erarbeiten.
- Wir speichern Gesetze ohne zu zeigen, was man mit ihnen anfangen kann. Die Fähigkeit zur Übertragung kommt nicht von selbst, sie muß geübt werden (Verstehen durch Anwenden beim Aufgabenlösen).
- Wir zeigen offensichtlich noch immer in zu geringem Maße, was Physik und Chemie mit dem Lebensalltag zu tun haben (können).
- Wir haben nicht den Mut zur Reflexion, d. h. auch schon in der Unterstufe über die Naturwissenschaften und deren Methoden, Ergebnisse und Grenzen zu reden (zu "philosophieren").

Was nun könnte konkret getan werden?

1. den Lehrplan betreffend

- Reduzierung des "Stoffdrucks" (weniger verbindliche Inhalte) durch Definition wesentlicher *Kernstoffe* und Schaffung eines *Topfes von Wahlpflichtstoffen*, um ein ausgewogeneres Verhältnis von Lehraufgaben/Lehrinhalten und Unterrichtszeit zu gewährleisten;
- Koordination/Abstimmung der Lehrinhalte mit BU, GS, GW, WE, HW, ME;
- bessere Aufteilung der Gesamtwochenstunden auf die Schulstufen (z.B. 2 - 2 - 2 - 2).

2. die Methoden betreffend

- stärkere experimentalpraktische Ausrichtung des Unterrichts,
- mehr *Zeit* für Erarbeitung (schülerorientiert, problemorientiert, mit Muße und unter Berücksichtigung kindlicher Denkweisen),
- mehr *Zeit* für die Sicherung des Unterrichtsertrages: Wiederholung, Übung (auch als Einschleifen, Mechanisieren, Automatisieren), Lösen von Verständnis- und Anwendungsaufgaben,
- nachhaltigere Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Methoden der Erkenntnisgewinnung (im Denkweg und im Hinblick auf die Rolle des Experiments);

3. die Lehrmittel betreffend

- Intensivierung der Bemühungen um Einrichtung der Lehrsäle und Ausstattung der Lehrmittelsammlungen für *Schülerexperimente*.

Auf die Konsequenzen für die Aus-, Weiter- und Fortbildung der Lehrer kann hier nur verwiesen werden. Inwieweit Projektunterricht, fächerübergreifender und offener Unterricht einen Beitrag leisten könnten, bedürfte einer differenzierteren und detaillierteren Analyse.

Lehrplanentwurf

Lehrplanentwurf 3. Klasse HS Physik und Chemie AHS Physik (Gymnasium, Realgymnasium und Wirtschaftskundliches Realgymnasium)

1. Wärme als eine Form der Energie - Erscheinungen in Umwelt und Alltag

Lernziele:

Erarbeiten des Begriffs Wärmeenergie durch Beobachten und Einordnen von Wärmephänomenen im Alltag.
Planen und Durchführen von experimentellen Untersuchungen zu grundlegenden Zusammenhängen.
Deuten dieser Zusammenhänge mit Hilfe des Teilchenmodells.
Modellartiges Erklären verschiedener Formen des Wärmetransports und deren gleichzeitigen Auftretens.
Erkennen der Bedeutung des Wärmeaustauschs für Lebewesen.
Modellartiges Erklären von Zustandsänderungen.
Erkennen deren praktischer Bedeutung.
Verstehen der dabei auftretenden Energieumsetzungen.
Einsicht gewinnen in die Zusammenhänge zwischen beobachteten Wettervorgängen und globalen Klimaerscheinungen durch die Einwirkung der Sonne.

Lerninhalte:

Reibungswärme. Verbrennungswärme. Stromwärme.
Heizsysteme, Wärmedämmung, Kleidung.
Wärmehaushalt von Lebewesen.
Bedingungen für die Änderung der Zustandsformen (Temperatur, Druck). Löten, Schweißen.
Anomalie des Wassers. Druckkochtopf. Zustandsänderungen bei der Zubereitung von Speisen.
Schmelz- und Verdampfungswärme.
Wiederverwertung von Materialien.
Die Sonne als Motor für das Wettergeschehen und als Energiequelle: Tag und Nacht, Jahreszeiten, Wasserkreislauf, Meeresströmungen, Windsysteme, Nebel- und Wolkenbildung, Niederschläge.

2. Ströme im täglichen Leben - Erfahrungsbereich Elektrizität

Lernziele:

Qualitatives Verstehen der Bedeutung elektrostatischer Kräfte für den Atombau und für die chemische Bindung.
Kennenlernen der Symbolschreibweise für Elemente bzw. Atome, Verbindungen bzw. Moleküle und für Reaktionen.
Verstehen des Ordnungsprinzips der Elemente.
Planen und Durchführen von experimentellen Untersuchungen zu grundlegenden Zusammenhängen.
Verstehen von elektrischen Erscheinungen aus dem Erfahrungsbereich der Schüler durch Erweiterung des Teilchenmodells.
Anwenden dieser Erkenntnisse auf die Struktur der Materie.

Verstehen der unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeit von Stoffen.
Wissen der Gesetzmäßigkeiten einfacher Stromkreise.
Qualitatives Verstehen verschiedener Spannungsquellen als Energieumformer.

Lerninhalte:

Atomaufbau aus Kern und Hülle. Grundzüge des Periodensystems der Elemente.
Unterschiedliche Eigenschaften von Stoffen als Folge der unterschiedlichen Bindungsarten zwischen Teilchen.
Stromkreise in Alltag und Schülerexperiment.
Phänomene der Elektrostatik.
Atomaufbau aus Kern und Hülle (neutrales Atom, Ion, Elektron). Moleküle. Einfache Summenformeln.
Prinzipieller Aufbau von Leitern, Halbleitern, Elektrolyten und Nichtleitern mit Beispielen praktischer Anwendungen.
Stromstärke. Spannung. Widerstand. Größenordnungen in Natur und Technik (z.B. EKG, Elektrofahrzeuge, elektrisches Spielzeug, Haushaltsgeräte, Blitz).
Gefährdung des Menschen durch elektrischen Stromfluß.
Energieumformung in galvanischen Zellen, Batterien, Akkumulatoren, Solarzellen, Thermoelementen und im Fahrraddynamo.

3. Elektrizität in Haushalt und Technik - Schutz- und Spaßmaßnahmen.

Lernziele:

Planen und Durchführen von Untersuchungen zu grundlegenden Zusammenhängen.
Qualitatives Erkennen von unterschiedlichen Bewegungen elektrischer Ladungsträger.
Sicherheitsbewußtes Umgehen mit Elektrogeräten.
Verstehen von Energieumformung, Arbeitsverrichtung und Wirkungsgrad elektrischer Geräte.
Unterscheiden, Anwenden und Verallgemeinern der Begriffe Arbeit und Leistung.
Erkennen der Notwendigkeit von Energiesparmaßnahmen.
Gewinnen von Einsichten in die ökologische Bedeutung von Energiesparmaßnahmen.
Erarbeiten sinnvoller Möglichkeiten von Energiesparmaßnahmen.

Lerninhalte:

Gleichstrom. Wechselstrom.
Spannungsbereiche. Isolation. Berührungsschutz.
Sicherungen als Anlagenschutz. Schutzfunktion des FI-Schalters.
ÖVE-Kennzeichnung. Leistungsschild.
Umformung von elektrischer Energie in Wärmeenergie, Lichtenergie, bzw. mechanische Energie.
Stromzähler. Elektrische Arbeit.
Elektrische Leistung. Leistungsbedarf von Elektrogeräten.
Grundlast, Spitzenbedarf in der öffentlichen Stromversorgung.

Stand: 18.5.1995

Lehrplanentwurf 4. Klasse

HS Physik und Chemie - Teil Chemie

AHS Chemie (Gymnasium und Realgymnasium)

1. Die Natur als Rohstoffquelle

Lernziele:

- Verstehen des Unterschiedes zwischen anorganischen und organischen Stoffen.
- Einsicht gewinnen in die unterschiedlichen Eigenschaften von Gemengen und Reinstoffen.
- Einsicht gewinnen in Eigenschaften der Reinstoffe als Verbindungen oder Elemente.
- Erkennen der Bedeutung von Trennverfahren für die Aufarbeitung von Naturprodukten.
- Verstehen der ökonomischen Grenzen bei der Aufarbeitung von Rohstoffen und bei Recyclingverfahren.

Lerninhalte:

- Experimenteller Nachweis von Kohlenstoff und Wasserstoff in organischen Verbindungen.
- Experimentelle Untersuchung des Verhaltens von Stoffen als Reinstoff oder in Form eines Gemenges.
- Wasserelektrolyse als Beispiel für die Gewinnung von Elementen aus Verbindungen. Nachweisreaktionen für Wasserstoff und Sauerstoff. Sicherheitsaspekte beim Umgang mit brennbaren Gasen.
- Experimentelle Durchführung einiger Trennverfahren. Hinweise auf deren technische Bedeutung.

2. Die Vielfalt von Stoffen als Folge von wenigen Reaktionsprinzipien

Lernziele:

- Verstehen des Prinzips chemischer Reaktionen als Öffnen und Schließen von Bindungen.
- Erkennen der Notwendigkeit von Energieumsetzungen für chemische Reaktionen.
- Verstehen der Bedeutung des Sauerstoffs für Lebensvorgänge und in der Industrie.
- Verstehen der Bedeutung des Wassers für Lebensvorgänge und in der Industrie.
- Einsicht gewinnen in wichtige Eigenschaften und in die Bedeutung von Säuren und Basen.
- Erkennen der Eigenschaften von Salzen wichtiger Salzgruppen.

Lerninhalte:

- Energieumsetzungen bei chemischen Reaktionen. Katalysatorwirkung.
- Oxidation als Aufnahme und Reduktion als Abgabe von Sauerstoff.
- Rasch und langsam ablaufende Oxidationen. Flammpunkt. Reaktionen von Oxiden mit Wasser.
- Wasserstoff als Reduktionsmittel.
- H^+ - und OH^- -Ionen als Merkmale saurer und basischer Lösungen; Nachweis durch Indikatoren. pH-Wert als Meßgröße.
- Typische Eigenschaften von Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure.

- Sicherheitsaspekte beim Umgang mit Haushaltschemikalien. Gefahrensymbole und Aufbewahrungsrichtlinien für Chemikalien in Labor und Haushalt.
- Entsorgungsmöglichkeiten.

Typische Eigenschaften von Natronlauge, gelöschtem Kalk, Ammoniak.

Neutralisation. Beispiele für wichtige Salzgruppen.

3. Anorganische Rohstoffquellen und ihre Nutzung

Lernziele:

- Wissen um die Bedeutung von Salzen als Rohstoffe zur Herstellung von großtechnisch wichtigen Zwischen- und Endprodukten sowie von Materialien des Alltags.
- Erkennen der umweltrelevanten Aspekte bei der Erzeugung, Verwendung und Wiederverwertung von industriellen Produkten.

Lerninhalte:

- Reduktionsverfahren in der chemischen Industrie: Kochsalzelektrolyse, Gewinnung von Aluminium, Eisen und Stahl. Eigenschaften und Bedeutung von technischen Zwischen- und Endprodukte.
- Beispiele für Salze als Rohstoffe (Düngemittel, Baustoffe, Glas und Porzellan).
- Umweltrelevante Aspekte und Möglichkeiten der Wiederverwertung.

4. Wenige Aufbauprinzipien bedingen die Vielfalt organischer Verbindungen

Lernziele:

- Verstehen von Ketten und Ringen der Kohlenwasserstoffe als Grundstrukturen organischer Verbindungen.
- Erkennen des Einflusses von Molekülgröße, zusätzlicher Atome und Atomgruppen für die Eigenschaften organischer Stoffe.
- Verstehen der unterschiedlichen Eigenschaften von Alkoholen und Carbonsäuren aufgrund ihres unterschiedlichen Aufbaus.

Lerninhalte:

- Einfach- und Mehrfachbindungen in ketten- und ringförmigen Verbindungen. Verwendung von Molekülbaukästen.
- Strukturmerkmale von Alkoholen und Carbonsäuren.
- Experimenteller Nachweis.
- Methanol. Ethanol, alkoholische Gärung. Glycerin.
- Essigsäure, Essiggärung. Höhere Fettsäuren.
- Bedeutung von Alkoholen und Carbonsäuren in der Technik und für Lebensvorgänge. Gesundheitsgefährdung.

5. Organische Rohstoffquellen und ihre Nutzung

Lernziele:

- Wissen um fossile und nichtfossile Rohstoffquellen.
- Einsicht gewinnen in den Aufbau der Fette, Kohlenhydrate und Eiweißstoffe sowie in deren Bedeutung für die Ernährung.
- Gewinnen einer gesundheitsbewußten Einstellung zur Ernährung.
- Verstehen von Aufbau und Wirkungsweise von Seifen und Waschmitteln.
- Verstehen des Einflusses der Wasserhärte auf die Waschwirkung.

Erreichen einer ökologisch sinnvollen, sicherheitsbewußten Verhaltensweise als Konsument.
 Einblicke gewinnen in die Vielfalt und Bedeutung von Textilfasern und Kunststoffen in verschiedenen Lebensbereichen.
 Einsicht gewinnen in die geringe Anzahl von Reaktionsmöglichkeiten und Strukturunterschieden, die in Natur und Technik zur Bildung von Riesenmolekülen führt.
 Unterscheiden können zwischen natürlichen, halbsynthetischen und synthetischen Produkten.

Lerninhalte:

Entstehung, Förderung und Verarbeitung von Erdöl, Erdgas und Kohle. Pflanzliche und tierische Rohstoffquellen.
 Fette als Produkte der Veresterung.
 Vergleich des Aufbaus und der Eigenschaften von tierischen und pflanzlichen Fetten.
 Kohlenhydrate. Traubenzucker, Fruchtzucker, Rohrzucker, Stärke: Vergleich des Aufbaus und der Eigenschaften. Nachweisreaktionen.
 Fotosynthese.
 Proteine; Aufbau aus Aminosäuren. Nachweisreaktionen. Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten beim Proteinaufbau.
 Konservierungsmöglichkeiten von Nahrungsmitteln. Informationen über das Lebensmittelgesetz.
 Verseifung. Beispiele für Arten von Seifen.
 Hartes und weiches Wasser.
 Sicherheitsaspekte beim Umgang mit Wasch- und Reinigungsmitteln.
 Durchführung einfacher Experimente zur Unterscheidung von Textilfasern bzw. Kunststoffen.
 Polymerisation von Alkenen.
 Bildung unterschiedlicher Produkte aufgrund verschiedener Atome oder Atomgruppen im Molekül.
 Zellulose. Zellstoff als Zwischenprodukt für die Herstellung von Papier und Textilfasern.

6. Umweltprobleme als Folge der Störung natürlicher Kreislaufsysteme

Lernziele:

Verstehen von Kreislaufsystemen in der Natur am Beispiel des Kohlenstoffkreislaufs.
 Erkennen der Dosis als Kriterium für die Schädlichkeit von Stoffen und der Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit Chemikalien.
 Einsicht gewinnen in die Entstehung, Ausbreitung und Wirkungsweise von Schadstoffen sowie in die Möglichkeiten zu deren Verminderung.

Lerninhalte:

Fotosynthese als Teil des Kohlenstoffkreislaufs. Kohlendioxidproblem
 Dosis, MAK, MIK, ppm, ppb.
 Qualitative experimentelle Bestimmung der Hauptbestandteile der Luft und eventuell einiger Spurenbestandteile.
 Luftschadstoffe durch Verbrennungsvorgänge und aus natürlichen Quellen. Ozon. Smog.
 Möglichkeiten der Verminderung von Luftschadstoffen.
 Beispiele für Schadstoffe im Wasser.

Belastung der Gewässer durch Wasch- und Reinigungsmittel. Wirkungsweise von Kläranlagen.
 Möglichkeiten der Entsorgung und der Recyclierung von Textilfasern und Kunststoffen.
 Möglichkeiten der Müllvermeidung und Mülltrennung.

Stand: 18.5.1995

Didaktische Grundsätze

Der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Gegenständen Physik (AHS), Chemie (AHS) bzw. Physik und Chemie (HS) geht von konkreten Beobachtungen, Erfahrungen und mitgebrachten Vorstellungen der Schüler aus. Er soll zu übergeordneten Begriffen und allgemeinen Einsichten führen, die auf weitere Sachverhalte angewendet werden. Der Unterricht hat auf altersgemäßen Denkwegen und Deutungsversuchen der Schüler aufzubauen. Dabei sollen die Schüler ein grundlegendes Verständnis und Wissen, sowie angemessene Handlungsfähigkeit erwerben, die sich in einem Entwicklungsprozeß in jeder Schulstufe vertiefen und erweitern.

An geeigneten Inhalten ist im Sinne eines handlungsorientierten, schülerzentrierten Unterrichts den Schülern Gelegenheit zu möglichst selbständigem Suchen, Forschen und Entdecken zu geben. Dies bedingt die Durchführung von Schülerexperimenten. Dabei sollen die Schüler nach Möglichkeit Experimente auch selbständig planen und die Beobachtungen interpretieren lernen. Weiters sollen sie im Unterricht auch Hypothesen aufstellen und experimentell überprüfen.

Bei der Formulierung und Anwendung von Gesetzen ist auf qualitative und Je-desto-Fassungen besonderer Wert zu legen. Bei der Gewinnung von Zusammenhängen und deren Verallgemeinerungen sollen nach Möglichkeit Diagramme verwendet werden. Im Gegenstand Physik können daraus gegebenenfalls mathematische Formulierungen folgen. Modellvorstellungen (z.B. Teilchenmodell) und grundlegende Begriffe (z.B. Kraft, Trägheit, Energie) sowie das Periodensystem der Elemente sollen an allen geeigneten Stellen als vereinheitlichende Prinzipien zur Erklärung von Erscheinungen herangezogen werden.

Bei der Unterrichtsplanung ist die exemplarische Vertiefung der informierenden Darbietung vorzuziehen; Querverbindungen und Vernetzungen sowie Praxisbezüge sind herzustellen.

Der Lehrplan fordert die Erreichung der angegebenen Lernziele. Die dazu verwendeten Lerninhalte fallen in die pädagogische Verantwortung des Lehrers und haben Beispielcharakter. In der Hauptschule ist der Unterricht aus den Lehrplanteilen Physik und Chemie innerhalb jeder Unterrichtswoche gleichmäßig zu verteilen.

Jedem Prozeß einer Erkenntnisgewinnung soll eine Phase der Wiederholung, der Übung und Anwendung folgen.

Der Unterricht soll durch entsprechende Sozialformen (z.B. Partner- und Gruppenarbeit) und geeignete Lehrformen (z.B. Schülerexperiment, Auseinandersetzung mit aktuellen Problemen) das Lernen im sozialen und emotionalen Bereich fördern.

Lehrplangruppe Physik/Chemie:

Dir. Mag. W. Januschewsky, Univ.-Prof. Dr. H. Kühnelt, Dir. Mag. A. Mathuber, Prof. Ing. Mag. H. Mayr

Chemieunterricht im Umbruch

Tendenzen und Perspektiven

Heinz Schmidkunz

Einige Bemerkungen zur historischen Entwicklung des Chemieunterrichts

Etwa um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts wurde die Chemie als normales Unterrichtsfach in den allgemeinbildenden Schulen aufgenommen. Gelehrt wurde sie zunächst so, wie es an den Universitäten üblich war. Wir bezeichnen das als streng fachwissenschaftlichen Ansatz. Doch schon bald wurde von pädagogischer Seite Kritik laut an der Art der Unterrichtsführung. Man forderte für das Lehren und Lernen an Schulen eigene methodische Lehrgänge (Diesterweg). In Deutschland war es zunächst Rudolf Arendt (1828 - 1902), der einen solchen Lehrgang für Chemie entwickelte. Er ging von Atomen bzw. den Grundstoffen aus und führte von da aus zur chemischen Reaktion und zum Aufbau von chemischen Verbindungen. Etwa zur gleichen Zeit wurde von Ferdinand Wilbrand (1824 - 1893) ein zweiter solcher methodischer Lehrgang vorgestellt. Er ging von Alltagsstoffen wie Kalk, Salz, Erze usw. aus und kam durch Teilen und Trennen allmählich zum Atom und zu den Grundstoffen.

Der Ansatz von Arendt kann als *synthetisch* und der von Wilbrand als *analytisch* bezeichnet werden. Beide Ansätze waren letzten Endes an der Fachwissenschaft Chemie orientiert und sie sind mit wechselnden Modifizierung bis heute erhalten geblieben.

Beide Ansätze hatten das gleiche Ziel. Man wollte bei den Lernenden ein Chemieverständnis erreichen, denn die Chemie galt wegen der großen Erfolge in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts (neben anderen naturwissenschaftlichen Fächern) als ein Schlüssel für ein Weltverständnis. Dem Fach wurde eine grundlegende Allgemeinbildungstendenz zuerkannt.

Chemielehrer und Chemiker waren immer wieder gefordert, den Anspruch des Faches auf seinen Beitrag zur Allgemeinbildung zu beweisen. Kerschensteiner [1] z.B. hat das mit seiner viel beachteten Publikation *Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts* (1913) getan.

In der Zeit nach dem 2. Weltkrieg wurde der fachsystematische Ansatz des Chemieunterrichts konsequent fortgesetzt. Zwar wurden in den letzten Jahrzehnten auch zunehmend Ergebnisse der Lernpsychologie und der fachdidaktischen Forschung zur Gestaltung des Unterrichts herangezogen - wie z.B. Anwendung von Modellvorstellungen, der Einsatz von spezifischen Unterrichtsverfahren und geeigneten Experimenten, eine lesefreundliche Gestaltung der Schulbücher - aber der fachwissenschaftliche Anspruch wurde dennoch erweitert und vertieft. Man versuchte auch neue fachwissenschaftliche Ergebnisse und Methoden der chemischen Forschung in den Unterricht zu bringen und erhöhte damit vor allem den theoretischen Anteil.

Univ. Prof. Dr. Heinz Schmidkunz,
Fachbereich Chemie, Universität Dortmund
Vortrag bei der 48. Fortbildungswoche 1994

Kritik am Chemieunterricht in den vergangenen Jahrzehnten

Schüler und Lehrer klagten in zunehmendem Maße über den Chemieunterricht. Dort, wo Schüler unter Schulfächern wählen konnten, wurde die Chemie weitgehend abgewählt. Folgende Klagen wurden eingebracht:

- Die Stofffülle ist zu groß. Die Zeit reicht deshalb nicht aus, um den Stoff in einem Schuljahr zu bewältigen. Zum Üben bleibt keine Zeit übrig.
- Der theoretische Anteil wird immer größer. Dadurch wird der experimentelle Chemieunterricht immer mehr zurückgedrängt. Bei den Schülerinnen und Schülern wird immer mehr der kognitive Bereich angesprochen und der affektive sowie der psychomotorische Bereich werden vernachlässigt. Chemieunterricht wird zur Kreidechemie. Erkenntnisse der Entwicklungspsychologie (Piaget) werden nicht berücksichtigt.
- Verbindungen zum täglichen Leben fehlen. Die zu erwerbenden Chemiekenntnisse bleiben abstrakt.
- Schülerinteressen werden nicht berücksichtigt. Die Unterrichtsinhalte sind rein wissenschaftsorientiert und sprechen die Adressaten nicht an.
- Auf Vorwissen, das die Schüler in den Unterricht mitbringen, wurde nicht zurückgegriffen.

Mit diesen inhaltlich orientierten Schwierigkeiten sind auch methodische Mängel verbunden.

- Ungenügende Strukturierung der Unterrichtsinhalte
- Mangelnde Festigung des Gelernten (keine Wiederholungsmöglichkeiten)
- Ungenügende Berücksichtigung entwicklungspsychologischer Erkenntnisse. Die Fähigkeit der Lernenden zu abstraktem und systematisch-logischem Denken wird vorausgesetzt, ist aber meistens nicht gegeben.
- Zu schmale Repräsentation und Erklärung von Begriffen.

Der bekannte Physik-Didaktiker *Martin Wagenschein* beklagte diese Entwicklung mit folgenden Worten:

1. Warum bringt es die Schule nicht fertig, die Naturwissenschaften (gemeint waren Physik und Chemie) den Schülern verständlich zu machen ?
2. Wieso wird so wenig Wert auf die phänomenologische Stufe gelegt, bzw. wieso wird sie übersprungen ?
3. Muß mit solche Eile unterrichtet werden ?
4. Wie schaffen wir es nur, die Lernfreude der Schüler so schnell zu zerstören ?

Chemieunterricht um die Jahrhundertwende - Tendenzen und Ansätze

Die hier gemachten Ausführungen beziehen sich auf den Anfangsunterricht in Chemie, also auf den Chemieunterricht bis

zur Jahrgangsstufe 10, die häufig auch mit dem Begriff *Sekundarstufe I* bezeichnet wird. In der Oberstufe wird eine Orientierung an die Wissenschaft Chemie sicher stärker deutlich werden.

Chemie als allgemeinbildendes Unterrichtsfach hat zweifellos folgende Aufgaben und Grundziele:

- ein gewisses Chemieverständnis bei den Lernenden zu erzeugen, um täglich in den Medien auftretende Begriffe richtig verstehen und einordnen zu können.
- und sie muß fähig sein, bestimmte kognitive Strukturen zu fördern. Gemeint ist damit vor allem die Entwicklung eines logisch-systematischen Denkens, also der Aufbau einer objektiven, rationalen Denkstruktur.

Selbst bei den Fachdidaktikern ist umstritten, was man unter einem "Chemieverständnis" zu verstehen hat. Es gibt sicher Konsens, daß man phänomenologische chemische Vorgänge auch auf der atomaren-molekularen Ebene modellhaft deuten und erklären muß. Reine phänomenologische Erscheinungen allein genügen dem Anspruch nicht.

Der Philosoph und Pädagoge Karl Jaspers sagte 1981 in seinem Buch *Was ist Erziehung*: "... Die Planung des wissenschaftlichen Unterrichts kann entscheidend nicht durch die Wissenschaft selbst, nicht durch den Sachverstand der Wissenschaften bestimmt werden. ... Unter dieser Instanz ist die Rolle der Wissenschaft an der Schule, insbesondere die Auswahl des Wissenswerten jederzeit vom Geist der Schule her neu zu prüfen."

Sicher bleibt die Wissenschaftsorientierung in der Chemie an der Schule erhalten, aber die Ausdeutung des Begriffs ist vielfältig. Auf keinen Fall ist damit eine Orientierung an der Systematik in irgendeiner Form gemeint, obwohl eine maßvoll in bestimmten Bereichen angewandte Systematik didaktisch durchaus sinnvoll ist. Man war in den letzten Jahrzehnten bemüht, den Schülern einen "roten Faden" der Chemie auf einfacher Grundlage zu vermitteln. Diese Absicht wird durch die neuen Tendenzen in Frage gestellt.

Wichtiger erscheint das Vermitteln und das Erhalten von Interesse an der Chemie und nicht ein umfassendes Bild dieser faszinierenden Wissenschaft.

Der neue Ansatz läßt sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Alltagschemie steht im Vordergrund. Das bedeutet, daß *Alltagsphänomene mit Hilfe der Chemie erklärt werden sollen. Es soll nicht Chemie gelehrt werden, um damit Alltagsphänomene zu verstehen.*
- Aktuelle Anlässe und Vorfälle bestimmen die Themenfelder für den Unterricht.
- Die Unterrichtsinhalte sollen sich an Schülerinteressen orientieren.
- Die Umweltproblematik soll verstärkt in den Unterricht einbezogen werden. Die Erhaltung der Umwelt soll Unterrichtsziel sein.
- Chemische Grundlagen sollen erst dann erarbeitet werden, wenn sie gebraucht werden. Die Erarbeitung von bestimmten chemischen Grundlagen (Atombegriff, Molekülbindung, Ionenentstehung, Stoffgruppen) soll in vielen Themenbereichen möglich sein. Es gibt also keinen systematischen Aufbau des Chemiekurses mehr.

- Im methodischen Bereich soll die projektorientierte Arbeitsweise den Vorrang haben. Dabei darf Projektorientierung nicht mit einem Projekt selbst verwechselt werden. Ein *Projekt* wird von vielen Lehrkräften gleichzeitig, also mit möglichst vielen Fächern über einen längeren Zeitraum eingerichtet. *Projektorientierter Unterricht* wird von einer Lehrkraft, so weit sie dazu fähig ist, unter Mitwirkung der Schüler fächerübergreifend gestaltet.
- Durch Handlungsorientierung sollen die Schüler aktiv in den Erkenntnisprozeß einbezogen werden.

Der Begriff *Alltagschemie* soll nun noch etwas genauer betrachtet werden. Man versteht unter diesem Begriff in allgemeiner Form den Umgang mit Stoffen und Vorgängen, die täglich zur Befriedigung der Bedürfnisse eines Menschen dienen. Nach Marlow sind das:

1. Grundbedingungen für das Leben: Ernährung, Gesundheit, Kleidung, Wohnung, Hygiene.
2. Sicherheit gegenüber Gefahren: Lebensmittel, Wasser, Luft, Boden.
3. Soziale Zugehörigkeit: Kultur, Kommunikation, Verkehr.

Die unter 1 und 2 genannten Bedingungen haben sicher einen Vorrang und sollen verstärkt in den Unterricht einfließen.

Aus dieser Position heraus ist zu verstehen, daß für einen neuen Lehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen folgende Themen für den Chemieunterricht ausgewählt wurden:

1. Nahrungsmittelproduktion und Ernährung
2. Mode - Kleidung - Kosmetik
3. Wohnen - Baustoffe - Werkstoffe
4. Waschen - Reinigen
5. Verbrennung - Energie - Luftverschmutzung

Der Lehrkraft bleibt eine weitgehende Freiheit, diese Inhalte "chemisch" zu gestalten. Weitere Themenbereiche können von der Lehrkraft gemeinsam mit den Schülern gewählt werden.

Für eine gut ausgebildete Lehrkraft dürften selbst diese sehr "offenen" Themenbereiche keine Schwierigkeiten bereiten, Chemie zu betreiben. Allerdings ist es auch möglich, diese Themen weitgehend *ohne* Chemie zu bearbeiten. Hier ist die Gefahr nicht zu übersehen. Es gibt noch keinerlei Erfahrungen mit solchen Lehrplänen. Dem Chemiedidaktiker kommen erhebliche Zweifel, ob in Zukunft mit solchen Ansätzen die beiden Grundziele des Chemieunterrichts auch erreicht werden können.

Einige Vorstellungen zur Reform des Chemieunterrichts

Es wird in Zukunft notwendig sein, mehr auf Schülervorstellungen einzugehen als bisher. Die Anwendungen chemischer Vorgänge im täglichen Leben sollen eine größere Bedeutung erhalten. Insgesamt muß die Stofffülle reduziert werden und der Theorieanteil sollte verkleinert, also reduziert werden. Natürlich muß eine Erklärung der chemischen Phänomene auf molekularer Ebene immer in irgendeiner didaktischen Reduktionsstufe erfolgen. Die *qualitative* Chemie muß hier im Gegensatz zu quantitativen Betrachtungen den Vorrang haben. Chemische Phänomene sollen nicht eine Erklärung für chemische Sachverhalte sein, sie sollen vielmehr die Ausgangssituation bilden.

Chemieunterricht muß für diejenigen Schülerinnen und Schüler erteilt werden, die einmal keinen Chemieerberuf ergreifen werden. Andererseits sollte er diejenigen motivieren, die an der Chemie ein besonderes Interesse finden.

Größere Themenbereiche, wie *Chemie und Gesundheit*, *Chemie und Ernährung*, also eine einfache Lebensmittelchemie, und alltägliche Produkte (Waschmittel, Kosmetika, Reinigungsmittel usw.) sollten Eingang in den Unterricht finden. Ein besonderer Schwerpunkt sollte dem Energieumsatz bei chemischen Reaktionen gewidmet werden. Hier ist die Fachdidaktik gefordert, verständliche Vorgänge und Modellreaktionen zu entwickeln, z.T. liegen sie auch schon vor.

Umweltaspekte sind ebenfalls aus dem Chemieunterricht nicht mehr wegzudenken. Wir schlagen die Behandlung von *Kreisprozessen* als übergeordnete Idee und als didaktisches Prinzip für eine sinnvolle Umwelterziehung vor [2] [3]. Kreisprozesse können auf vielen Ebenen entwickelt werden. Auf atomarer-molekularer Ebene haben sie den Vorteil, bessere Einsichten in chemische Vorgänge zu vermitteln als geradlinige Reaktionsgleichungen [4]. Hier ergibt sich auch ein deutlicher didaktischer Vorteil. Solche Kreisprozesse können von den Lernenden gut experimentell nachvollzogen werden.

Im methodischen Bereich wird mehr Wert auf problemorientierte Unterrichtsverfahren gelegt, um die kognitiven Strukturen der Schüler im positiven Sinn zu fördern. Beispiele dafür sind das Forschend-entwickelnde [5] und das Historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren. Beide Verfahren sind im Grunde didaktisch konzipierte Problemlöse-Strategien.

Das Experimentieren mit ausgewogenen Schülerversuchen und nach visuellen Wahrnehmungsgesetzen gestalteten Demonstrationsversuchen muß ein wesentliches Element der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht bleiben. Das entspricht der Forderung nach Handlungsorientierung und ist Ausdruck der *Konkret-operationalen Phase* der *entwicklungspsychologischen Studien* von Piaget, außerdem entspricht es lernpsychologischen Gegebenheiten. Von diesen konkreter Sachverhalten ausgehend können dann theoretische Überlegungen und Ableitungen vorgenommen werden.

Nach unserer Meinung sollte auch mehr spiralcurriculare Strukturierung für den Unterricht in die Lehrpläne einfließen. das bedeutet, daß wichtige Grundlagen und zentrale Themen der Chemie, wie Atomvorstellungen, Säure-Basen, Reaktionsabläufe usw. mehrmals, mindestens zweimal im Laufe eines Chemiekurses auf unterschiedlichen Ebenen behandelt werden sollten. Dieses Prinzip kommt einem *genetischen Lehren* gleich, das *Wagenschein* schon vor Jahrzehnten als wichtige Unterrichtsmethode darstellte.

Schlußbetrachtung

Solange Chemieunterricht für alle Schülerinnen und Schüler ein Pflichtfach ist, sollte er so gestaltet werden, daß er bei den Lernenden Interesse findet. Alltagsphänomene müssen der Anlaß zu chemischen Betrachtungen sein. Experimente sollen die Erscheinungen verdeutlichen, und die sich daran anschließenden Betrachtungen auf atomarer und molekularer Ebene sollen eine Deutung und Erklärung geben und Gesetzmäßigkeiten aufzeigen. Es sollte vermehrt auf didaktische Redukti-

onsstufen (Elementarisierungen) im Sinne eines Spiralcurriculums Rücksicht genommen werden. Im methodischen Bereich sollten problemorientierte (das Unterrichtsziel problematisierende) Verfahren vermehrt Eingang finden. *Chemie ist eine wunderschöne und volkswirtschaftlich unverzichtbare Wissenschaft. In diesem Sinne gilt es, die Chemie als Unterrichtsfach zu gestalten.*

Literatur

- [1] Kerschensteiner, Georg: *Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts*; München 1953 (Nachdruck von 1913)
- [2] Schmidkunz, Heinz: *Die Entwicklung und die Erörterung von Kreisprozessen ein didaktisches Prinzip einer Umwelterziehung im Chemieunterricht* in: *Naturwissenschaften im Unterricht-Chemie*, Heft 16, 1993
- [3] Korczak, Peter: *Die Solar-Wasserstoffanlage in Neunburg vorm Wald* in: *PLUS LUCIS* 3/93, Wien 1993
- [4] Schmidkunz, Heinz: *Darstellen und Denken in Kreisprozessen - ein anschauliches Verfahren zum besseren Verständnis chemischer Vorgänge* in: *Naturwissenschaften im Unterricht-Chemie*, Heft 4, 1990
- [5] Schmidkunz, H, Lindemann, H: *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren*; Westarp-Wissenschaften, Essen 1992

Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie

Zu den Ursachen vieler Lernschwierigkeiten

Reinders Duit

Wenn Schülerinnen und Schüler in den Unterricht hineinkommen, so haben sie in der Regel bereits in vielfältigen Alltagserfahrungen tief verankerte Vorstellungen zu den Begriffen und Phänomenen und Prinzipien entwickelt, um die es im Unterricht gehen soll. Die meisten dieser Vorstellungen stimmen mit den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen nicht überein. Hier liegt eine Ursache vieler Lernschwierigkeiten. Die Alltagsvorstellungen bestimmen das Lernen, weil die Schülerinnen und Schüler das Neue nur durch die Brille des ihnen bereits Bekannten "sehen" können. Sie verstehen häufig gar nicht, was sie im Unterricht hören oder sehen und was sie im Lehrbuch lesen. Lernen von Chemie und Physik, wie Lernen überhaupt, bedeutet, Wissen auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen aktiv aufzubauen. Der Unterricht muß also an den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen und ihre Eigenaktivitäten fordern und fördern. Er muß darüber hinaus für die wissenschaftliche Sicht werben, d.h. die Schüler davon überzeugen, daß diese Sicht fruchtbare neue Einsichten bietet.

Wir verstehen es, aber wir glauben es nicht

Im Heft 2/94 dieser Zeitschrift findet sich die folgende Geschichte aus Wagenscheins schon klassischem Buch *Verstehen Lehren* (Wagenschein, 1968, S. 341). Es geht um den Bericht einer Missionarin in Afrika, die sich bemüht, den ihr Anvertrauten klar zu machen, daß die Erde rund ist. Sie versucht es zunächst mit der reinen Information. Die Afrikaner überzeugt dies nicht, sie wenden z.B. ein, sie seien lange Strecken gereist, von einer Rundung der Erde hätten sie nichts gemerkt. Sie versucht, die Dinge am Globus zu erläutern. Wo ist denn bei der Erde der Fuß, wo die Erdachse, wird eingewandt. Sie greift zu weiteren Vergleichen, man solle sich doch die Erde wie einen Ballon vorstellen oder vielleicht wie eine Orange. Letztere kann man anfassen, aufmachen und essen, so das Gegenargument. Die Missionarin versucht es weiter, scheint es nach langen Bemühungen zu schaffen, ihre Zuhörer zu überzeugen. Einige Zeit später meldet sich einer der Zuhörer bei ihr und fragt: "Schwester, so ganz im Vertrauen, bitte, versteh mich recht, nur zu dir gesagt... nicht wahr, du glaubst aber doch selber nicht, daß die Erde rund ist?"

Gewiß hat diese Geschichte etwas Rührendes, sie ist auch gar nicht mehr zeitgemäß, da aus ihr der Geist einer "heilen" kolonialen Welt spricht. Aber dennoch, sie eignet sich hervorragend als Metapher für das, was sehr häufig im Physik- und Chemieunterricht geschieht. Schülerinnen und Schüler lassen so schnell nicht ab von den Vorstellungen und Überzeugungen, die sie in unseren Unterricht mitbringen. Sie verstehen

uns zunächst gar nicht, erheben Einwände, die nicht selten nur schwer einfach vom Tisch zu wischen sind, und sie "glauben" uns schließlich nicht, auch wenn sie uns verstehen. Physik und Chemie lehren kann mit einem gewissen Recht als missionarische Tätigkeit angesehen werden. Vielleicht ist dies zunächst eine ungewohnte Sicht unserer Tätigkeit, aber sie weist sehr nachdrücklich darauf hin, daß es nicht genügt, seine (also die wissenschaftliche Position) verständlich zu machen. Die Schüler müssen vielmehr auch von dieser Sicht überzeugt werden. Walter Jung hat dies pointiert so ausgedrückt, daß Physikunterricht (und dies gilt für Chemieunterricht sicher in gleicher Weise) manches mit einer psychotherapeutischen Sitzung gemein hat. In seinen Untersuchungen zu Schülervorstellungen vom Sehen finden sich viele Beispiele dafür, daß Schülerinnen und Schüler die physikalische Sicht verstehen, sie aber nicht glauben, sie nicht für wahr halten.

Schülervorstellungen vom Licht und vom Sehen

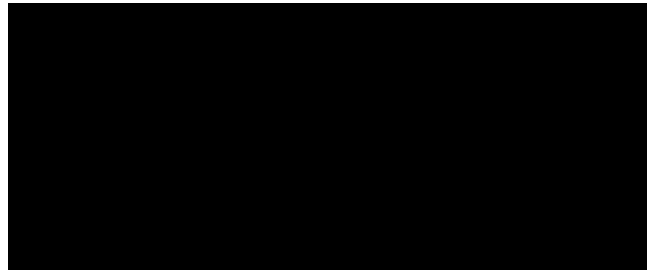


Abb. 1: Vorstellungen zum Sehen (aus Lind, 1975, S. 118)

In der Physik wird der Vorgang des Sehens wie folgt erklärt: Lichtquellen senden Licht aus, dieses fällt direkt ins Auge, dann sieht man die Lichtquelle oder es fällt auf Körper, die nicht von sich aus Licht aussenden, wird dort teilweise reflektiert, und fällt von dort ins Auge. Zwei Punkte müssen hervorgehoben werden. Erstens macht die Physik keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen Lichtquellen und beleuchteten Körpern. Beide senden Licht aus, das unter Umständen ins Auge fällt und dann zu einem Seheindruck führt. Zweitens wird Licht in der Physik als Ausbreitungsvorgang, als eine Bewegung von "etwas" (elektromagnetische Strahlung) verstanden. Alltagsvorstellungen zu Licht und Sehen sind ganz anders (Jung, 1989; Wiesner, 1994). Für viele Schüler sind Lichtquellen und beleuchtete Körper fundamental verschieden. Während Lichtquellen etwas abgeben, das mit Licht bezeichnet wird, ist dies bei beleuchteten Körpern nicht der Fall. Diese kann man sehen, wenn man ihnen das gesunde Auge zuwendet. Das Licht liegt dann gewissermaßen als "Helligkeit" auf ihnen. Schüler scheinen also zwei unterschiedliche Vorstellungen vom Licht zu haben. Zumindest in der zuletzt genannten Vorstellung ist kein Konzept von Bewegung des Lichts enthalten, aber auch das Licht, das Lichtquellen abgeben, wird von den meisten Schülerinnen und Schülern nicht in gleicher

Prof. Dr. Reinders Duit,
IPN - Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften,
Universität Kiel, Olshausenstr. 62, D-24098 Kiel
email: duit@ipn.uni-kiel.de, Fax: 0049 431 880 1521

Weise als Ausbreitung von etwas gesehen, wie es in der Physik üblich ist. Unterricht zur Optik in den Schuljahren 5 bis 10 ist in der Regel nur in sehr eingeschränktem Maße in der Lage, die skizzierten Schülervorstellungen in Richtung auf die physikalische Vorstellung zu verändern.

Dieses Beispiel zeigt, daß Alltagsvorstellungen und wissenschaftliche Vorstellung ganz unterschiedlich sein können. Es ist sehr wichtig, sich darüber im Klaren zu sein, daß sich aus alltäglichen Seherfahrungen keine empirischen Belege für die physikalische Sichtweise ergeben. Wir haben hier also die gleiche Situation, die auftritt, wenn man "Laien" davon überzeugen will, daß die Erde rund ist. Die Ausbreitung des Lichts kann nicht ohne weiteres beobachtet werden. Dies gilt sowohl für die alltäglichen Seherfahrungen wie für die durch spezielle Experimente arrangierten Seherfahrungen im Unterricht. Anders ausgedrückt, die Ausbreitungsvorstellung ist weniger eine Sache des Beobachtens, sondern des "sich dazu Denkens". Für den Unterricht bedeutet dies, daß sich aus entsprechend arrangierten Experimenten die physikalische Vorstellung nicht quasi von selbst ergibt. Die physikalische Vorstellung muß den Schülern vielmehr mit den Experimenten zusammen als Erklärung angeboten werden. Sie müssen davon überzeugt werden, daß sich die Beobachtungen mit dieser Vorstellung konsistent deuten lassen (s. dazu Unterrichtsvorschläge von Wiesner, 1992, 1994).

Wärmeverstellungen - zur Entfaltung eines undifferenzierten Vorstellungskomplexes

"Wärme" ist ein Gebiet, das in der Chemie und in der Physik gleichermaßen wichtig ist. Wie sehen die wissenschaftlichen Vorstellungen zur Wärme aus? Zunächst einmal, ist festzuhalten, daß der Terminus Wärme (das Fachwort) keineswegs immer in gleicher Bedeutung verwendet wird. In den meisten Lehrbüchern jedenfalls findet man dieses Wort in mindestens zwei Bedeutungen. Zunächst einmal steht es für das Phänomen "Wärme", also für Wärmeerscheinungen ganz allgemein. Weiterhin wird es als die Energieform angesehen, die aufgrund von Temperaturdifferenzen zwischen zwei Systemen ausgetauscht wird. Diese Größe wird in der Regel mit Q bezeichnet und manchmal auch Wärmeenergie genannt. Diese Größe ist strikt von der Inneren Energie zu unterscheiden. Innere Energie, die Energie in einem System, ist eine Zustandsgröße, Wärme bzw. Wärmeenergie ist eine Prozeßgröße. Abbildung 2 zeigt genauer, welche Größen und Prinzipien die Basis der wissenschaftlichen Wärmeverstellung bilden. Temperatur steht für die Intensität der "Wärme" (als allgemeine Bezeichnung für das Phänomen betrachtet). Sie ist eine intensive Größe, also eine Größe, die sich beim Zusammenfügen zweier gleicher Systeme zu einem Gesamtsystem nicht ändert. Energie (innere Energie oder Wärmeenergie) steht dagegen für den mengenartigen Aspekt der "Wärme". Sie ist eine extensive Größe, also eine Größe, deren Werte sich addieren, wenn zwei Systeme zusammengefügt werden. Extensive Größen geben also Auskunft, "wieviel" von etwas vorhanden ist, intensive Größen, wie "stark", wie intensiv etwas ist. Der sogenannte "Nullte Hauptsatz der Thermodynamik" ist das Prinzip vom Temperaturausgleich, er sagt also, daß sich Temperaturunterschiede "von selbst" immer ausgleichen, der erste Hauptsatz postuliert das Prinzip von der Erhaltung der Energie. Entropie

ist ebenfalls eine extensive Größe. Das ihr korrespondierende Prinzip ist der zweite Hauptsatz der Thermodynamik.

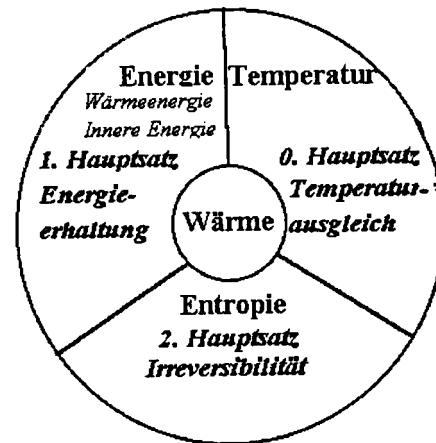


Abb. 2: Größen und Prinzipien zum Phänomen "Wärme"

Verfolgt man die historische Entwicklung der wissenschaftlichen Vorstellungen zur Wärme, wie sie in Abbildung 2 wiedergegeben sind, so erkennt man einen recht langwierigen und mühevollen Prozeß der Entfaltung einer zunächst undifferenzierten Wärmeverstellung. Gehen wir zurück ins 17. Jahrhundert, also in die Zeit, in der Thermometer in Gebrauch kamen, so erkennen wir das mühevollen Ringen der führenden Wissenschaftler dieser Zeit, zum Beispiel in der florentinischen *Accademia del Cimento*, um angemessene Vorstellungen zur "Wärme" (Wiser & Carey, 1983). Insbesondere bereitete die Trennung in die oben skizzierten intensiven und extensiven Aspekte der "Wärme" sowie die Vorstellung der thermischen Interaktion und des Prinzips vom Temperaturausgleich große Schwierigkeiten. Erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts ist mit den Arbeiten von Joseph Black eine klare Trennung in den intensiven und extensiven Aspekt erreicht (McKie & Heatcote, 1935). Die Extensität, die Mengenartigkeit, allerdings unterstützte so nachdrücklich die Wärmestoffvorstellung, daß es rund ein weiteres Jahrhundert dauerte, bis sich die heutige kinetische Teilchenvorstellung durchgesetzt hatte und zugleich die Entfaltung zu den in Abbildung 2 genannten Aspekte erreicht war.

Schülervorstellungen zu "Wärme und Temperatur"

Untersuchungen zu Vorstellungen unserer Schüler haben gezeigt (Duit, 1986), daß Alltagsvorstellungen zur Wärme weitgehend undifferenziert sind und Aspekte enthalten, die wir aus Sicht der Wissenschaft mit den Größen Temperatur, Energie und Entropie beschreiben. Die Termini Wärme und Temperatur werden kaum differenziert, sie bedeuten für viele Schüler ganz Ähnliches, allerdings gibt es eine deutliche Tendenz, Wärme mit höherer Temperatur in Verbindung zu bringen. Eine klare Differenzierung zwischen dem intensiven Temperaturbegriff und dem extensiven energetischen Wärmeaspekt entwickelt sich auch im Unterricht der Schuljahre 5 bis 10 nicht oder nur in Ansätzen. Aus den Schwierigkeiten, die Schüler hier haben, seien einige herausgegriffen (Kesidou, 1990).

Schülervorstellungen zur thermischen Interaktion

Schülerinnen und Schüler interpretieren das Abkühlen und Erwärmen von Körpern, vor allem vor dem Unterricht über Wärme, nicht als Interaktion, wie es in der Physik üblich ist. Kühlt sich zum Beispiel ein warmer Körper, z.B. ein Glas mit heißem Wasser, ab, so werden von vielen Schülern Interaktionen mit der Umgebung, zum Beispiel mit der umgebenden Luft, nicht in Betracht gezogen. Der Körper kühlt sich ab, weil dies ein "natürlicher" Vorgang ist, der keiner weiteren Erklärung bedarf. Auch hier wird deutlich, daß die Vertrautheit mit Phänomenen und Beobachtungen von diesbezüglichen Vorgängen allein offenbar nicht zur physikalischen Sicht führt. Im Falle des Abkühlens muß den Schülern einerseits anhand von Experimenten gezeigt werden, daß sich bei einer jeder Abkühlung eines Körpers die Umgebung erwärmt. Andererseits muß für die wissenschaftliche Sicht der thermischen Interaktion gewonnen werden, d.h. es muß den Schülern im Verlaufe einer Reihe von Experimenten klar gemacht werden, daß diese Sicht zu einer konsistenteren und deshalb befriedigenderen Deutung führt als ihre bisherige Alltagssicht.

Wolle macht warm



Abb. 3: Schmilzt ein in Wolle eingewickelter Eisblock schneller als ein in Aluminiumfolie eingewickelter? (aus Duit, 1986, 30)

Es ist eine alltägliche Erfahrung, daß uns ein Pullover wärmt. Bei vielen Schülern scheint diese Erfahrung zur Vorstellung zu führen, daß die Wolle Wärme abgibt. Tiberghien (1980) berichtet zum Beispiel über ein 11 Jahre altes Mädchen, das der festen Überzeugung ist, daß ein Eisblock, der in Wolle eingewickelt ist, schneller schmilzt als ein in Aluminiumfolie eingewickelter Eisblock. Sie ist auch durch den Ausgang des Experiments nicht davon zu überzeugen, daß ihre Vorstellung falsch war. Watson und Konicek (1990) haben ein ganz ähnliches Verhalten unter 10-jährigen gefunden. Ihre Schüler waren der Überzeugung, ein Thermometer, das in einen Pullover gesteckt wird, müsse "mehr" anzeigen als eines, das die Temperatur außerhalb des Pullovers bestimmt. Auch hier hat die Schüler das unerwartete Ergebnis keineswegs davon überzeugt, daß ihre Vorstellung nicht richtig war. Sie meinten, daß das Thermometer nicht in Ordnung oder eine längere Meßzeit nötig sei. Auch die Mitteilung des Lehrers wie es "wirklich" ist, überzeugte die Schüler nicht. Erst eine längere Experimentierphase, die ihnen u.a. gestattete, das Thermometer die Nacht über im Pullover stecken zu lassen, führte Schritt für Schritt zur physikalischen Sicht.

Temperaturunterschiede gleichen sich stets aus?

Für Schüler gilt dieses Prinzip nicht in jedem Falle. Vor allem vor dem Unterricht sind viele von ihnen der Auffassung, daß Metalle eine niedrigere Temperatur haben als Plastik, weil sie sich ja kälter anfühlen. Werden unterschiedliche Materialien in einen Ofen von 60°C gelegt, dann hat, so die Auffassung vieler Schüler (Lewis, 1991), Mehl eine niedrigere Temperatur als 60°C, weil es sich nicht so sehr erwärmt, während Metall eine höhere Temperatur hat, weil es sich schneller erwärmt. Im Unterricht muß man sich also darauf einstellen, daß Temperaturengleich keine triviale, selbstverständliche Vorstellung für viele Schüler ist. Man sollte deshalb den Schülern im Unterricht Gelegenheit geben, Temperaturen verschiedener Dinge im Klassenraum zu messen, damit sie selbst feststellen, daß die Temperaturen alle gleich groß sind, wenn die Dinge nicht auf irgendeine Weise erwärmt werden. In einem Lehrbuch für die Schuljahre 5 bis 10 erklären wir (Duit, Häußler, Lauterbach, Mikelskis & Westphal, 1993) den Schülern gleich am Beginn der Wärmelehre, daß sich Gegenstände unterschiedlich warm anfühlen, weil unser Wärmesinn nicht die Temperatur der Gegenstände anzeigt, sondern wie schnell diese Wärme weiterleiten.

Die Beispiele zu Schülervorstellungen über Wärme weisen auf verschiedene wichtige Gesichtspunkte von Schülervorstellungen ganz allgemein hin. Aus der Sicht der Wissenschaften ganz einfach, ja trivial erscheinende Aspekte sind dies für Schüler keineswegs. Stehen die Erwartungen der Schüler, auf der Basis ihrer Vorstellungen, im Widerspruch zu dem tatsächlichen Ergebnis einer Beobachtung, so geben die Schüler ihre Vorstellung keineswegs bereitwillig auf. Sie machen vielmehr in der Regel zunächst einmal geltend, daß ihre Vorstellung im Prinzip schon richtig sei, aber aus diesem oder jenen Grund im vorliegenden Falle zu anderen Ergebnissen geführt hat, als zunächst erwartet.

Dieses Verhalten der Schüler ist aus der Geschichte der Wissenschaften gut bekannt. Ideen, von denen die Wissenschaftlergemeinschaft tief überzeugt ist, werden nicht einfach aufgegeben, wenn sich einige Widersprüche zu experimentellen Befunden zeigen. Max Planck hat einmal gesagt, neue Ideen setzten sich nicht dadurch durch, daß die Anhänger der alten überzeugt würden, sondern dadurch, daß diese Anhänger allmählich ausstürben. Graf Rumford, dem das königlich bayrische Arsenal unterstand, führte zum Beispiel um 1800 seine berühmten Kanonenbohrversuche durch (Schimank, 1930). Er "bohrte" mit einem stumpfen Bohrer. Er konnte nachweisen, daß er (beinahe) beliebig viel Wärme durch Reibung erbohren konnte und daß die erhaltene Wärme von der Arbeit abhing, die antreibende Pferde verrichteten. Aus heutiger Sicht steht dieses Ergebnis im eklatanten Widerspruch zur damals herrschenden Wärmestofftheorie. Derzufolge hätte Rumford nur eine bestimmte Wärmemenge aus dem Material durch das Bohren herauspressen können. Rumfords experimentelle Evidenz hat die wissenschaftliche Welt seiner Zeit nicht überzeugt. Es gelang vielmehr, durch eine Reihe von Zusatzannahmen, die zu seiner Zeit erfolgreiche und deshalb allgemein anerkannte Wärmestofftheorie mit Rumfords Experimenten in Einklang zu bringen. Es hat bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts gedauert, bis die Wärmestofftheorie abgelöst wurde - durch

viele weitere empirische Befunde und durch neue theoretische Rahmenvorstellungen.

Teilchenvorstellungen

Das Teilchenmodell spielt im Physik- und Chemieunterricht der SI eine große Rolle. Allerdings zeigen Untersuchungen, daß Schüler große Schwierigkeiten mit diesem Modell haben (s. zusammenfassend Duit, 1992). Häufig werden den Teilchen Eigenschaften der Makrowelt zugeordnet. So sind Schwefelteilchen gelb, weil ja Schwefel auch gelb ist. Teilchen sind in gleicher Weise warm, wie Gegenstände. Schüler haben offenbar große Schwierigkeiten, den "Modell-Status" des Teilchenmodells richtig zu verstehen. Sie erkennen nicht, daß in der "Welt der Teilchen" teilweise andere Gesetze gelten als in der Makrowelt. Die hier umrissenen Verständnisschwierigkeiten scheinen mit dem Unterricht über das Teilchenmodell zu tun zu haben. Denn häufig versucht man ja, den Schülern dieses Modell im Unterricht dadurch anschaulich klar zu machen, daß man ganz explizit Analogien zu Gegenständen und ihren Eigenschaften in der Makrowelt heranzieht. Die Schüler werden beispielsweise aufgefordert, sich die Teilchen wie Kugeln vorzustellen. Dieses Bemühen um Anschaulichkeit erweist sich in vielen Fällen als Trojanisches Pferd.

Neben der bereits erwähnten Tendenz vieler Schülerinnen und Schüler, Aspekte der makroskopischen Welt und der Lebenswelt auf die Welt der Teilchen zu übertragen, gibt es die folgenden Mißverständnisse:

(1) *Vermischung von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen.* Die Kontinuumsicht vom Aufbau der Materie drängt sich offenbar unseren Sinnen auf. Das Diskontinuierliche, also die Konzentration der Materie auf kleine Teilchen im ansonsten absolut leeren Raum, sowie die ständige Bewegung dieser Teilchen widersprechen - anscheinend - dem, was wir im täglichen Leben beobachten. Es gibt eine Reihe von Vermischungen von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen, wenn das Teilchenmodell erlernt werden soll. Pfundt (1981) berichtet zum Beispiel über Interviews mit Schülern zur Deutung von Stoffumbildungen. Eine Flüssigkeit wird von den Schülern in der Regel als Kontinuum gesehen. Dem daraus bei der Verdunstung bzw. Verdampfung entstehendem Gas wird dagegen durchaus eine "körnige" Struktur zugebilligt, ohne daß die Teilchen in der Flüssigkeit bereits vorgebildet sind.

(2) *Was ist zwischen den Teilchen?* Viele Schüler haben große Schwierigkeiten einzusehen, daß zwischen den Teilchen nichts ist. Im Alltag ist schließlich zwischen allen Dingen jedenfalls Luft. Wenn Luft aus Teilchen besteht, dann muß eben auch zwischen den Luftteilchen Luft sein.

(3) *Die Teilchen kommen irgendwann einmal zur Ruhe.* In der Welt der Teilchen gibt es keine Reibung, dort kommen die Teilchen nie zur Ruhe, es herrscht in dieser Welt eine ewige "innere Unruhe", wie es Wagenschein (1965, S. 225) so treffend ausdrückt. Teilchen in der realen Welt allerdings haben diese Eigenschaft nicht. Schülern fällt es deshalb schwer, die wissenschaftliche Sicht einzusehen.

Ein Unterrichtsvorschlag zum Teilchenmodell, der bei den Schülervorstellungen ansetzt

Für Unterricht zum Teilchenmodell gilt etwas ganz ähnliches wie zur oben diskutierten physikalischen Vorstellung vom Licht. Das Modell "folgt" nicht aus experimentellen Beobachtungen. Es ist primär keine Sache der Beobachtung, sondern des sich "dazu Denkens". Driver und Scott (1994) haben den folgenden Unterrichtsablauf vorgeschlagen und erprobt, der Schülerinnen und Schüler von ihren vorunterrichtlichen

Vorstellungen zum Teilchenmodell leitet. Viele ganz ähnliche Strategien haben sich auch bei anderen Themen bewährt. Der Unterricht zum Teilchenmodell hat die folgenden Stadien:

(A) Orientierung und "Hervorlocken" der Schülervorstellungen

Das erste Stadium dient dazu, die Schüler mit Phänomenen vertraut zu machen, die sich mit dem Teilchenmodell deuten lassen, wie Kompressibilität von Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern, Ausbreitung von Parfüm und die unterschiedliche Dichte von verschiedenen Materialien. Sie führen eigenständig eine große Anzahl von Experimenten durch und werden gebeten, ihre Deutungen und Vorstellungen aufzuschreiben. Zu einem Phänomen arbeitet jede Schülergruppe ein Poster aus, das ihre Vorstellungen darstellt.

(B) Zur Natur physikalischer Theorien und Modelle

Um den Schülern eine erste Vorstellung vom Modellcharakter der Teilchenvorstellung zu geben, werden einige Spiele durchgeführt. Bei einem geht es darum, die Regel zu erraten, die hinter einer Zahlenfolge steckt, bei einem anderen ("murder mystery") sollen Indizien gesammelt werden, mit denen man in einem vorgegebenen Fall einen Mörder identifizieren kann. Ihre Rolle bei der Untersuchung der Teilcheneigenschaft der Materie sollen die Schüler also als analog zur Arbeit eines Detektivs sehen. Es gilt Indizien zusammenzutragen, die eine Teilchenvorstellung unterstützen.

(C) Eigenschaften von festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen

Die in (A) begonnenen Versuche werden nun systematischer angegangen. Eigenschaften der Körper werden zusammengetragen.

(D) Schüler konstruieren ihre Teilchentheorie

Hier geht es ganz explizit darum, daß die Schüler auf der Basis ihrer nunmehr umfangreichen Kenntnisse von Eigenschaften der Körper und Kennzeichen der Phänomene ihre Theorien (basierend auf den gesammelten Indizien) konstruieren.

(E) Überdenken der eigenen Theorien - auf dem Weg zur physikalischen Teilchenvorstellung

Die verschiedenen Schülertheorien werden verglichen. Der Lehrer führt die physikalische Vorstellung ein und erläutert, inwiefern sie besser zu den gesammelten Indizien paßt. Wichtig ist es an dieser Stelle, daß die Schüler über ihre Theorien nachdenken und sich eventuell bewußt werden, daß sie mit der physikalischen Teilchenvorstellung eine neue Sicht übernommen haben. Häufig wird es hier kognitive Konflikte zwischen den Schülervorstellungen und der physikalischen Vorstellung geben. Der Lehrer muß dabei sehr sorgfältig darauf achten, daß die Schüler den betreffenden Konflikt auch tatsächlich erkennen.

(F) Anwendung der physikalischen Teilchenvorstellung

Hier geht es um die Anwendung der neuen Vorstellung in bekannten (s. die in den vorangegangenen Schritten untersuchten Phänomene) und neuen Situationen. Dabei ist es in der Regel nötig, auf die vorangegangenen Stadien zurückzugehen, z.B. zu klären, wel-

cher Natur das Teilchenmodell eigentlich ist und wieso die physikalische Erklärung eine bessere Deutung gibt als die bisherige Schülertheorie.

Diese Strategie hat sich insgesamt gesehen als sehr fruchtbar erwiesen. Es hat sich in ihrer Erprobung aber auch gezeigt, wie langwierig und schwierig es in der Regel ist, die Schüler zur wissenschaftlichen Sicht zu führen. Scott (1992) berichtet über den Lernprozeß einer Schülerin. Immer wieder scheint es im Verlaufe des Unterrichts, als habe sie die wissenschaftlichen Sichtweise erworben, immer wieder aber fällt sie in neuen Situationen auf ihre alte Vorstellung zurück. Allerdings erweitert sich im Laufe der Zeit das Vertrauen auf die wissenschaftliche Sichtweise erheblich. Ganz ähnliche Tendenzen zeigen sich in vielen anderen Untersuchungen. Der Erwerb der wissenschaftlichen Sichtweise vollzieht sich in der Regel nicht in einem einzigen Schritt. Die Überzeugungsarbeit ist ein mühevoller Prozeß.

Vorstellungen im Bereich der Quantentheorie vom Aufbau der Materie

Lernschwierigkeiten, die durch vorunterrichtliche Vorstellungen bedingt sind, treten keineswegs nur im einführenden Chemie- und Physikunterricht in den Klassen 5 bis 10 auf. Es gibt sie, wo immer versucht wird, Chemie und Physik zu vermitteln, also von der Primarstufe bis hinauf zur Universität. Viele der oben skizzierten Vorstellungen, zum Beispiel zum Teilchenmodell, finden sich auch in der gymnasialen Oberstufe und in der Eingangsstufe der Universität. Hinzu kommen neue Schwierigkeiten, wenn der Aufbau der Materie quantenphysikalisch gedeutet wird.

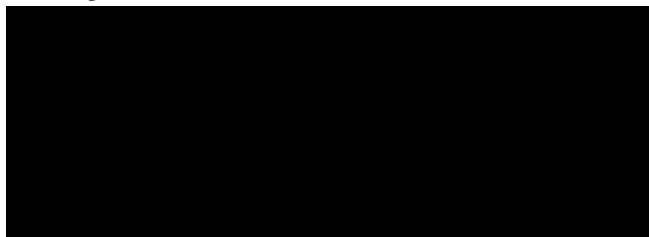


Abb. 4: Schülerzeichnungen von einem Wasserstoffatom
(aus Lichtfeld, 1992, 236)

Das Bild, das sich Schüler der Schuljahre 5 bis 10 vom Atom machen, ist vom Bohrschen Modell geprägt, d.h. ein Atom besteht aus einem Kern, den Elektronen auf bestimmten Bahnen umkreisen. Dieses Bild dominiert auch auf der gymnasialen Oberstufe. Lichtfeld (1992) hat zum Beispiel Grund- und Leistungskursschüler nach ihren Vorstellungen befragt und gefunden, daß eine große Mehrheit eben dieses anschauliche Modell zeichnete. (Abb. 4) Andere Zeichnungen ließen Anklänge an die Hantel- oder Orbitalmodelle der Chemie erkennen. Warum das Atom stabil ist, warum die Elektronen auf ihren Bahnen den Kern umkreisen, wird klassisch-anschaulich, und nicht einmal klassisch-physikalisch korrekt, mit dem Gleichgewicht zwischen Fliehkraft und elektrischer Anziehung gedeutet.

Die mit dem Bohrschen Modell erzielte Anschaulichkeit hat wie beim Teilchenmodell (s.o.) auch bei der Vermittlung quantenphysikalischer Sichtweisen ihren Preis. Schüler haben große Schwierigkeiten, ihre anschaulichen Vorstellungen mit den quantenphysikalischen zu vereinbaren (Lichtfeld, 1992;

Bethke, 1992). Zwar integrieren viele Schüler quantenphysikalische "Splitter" in ihre anschaulichen Vorstellungen, aber diese bleiben im Prinzip unangetastet klassisch. Große Schwierigkeiten haben die Schüler auch mit dem quantenphysikalischen Bahnbegriff. Dabei stehen Fragen wie die folgenden im Mittelpunkt: Ist die Bahn, quantenphysikalisch betrachtet, verschmiert? Darf man sie sich wie etwas Verdünntes um den Kern herum vorstellen? Viele Fragen sind hier noch offen und bedürfen weiterer Klärung durch empirische Untersuchungen (s.a. zum Stand der Diskussion die Beiträge in Fischler, 1992).

Vorstellungen zu Stoffumbildungen

Im Rahmen der Vorstellungen zum Teilchenmodell sind bereits Schülervorstellungen zur Sprache gekommen, die in das engere Fachgebiet der Chemie fallen. Zur Struktur von Stoffen hat die große Mehrheit der Schülerinnen und Schüler in den Schuljahren 5 bis 10 Kontinuumsvorstellungen, in die im Verlaufe des Unterrichts einige Aspekte des Teilchenmodells eingegliedert werden. Wie erwähnt, sind viele Schüler der Auffassung, daß aus einem als Kontinuum gedachten flüssigen Stoff durch Verdunstung ein aus Teilchen aufgebautes Gas entstehen kann. Weiterhin sind viele Schüler der Meinung, daß bei ständiger Teilung eines Stoffes die makroskopischen Eigenschaften erhalten bleiben. Die kleinsten Teilchen haben also z.B. die gleiche Farbe wie der betreffende Stoff.

Stork (1994) hat aus der Literatur zu "chemischen" Schülervorstellungen (s. in Pfundt & Duit, 1994) die Vorstellungskomplexe herausgefiltert, die für das Lernen der Chemie im Anfangsunterricht wichtig sind. Zu ihnen zählen neben den bereits erwähnten Teilchenvorstellungen die folgende Vorstellungen zu stofflicher Veränderung:

(1) *Stoffliche Veränderung ist Änderung von Eigenschaften der Stoffe.* Wird Kupfer mit dem Gasbrenner an der Luft erhitzt, so bildet sich ein schwarzer Belag. Die Schüler sprechen davon, daß Kupfer schwarz geworden ist, daß also dieser Stoff seine Eigenschaften verändert hat (Pfundt, 1982a). Dies ist eine Denkweise, die im Alltag fortlaufend verwendet wird und sich dort ständig bewährt. Die moderne Chemie denkt indes anders über den gleichen Vorgang. Für sie ist die Farbänderung ein Indiz für einen neuen Stoff: Rotes Kupfer hört auf zu existieren, schwarzes Kupferoxid entsteht.

(2) *Stoffliche Veränderung als Mischung und Entmischung.* Viele Schülerinnen und Schüler deuten stoffliche Veränderung als Mischung und Entmischung von Stoffen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn aus einer Stoffprobe etwas entweicht (Pfundt, 1982a; Anderson, 1990).

(3) *Bei der Verbrennung wird der Stoff unwiederbringlich zerstört.* Beim Verbrennen von Zink entsteht ein weißer Stoff, Zinkoxid. Pfundt (1982b) forderte Schüler auf, aus diesem Stoff das ursprüngliche Zink zurückzugewinnen. Die Schüler waren der Meinung, daß dies nicht möglich ist, da doch Zink verbrannt ist. Ein Versuch zeigte nun, daß sich tatsächlich aus der "Asche" das Metall zurückgewinnen läßt. Die Schüler akzeptierten dies widerstrebend und fasziniert zugleich. Eine Schülerin folgerte schließlich: "Zink kann beim Verbrennen gar nicht verbrannt sein. Es muß irgendwie erhalten geblieben sein."

Insgesamt zeigt es sich, daß lebensweltlich tief verankerte Erfahrungen und Denkweisen von Schülerinnen und Schülern an die Deutung von Phänomenen stofflicher Veränderung herangetragen werden, mit denen der Chemieunterricht in den Schuljahren 5 bis 10 in der Regel zu tun hat. Für die Schülerinnen und Schüler sind die Deutungen der Chemie in vielen Fällen so fremd, ja bisweilen absurd, so daß schierer Unglaube resultiert, auch wenn sie die Deutungen des Lehrers als solche "verstehen" (vgl. den einleitenden Absatz in diesem Artikel). Bei Herron (1975) findet sich die folgende Äußerung eines Studenten eines College (zitiert nach Stork, 1994): "Meinen Sie, daß das Wasser verschwindet und sich in diese Gase verwandelt, die man nicht einmal sehen kann! Meinen Sie das damit, daß die Gase aus dem Wasser kommen? ... Das ist gar nicht möglich! Wasser ist überhaupt nichts wie diese Gase!" Pfundt (1975, 158) berichtet über die folgende Antwort eines siebzehnjährigen Schülers, der im dritten Jahr Chemieunterricht hatte: "Der Formel nach müßte sich aus Kohlenstoffdioxid wieder Kohlenstoff herstellen lassen. Aber in Wirklichkeit ist es natürlich unmöglich, aus einem farblosen Gas einen festen, schwarzen Stoff herauszuholen". Treffender lassen sich die Schwierigkeiten, die Schüler mit dem Lernen von Chemie haben können, wohl kaum illustrieren.

Vorstellungen bestimmen das Lernen

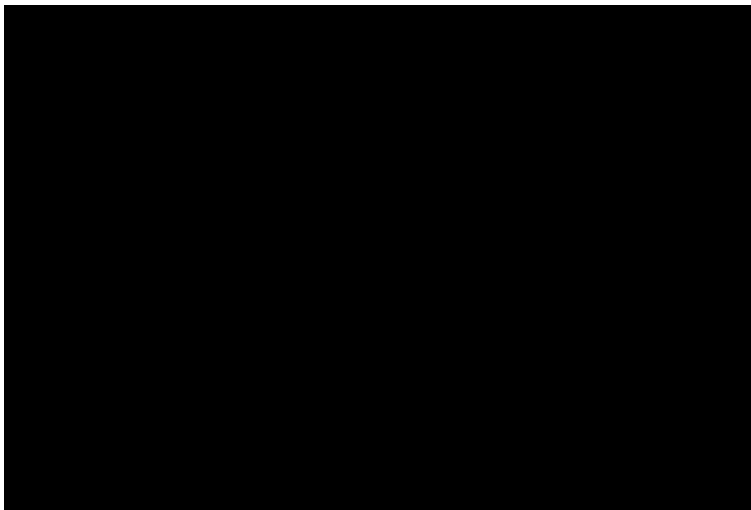


Abb. 5: Images in the classroom (aus: Kleinman u.a., 1987)

An einer Reihe von Beispielen ist in den vorangegangenen Abschnitten gezeigt worden, daß Schülerinnen und Schüler Vorstellungen in den Unterricht mitbringen, die ganz anders sein können, als der Lehrer bzw. die Lehrerin sie erwartet (Abbildung 5). Sie beeinflussen das Lernen tiefgreifend, sie bilden den Interpretationsrahmen, mit dem die Schüler versuchen, vorgeführte Experimente oder vom Lehrer bzw. Lehrbuch vorgegebene Erklärungen zu verstehen. Es ist deshalb kein Wunder, daß das Verständnis der Schülerinnen und Schüler von dem, was der Lehrer erläutert hat, vom Verständnis des Lehrers zu dieser Sache sehr stark abweichen kann (Abbildung 6).

Für den Lehrer gibt es entsprechend das Problem, die Schüler zu verstehen. Er kann ja die Antworten, die Schüler geben, nur auf der Basis seiner Vorstellungen interpretieren. Wird aber versucht, die Schülerantworten aus wissenschaftlicher Sicht zu verstehen, so sind Mißverständnisse in der Regel unvermeidlich. Wir haben es also beim Lernen von Physik und Che-



Abb. 6: Zum Verstehen des Verstehens
(aus Duit, 1993, 6)

mie (wie beim Lernen ganz allgemein) mit einem Zirkel des Verstehens des Verstehens zu tun. Das, was der Lehrer sagt, bzw. an die Tafel schreibt, kann vom Schüler nur auf der Basis seiner Vorstellungen verstanden werden. Das was der Schüler antwortet, kann der Lehrer nur auf der Basis seiner Vorstellungen verstehen. Worauf es für den Lehrer ankommt, ist, die Vorstellungen der Schüler zu ergründen, um ihre Antworten zutreffend verstehen zu können.

Vorstellungen prägen auch die Beobachtungen bei Experimenten. Häufig beobachten Schüler nicht das, was aus der Sicht des Lehrers doch so eindeutig zu sehen ist, sondern das, was ihnen ihre Vorstellungen zu sehen erlauben. Etwas überspitzt ausgedrückt, sehen Schüler bei Experimenten nicht das, was "objektiv" zu sehen ist, sondern was sie sehen "wollen". Auch dies ist eine ganz alltägliche Erfahrung. Jeder Richter weiß, daß die Beobachtungen verschiedener Tatzeugen ganz erheblich voneinander abweichen können. Sie tun dies nicht unbedingt deshalb, weil die Tatzeugen Tatsachen ganz bewußt verdrehen wollen, sondern weil Interessen, Einstellungen und dergleichen dazu führen, daß tatsächlich verschiedene Aspekte wahrgenommen werden. Auch bei der Interpretation von Kunstwerken ist wohlbekannt, daß man nur sieht, was man schon "weiß", was man zu sehen gewohnt ist.

Zur prägenden Rolle von Vorstellungen zählt auch der bereits beschriebene "Widerstand", seine Vorstellungen aufzugeben, wenn sich Widersprüche zu experimentellen Beobachtungen ergeben. Physik- und Chemieunterricht sind zu einem guten Teil Überzeugungsarbeit. Es muß für die wissenschaftliche Sicht durch eine Vielzahl von theoretischen Argumenten und experimentellen Befunden gewonnen werden.

Konzeptwechsel und Konzeptwandel

Der Weg von den Alltagsvorstellungen (allgemeiner von den vorunterrichtlichen Vorstellungen) zu den wissenschaftlichen Vorstellungen wird heute in der Regel als Konzeptwechsel bzw. Konzeptwandel gesehen. Die große Anzahl von Untersuchungen zu Schülervorstellungen und ihrer Änderung durch Unterricht hat klar erwiesen, daß sich Vorstellungen in aller Regel nicht einfach auslöschen lassen. Ein solches Auslöschen ist meistens auch gar nicht sinnvoll. Denn viele der Vorstellungen, die Schüler in den Unterricht mitbringen, sind nicht schlicht "falsch", sondern sie haben sich bislang in Alltagssituationen bestens bewährt. Die Vorstellungen zum Licht und zum Sehen, die oben beschrieben worden sind, erlauben es un-

seren Schülern wie der überwiegenden Zahl der Erwachsenen z.B. in ihrer Umwelt gut zurecht zu kommen. Es kommt also darauf an, daß Schüler Alltagsvorgänge auch im Rahmen wissenschaftlicher Vorstellungen sehen lernen (Jung, 1986). In vielen Situationen nämlich ist es unbezweifelbar sinnvoller und weiterführender, wenn die wissenschaftliche Sicht herangezogen wird. So helfen z.B. Alltagsvorstellungen in der Regel nicht weiter, wenn es um das adäquate Einschätzen von Folgen der modernen Technik geht.

Anknüpfen - Konfrontieren - Umdeuten

Jung (1986) hat drei Möglichkeiten beschrieben, wie ein Konzeptwechsel bzw. ein Konzeptwandel eingeleitet werden kann. Erstens kann man an Aspekten der vorunterrichtlichen Vorstellungen anknüpfen, die bereits weitgehend mit den wissenschaftlichen übereinstimmen. Von dort aus werden die Schüler Schritt für Schritt zu den wissenschaftlichen geführt. Man kann hier von einem bruchlosen, kontinuierlichen Weg (in Anspielung auf Paradigmenwechsel in der Geschichte der Wissenschaften in der Terminologie von T. S. Kuhn, 1976, auch von Evolution) sprechen. Zweitens aber kann man Alltagsvorstellungen und die wissenschaftlichen Vorstellungen ganz bewußt gegeneinander setzen (zum Beispiel die oben genannten unterschiedlichen Vorstellungen zum Licht, zur Wärme, zum Teilchenmodell oder zu Stoffumbildungen). Kognitive Konflikte spielen hier eine Rolle. Dies ist ein diskontinuierlicher Weg, der manches mit Revolution im Sinne von T.S. Kuhn gemein hat. Jung hebt unter den erstgenannten, kontinuierlichen Wegen eine besondere Klasse heraus, die er "Umdeuten" nennt. Beim elektrischen Stromkreis haben z.B. viele Schüler die sehr tief sitzende Vorstellung, daß der Strom im elektrischen Gerät (z.B. in einem Lämpchen) verbraucht wird. Folgt man der Jungschen Umdeutungsstrategie, so sagt man den Schülern nicht, daß ihre Vorstellungen aus der Sicht der Physik falsch sind, sondern betont, daß sie sich im Prinzip schon etwas Richtiges denken. Es wird ja in der Tat etwas "verbraucht". Nur heißt dies in der Physik nicht Strom, sondern Energie.

Bedingungen für Konzeptwechsel bzw. Konzeptwandel

Es haben sich die drei folgenden Bedingungen als entscheidend dafür herausgestellt, ob ein Konzeptwechsel bzw. -wandel eingeleitet werden kann (Posner u.a., 1982):

- Die Schüler müssen mit den bisherigen Vorstellungen unzufrieden sein;
- die neue Vorstellung muß ihnen verständlich sein;
- sie muß von vornherein plausibel sein;
- sie muß schließlich fruchtbar sein.

In diesen Bedingungen findet sich kurz zusammengefaßt vieles, was bereits herausgearbeitet worden ist. Etwas Neues wird danach nur in Betracht gezogen, wenn das Alte nicht mehr völlig befriedigt, es kommt nicht nur auf das Verstehen, sondern auch auf das "für wahr halten" einer neuen Vorstellung an. Schließlich muß das Neue dem Schüler etwas bringen, von ihm als fruchtbar empfunden werden.

Unterricht, der sich an diesen Bedingungen orientiert, muß durch ein vertrauensvolles Klassenklima gekennzeichnet sein,

damit die Schüler überhaupt ihre Vorstellung preisgeben. Der Lehrer darf sich nicht primär als Informationsquelle und Bewertungsinstanz für die "Richtigkeit" von Wissen sehen, sondern als "Entwicklungshelfer". Von der Rolle des Lehrers als "Missionar" war oben bereits die Rede. Insgesamt gesehen kommt es darauf an, daß der Lehrer sich dessen bewußt ist, daß sich Wissen nicht einfach an den Schüler weitergeben läßt, sondern daß der Schüler sein Wissen selbst konstruieren muß. Der Lehrer kann bei diesem Prozeß Hilfen durch einfühlsame Führung geben. Für die Unterrichtsorganisation folgt aus dem vorher Gesagten, daß offenere Unterrichtsformen, wie zum Beispiel Gruppenarbeit, gewählt werden sollten. Sie geben den Schülern nämlich die Gelegenheit, ihre Sichtweisen auszutauschen und dadurch die aktive eigene Konstruktion von Wissen in Gang zu bringen.

Belange der Fächer und der Schülerinnen und Schüler in ein ausgewogenes Verhältnis bringen

Die neuen Unterrichtsansätze, die Schülervorstellungen ernsthaft berücksichtigen, müssen als - wichtiger - Teil weit umfassender Bemühungen gesehen werden, Chemie- und Physikunterricht zu entwickeln, der von den Schülerinnen und Schülern als wichtig und sie betreffend angesehen wird. Es gilt, Belange der Fächer, hier Chemie und Physik, und Belange der Schülerinnen und Schüler, vor allem ihre Interessen, Bedürfnisse und Lernfähigkeiten, in ein ausgewogenes Verhältnis zu bringen, damit das Erlernen des Fachlichen den Schülerinnen und Schülern der Anstrengung wert erscheint. Zu einem solchen am Schüler orientierten Unterricht gehören auch über das rein fachliche hinausgehende Aspekte. Es hat sich gezeigt, daß sich weder der Chemie- noch der Physikunterricht der Verantwortung entziehen kann, den Schülern die gesellschaftlichen Auswirkungen von Chemie und Physik und ihrer Anwendungen in der Technik verständlich zu machen (Lauterbach, 1992). Es gibt sehr ermutigende Beispiele für den Erfolg fächerübergreifenden Unterrichts. Es gibt auch interessante neue Ansätze, den Unterricht offener zu gestalten, durch Projektunterricht (Mie & Frey, 1989; Münzinger & Frey, 1989) und durch offenen Unterricht (Berge, 1993). Im offenen Unterricht gehen Schülerinnen und Schüler für eine gewissen Zeit weitgehend eigenen Ideen nach, d.h. sie untersuchen zum Beispiel, was ihnen interessant und wichtig erscheint. Es zeigt sich, daß die Schülerinnen und Schüler nach einer gewissen Eingewöhnungsphase in solchen offenen Lernumgebungen gut und erfolgreich zurecht kommen (Roth, 1995). Schließlich sei auch auf die Bemühungen verwiesen, den Chemie- und Physikunterricht für Mädchen interessanter zu gestalten. Auch hier gibt es inzwischen ermutigende Ergebnisse (Häußler & Hoffmann, 1990; Faißt u.a., 1994). Insgesamt gesehen gibt es also zur Zeit eine Reihe von vielversprechenden Ansätzen für am Schüler orientierten Physik- und Chemieunterricht. Die im hier vorliegenden Artikel vorgestellten Ansätze, die Schülervorstellungen ernst nehmen, können nur dann ihre volle Wirkung entfalten, wenn sie als ein Teil der weit umfassenderen Bemühungen gesehen werden.

Literatur

- Berge, O.E.(Hrsg.) (1993). *Offener Physikunterricht*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Themenheft Mai 1993.
- Bethke, T. (1992). *Schülervorstellungen zu den grundlegenden Begriffen der Atomphysik*. In Fischler, H. (Hrsg.) *Quantenphysik in der Schule*. Kiel: IPN, 215-233.
- Driver, R., Scott, P.H. (1994). *Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zum Teilchenmodell*. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 42, März 1994, 24-31.
- Duit, R. (1986). *Wärmevorstellungen*. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie 34, April 1986, 30-33.
- Duit, R. (1992). *Atomistische Vorstellungen bei Schülern*. In Fischler, H. (Hrsg.) *Quantenphysik in der Schule*. Kiel: IPN, 201-214.
- Duit, R., Häußler, P., Lauterbach, R., Mikelskis, H., Westphal, W. (1993). *Physik - Um die Welt zu Begreifen*. Ausgabe 5/6, Nordrhein-Westfalen. Buhl: Konkordia; Frankfurt/M.: Diesterweg.
- Fischler, H. (Hrsg.) (1992). *Quantenphysik in der Schule*. Kiel: IPN.
- Faißt, W., Häußler, P., Hergeröder, C., Keunecke, K.H., Klook, H., Milanowski, I., Schöffler-Wallmann, M. (1994). *Physik-Anfangsunterricht für Mädchen und Jungen*. Kiel: IPN.
- Häußler, P., Hoffmann, L. (1990). *Wie Physikunterricht auch für Mädchen interessant werden kann*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik 38, März 1990, 12-18.
- Herron, J.D. (1975). *Piaget for chemists*. Journal of Chemical Education 52, 146-150.
- Jung, W. (1986). *Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie*. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie 34, April 1986, 2-6.
- Jung, W. (1989). *Phänomenologisches vs physikalisches optisches Schema als Interpretationsinstrumente bei Interviews*. physica didactica 16, 4, 35-46.
- Kesidou, S. (1990). *Schülervorstellungen zur Irreversibilität*. Kiel: IPN.
- Kleinman, R.W., Griffin, H.C., Konigsberg Kerner, N. (1987). *Images in chemistry*. Journal of Chemical Education 64, 766-770.
- Kuhn, T.S. (1976). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Lauterbach, R. (Hrsg.) (1992). *Fächerübergreifender Physikunterricht*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Themenheft Dezember 1992.
- Lewis, E.L. (1991, April). *The development of understanding in elementary thermodynamics*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago.
- Lichtfeld, M. (1992). *Schülervorstellungen als Voraussetzung für das Erlernen der Quantenphysik*. In Fischler, H. (Hrsg.) *Quantenphysik in der Schule*. Kiel: IPN, 234-244.
- Lind, G. (1975). *IPN Curriculum Physik*. Unterrichtseinheiten für die Orientierungsstufe. Licht und Schatten. Stuttgart: Klett.
- McKie, D., Heathcote, N.H. (1935). *The discovery of specific and latent heats*. London: Edward Arnold & Co.
- Mie, K., Frey, K. (Hrsg.) (1989). *Physik in Projekten*. Köln: Aulis.
- Münzinger, W., Frey, K. (Hrsg.) (1989). *Chemie in Projekten*. Köln: Aulis.
- Pfundt, H. (1975). *Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 28, 157-162.
- Pfundt, H. (1981). *Das Atom - letztes Teilungsstück oder erster Aufbaustein?* Zu den Vorstellungen, die sich Schüler vom Aufbau der Stoffe machen. chimica didactica 7, 75-94.
- Pfundt, H. (1982a). *Vorunterrichtliche Vorstellungen von stofflicher Veränderung*. chimica didactica 8, 161-180.
- Pfundt, H. (1982b). *Ein Weg zur Atomhypothese*. chimica didactica 8, 143-156.
- Pfundt, H., Duit, R. (1994). *Bibliographie: Schülervorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. 4. Aufl. Kiel: IPN.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., Gertzog, W.A. (1982). *Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. Science Education 66, 2, 211-227.
- Roth, M. (1995). *Ethnographische Studien zum offenen Experimentieren im Physikunterricht*. Unterrichtswissenschaften, Heft 2/95 (im Druck).
- Schimank, H. (1930). *Geschichte des Energieprinzips*. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Band 20.
- Scott, P.H. (1992). *Pathways in learning science: A case study of the development of one student's ideas relating to the structure of matter*. In: Duit, R., Goldberg, F., Niedderer, H.: Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Kiel: IPN, 203-224.
- Stork, H. (1994). *Untersuchungen individueller, von Alltagsvorstellungen beeinflusster Lernprozesse im Chemieanfangsunterricht*. Kiel: IPN; internes Arbeitspapier.
- Tiberghien, A. (1980). *Modes and conditions of learning - an example: The learning of some aspects of the concept of heat*. In: Archenhold, W.F., Driver, R., Orton, A., Wood-Robinson, C.: Cognitive development research in science and mathematics. Proceedings of an international seminar. Leeds: University of Leeds, 288-309.
- Wagenschein, M. (1965). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.
- Wagenschein, M. (1968). *Verstehen Lehren*. Weinheim; Beltz.
- Watson, B., Konicek, R. (1990). *Teaching for conceptual change: confronting children's experience*. Phi Delta Kappa 71, 9, 680-685.
- Wiesner, H. (1992). *Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik (I bis V)*. Physik in der Schule 30, 286-290, 326-331, 365-368, 410-413.
- Wiesner, H. (1994). *Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik 42, Mai 1994, 7-15.
- Wiser, M., Carey, S. (1983). *When heat and temperature were one*. In: Gentner, D., Stevens, A.L.: Mental models. Hillsdale and London: Lawrence Erlbaum, 267-297.

Prof. Dr. Reinders Duit hielt einen Vortrag zu diesem Thema anlässlich der 49. Fortbildungswoche 1995

Einstein und die Österreicher

Armin Hermann

Das heutige Österreich hätte Einstein (mit gewissen Abstrichen) wohl nicht schlecht gefallen. "Hol der Teufel die großen Staaten mit ihrem Fimmel", sagte er. "Ich würde sie alle in kleinere zerschneiden." Im Piper-Verlag München ist kürzlich eine große Biographie ("Einstein. Der Weltweise und sein Jahrhundert") erschienen. Der Autor, der Physiker und Wissenschaftshistoriker Prof. Dr. Armin Hermann (Universität Stuttgart), hat anlässlich des 40. Todestages des großen Physikers für die "Illustrierte Neue Welt" (Wien) über "Einsteins Austrian Connections" geschrieben. Wir übernehmen diesen Aufsatz mit freundlicher Genehmigung der von Theodor Herzl gegründeten Zeitschrift.

Eineinhalb Jahre war Einstein Österreicher. Er wirkte als ordentlicher Professor für theoretische Physik an der Deutschen Universität in Prag. Am 23. August 1911 leistete er vor dem Statthalter seinen Treueid als Staatsbeamter.

Der Einstein, den man kennt, trägt einen (nicht ganz sauberen) Pullover, ausgebeulte Hosen und Sandalen ohne Socken. An diesem 23. August 1911 hatte der große Physiker die vorgeschriebene Galauniform angezogen: Rock und Hose mit breiten goldenen Bändern, ein Dreispitz als Kopfbedeckung, dazu ein schwarzer Mantel und ein Degen.

Als Einstein schon nach drei Semestern Prag wieder verließ, um nach Zürich zurückzukehren, verkaufte er seinem Nachfolger Philipp Frank die Pracht zum halben Preise. Der Wiener Philipp Frank hat später eine der ersten Biographien Einsteins verfaßt und geschildert, daß sich Einsteins achtjähriger Sohn Hans Albert in den Verkauf mischte: "Papa, bevor du die Uniform weggibst, mußt du mit mir einmal durch die Straßen gehen." Einstein lachte: "Höchstens hält man mich für einen brasilianischen Admiral."

Rasch wuchs Einsteins Ansehen in der wissenschaftlichen Welt. Auch an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich blieb er nur eineinhalb Jahre. Die Wiener Physiker boten ihm "unter der Hand 20 000 Kronen Jahresgehalt", wenn er zu ihnen in die Haupt- und Residenzstadt käme. Einstein aber entschied sich für Berlin, wo an der Preußischen Akademie der Wissenschaften eine besondere Stelle für ihn geschaffen wurde. Er konnte hier seine ganze Kraft auf die Forschung konzentrieren.

Die schnoddrige Art der Berliner gefiel ihm. Er haßte jedes Pathos, und vor "hochtönenden Phrasen" bekam er eine "Gänsehaut". Überhaupt nicht gefielen ihm die Angehörigen der Oberschicht. "Wenn diese Leute mit Franzosen und Engländern zusammen sind, welcher Unterschied! Zivilisation (schön geputzte Zähne, elegante Krawatte, geschniegelter Schnauz, tadelloser Anzug), aber keine persönliche Kultur (Rohheit in Rede, Bewegungen, Stimme, Empfindung)." Um so mehr lag ihm die österreichische Lebensart, und er hat in Berlin auffällig den Umgang mit Österreichern (und Österreicherinnen!) gesucht.

o. Univ. Prof. Armin Hermann, Historisches Institut,
Abteilung für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik,
Universität Stuttgart, Seidenstraße 36, D-70174 Stuttgart

Einstein kam Ende März 1914 nach Berlin. Wenige Monate später begann der Erste Weltkrieg, und er war schockiert von den Ausbrüchen der nationalen Hysterie. "Wenn es doch irgendwo eine Insel für die Wohlwollenden und Besonnenen gäbe", seufzte er. "Da wollte ich auch glühender Patriot sein."

Was Preußen betraf, sah er keine Chance für eine Entwicklung zur Demokratie. Er träumte von einer Zweiteilung des Deutschen Reiches: Wenigstens die süddeutschen Länder könnten, so meinte er, zusammen mit Österreich einmal eine wahre Demokratie bilden.

Zum engen Kreis der theoretischen Physiker in Berlin gehörte die aus Wien stammende Lise Meitner. Max Planck hat einmal scherzhaft gesagt, daß der Jahrgang 1879 für die Physik besonders prädestiniert sei. 1879 seien Einstein, Laue und Hahn geboren - und auch Lise Meitner müsse man dazu rechnen, nur sei sie als vorwitziges kleines Mädchen schon im November 1878 zur Welt gekommen.

Lise Meitner war häufig im Hause Plancks zu Gast. Sie berichtete über einen Musikabend, bei dem Planck, Einstein und ein Berufsmusiker Beethovens B-Dur-Klaviertrio spielten: "Einstein, sichtlich erfüllt von der Freude an der Musik, sagte laut lachend in seiner unbeschwerten Art, daß er sich wegen seiner mangelhaften Technik schäme. Planck stand dabei mit seinem ruhigen, aber buchstäblich glückstrahlenden Gesicht und rieb sich mit der Hand in der Herzgegend: 'Dieser wunderbare zweite Satz.'"

Lise Meitner wirkte mit Otto Hahn am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie. Ihr Arbeitsgebiet war die radioaktive Forschung, woraus die Kernphysik hervorging. Einstein nannte sie liebevoll "unsere Madame Curie". Das ursprünglich sehr gute Verhältnis hat sich 1933 verschlechtert, weil Lise Meitner, so lange es ging, in Berlin blieb. Nach Einstein aber war jeder Demokrat verpflichtet, einen klaren Trennungsstrich zum Regime zu ziehen.

Als nach der Emeritierung Plancks der Wiener Erwin Schrödinger an die Universität Berlin berufen wurde, entwickelte sich zwischen ihm und Einstein ein ausgesprochen herzliches Verhältnis. Die ungezwungene Atmosphäre im Hause Schrödinger, besonders bei den bald berühmten "Wiener Würstelabenden", haben Einstein außerordentlich gefallen. Schrödinger erhielt 1933 für seine neue Atomtheorie, die sogenannte "Wellenmechanik", den Nobelpreis. Wir wissen heute, daß ihn auch Einstein zu dieser hohen Auszeichnung vorgeschlagen hat.

Nach dem Ersten Weltkrieg wurde Einstein innerhalb von wenigen Monaten berühmt, als britische Astronomen die Allgemeine Relativitätstheorie bestätigten. Die Zeitungen priesen ihn als einen "neuen Kopernikus" und "neue Größe der Weltgeschichte". Akademien, Universitäten und wissenschaftliche Gesellschaften bestürmten ihn mit Vortragseinladungen. Eine seiner ersten Reisen führte ihn nach Prag und Wien.

Philipp Frank kümmerte sich in Prag um Einstein und begleitete ihn anschließend nach Wien. Hier sprach er in einem riesi-

gen Konzertsaal vor etwa 3 000 Menschen. "Das Publikum befand sich in einem merkwürdig erregten Zustand", berichtete Frank. Es sei den Menschen gar nicht mehr darauf angekommen, etwas zu verstehen, sondern nur darauf, "daß man in unmittelbarer Nähe einer Stelle ist, wo Wunder geschehen." Unter den Hörern war auch der achtzehnjährige Karl Popper, der sich später nur noch daran erinnern konnte, daß er sich "wie betäubt" fühlte: "Das Ganze ging völlig über mein Verständnis hinaus."

Einstein wohnte im Hause des Kollegen Felix Ehrenhaft. Als Frau Olga bemerkte, daß der Gast in der Wohnung barfuß ging, glaubte sie, er hätte seine Hausschuhe vergessen, und kaufte ihm ein Paar. Am nächsten Morgen mußte sie feststellen, daß er sie nicht benutzte. Darauf angesprochen, erklärte er Hausschuhe und Socken als "unnötigen Ballast". Frau Ehrenhaft ließ seine Hose aufbügeln; zum Vortrag ging Einstein trotzdem mit der zweiten, ungebügelten. Den ganzen Tag war das Haus von Neugierigen umlagert, die den berühmten Gelehrten sehen wollten.

Als Einstein neun Jahre später wieder nach Wien kam, um einen Vortrag über den "Stand der Relativitätstheorie" zu halten, war er abermals Gast im Hause Ehrenhaft. Aus dem Gästebuch wissen wir, daß bei der Abendeinladung zu Ehren Einsteins viele Physiker mit ihren Frauen zugegen waren: Erwin Schrödinger, Arthur Erich Haas, Friedrich Kottler und Karl Przibram. Einstein fabrizierte ein Gedicht:

*Denkt auch manchmal an den Alten
Der einst Predigt hier gehalten.
Drauf Frau Hofrat unerschüttert
Hat die Bonzenschar gefüttert.*

Einsteins bester Freund war der aus Wien stammende Paul Ehrenfest, der von Fernerstehenden häufig mit Felix Ehrenhaft verwechselt wurde. Ehrenfest wirkte seit 1912 an der Universität Leiden. Zeitgenossen haben ihn als ein "wundervolles Exemplar alt-österreichischer Herzlichkeit" beschrieben. Er, der selbst ein erstklassiger Physiker war, hat Einstein restlos bewundert, ihn aber auch liebevoll kritisiert ("Du Schlampack"), was nur ganz wenige wagten. Vor allem hat Ehrenfest dem Freund geholfen, seine menschlichen Probleme zu bewältigen. Einmal hatte Einstein eine Auseinandersetzung mit seiner geschiedenen Frau Mileva. Sein Sohn Hans Albert, der bei Mileva in Zürich lebte, ergriff die Partei seiner Mutter. Daraufhin war Einstein schockiert und sagte eine geplante Ferienreise mit seinem Sohn ab. Ehrenfest aber redete Einstein energisch ins Gewissen. "Wäre nicht so viel Ernst mit der ganzen Sache verbunden, ich hätte hell über diese knabenartige Reaktion von Dir gelacht." Hans Albert "mußte doch ein kalter Egoist oder ganz verschlafener Lümmel sein, wenn er nicht von Zeit zu Zeit Don-Quijote-artig für Mileva aufs Streitroß stiege".

Einsteins erste Ehe wurde 1919 geschieden, und noch im gleichen Jahr heiratete er seine Cousine Elsa. Elsa war, anders als Mileva, ein innerlich heiterer Mensch. Wie wir jetzt wissen, hat er überhaupt nur ihretwegen den Ruf nach Berlin angenommen, wo sie als geschiedene Frau mit ihren beiden Töchtern lebte.

Nach kurzer Zeit trat Einsteins Bindungslosigkeit auch im Verhältnis zu Elsa offen zu Tage. Besucher gewannen den Ein-

druck, daß Elsa und er nebeneinander herlebten und ihm nur die Wissenschaft und die Musik wirklich etwas bedeuteten.

Einstein hatte eine Geliebte, Toni Mendel, eine blonde Österreicherin und Witwe eines Chefarztes, die gebildet war, sehr gut aussah und viel und gerne lachte. Regelmäßig traf er sich mit ihr einmal in der Woche. Wenn sie zu den Einsteins kam, brachte sie wunderbare Vanillekipferln mit, die sie selbst gebacken hatte. "Es waren ganz wunderbare Spezialitäten", berichtete das Hausmädchen, "so richtig Wiener Gebäck." Frau Elsa aber speiste an diesem Tage auswärts.

Oft ging Einstein mit seiner Toni in ein Konzert, und Frau Mendel schickte dann ihren Chauffeur, der ihn abholte. Über sich und ihr Verhältnis zu dem großen Physiker hat sie gedichtet:

*Bin ein wahrer Philosoph,
Drum mach' Einstein ich den Hof.
Kauf ihm alles, was es gibt,
Was ein alter Sünder liebt.*

Als Einstein 1933 emigrierte, haben die Nationalsozialisten sein Sommerhaus in Caputh, bei Potsdam, seinen geliebten Jollenkreuzer und seine Konten beschlagnahmt. Elsa Einstein, eine sparsame Schwäbin, hat über die Vermögensverluste gemurmelt. Er aber nahm alles von der leichten Seite: "Ja, Freundinnen und Segelboot sind in Berlin geblieben. Hitler hat aber nur letzteres genommen, was für erstere beleidigend ist."

Einstein fand eine neue Wirkungsstätte in Princeton, dem idyllischen Universitätsstädtchen 50 Meilen südlich von New York. Entschlossen hat er den Kampf gegen das Dritte Reich geführt und dafür sogar seinen Pazifismus suspendiert. "Ich kann vor den Realitäten die Augen nicht verschließen", schrieb er 1936 dem Wiener Physiker Hans Thirring. Ohne Übertreibung könne man sagen, daß die englischen und französischen Pazifisten an der verzweifelten Lage schuld seien, "weil sie rechtzeitige energische Aktionen verhindert haben".

Für die Flüchtlinge hat Einstein getan, was er nur konnte. "Bei der beispiellosen Härte des jüdischen Schicksals", heißt es in einem Brief an Wolfgang Pauli, sei seine "Bereitschaft zu helfen eine unbedingte".

Die englische Sprache hat Einstein nicht mehr richtig gelernt, und deshalb bevorzugte er den Umgang mit den Immigranten aus Deutschland und Österreich. Bald gehörte es zum regelmäßigen Tagesablauf, daß ihn der Mathematiker Kurt Gödel zu Hause abholte und die beiden Männer dann gemeinsam zum "Institute for Advanced Study" liefen. Gödel stammte aus Brünn und hatte in Wien studiert. Mit ihm verstand sich Einstein wissenschaftlich und menschlich besonders.

Zur großen Freude Einsteins kam 1940 auch der aus Wien stammende Wolfgang Pauli nach Princeton. Einstein diskutierte gerne mit ihm und pflegte hinterher seinem Assistenten zu sagen: "Der Pauli ist ein gut geölter Kopf." Im Dezember 1945 erhielt Wolfgang Pauli den Nobelpreis für Physik, was mit einem großen Dinner für 100 Personen gefeiert wurde. Als Festredner erklärte Einstein, daß er mit seiner Weisheit am Ende sei. Nun müsse Pauli vollenden, der 20 Jahre Jüngere, was er, Einstein, nicht mehr schaffen könne, die große Theorie, die alle Naturkräfte umfaßt. "Nie werde ich diese Rede vergessen", berichtete Pauli später. "Er war wie ein König, der

abdankt, und mich als eine Art 'Wahlsohn' zum Nachfolger einsetzt."

Nachbemerkung des Autors: Im Einstein-Jahr 1979 hat Engelbert Broda vor der Chemisch-Physikalischen Gesellschaft zu Wien über

"Einstein und Österreich" vorgetragen und im folgenden Jahr seine Ausarbeitung unter gleichem Titel im Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften publiziert. Vor allem durch die Einstein-Edition (Princeton University Press) sind wir heute über die Fakten wesentlich besser informiert als damals.

Eintragung vom 14. 10. 1931 im Gästebuch der Familie Ehrenhaft

Beispiele der Landeswettbewerbe zur Österreichischen Physikolympiade 1995

Beispiel 1: Nebelwarnung

Eine Nebelwand ist 100 m lang, 20 m breit und 10 m hoch. Der Nebel besteht aus kugelförmigen Wassertröpfchen mit einem Radius von $r = 1 \cdot 10^{-4}$ m.

- Wieviele Nebeltröpfchen befinden sich in der Nebelwand, wenn sie sich aus 8000 l Wasser gebildet hat?
($\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \text{ kg/m}^3$)
- Wie groß ist die Dichte des Nebels ρ_{Nebel} ?
- Die Nebeltröpfchen sinken mit konstanter Geschwindigkeit v nach unten. Die Widerstandskraft aufgrund der Reibung (F_R) ist der Sinkgeschwindigkeit v und dem Tröpfchenradius r proportional, $F_R = 4rv$. Wie lange dauert es, bis die gesamte Nebelbank zu Boden sinkt?
- Die Nebelbank wird von der Sonne aufgelöst. Wieviel Energie ist dazu nötig? (Spezifische Verdampfungswärme von Wasser $c_D = 2250 \text{ kJ/kg}$)
- Die Sonne scheint senkrecht von oben auf die Nebelwand. Wie lange würde es dauern, bis die Nebelwand allein durch die Sonnenstrahlung aufgelöst würde?
(Solarkonstante $S = 1,33 \text{ kW/m}^2$)

Beispiel 2

Ein geladenes Teilchen mit dem gleichen Verhältnis von Ladung zu Masse wie ein Elektron bewegt sich auf einer Kreisbahn mit Radius $r = 20 \text{ cm}$ im Uhrzeigersinn, wenn ein konstantes Magnetfeld mit einer Induktion von $B = 5 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ senkrecht von oben auf die Bahnebene wirkt.

- Ist das Teilchen ein Elektron oder ein Positron ("positiv geladenes Elektron")?
- Wie groß ist seine Geschwindigkeit?
(Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$,
Masse des Elektrons $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Beispiel 3

Bei einer Compact Disc (CD) ist die innerste Rille $r = 2 \text{ cm}$ und die äußerste $R = 5 \text{ cm}$ vom Mittelpunkt entfernt. Die CD dreht sich mit 320 Umdrehungen pro Minute und hat eine Spieldauer von einer Stunde.

- Wie groß ist der Abstand zwischen zwei Rillen?
- Wie groß ist die Geschwindigkeit der Platte relativ zum Tonabnehmer im äußersten Bereich?
- Die Rillen der CD wirken bei Beleuchtung durch Reflexion ähnlich einem Beugungsgitter (der Rillenabstand entspricht dem Gitterabstand). Man bestrahlt die Platte senkrecht mit Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 633 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. Wie groß ist der Abstand zwischen den ersten zwei Maxima auf einer $l = 0,5 \text{ m}$ entfernten Leinwand? (Für kleine Winkel α gilt $\sin \alpha \sim \alpha$)
- Nun wird die CD aus einem Winkel von $\phi = 20^\circ$ (gemessen zur Normalen auf die CD) bestrahlt. Wie groß ist der Abstand zwischen den ersten zwei Maxima nun, wenn die Leinwand normal auf dem reflektierten Strahl steht?

Beispiel 4

Eine Batterie mit der Quellenspannung $U = 12 \text{ V}$ und innerem Widerstand r wird an einen äußeren Widerstand R angeschlossen.

- Berechne die Wärmeleistung, die am äußeren Widerstand abgegeben wird, als Funktion der Widerstände im Stromkreis.
- Diese Wärmeleistung wird zu $P = 10 \text{ W}$ gemessen. Wenn eine zweite gleichartige Batterie parallel zur ersten an diesen Widerstand angeschlossen wird, so verdoppelt sich die abgegebene Wärmeleistung. Wie groß sind der äußere Widerstand R und der innere Widerstand r ?
- Wie groß ist die am äußeren Widerstand R abgegebene Wärmeleistung, wenn eine dritte gleichartige Batterie auch wieder parallel dazugeschaltet wird?

Beispiel 5: Abschätzung des Moleküldurchmessers, des Atombereichs und der Loschmidtschen Konstanten mit dem Ölfleckversuch

Allgemeines

Zum Experiment benötigt man eine Mischung aus Ölsäureester und Benzin im Volumenverhältnis 1: 1999. In einen Pappteller wird destilliertes Wasser eingefüllt (maximal 1 cm hoch). Kurz vor der Versuchsdurchführung wird die Wasseroberfläche gleichmäßig mit Bärlappsporen bestreut. Um eine Behinderung der sich auf der Wasseroberfläche ausbreitenden Flüssigkeit zu vermeiden, sollte die Sporenschicht so dünn wie möglich sein. Würde man nun einen Benzintropfen auf die Wasseroberfläche fallen lassen, dann würde das Benzin sich zu einer dünnen Schicht auf der Wasseroberfläche ausbreiten und würde die Bärlappsporen zurückdrängen. Nach dem Verdunsten des Benzins wäre der so entstandene Fleck fast wieder verschwunden.

Wird ein Tropfen des Benzin-Öl-Gemischs auf die Wasseroberfläche gebracht, so wird der durch das Gemisch entstehende Fleck nach dem vollständigen Verdunsten des Benzins nur etwas kleiner. Sein Durchmesser wird bestimmt. Eine Wiederholung des Versuches führt zu einem gleich großen Ölfleck.

Die Tatsache, daß sich für gleiche Ölmengen immer wieder gleich große Ölflecke ergeben, ist ein Beleg für die diskontinuierliche Struktur der Stoffe. Sie legt die Annahme nahe, daß sich die Ölteilchen bis zur Grenze ihrer Möglichkeit ausbreiten, d. h. solange, bis nur noch Ölmoleküle nebeneinander, aber nicht mehr übereinanderliegen. Das Experiment zeigt, daß die Teilung der Stoffe soweit fortgesetzt werden kann, daß eine Schicht von etwa 10^{-7} cm Dicke entsteht. Dabei handelt es sich bei der Ölschicht um eine monomolekulare Schicht und die Schichtdicke ist gleich dem Moleküldurchmesser.

Aufgabenstellung

- Füllen Sie eine 2 ml Spritze mit dem Gemisch aus Ölsäureester und Benzin im Volumenverhältnis 1:1999 (beim Betreuer erhältlich). Messen Sie das Volumen von 100 Tropfen, indem Sie 100 Tropfen aus der Spritze mit der aufgesetzten Nadel

vorsichtig auf ein Papier tropfen. Ermitteln Sie das Volumen eines Tropfens und bestimmen Sie das darin enthaltene Ölvolumen. Bitten Sie Ihren Betreuer, daß nun gut gelüftet wird.

2) Führen Sie den Versuch mit 1 Tropfen auf der mit Bärlappsporen bestreuten Wasseroberfläche, wie oben beschrieben, mehrmals durch (jedesmal neuen Teller nehmen!) und bestimmen Sie den Durchmesser des Ölflecks.

Herleitungen und Berechnungen

3) Berechnen Sie die Dicke der Ölschicht unter Annahme eines zylindrischen Ölflecks mit der Höhe d_M . Unter der vereinfachenden Annahme, daß das Ölmolekül die Form eines Würfels besitzt, entspricht die berechnete Schichtdicke dem Moleküldurchmesser.

4) Der Ölsäureester $C_{20}H_{38}O_2$ hat 60 Atome im Molekül. Unter der vereinfachenden Annahme, daß das Ölmolekül die Form eines Würfels besitzt und alle Atome gleich groß sind, berechnen Sie einen mittleren Atomdurchmesser d_A .

5) Die Loschmidtsche Zahl N_L ist der Quotient aus dem molaren Volumen und dem Volumen eines Moleküls. Die Dichte des Ölsäureesters beträgt $0,87 \text{ g/cm}^3$, das Atomgewicht von Kohlenstoff ist 12 g/mol , von Wasserstoff 1 g/mol und von Sauerstoff 16 g/mol . Berechnen Sie aus diesen Angaben und dem von Ihnen bestimmten Moleküldurchmesser die Loschmidtsche Zahl. (Tabellenwert $6,02 \cdot 10^{23}$ Teilchen/mol)

Nachbemerkung

An den diesjährigen Landeswettbewerben haben sich über 200 Schülerinnen und Schüler beteiligt, die sich zuvor in den freiwilligen Olympiadekursen intensiver als vom Lehrplan und der Studentafel gefordert mit Physik beschäftigt haben. Dieses freiwillige Engagement, das ebenfalls hoch motivierte Lehrer erfordert, ist sehr erfreulich.

Seit über 10 Jahren werden die Beispiele des Landeswettbewerbs von einem Team an der Universität Graz zusammengestellt. Diesem Team, Univ.-Prof. Dr. H. Latal, Univ.-Prof. Dr. L. Mathelitsch, Ass.-Prof. Dr. G. Pottlacher (TU Graz) und Prof. Dr. A. Hohenester, sei hier Dank gesagt. In der Zwischenzeit hat auch der Bundeswettbewerb stattgefunden. Die fünf Besten dieses Bewerbes dürfen zur Internationalen Physikolympiade in Australien fahren.

Den Teilnehmern Wolfgang Gatterbauer (BGRG Linz-Auhof), Marcus Lang (BGRG Graz Carnerigasse), Manuel Mörtelmaier (BGRG Wels Schauerstraße), Martin Puchwein (BRG Linz Feuerbachstraße) und Stefan Dorner (BGRG Villach) und ihren altbewährten Betreuern Prof. Mag. Günther Lechner und Prof. Mag. Ing. H. Mayr soll an dieser Stelle der bestmögliche Erfolg gewünscht werden.

Die verschiedenen Olympiaden sind eine Form der Begabtenförderung, die nicht der Sparwelle zum Opfer fallen dürfen. Die Leistungen der Teilnehmer sollten daher in der Öffentlichkeit stärker präsentiert werden.

H. Kühnelt

Zweite Nachbemerkung

So dankenswert die Arbeit ist, die vom Grazer Team in die Formulierung der Olympiadebeispiele gesteckt wird, so notwendig ist auch eine offene Diskussion über die Beispiele. Beispiel 5 wird in einem separaten Artikel von Eibler und Mayr detaillierter als Lehrer- und Schülerversuch besprochen., in diesem Beispiel ist für mich die lokalpatriotische Verwendung der Loschmidtschen Zahl statt der Avogadroschen Konstanten und noch mehr der überholte Begriff "Atomgewicht" ein kleiner Kritikpunkt. An dem aus dem Alltag gegriffenen Beispiel 1 hat sich eine kleine Diskussion entzündet, die über Electronic Mail geführt wurde und die im folgenden auszugsweise wiedergegeben werden soll.

6. Mai 1995, Kühnelt an Mathelitsch:

... Sind die Verfasser der Beispiele mit einem Abdruck in PLUS LUCIS einverstanden? In einem Kommentar werde ... ich zum 1. Beispiel Stellung nehmen, da ich das Gefühl habe, daß da [etwas schiefgegangen ist]. Ich bitte um Gegenäußerung.

1) Nebel bildet sich bei niedrigen Temperaturen (unter etwa 5 Grad Celsius). Wie groß ist der Sättigungsdampfdruck, wieviel H_2O enthält ein [Luft]Volumen von 20000 m^3 ? Wirklich nur 8 m^3 ??

2) "Verdampfungswärme" von Wasser ist bei 100 Grad definiert, um H_2O bei 5 Grad in den gasförmigen Zustand überzuführen, braucht man etwas mehr. Es geht mir nicht um den Zahlenwert, sondern um den dahinter liegenden Mechanismus [und um begriffliche Klarheit].

3) $F_R = 4rv$ ist ungünstig, da "4" als dimensionsbehaftete Größe unschön ist. Schüler dürften so etwas nicht anschreiben.

4) Die Solarkonstante beträgt am oberen Rand der Atmosphäre $1,3 \text{ kW/m}^2$, am Boden wesentlich weniger.

Tut mir leid, daß ich so pingelig bin. ... die Beispiele sind gut gewählt: Auch die Schwächeren können Punkte sammeln und werden nicht ganz enttäuscht, die Guten müssen sich durchaus anstrengen...

15. Mai 1995: Mathelitsch an Kühnelt:

... sind wir natürlich mit einem Abdruck in PLUS LUCIS einverstanden. Bezüglich einer Statistik wäre es meiner Meinung ganz interessant zu sehen, wie die Schüler die einzelnen Beispiele (1 a, b,...) bewältigt haben. Dies aber nur österreichweit, ich glaube, es wäre nicht gut, dies bundesländerweise zu tun.

Nun zu Deiner Kritik: Auch wir haben beim 1. Beispiel ein bißchen Bauchweh gehabt, aber aus einem anderen Grund, den ich unten anführen werde.

Der Ausgangspunkt des Beispiels war eine Aufgabenstellung in *Quantum* (Heft Mai/Juni 1993, p. 16). Allerdings ist die Lösung dort unrealistisch, weil eine Tropfengröße von $r = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ rauskommt. Wir haben die Zahlenwerte dann geändert und eine Tröpfchengröße von $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ angenommen. Genauere Recherchen nach Deiner Anfrage (einen guten Artikel gab es im Scientific American, Dec. 1968) haben ergeben, daß wir damit immer noch um einen Faktor 4 - 10 zu hoch liegen, was sich auch in einer unrealistischen Nebeldichte auswirkt.

Doch nun der Reihe nach zu Deinen Fragen:

ad 1) Die Dichte eines feuchten Nebels beträgt etwa 1 g/m^3 !! In 20000 m^3 ist also nicht mehr Wasser enthalten, wie Du vermutet hast, sondern es sind nur 20 l Wasser. Aufgrund der fal-

schen Tropfengröße sind wir mit unserem Wert von 8000 kg leider auch sehr daneben.

ad 2) Die Verdampfungswärme von Wasser ist bei Zimmertemperatur etwa 8 % höher als bei 100 °C. Quantitativ ist der Effekt also nicht wichtig. Den Effekt qualitativ in einem (im Prinzip Rechen-) Beispiel unterzubringen, ist nicht einfach. Die Beispiele werden viel voluminöser, und es besteht die Gefahr, daß die Schüler den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr sehen.

ad 3) Hier hast Du völlig recht. Diese Schreibweise ist zu schlampig. Wir wollten nur nicht eine neue Größe einführen, die die Schüler vorher in dieser Form sicher noch nie gesehen haben.

ad 4) Die Solarkonstante ist am Boden nicht wesentlich geringer, wie Du meinst: Bei senkrechtem Auftreffen der Strahlen verringert sie sich von 1,33 auf 0,9 kW/m², in unseren Breiten auf 0,8 kW/m².

Warum wir Bauchweh gehabt haben, war ein anderer Grund. Dieser Effekt ist nicht der Hauptgrund des Auflörens des Nebels. Die Effizienz der Strahlung ist nämlich sehr gering: Bei dichtem Nebel wird bis zu 80 % der Strahlung reflektiert und von diesen 20 % wird auch nur ein Teil direkt von den Tropfen aufgenommen, der andere Teil geht in die Erwärmung von Luft

und Boden. Der Hauptmechanismus des Nebelaufhörens besteht darin, daß die Luft (hauptsächlich ober dem Nebel) erwärmt wird, sich mit dem Nebel mischt, es kommt zu Turbulenzen, die die Vermischung von warmer und kalter Luft begünstigen usw. Aus diesem Grund haben wir so vorsichtig formuliert: "Wie lange würde aufgelöst würde".

Bei diesen "Beispielen aus der Praxis" ist es, im Gegensatz zu den eher akademischen (wie z.B. die elektrischen Beispiele 2 und 4) immer eine Gradwanderung zwischen Vereinfachung und Realismus. (Die falsche Tropfengröße war zuwenig Recherche, aber uns schien 10⁻⁴ sehr realistisch).

Dritte Nachbemerkung - eine Frage des Prinzips

Beispiel 1 sollte in Form von Rechenbeispielen die Fähigkeit testen, einige Grundbegriffe anzuwenden - so weit, so gut. Bei einem Beispiel aus der Erfahrungswelt sollte jedoch wenigstens in einem beigefügten Kommentar der richtige Mechanismus (z.B. der Nebelauflösung) beschrieben werden, da keine falschen Vorstellungen in die Köpfe der Schüler gepflanzt werden dürfen. Auch der Einschub eines Satzes wie "Untersuchen Sie die folgenden Möglichkeiten zur Nebelauflösung. Wie realistisch erscheinen sie Ihnen?" wäre m.E. angebracht.

Programm der Haupttagung der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft, 20. - 22. 9. 1995

Kongreßzentrum Altes Rathaus, Hauptplatz 1, 8700 Leoben

Mittwoch, 20. September 1995

- 08.30 Anmeldung
- 10.00 Eröffnungsvortrag: D. Widmann - Siemens AG, München: "Physik und 1-Gbit-Speicher"
- 11.00 Offizielle Eröffnung und Verleihung der Preise der ÖPG
- 11.45 Preisträgervortrag: Ludwig Boltzmann-Preis
- 15.00 G. Blatter- ETH Hönggerberg, Zürich: "Hochtemperatur-Supraleiter: Von den Grundlagen zur Anwendung"
- 16.00 Preisträgervortrag: Festkörperphysik-Preis
- 16.15 H. Schmieden - Univ. Mainz: "Elektromagnetische Formfaktoren des Neutrons"
- 17.15 Jahreshauptversammlung
- 20.00 Öffentlicher Abendvortrag: K. Wogram - PTB, Braunschweig: "Musikalische Akustik"

Donnerstag, 21. September 1995

- 09.00 S. Hofmann - Ges. f. Schwerionenforschung, Darmstadt: "Die Entdeckung der Elemente 110 und 111"
- 09.40 Prämierung der besten Fachbereichsarbeiten aus Physik; Auszeichnung der österreichischen Teilnehmer an der Internationalen Physikolympiade
- 10.00 G. Börner - MPI für Astrophysik, Garching bei München: "Die Astrophysik schwarzer Löcher"

- 11.10 R. Wiesendanger - Angew. Physik, Univ. Hamburg: "Rastersondenmikroskopie und Spektroskopie: Zugang zur Physik auf der Nanometerskala"
- 11.50 M. Wendel - Univ. München: "Nanolithographie mit einem Rasterkraftmikroskop"
- 14.00 Exkursionen für Lehrer: Schienenwalzwerk Donawitz, Erzberg
- 15.30 F. G. Rüdener - Forschungszentrum Seibersdorf: "Flüssigmetall-Feldionenemitter für Weltraum-Applikationen"
- 16.10 Preisträgervortrag: Viktor Hess-Preis
- 16.50 F. Heller- ETH Hönggerberg, Zürich: "Lösmagnetismus"
- 17.30 P. Rödhammer- Plansee AG, Reutte "Hochtemperaturwerkstoffe"
- 19.00 Empfang des Bürgermeisters

Freitag, 22. September 1995

- 09.00 E.F. Wassermann - Univ. Duisburg: "Martensitische Phasenübergänge"
- 09.40 A. Zeilinger- Univ. Innsbruck: "Meßprozeß in der Quantenoptik"
- 10.50 K. Lackner- MPI für Plasmaphysik Garching: "Aktueller Stand der Fusionsforschung"
- 11.50 Posterprämierung und Tagungsende
- 13.30 Institutsbesichtigung

Wir sollten jede Gelegenheit zum Lernen nutzen. (Für mich war dieses Beispiel in vielerlei Hinsicht lehrreich.)

H.K.

Die Faszination einer riesigen Zahl

Loschmidt im Unterricht

Ein einfaches Experiment zur Bestimmung der Loschmidtschen Zahl

Helmut Eibler und Helmuth Mayr

Die Loschmidtsche Zahl im Unterricht

Zu den wesentlichen Erkenntnissen, die der naturwissenschaftliche Unterricht zu vermitteln hat, gehört zweifellos eine plausible Vorstellung von der Größenordnung atomarer Teilchen und damit auch eine Vorstellung der Teilchenzahlen in "handlichen" Mengen.

Daten wie 10^{-10} m für den Atomdurchmesser oder $6 \cdot 10^{23}$ Kohlenstoffteilchen, die in 12 Gramm Kohlenstoff enthalten sind, werden (im besten Fall) vom Schüler auswendig gelernt, ohne daß er auch nur irgendwie einen Bezug zu diesen Werten sieht. Daher müssen Zahlen dieser Größenordnungen durch Vergleiche und anschauliche, wenn möglich "handgreifliche" Beispiele dargestellt werden.

Im folgenden versuchen die Autoren jenen pädagogischen Pfad zu skizzieren, mit dem diese grundlegenden Erkenntnisse sowohl mit Hilfe von Demonstrations- als auch mit Schülerexperimenten im Unterricht erarbeitet wurden.

Ein Mol wird verständlich

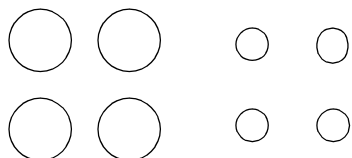
Um die tieferstehend beschriebenen Experimente zu verstehen, müssen die Schüler und Schülerinnen zunächst den Begriff "Mol" als Massenverhältnis der betrachteten Teilchensorten begreifen. (Die oft gehörte und sprachlich etwas holprig wirkende Festlegung "*Unter einem Mol versteht man die in Gramm ausgedrückte Molekularmasse eines Reinstoffes*" bereitet vielen Schülerinnen und Schülern oftmals größere Verständnisprobleme).

Am besten nähert man sich diesem Begriff mit einem Vergleich aus dem Alltagsleben: Nehmen wir einmal an, wir hätten zur Herstellung eines Obstsalates zwei verschiedenen Sorten von Früchten, die wir im Verhältnis 1:1 mischen sollen:

Himbeeren ... "H", Orangen ... "O"

Nun nehmen wir überdies an, daß jede Orange "O" 16 dag und jede Himbeere "H" 1 dag wiegen soll.

Es ist nun leicht einzusehen, daß ein aus je vier Früchten bestehender Obstsalat folgende Masse haben muß:



4 Orangen
wiegen
 $4 \cdot 16 \text{ dag} =$
64 dag

4 Himbeeren
wiegen
 $4 \cdot 1 \text{ dag} =$
4 dag

Massensumme = 64 dag + 4 dag = 68 dag

Umgekehrt läßt sich nun leicht einsehen, daß in einer Portion Obstsalat aus gleich vielen Orangen wie Himbeeren das Massenverhältnis von Orangenmasse zu Himbeermasse gleich 16:1 sein muß.

Dieser Kenntnisstand zum Molbegriff genügt zum Verständnis des folgenden Experimentes.

Der Ölfleckversuch zur Bestimmung von N_L

Materialliste

- 1 flaches Gefäß mit einem Durchmesser von mind. 40 cm
- 1 Einwegspritze *oder* 1 Bürette *oder* 1 Feinbürette (Chemiesammlung)
- 2 Meßkolben 100 ml (Chemiesammlung)
- 1 Pipette 10 ml
- 1 Becherglas 100 ml
- 1 Laborwaage (auf 0,01 g genau)
- 1 Gramm Ölsäure
 $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_7\text{-CH=CH-(CH}_2)_7\text{-COOH}$
(Dichte: $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$; relative Molekularmasse = 282)
oder
Ölsäureethylester $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_7\text{-CH=CH-(CH}_2)_7\text{-COOC}_2\text{H}_5$
(Dichte: $\rho = 867 \text{ kg/m}^3$; relative Molekularmasse = 310)
- 200 cm³ Petrolether *oder* Feuerzeug- *oder* Wundbenzin
- 1 Portion Kolophonium *oder* Bärlappsporen *oder* Aktivkohle *oder* fein gemahlener Pfeffer

Als flaches Gefäß kann ein Backblech, eine größere Kristallschale oder ein geeigneter Kunststoffteller dienen, nötigenfalls tut es auch ein Pappteller.

Einwegspritzen (2 - 3 cm³) erhält man um einige Schilling in jeder Apotheke. (Führt man das Experiment jedoch mit einer Bürette statt mit einer Spritze durch, erhält man wesentlich bessere Ergebnisse!)

Eine genaue Laborwaage befindet sich üblicherweise an jeder Schule (auch wenn es sich um eine etwas ältere Ausgabe einer Balkenwaage mit Gewichtskörpersatz und Trierreitern handeln sollte). Natürlich sind die in vielen Chemie-Sammlungen vorhandenen Digital-Laborwaagen besonders bequem.

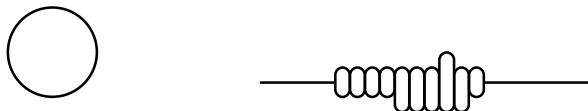
Es genügt vollauf, wenn die benötigte Ölsäure bzw. Ölsäureethylester in technischer Reinheit vorliegt. (Eine "Analysenreinheit" stellt einen unnötigen Luxus dar, der viel Geld kostet). Sollte in der Chemie-Sammlung keine Ölsäure bzw. Ölsäureethylester vorhanden sein, kann man ein Fläschchen dieser Flüssigkeit in jeder Chemikalienhandlung ohne Giftschein erhalten.

Meßprinzip

Ein Tropfen von in Petrolether (oder Feuerzeugbenzin o.ä.) gelöster Ölsäure bzw. Ölsäureethylester fällt auf eine Wasser-

oberfläche, die z.B. mit Kolophonium bestäubt worden ist. Dadurch bildet sich in Sekundenschnelle ein Ölfleck auf der Wasseroberfläche, während das Lösungsmittel (eben der Petrolether) rasch verdunstet. Da die Ölsäureteilchen ein wasserfreundliches und ein wasserfeindliches Ende haben, kann man annehmen, daß die Ölsäureschicht aus lauter Teilchen besteht, die wie "die Zinnsoldaten" nebeneinander angeordnet sind. Man kann also mit gutem Grund von einer praktisch *monomolekularen* Schicht sprechen.

Aus dem ursprünglichen *kugelförmigen* Tropfenvolumen wird daher eine volumsgleiche "*plattenförmige*" Schicht.



Aus der Volumsgleichheit läßt sich die Größe der Ölsäure-Moleküle und deren Anzahl berechnen. Aus letzterer kann man die Loschmidtsche Zahl bestimmen.

Durchführung

• Demonstrations-Experiment (am Beispiel Ölsäure)

Das Herstellen der Meßlösung

Wenn Sie das Experiment als Lehrereperiment der Klasse demonstrieren wollen, sind zunächst folgende vorbereitende Schritte notwendig:

Wiegen Sie zunächst 1 Gramm Ölsäure so genau wie möglich auf der Laborwaage ab. (Um möglichst gute Ergebnisse zu erzielen, sollte die von Ihnen verwendete Waage eine Genauigkeit von $\delta = 0,01$ g aufweisen.)

Füllen Sie dann einen 100 ml-Meßkolben bis zur Markierung mit dem Lösungsmittel Petrolether (oder Feuerzeugbenzin o.ä.) und lösen Sie anschließend die abgewogenen Ölsäuremenge in diesem Meßkolben auf. Dazu verschließen Sie den Kolben mit dem Stöpsel und schütteln Sie - zwecks guter Durchmischung - kräftig einige Sekunden lang.

Entnehmen Sie dann mit einer Pipette genau 10 ml dieser Lösung und geben Sie diese in den zweiten bereitgestellten 100 ml-Meßkolben. Wenn Sie diesen anschließend mit Petrolether wiederum bis zur Markierung auffüllen, haben Sie eine 0,11 % -ige Ölsäure-Lösung hergestellt.

Füllen Sie anschließend diese Lösung in eine Bürette.

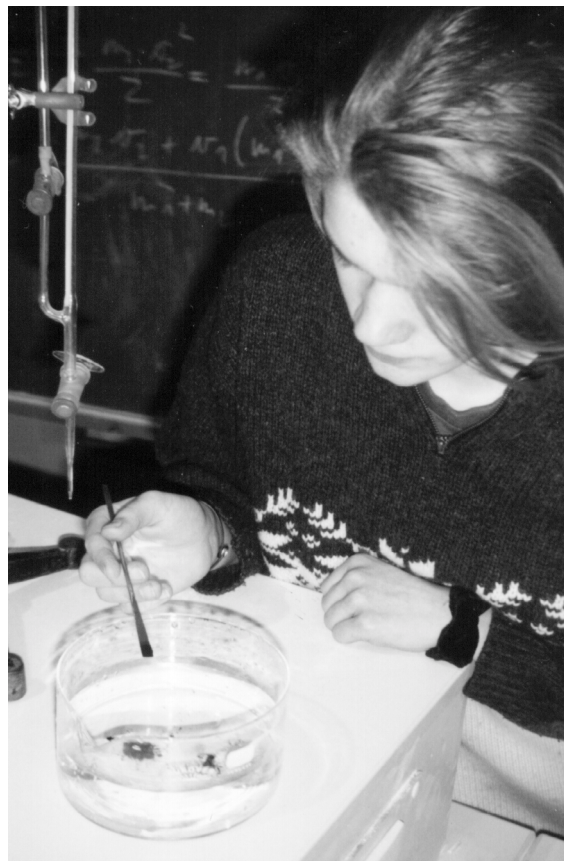
Damit haben Sie Ihr Demonstrationsexperiment vorbereitet; alles weitere erfolgt im Unterricht.

Bestimmung der Tropfengröße

Stellen Sie ein Becherglas unter die Bürette, öffnen sie den Hahn und zählen Sie die Anzahl der Tropfen, während ein Milliliter austropft. Wenn Sie 1 ml durch die gezählte Tropfenanzahl dividieren, erhalten Sie das Tropfenvolumen (in ml).

Der Ölsäurefleck

Bestreuen Sie die Wasseroberfläche des Gefäßes möglichst gleichmäßig und dünn mit Kolophonium, Aktivkohle, Bärlappsporen oder feingemahlenem Pfeffer. (Die Autoren haben die besten Erfahrungen mit der Verwendung von Bärlappsporen gemacht). Achtung! Eine zu dicke oder zu inhomogen aufgetragene Schicht verfälscht das Meßergebnis! (siehe Abb.,



aus fototechnischen Gründen zeigt diese Abbildung das Bestreuen mit Aktivkohle).

Lassen Sie anschließend *einen* Tropfen der 0,11%-igen Ölsäurelösung auf die *Mitte* der Wasseroberfläche fallen. Dadurch bildet sich in Sekundenschnelle (während das Lösungsmittel verdunstet) ein fast kreisrunder Ölfleck, dessen Durchmesser leicht mit einem Rollmaßband gemessen werden kann.

Auswertung

Meßergebnisse:

55 Tropfen pro ml

Durchmesser des Ölsäurefleckes $D = 170$ mm

daraus folgt:

Volumen des Tropfens

$$V_{Tr} = 1/55 \text{ ml} = 0,0182 \text{ cm}^3$$

Volumen der darin enthaltenen Ölsäure

$$V = 0,11\% V = 2 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3$$

Masse der Ölsäure

$$m = \rho \cdot V = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ g}$$

Fläche des Ölsäurefleckes

$$A = (D/2)^2 \cdot \pi = 227 \text{ cm}^2$$

Dicke der Ölsäureschicht

$$d = V/A = 8,8 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

Diese Dicke d hat offensichtlich die Größenordnung des "Moleküldurchmessers": $d \approx 9 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$

Zur weiteren Berechnung treffen wir folgende Idealisierung: Ein Ölsäuremolekül soll ungefähr die Form eines Würfels mit der Kantenlänge d haben.

daraus folgt:

Volumen eines Ölsäuremoleküls

$$V_1 = d^3 = 6,8 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3$$

Anzahl der Ölsäuremoleküle in der Schicht

$$Z = V/V_1 = 2,9 \cdot 10^{16} \text{ Moleküle}$$

Anzahl der Moleküle pro Gramm Ölsäure

$$N = Z/m = 1,45 \cdot 10^{21} \text{ Moleküle}$$

Anzahl der Moleküle in 1 mol = 282 g

$$N_L = 282 \cdot N = 4,1 \cdot 10^{23} \text{ Moleküle pro Mol}$$

• Schülerexperiment

Da der zeitliche Aufwand für dieses Experiment eher groß ist, haben sich die folgenden zwei Durchführungsvarianten bewährt:

Vorbereitung durch den Lehrer, Versuchsdurchführung durch Schülergruppen

Diese Version wurde in Klassen angewandt, die bereits in kleineren Gruppen gearbeitet haben. Jede Arbeitsgruppe hat ein wassergefülltes, flaches Gefäß vor sich, das von den Schülern/innen im Unterricht mit Bärlappsporen, fein gemahlenem Pfeffer o.ä. bestreut wird.

Die Lehrperson bereitet wie beschrieben die Ölsäurelösung vor. Die Schüler/innen erhalten eine Einwegspritze voll Lösung. Dann wird zunächst die Tropfenzahl pro ml bestimmt. Anschließend lassen die Schüler/innen auf die bestreute Wasseroberfläche einen Tropfen fallen und verfahren gemäß obiger Beschreibung.

Üblicherweise erhält man mit diesen Mitteln zwar die Größenordnung 10^{23} , jedoch einen Faktor, der sich deutlich vom Tabellenwert unterscheidet.

Vorbereitung und Durchführung durch Schüler/innen

Diese Version wurde im Wahlpflichtfach Physik, in Physikalischen Übungen bzw. im Physik-Olympiade-Kurs durchgeführt. Meist sind beim Einwiegen bzw. Herstellen der 0,11%-igen Lösung Handling-Tips der Lehrperson notwendig.

Wie kann man die Loschmidtsche Zahl genauer bestimmen ?

Im Zuge der an das Experiment anschließenden Diskussion wurden wir oft von Schülern/innen gefragt, mit welchen Meßmethoden man genauere Werte von N_L erhalten könne. Der Vollständigkeit halber seien hier einige Verfahren tabellarisch aufgezählt:

- Elektrolyse (Faraday-Gesetze)
- Auswertung kristallchemischer Daten (Abstand der Ladungsschwerpunkte)
- Auswertung des radioaktiven Zerfalles einer Probesubstanz
- Interpretation der kinetischen Gastheorie (Boltzmannkonstante)
- Satz von Avogadro
- Aus der Regel von Dulong-Petit

Ein Mol Zwetschkenknödel

Auch wenn die Loschmidtzahl erfolgreich durch eine Messung bestimmt und ihre Bedeutung ausreichend diskutiert wurde, sollte man ihre Unvorstellbarkeit mit durchaus drastischen Vergleichen beleuchten. Besonders gute Erfahrungen haben wir mit folgender Frage gemacht:

Schätze: Wie lange würde die gesamte heutige Weltbevölkerung brauchen, um 1 mol Zwetschkenknödel zu verzehren?

Normalerweise streuen die Schätzungen der Schüler/innen zwischen einigen Wochen bis Jahren.

Nimmt man nun zwecks leichter Berechnung an, daß jeder Mensch in einer Sekunde einen Zwetschkenknödel essen könnte (und sonst mit gar nichts anderem beschäftigt wäre und beliebig lange leben könnte), ergäbe sich:

1 Jahr $\approx 3,16 \cdot 10^7$ sec ... Ein Mensch könnte $3,16 \cdot 10^7$ Zwetschkenknödel in einem Jahr essen.

Die Menschheit umfaßt etwa 5 Milliarden Individuen, pro Jahr könnten ca. $1,6 \cdot 10^{17}$ Knödel gegessen werden.

Dividiert man die Loschmidtsche Zahl durch diese eben erhaltene Zahl, ergibt sich eine Gesamtessenszeit von knapp 4 Millionen Jahre!

Die ganze heutige Weltbevölkerung von ca 5 Milliarden Menschen müßte also 4 Millionen Jahre lang nichts anderes tun, als -Tag und Nacht - pro Sekunde einen Zwetschkenknödel essen, sollte 1 Mol Knödel verzehrt werden.

Wir haben noch nie eine Klasse erlebt, die diesen Zeitraum geschätzt hat! Es stellt sich die Frage, ob Loschmidt selbst "gefühlsmäßig schätzend" auf solche Werte gekommen wäre.

Ein verfrühter Leserbrief

Als Herausgeber fühle ich mich zu einem Kommentar verpflichtet. Für die detaillierte Beschreibung inklusive Fotodokumentation und didaktische Einbettung des Versuches danke ich den Autoren herzlich. Gerade wegen des Werts des Aufsatzes muß ich doch einen Kommentar abgeben und hoffe auf einige Leserbriefe.

Daß ich mit der "sprachlich etwas holprigen Festlegung" des Begriffs Mol nichts anfangen kann, soll hier nicht verschwiegen werden. Daß die Loschmidtsche Zahl mit einem Fehler von 30% in einem so einfachen Experiment bestimmt werden kann, finde ich beeindruckend. Für mich haben experimentelle Ergebnisse aber keine Bedeutung, solange die möglichen Fehler experimenteller und systematischer Art nicht abgeschätzt sind.

Gehen wirklich genau 55 Tropfen auf den Milliliter, oder sind es 55,5? Dieser Fehler von lediglich 1% im Volumen wirkt sich im Wert von N_L mit 3% aus. Wie groß ist der Ölfleck? Ein Fehler von 1 mm im Durchmesser des exakt (?) kreisförmigen Flecks bedeutet 2% Fehler im Resultat. Am drastischsten wirkt sich die Annahme der Würfelform des kettenförmigen Moleküls aus. Wenn die Dicke des Ölsäuremoleküls nur die Hälfte der Länge beträgt, haben viermal so viele Moleküle in der Schicht Platz. Wichtig ist also nur die Größenordnung - und diese zu reproduzieren ist eindrucksvoll genug.

H. K.

Die Arbeitsweise der Physik kennenlernen

Zwei Phänomene mit flüssigem Stickstoff und einem Kreidestück Ein Unterrichtsbeispiel

Engelbert Stütz und Andreas Peinthor

Naturwissenschaft beruht auf Experimenten, sie gelangt zu ihren Erkenntnissen durch die Gespräche der in ihr Tätigen, die miteinander über die Deutung der Experimente beraten.

W. Heisenberg in *Der Teil und das Ganze*

Der Lehrplan der Oberstufe fordert in einem der ersten Lernziele, die Arbeitsweisen der Physik kennenzulernen. Nach einer Idee von E. Stütz planten und gestalteten wir gemeinsam ein kurzes Projekt mit dem Ziel, die Arbeitsweise der Physik im Unterricht der 5. Kl. RG exemplarisch zu erarbeiten.

Das Experiment

Bei der Temperatur des flüssigen Stickstoffs ändern sich die Eigenschaften vieler Stoffe: Gummi wird hart und spröde wie Stein; Blätter oder Blüten, in flüssigen Stickstoff getaucht, lassen sich wie dörres Heu zerbröseln. Der Grund für diese Eigenschaftsänderungen ist freilich nicht derselbe.

Beim spielerischen Experimentieren mit flüssigem Stickstoff in den Physikalischen Übungen - die Schüler wollten wissen, ob man mit Kreide, die einige Zeit in flüssigem Stickstoff gelegen war, noch schreiben könne - fiel mir (E. Stütz) folgendes auf:

Sobald man ein Kreidestück in flüssigen Stickstoff hineinwirft, beginnt der Stickstoff heftig zu brodeln. Zuerst schwimmt die Kreide. Während das Brodeln immer mehr nachläßt, sinkt sie langsam, bis sie am Schluß ruhig am Boden des Dewargefäßes liegt.

Dann hebt man das Kreidestück mit einer Tiegelszange heraus und legt es auf den Tisch (die Fläche muß glatt und staubfrei sein!). Was passiert? - Das Kreidestück liegt nicht auf dem Tisch, es schwebt einige Sekunden lang, bevor es sich "niedersetzt". Kippt man das Kreidestück um 90°, so fängt dieses Schauspiel von vorne an.

Es ist hier lohnend, die Schüler beobachten zu lassen, selbst ausprobieren zu lassen und von Lehrerseite nichts zu erklären.

Der Ablauf

Es sollten Aktivitäten entstehen, die "im weitesten Sinne so etwas wie Forschung darstellen" (Schlichting [1]). Theoretische "Voraussetzungen" aus der Thermodynamik wurden mit Absicht nicht an den Beginn der Vorbereitungsphase gestellt. Die Schüler sollten allein auf Kenntnisse aus der Unterstufe oder eventuell vorhandenes individuelles Vorwissen oder Erfahrungen zurückgreifen können.

Zu Beginn besprachen wir also lediglich die Zielsetzungen der folgenden Unterrichtseinheiten:

daß wir wie Forscher arbeiten wollten, daß wir die Arbeitsweise der Physiker kennenlernen wollten.

Die Stationen waren in einer Art Planspiel konzipiert:

"Forschung"	Analogie im Unterricht
1. Entdeckung eines Phänomens Beobachtungen (und Messungen)	Beobachten der Vorgänge: Wie "reagiert" das Kreidestück, das in den flüssigen Stickstoff geworfen wird? Wie verhält sich das Kreidestück, das dann auf die Tischplatte gelegt wird?
2. Beschreibung des Phänomens und Aufstellen von Hypothesen	Einzelarbeit: Die Schüler werden aufgefordert, möglichst genau zu protokollieren, - was sie gesehen haben und - wie sie das verstehen.
3. Diskussion unter Kollegen	Gruppenarbeit mit dem Ziel, in der jeweiligen Gruppe zu einer einheitlichen Beschreibung sowie zu einer gemeinsamen Erklärung des Phänomens zu kommen. Wo dies nicht gelingt, sollen diejenigen Punkte, in denen man sich nicht einigen konnte, genau herausgearbeitet werden.
4. "Kontrollversuche"	Zu welchen Konsequenzen führen die vorgeschlagenen Erklärungsversuche? (In Zusammenhang mit Abschnitt 2 und als Teil der Gruppenarbeit)
5. "Physikerkongreß"	Vergleich der Arbeitsergebnisse aller Gruppen aus dem zweiten und dritten Abschnitt der Arbeit.
6. Anerkannte Theorie (Gesetz)	Ziel des "Physikerkongresses": Formulierung einer von allen anerkannten Deutung der zwei Phänomene.

Bemerkungen zu den einzelnen Abschnitten

ad 2.: Die Einzelarbeit hatte den Zweck, daß alle Schüler ihre Beobachtungen und Überlegungen protokollieren sollten. Diese Notizen waren als "Arbeitsunterlagen" zu betrachten,

mit denen die Schüler in die Gruppenarbeit gehen sollten. So notierte etwa eine Schülerin folgende Beobachtungen zum ersten Phänomen:*)

In flüssigen Stickstoff wird ein neues Stück Kreide gegeben. Die Kreide schwimmt im flüssigen Stickstoff und sprudelt. Nach einer Zeit hört es zu sprudeln auf, die Kreide sinkt zu Boden.

Und zum zweiten Phänomen:

Auf einem glatten, sauberen Tisch wird die aus dem Stickstoff genommene Kreide hingelegt. Sie rutscht durch leichtes Anstupsen ganz leicht herum, dreht sich und würde ohne weiteres Anstupsen vom Tisch schlittern.

ad 3.: Bei der Besprechung in den Gruppen stellte sich heraus, daß zwar alle dasselbe Experiment *beobachtet*, aber nicht alle das gleiche *gesehen* hatten. Einige Gruppen kamen deshalb nochmals zum Dewargefäß mit dem flüssigen Stickstoff, um das Experiment zu wiederholen.

In den Diskussionen wurde klar, daß viele Schüler ihre Beobachtungen bereits mit Erklärungen "vermischten". Ein Schüler hatte z.B. notiert:

Als das Kreidestück in den flüssigen Stickstoff geworfen wurde, brodelte es heftig. Der flüssige Stickstoff zog dabei die in der Kreide enthaltene Luft heraus.

Skizzen der Diskussion in einer Gruppe: Sinkt die Kreide, weil sie sich beim Abkühlen "zusammenzieht"; halten sie die Stickstoffblasen zu Beginn hoch? - Einwand: "Aber Kreide kann sich mit Wasser vollsaugen!" - "Flüssiger Stickstoff ist aber nicht Wasser!" . . . Wir mischten uns vorerst nicht ein, obwohl mehrmals die Frage kam: "Was stimmt jetzt wirklich?" - Wir wiesen darauf hin, daß es in der Forschung keine "Oberphysiker" gibt, die wissen, was "wirklich stimmt".

Viele Ideen wurden vorgeschlagen: "Kreide enthält etwas Wasserdampf. Bei der tiefen Temperatur des flüssigen Stickstoffs gefriert dieses Wasser, dadurch wird Platz frei für den flüssigen Stickstoff . . . "; "An der kalten Kreide schlägt sich Raureif nieder, also Eis. Die Kreide gleitet daher so dahin wie ein Eisstock."

An der Tafel wurden schließlich (vorerst kommentarlos) folgende fünf Gruppenergebnisse festgehalten:

Zum ersten Phänomen (Kreide schwimmt zuerst, verursacht Blasenbildung, geht dann unter):

- (i) "Die Kreide sinkt, sobald sie die kältere Temperatur angenommen hat."
- (ii) "Die Kreide saugt sich mit N an. Wenn sie mit N gefüllt ist, beginnt sie zu sinken, weil sie schwerer wird."
- (iii) wie (ii); zusätzlich: "Die im Kreidestück enthaltene Luft wird verdrängt, Luftbläschen steigen auf."
- (iv) "Die Kreide vereist und sinkt deshalb zu Boden."
- (v) "Der Stickstoff reagiert mit der Kreide, wird schwerer und sinkt ab."

Zum zweiten Phänomen (Kreide "schwebt" auf dem Tisch):

*) Bis auf die Tilgung von Rechtschreibfehlern handelt es sich im folgenden um Originalzitate oder sinngemäße Zitate.

- (i) "Es bildet sich ein wärmerer Luftfilm zwischen Tisch und Kreide."
- (ii) "Die Kreide strahlt Kälte aus, der Tisch strahlt Wärme aus, daher bildet sich ein Luftpolster."
- (iii) "Die Wärme des Tisches bewirkt, daß der N gasförmig wird und die Kreide trägt."
- (iv) "Eis rutscht, deshalb rutscht auch die Kreide."
- (v) wie (iii)

ad 4. und 5.: Ein Gegner der Idee der Analogie Eisstock ↔ Kreide (vgl. Gruppe (iv)) schlug daraufhin vor, den Versuch mit einem Radiergummi zu machen: Wenn die Erklärung mit der Eisschicht an der Oberfläche richtig wäre, müßte auch ein Radiergummi, der aus flüssigem Stickstoff herausgenommen wird, auf der Tischplatte dahingleiten; dies geschah dann aber nicht.

Als weiterer Kontrollversuch wurde (speziell im Hinblick auf die Gruppen (ii) und (iii)) das Abwiegen der Kreide vor und nach dem Eintauchen in den Stickstoff vorgeschlagen. Das Ergebnis des Wiegens war, daß die Kreide nach dem Herausnehmen um etwa 60% schwerer war als zuvor, allerdings wurde sie vom ersten Augenblick auf der Waage an wieder leichter und leichter; im Gegensatz zur Kreide ließ sich beim Radiergummi keine wesentliche Veränderung der Masse vor und nach dem Eintauchen feststellen.

Als letzter Zusatzversuch wurde von mir demonstriert, wie sich ein mit Luft aufgeblasener Luftballon beim Eintauchen und Wiederherausnehmen aus dem Stickstoff verhält:

Der Ballon zieht sich beim Eintauchen auf spektakuläre Weise (fast) völlig in sich zusammen, um sich nach dem Herausnehmen wieder auf seine alte Größe "aufzublasen". Dazu wurde in Erinnerung gerufen, daß Luft aus etwa 78% Stickstoff und 21% Sauerstoff besteht (dies war den meisten noch vom Biologieunterricht her bekannt). - "Luft wird flüssig im N wegen Kälte; wieder draußen: Luft wird wieder gasförmig", notierte dazu eine Schülerin.

Als unmittelbare Folgerung für unsere Phänomene ergab sich daraus:

Die Luft in der Kreide wird durch die Kälte flüssig; "die wärmere Kreide bringt den N in der Umgebung der Kreide zum Sieden, weshalb es sprudelt."

ad 6.: Als Zusammenfassung aller bisherigen Erkenntnisse wurden die drei Kernfragen auf die Tafel geschrieben; die Antworten darauf wurden dann in einer letzten gemeinsamen Anstrengung präzisiert und als (zumindest im Plenum unwider-sprochene) qualitative Theorien ausformuliert:

Warum sprudelt es?

Die wärmere Kreide bringt den Stickstoff zum Sieden (so wie auch ein Tauchsieder Wasser zum Kochen bringt).

Warum sinkt die Kreide?

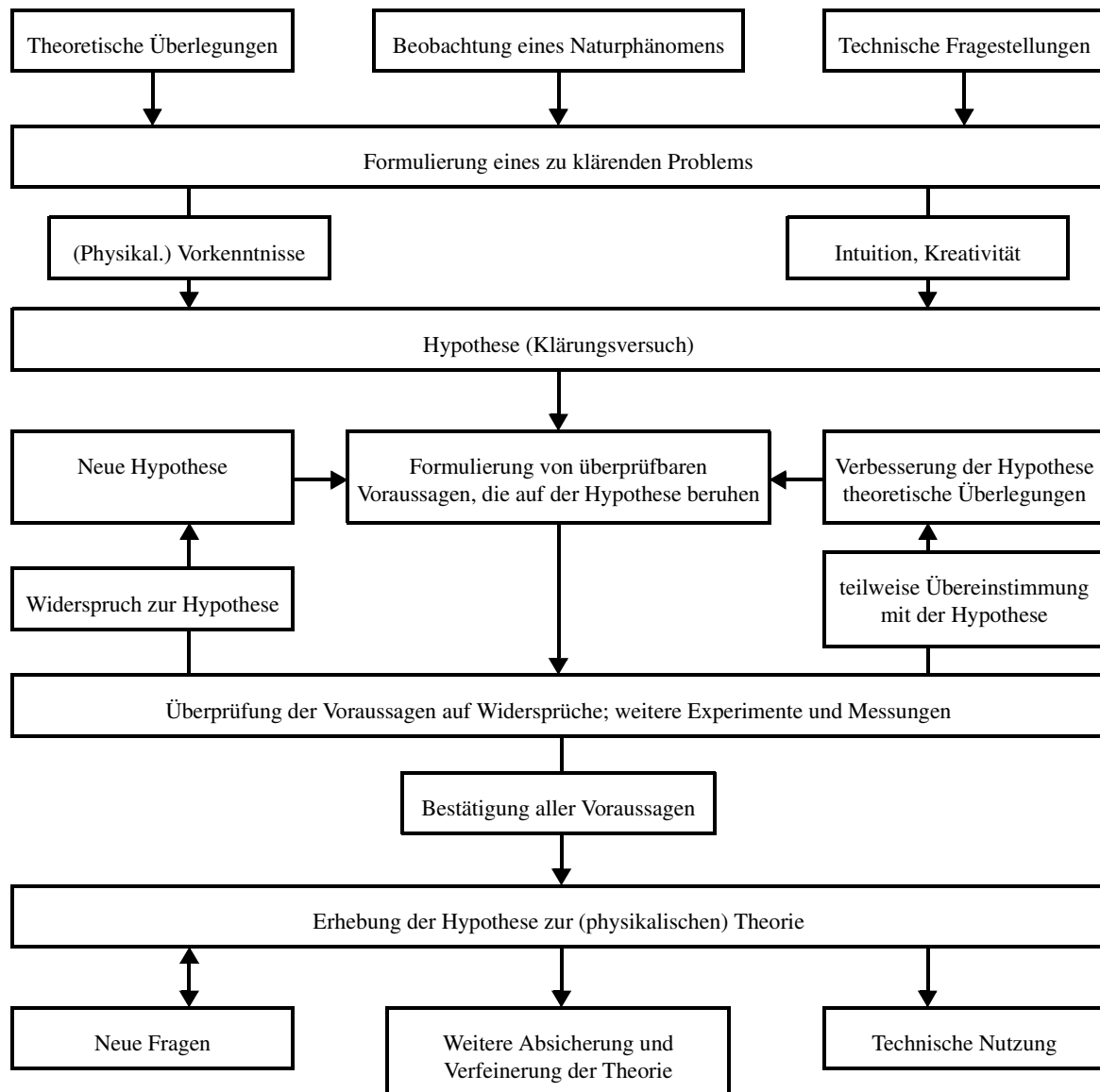
Die in der Kreide enthaltene Luft wird flüssig. In den dadurch entstandenen freien Raum kann weiterer flüssiger Stickstoff eindringen (wie in einen Schwamm). Die Kreide und der zusätzliche Stickstoff haben insgesamt eine größere Dichte als der flüssige Stickstoff und sinken daher.

Warum rutscht die Kreide nach dem Herausnehmen?

Durch die Erwärmung wird der in der Kreide eingeschlossene (zusätzliche) Stickstoff wieder gasförmig. Das austretende Stickstoffgas wirkt für die Kreide wie ein Luftkissen.

Zum Abschluß unserer Beschäftigung mit dem Thema "Die Arbeitsweise der Physik" vergleichen wir folgendes Schema mit unserer "Forschungsarbeit" :

Die Arbeitsweise der Physiker



Bemerkungen zur Funktion des Beispiels im Physikunterricht

Aus Beispielen entsteht Wissen und Verstehen. In der Didaktik unterscheidet man das illustrierende oder veranschaulichende und das belegende oder nachweisende Beispiel. Das illustrierende Beispiel soll etwas verdeutlichen, anschaulicher machen. Das belegende Beispiel kann z. B. eine Hypothese stützen. Beide Arten des Beispiels setzen Sachkenntnis voraus. Der Schüler muß mit einer Regel, einem Begriff, einem Gesetz jedenfalls in einem Mindestmaß vertraut sein.

Große Bedeutung hat beim exemplarischen Lernen eine dritte Art des Beispiels: das einführende Beispiel. Das Beispiel wird dazu benützt, dem Lernenden etwas, z.B. ein Verfahren, eine

Problemstellung,... zu verdeutlichen, was zunächst nicht in seinem Erfahrungsbereich vorhanden ist. Beim oben beschriebenen Beispiel wird an zwei Problemstellungen gearbeitet: dem Phänomen selbst und dem Weg, wie man zu einer allgemein anerkannten Deutung des Phänomens kommen kann. Diesen Weg ein bißchen nachzuvollziehen war für uns das wichtigere Anliegen.

Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Was macht es wert, diesem Phänomen oder der Fragestellung nach der Arbeitsweise der Physik so zeit- und arbeitsintensiv nachzugehen? Wir können zwei Antworten darauf geben:

1. Die Erfahrung im Unterricht hat gezeigt, daß diese Art zu arbeiten von seiten der Schüler als Herausforderung empfunden

den wurde und daher mit großer Motivation verbunden war. Es zeigte sich am Schluß, daß die Schüler nicht nur Gelerntes wiederholen konnten, sondern sich selbst ein Bild davon gemacht hatten, wie Forschung sein kann.

2. Besonders bestätigt wissen wir uns durch D. K. Nachtigall (Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Universität Dortmund):

"Lernen bedeutet selbständig aktiv handeln, fragen, antworten, kommunizieren mit Mitschülern und Lehrern, Hypothesen wagen, neue Ideen aufnehmen, eigenes Wissen durch neue Erfahrungen erweitern und vernetzen, andere Wege suchen als im Lehrbuch stehen, ..., das Recht zum Nachfragen und Zweifeln wahrnehmen,.... Lernen ist also vom 'Faktenabspeichern und Memorierenkönnen' so weit entfernt wie eine Geschichte erzählen vom 'Aufsagen des Alphabetes'....Jemandem Schulstoff vortragen ist nicht lehren; etwas im Gedächtnis abspeichern ist nicht lernen; Abgespeichertes memorieren können ist kein Nachweis für Verständnis; Lehren erfordert, sich mit Lehrstoff und Lernenden gleichsam solidarisch einzulassen. Aber Lernen ist eine Aktivität, die von, nicht an einem Individuum verrichtet wird."[2]

Dazu paßt, was C. F. Gauss in einem Brief an W. Bolyai schrieb: *Wahrlich, es ist nicht das Wissen, sondern das Lernen, nicht das Besitzen, sondern das Erwerben, nicht das Da-Seyn, sondern das Hinkommen, was den größten Genuß gewährt.*

Experimentelle Hinweise

Für die Experimente braucht man mindestens 0,5 Liter flüssigen Stickstoff, besser 1 Liter. Wenn in der Schule kein geeignetes Dewargefäß vorhanden ist, eignet sich als Transportgefäß eine Thermoskanne.

Flüssiger Stickstoff darf in hermetisch geschlossenen Gefäßen weder transportiert noch gelagert werden!

Für das Experiment sollte die Öffnung des Dewars so groß sein, daß das Kreidestück leicht durchpaßt.

Aus einem Topf, Styroporflocken und einem Becherglas läßt sich leicht ein behelfsmäßiges Dewargefäß anfertigen, auch Styroporgefäße sind geeignet.

Mögliche Bezugsquellen für flüssigen Stickstoff:

Universitäten: speziell physikalische und chemische Institute
Telefonnummern: Universität Linz 0732/2468...0

Eventuell Krankenhäuser

Kühlmittelfirmen: z.B. Fa. Linde Gas Linz, Ignaz Mayer Str. 6 (lt. tel. Auskunft ist dort für bis zu 25 l fl. Stickstoff mit einem Pauschalpreis von öS 480,- zu rechnen)

Weiterführende Literatur

[1] Schlichting/Backhaus: *Physikunterricht*, Verlag Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore.

[2] D.K. Nachtigall: *Krise des Physikunterrichts*. Fünf Thesen zu einem aktuellen Thema, PLUS LUCIS 1/93.

weitere:

Martin Wagenschein: *Verstehen lehren*, Beltz Verlag, Weinheim und Basel.

Walter Köhnlein: *Exemplarischer Physikunterricht*, Verlag B.Franzbecker.

3. Europäischer Chemielehrerkongreß

Krems, 19. 4. bis 22. 4. 1995

Alois Krebs

Das Thema "Chemie - Energie - Rohstoffe" war 351 Teilnehmern und Teilnehmerinnen aus der Schweiz, Deutschland, Slowakei, Tschechien, Südtirol und Österreich,... wichtig genug, um nach Krems zu kommen.

Leider überschattete den Kongreß der plötzliche Tod von Ing. Leckel, einem Mitbegründer und Förderer des Verbandes der Chemielehrer Österreichs, einem lieb gewordenen Freund. - Ein besonderer Dank für alles an Ing. Leckel! - Wir werden ihm stets ein ehrendes Gedenken bewahren.

Viele gute Gespräche, auch manch erstes Kennenlernen waren am Abend des 19.4. an Bord der MS "Prinz Eugen" auf der Fahrt durch die Wachau möglich. Es war bei strahlendem Wetter eine wunderschöne Fahrt.

Herr Univ.Prof. Dr. Richard ERNST, ETH Zürich, beeindruckte seine Zuhörerschaft im Eröffnungsreferat durch bestechende Klarheit seiner Sprache, der der Witz nicht fehlte, und durch kompetente Aussagen zum Thema "Faszination der Kernprozesse in Chemie, Biologie und Medizin". Die weiteren Vorträge reichten von "Technische Nutzung von Biomasse" über "Neueste Entwicklungen im Bereich der Kunststoffe" bis "Entwicklungsstand bei Batterien für Elektroautos". Die Experimentalvorträge von Univ.-Prof. Dr. Schmidkunz (Energienutzung bei chemischen Reaktionen) und Univ.-Prof. Dr. Wiederholt (DTA im Chemieunterricht) waren so klar, übersichtlich und anschaulich gestaltet, daß die gezeigten Experimente sofort in der Schule angewendet werden können.

Eine Reihe von Exkursionen - Wärmekraftwerk Dürnrohr, Krems Chemie, Alchemistenlabor Kirchberg am Wagram, Biomasse - Fernheizwerk Geras, Congenerationsanlage der Agrana in Tulln - rundeten das Programm ab. Es ist schade, daß die Presse von diesem Kongreß keine Notiz nahm.

Leider war es nur durch Schwänzen interessanter Vorträge möglich, am Rahmenprogramm teilzunehmen, wie an der Weinkost im Kloster Und bzw. der geschichtlich und kunstgeschichtlich interessanten Stadtführung durch das 1000-jährige Krems. Den Organisatoren sei für diesen Kongreß herzlich gedankt.

Der nächste Kongreß des VCÖ für 1997, in Villach, ist in Vorbereitung!

OSR Alois Krebs, HS I Leibnizgasse 33, 1100 Wien

Freihandexperimente

Werner Rentzsch

Das Rotkrautpapier

Material: Zeichenpapier, Haushaltsschwamm, Rotkrautsaft, 2 Bechergläser, 2 Borstenpinsel, verdünnte Salzsäure, verdünnte Natronlauge

Durchführung: Ein Stück Zeichenpapier wird mit konzentriertem Rotkrautsaft getränkt. Das geht gut, wenn man das Papier flach auf den Tisch legt und mit dem getränkten Schwamm gut befeuchtet. Zum schnelleren Trocknen kann das Papier über einen Heizkörper gelegt werden. Das präparierte Papier wird mittels Borstenpinsel mit Salzsäure und Natronlauge beschriftet; es können auch verschiedene Zeichnungen angebracht werden. Die "Salzsäureschrift" erscheint rot und die "Laugeschrift" grün (später gelb). Keine konzentrierte Salzsäure verwenden - durch die HCl-Dämpfe färbt sich der gesamte Schriftbereich rot.

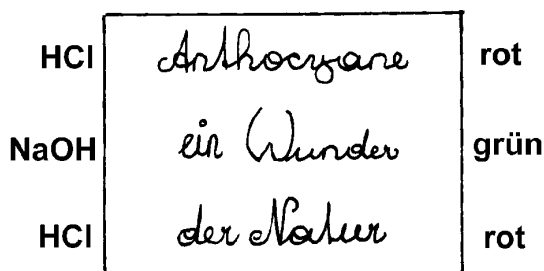
Wer ist der Dieb?

Material: Geldschein, Phenolphthaleinpulver oder Lösung, ev. Spiritus, Wattebausch, verdünnte Natronlauge

Durchführung: Ein Geldschein wird präpariert, indem er entweder mit Phenolphthaleinpulver eingerieben oder mit Lösung des Indikators getränkt wird. Besonders gute Imprägnierung kann erreicht werden, wenn man das Pulver auf den Geldschein streut und dann mit Spiritus oder reinem Alkohol verreibt. Nach dem Trocknen kann der Schein für die folgende Demonstration verwendet werden.

Man behauptet herausfinden zu können, welche Person im Publikum den Geldschein berührt hat. Dazu legt man den Schein mit der Aufforderung auf den Tisch, daß eine Person den Schein in die Hand nehmen soll, während man selbst außerhalb des Raumes ist. Man verläßt den Raum, betritt ihn nach einiger Zeit wieder und untersucht die "verdächtigen" Personen auf folgende Art: man betupft Daumen und Zeigefinger der verdächtigen Personen mit einem in verdünnte Natronlauge getauchten Wattebausch. Färben sich Bausch und Finger rot, ist der "Dieb" gefunden.

Die "Verdächtigen" müssen sich nach der Demonstration die Hände gut waschen - Natronlauge keinesfalls in die Augen bringen!



Phenolphthalein ist ein sehr empfindlicher Indikator auf Basen.

Dieses und ähnliche Verfahren verwendet man in der Kriminaltechnik zum Überführen von Dieben (Fangspurverfahren)

Helmut Kühnelt

Kräfte beim Schaukeln

Im Lauf einer Diskussion über Verständnisprobleme in der Mechanik diskutierten wir mit Studenten die folgenden Fragen, die den Skizzen zur Physikdidaktik von D. Nachtigall [1] entnommen sind:

Ein starres Pendel hängt zunächst ohne zu schwingen an seiner Aufhängung. Welche Kräfte wirken auf den (als Massepunkt angenommenen) Pendelkörper? Welche Kräfte wirken beim schwingenden Pendel beim Durchgang durch die Ruhelage?

a) Nach jedermanns Ansicht greift am ruhenden Pendelkörper (Masse m) die Gewichtskraft mg an. Warum er allerdings nicht unter ihrem Einfluß zu fallen beginnt, wurde von der gesamten Gruppe nicht bedacht.

b) Beim schwingenden Pendel wurde neben der Gewichtskraft eine in Bewegungsrichtung wirkende Kraft vermutet - denn schließlich hat das Ding ja Schwung! Daß für eine Kreisbewegung eine zum Zentrum gerichtete Kraft, die Zentripetalkraft mv^2/r , erforderlich ist, war jedoch vergessen worden.

Hier ist nicht der Platz über die tief eingewurzelten Aristotelischen Ansichten und die geringe Effizienz des Unterrichts (auch an der Universität) zu reflektieren (s. den Beitrag von R. Duit in diesem Heft). Wie lassen sich die Kräfte in einem Freihandexperiment demonstrieren und gleichzeitig die Problematik des starren Pendels thematisieren? Ein Kraftmesser zwischen Pendelaufhängung und Pendelstange (diese eventuell um die Länge des Kraftmessers verkürzt) erlaubt das Ablesen der beim Schwingen variablen Kraft. Je steifer die Feder im Kraftmesser, desto geringer ist natürlich die Dehnung - gibt es also wirklich starre Körper? Es mag lehrreich sein, die Pendelstange durch einen Gummifaden zu ersetzen - vom starren Pendel keine Spur, doch die im Faden wirkende Kraft wird deutlich sichtbar!

Bleibt abschließend nur die Frage, warum die zuvor anhand von Lufkissenbahn, durch Appell an Erfahrungen beim Eislaufen und an das Wissen über die Planetenbewegung mühsam zum Galileischen Weltbild Bekehrten, so schnell wieder zu Aristoteles zurückkehren. (Testen Sie Ihre Schüler und Ihre Kollegen!)

[1] D. Nachtigall, *Skizzen zur Physikdidaktik*, Verlag Peter Lang - Frankfurt, 1987. Insbesondere die 8. Skizze "Pränewtonsche Konzepte der Bewegung in den Vorstellungen von Schülern" ist in diesem Zusammenhang für uns wichtig. Typische Schülerbegründungen werden hier angeführt.

Über die langfristige Änderung des erdmagnetischen Feldes

Leopold Stadler

Nimmt man sich als Physiklehrer gelegentlich Zeit, auf Randgebiete der Physik einzugehen, so kann man sich über erhöhte Aufmerksamkeit der Schüler freuen. Dieses Phänomen konnte ich etwa beobachten, wenn ich im Rahmen des Themas "Magnetostatik" auf das Magnetfeld der Erde einging und an Hand von SW-Dias geomagnetische Weltkarten erläuterte.

Da diese Karten älteren Lehrbüchern entstammen, ist die Anmerkung fällig, daß sich seither die Linien etwas verlagert haben, insbesondere, daß sich bei uns die magnetische Mißweisung von einer schwach westlichen zu einer leicht östlichen verwandelt hat. Da auch Fachkollegen und Geographen i. a. nicht mehr bekannt ist als die bloße Tatsache, daß sich unser erdmagnetisches Feld eben langsam ändert, bin ich der Sache auf den Grund gegangen. Besonders interessant war es auszuforschen, wie weit sich die diesbezüglichen Verhältnisse in unserer Heimat geschichtlich zurückverfolgen lassen.

Die magnetische Feldstärke bzw. Induktion ist an jedem Punkt der Erdoberfläche ein Vektor, zu dessen Festlegung drei unabhängige Bestimmungsstücke nötig sind. Abb. 1 zeigt die Situation bezüglich einer genordeten und horizontalen Windrose auf: betragsmäßig kann man die Totalintensität T oder deren horizontalen bzw. vertikalen Anteil (Horizontalintensität H und Vertikalintensität Z) messen, richtungsmäßig bestimmt man die Deklination D , das ist der Winkel zwischen geographisch und magnetisch Nord und andererseits die Inklination I ; unter dieser versteht man die Neigung des Magnetfeldes gegen die Horizontalebene. Entlang dem sogenannten magnetischen Äquator beträgt also $I = 0^\circ$, an den Magnetpolen $I = 90^\circ$.

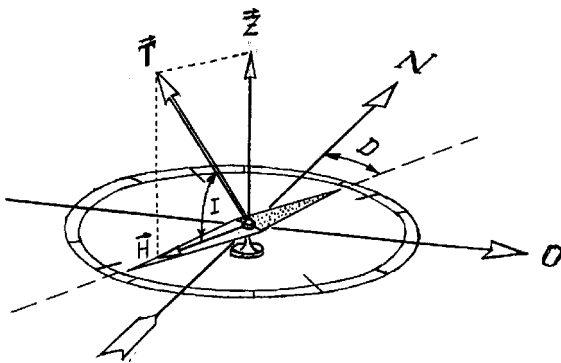


Abb. 1: Magnetischer Feldstärkevektor r

Am einfachsten läßt sich die Deklination messen und sie war auch für die Navigation der Seefahrer von größter Bedeutung. Für mindere Genauigkeitsansprüche genügt ein genordet aufgestellter Kompaß. Dann folgt der Inklinationswinkel, während die absolute Erfassung der Feldstärke erst viel später möglich war (C. F. Gauß, J. Lamont, 1841). Wir Mitteleuropäer der Mitte und zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts sind in-

soferne verwöhnt, als die Deklination hier und in diesem Zeitraum sehr klein war und daher etwa beim Wandern nach dem Kompaß vernachlässigt werden kann. Jedoch unterliegt das terrestrische Magnetfeld mehreren zeitlichen Schwankungen, über deren Ausmaß nur die wenigsten Leute im Klaren sind.

Seit vielen Jahrzehnten halten magnetische Observatorien (z.B. am Wiener Cobenzl hinter der Meierei) weltweit diese zeitlichen Verläufe fest, wobei sich mehrere verschiedene, einander überlagernde Zyklen herausfiltern lassen: ein täglicher Gang (durch die Rückwirkung der täglich zuerst erwärmten, dann abkühlenden Atmosphäre sowie deren damit synchrone gezeitenmäßige Deformation im Verein mit der Ionisierung höherer Luftschichten), ein jahreszeitlicher Zyklus (aus analogen Gründen), ein elfjähriger Gang im Gleichtakt mit dem Sonnenflecken-Zyklus (wegen der Einwirkung des Sonnenwindes auf das erdmagnetische Feld) und eine sogenannte Säkularvariation. Letztere ist sowohl groß genug als ausreichend langsam verlaufend, daß sie Niederschlag auf der eingetragenen Mißweisung eines Kompasses finden kann. Vorweg sei die Größenordnung dieses Effektes für Europa genannt: die Periodendauer umfaßt etwa 540 Jahre, die Richtung von magnetisch Nord überstreicht dabei 32° bis 36° (!). Die tägliche Schwankung umfaßt jedoch nur maximal $\pm 6'$.

Entdeckt wurde die Säkularvariation 1634 durch den englischen Mathematiker und Astronomen H. Gellibrand (1597 - 1637) an der abnehmenden östlichen Deklination zu London: 1580: $11,3^\circ$ östl., 1622: $6,2^\circ$ und 1634 nur mehr $4,0^\circ$ östl.. Über die innere Ursache des Magnetfeldes der Erde und somit auch über diese Art Schwankung hat man in den letzten Jahren viel dazugelernt, indem der dynamo-elektrische Ursprung aufgeklärt werden konnte. Sie ist als Begleiterscheinung der gewaltigen Konvektionszyklen im Inneren der Erde aufzufassen; der Prozeß ist elektrodynamisch einem Gleichstromgenerator mit Selbsterregung verwandt, wobei die Konvektionsströme dem rotierenden Anker entsprechen. Langsame, quasi-periodische Verlagerung dieser Konvektionszellen bewirkt offenbar die säkulare Schwankung des Magnetfeldes. Noch dazu sind diese an die Kontinentalschollen gekoppelt, so daß die Säkularvariation kein weltweit einheitlicher Effekt ist, sondern nur quasi regional-kontinental konform verläuft. Beispielsweise lassen die ältesten Meßreihen in Nordamerika einen 270-jährigen Zyklus erwarten. Auffallend gering ist die Säkularvariation innerhalb des Pazifischen Ozeans.

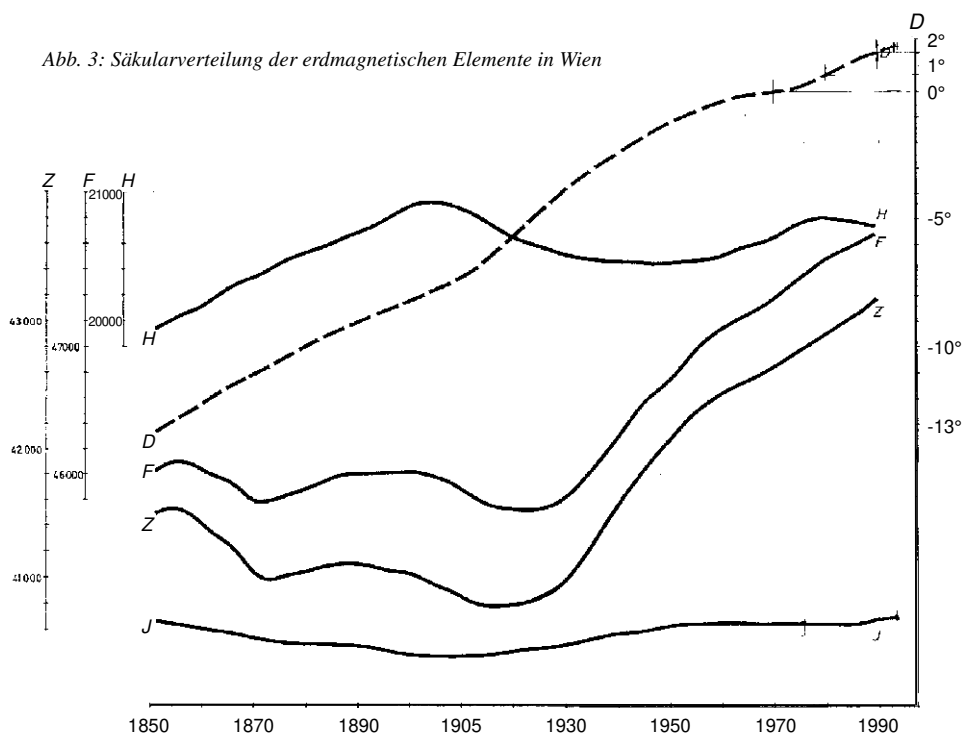
Nur für wenige europäische Orte reichen die Beobachtungen von D und I so weit zurück, daß man sich über einen solchen Zyklus ein hinreichend genaues Bild machen kann. Abb. 2 zeigt die diesbezüglichen Verhältnisse für London und Paris (aus: Kertz, *Einführung in die Geophysik*, ergänzt und modifiziert vom Verf.). Wenn auch die damalige Beobachtungsgenauigkeit keinesfalls mit der heutigen vergleichbar ist, so reicht sie dennoch aus, den Verlauf der Säkularvariation zu kennzeichnen. Beginnend im Jahre 1540 ist in einem Polar-

Abb. 2: Inklination-Deklinationsdiagramm

koordinaten-Diagramm (nach L. A. Bauer) radial die Inklination, azimuthal die Deklination aufgetragen; die Meßpunkte auf den Kurven sind normaler Weise in 20-Jahres-Schritten gesetzt. Eindrucksvoll sieht man, wie sich in relativ naher Zukunft ein Zyklus (mehr oder weniger genau) schließen wird. Auch die unvermutete Größe dieses Effektes wird deutlich; in London etwa herrschte um 1810 eine westliche Mißweisung von über 24° !

Diese alten Meßwerte verdanken wir dem Umstand, daß diese Länder wegen ihrer Stellung als Seemacht für die weltweite Navigation ihrer Schiffe daran Interesse haben mußten. Die Vernachlässigung solcher wissenschaftlicher Grundlagen brachte z.B. den Spaniern beim Versuch der Nordwest-Passage ein Debakel ein. Eine ähnlich alte Beobachtungsreihe gibt es leider nur noch für Rom, offenbar infolge der Förderung der Wissenschaften durch den Vatikan.

Abb. 3: Säkularverteilung der erdmagnetischen Elemente in Wien



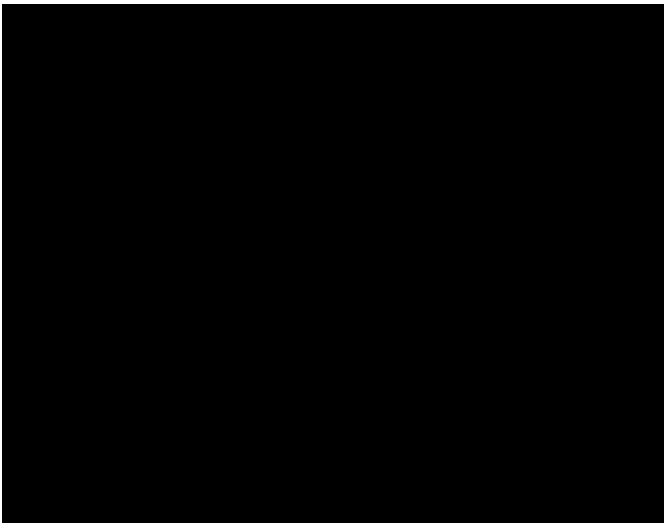
Im folgenden sei über die Ergebnisse meiner Bemühungen berichtet, Licht in die diesbezüglichen Verhältnisse in Österreich zu bringen. Die Meßreihen unserer Zentralanstalt auf der Hohen Warte setzen erst mit dem Jahre 1851 ein. Abb. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der erdmagnetischen Elemente in Wien für die Periode seither. Derzeit beträgt die Wiener Deklination $1^\circ 50'$ östl., während die Agone (Kurve mit $D = 0$) über den Arlberg verläuft und mit etwa 20 km/Jahr nach Westen driftet. Ich habe die Wiener Daten in das Diagramm nach Bauer umgesetzt; der dabei erhaltene Kurvenbogen ist in Abb. 2 ersichtlich. Ebenso ersichtlich ist leider, daß eine Fortsetzung des Kurvenzuges in die vergangenen Jahrhunderte hinein nicht in seriöser Weise möglich ist.

Die älteste geomagnetische Karte unserer Gegend stammt von K. Kreil (1797 - 1862) aus 1851 und umfaßt das ehemalige Kaiserreich, den Balkan und seine Umgebung (Abb. 4). Kreil war vorher Direktor der Prager Sternwarte gewesen, betrieb dort auch eine anerkannt gute magnetische Beobachtungsstation und bereiste selbst weite Teile Österreichs und Südost-Europas, um geomagnetische Messungen anzustellen; per Oktober 1851 wurde Kreil zum ersten Direktor der Wiener "K.k. Centralanstalt für meteorologische und erdmagnetische Beobachtungen" bestellt. U.a. kann man seiner Karte entnehmen, daß damals in Wien eine westliche Deklination von $13,5^\circ$ geherrscht hat. Noch ältere Messungen der erdmagnetischen Elemente gibt es hierzulande nur noch aus dem Benediktinerstift zu Kremsmünster, aufgezeichnet im Buch *Über das magnetische Observatorium zu Kremsmünster* von Pater Augustin Reslhuber, Wien 1854. Demnach stammen vier Messungen von D aus dem Zeitraum 1744 bis 1775, ausgeführt von einem Herrn Frank, "Ingenieur an der hiesigen Academia nobilium": sie sind aber von fragwürdiger Genauigkeit. Just zur Zeit der maximalen westlichen Deklination, im Jahre 1815, beginnen regelmäßige Beobachtungen, ausgeführt vorerst im astronomischen Turm des Stiftes, dann ab 1841 in einem eisenfrei errichteten Gartengebäude. Die D -Werte stagnieren daher anfangs bei $18^\circ 04'$ westl. und nehmen bis 1850 auf $14^\circ 40'$ ab.

Dabei wird eine erstaunliche Genauigkeit von ± 2 Bogenminuten erzielt; dies entnimmt man Doppelmessungen, welche Mitte Juni 1846 durch K. Kreil aus Prag und M. Koller, dem stiftseigenen Observator, gleichzeitig mit Instrumenten verschiedener Bauart angestellt worden waren.

Das Resume aus diesem Datenmaterial für die Geschichte der Deklination ist der Abb. 5 zu entnehmen. Sie zeigt den zeitlichen Verlauf der magnetischen Mißweisung vom Jahre 1540 bis heute; primär die Verläufe für Paris und London, welche in guter Näherung eine synchrone, sinus-ähnliche Form aufweisen. In der älteren geomagnetischen Literatur wird eine Periodendauer von 470 Jahren vermutet: offenbar wurde

Abb. 4: Kreil: Magn. u. geogr. Ortsbestimmungen im südl. Europa ...
aus: Denkschriften der k. Akademie d. Wissensch. mathem. naturw. Cl. XX. Bd. 1861



das Zeitintervall zwischen den beiden Extrema von D (etwa 1580 bzw. 1815) verdoppelt. Die Meßergebnisse der letzten Jahrzehnte lehren jedoch, daß der Rückgang langsamer als der Anstieg erfolgt. So vergingen vom Mittelwert ($D = 6,5^\circ$) um 1695 bis zum Maximum ca. 120 Jahre, der Rückgang auf denselben Wert von D benötigte aber etwa 150 Jahre. Im D - I -Diagramm sieht es auch durchaus glaubwürdig aus, daß der Schleifenschluß um das Jahr 2080 stattfinden wird. Der Gang von D ist für Wien auf Grund der Daten von Kremsmünster bis 1815 rekonstruiert. Weil erstens die Maxima von Kremsmünster, Paris und London zeitlich zusammenfallen und zweitens die Differenz zwischen Wien und Paris ab 1815 im Bereich

von fünf bis sieben Graden konstant blieb, dürfte mit hoher Wahrscheinlichkeit die Kurve für Wien parallel zu den zwei Hauptkurven fortzusetzen sein.

Generalisiert gesagt liefen die Isogonen (Kurven, welche Punkte gleicher Deklination verbinden) in Westeuropa jahrhundertlang etwa nord-südlich, wobei sie mit einer Periode von etwa 540 Jahren hin und her "schwappen" und dabei die Änderung von D einen Winkelbereich von etwa 35° überstreicht.

Literatur

- Kertz, Walter (1969, Nachdruck 1992): *Einführung in die Geophysik I*. B.I. Hochschultaschenbuch Band 275, Wissenschaftsverlag Mannheim - Leipzig - Wien - Zürich.
- Reslhuber, P. Augustin (1854): *Über das magnetische Observatorium zu Kremsmünster und die Resultate*. Aus dem VI. Band der Druckschriften derkaiserl. Akademie der Wissenschaften, Sonderdruck der k.k. Hof- und Staatsdruckerei. Wien.
- Toperczer, Max (1960), *Lehrbuch der allgemeinen Geophysik*. Springer - Verlag, Wien.
- Toperczer, Max (1975): *Die Geschichte der Geophysik an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*. - Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Heft 17 Wien 1975

Dank für wertvolle Informationen und Literatur schuldet der Verfasser Herrn Dipl.Ing. Peter Melichar von der Zentralanstalt auf der Hohen Warte.

Große Köpfe - kleine Marken

Wissenschaftler auf Briefmarken

Karlheinz Seeger

100. Todestag von Josef Loschmidt

Nennwert: S 20,-
Ausgabetag: 26. Juni 1995
Größe: gesamt: 29,6 · 38,5 mm
Bild: 25,6 · 34,5 mm
Farbe: sämisch, violettbraun, schwarzbraun

Herkunft, Jugend, Industrietätigkeit

Johann Josef Loschmidt wurde am 15. März 1821 in Putschirn, einem kleinen Egerländer Dorf zirka 3 km westlich von Karlsbad (Tschechien), als ältestes von vier Kindern des Ehepaares Johann Anton Loschmidt und seiner Frau Anna geb. Peterl geboren. Die Muttersprache war deutsch. Der Vater war "Häusler", d. h. landwirtschaftlicher Lohnarbeiter und im Besitz eines Wohnhauses für den Eigenbedarf. Der Sohn Josef, wie er gerufen wird, mußte schon als Knabe die Ziegen hüten - Kinder waren damals im Dorf billige Arbeitskräfte für leichte Arbeiten. Der Volksschullehrer und der Pfarrer in Putschirn bemerkten bald die Begabung des Kindes und ermöglichten ihm von 1833 bis 1837 den Besuch des Untergymnasiums, einer geistlichen Schule, in Schlackenwerth bei Karlsbad, dann des Obergymnasiums in Prag. Anschließend begann Josef Loschmidt an der deutschen Karls-Universität in Prag das Studium der Philosophie. Tschechien war damals Teil der Österreichisch-Ungarischen Monarchie, und diese Universität war die älteste im deutschsprachigen Raum. Josef Loschmidt war nun finanziell ganz auf sich selbst gestellt, und so war es ein

Glücksfall für ihn, daß sein Philosophieprofessor Franz Exner senior wegen eines Augenleidens ihn als Vorleser anstellte. Zugleich fand er damit Eingang in eine Familie, in der er die schönen Künste, also die antike und moderne Poesie, Musik und Malerei kennenlernte. Im Laufe der Zeit versuchte Professor Exner, ihm Forschungsaufgaben zu übertragen, z. B. die Formulierung psychologischer Probleme mit den Methoden der Mathematik. Josef kam jedoch bald zu der Auffassung, daß diese Problemstellung von Grund auf verfehlt ist, und das war dann für ihn 1842 der Anlaß, daß er sich von der Philosophie ganz abwandte und, nach seiner Übersiedlung an die Universität Wien und das Wiener Polytechnikum mit dem Studium von Physik und Chemie begann. Bei einer derartigen mehr praktischen Berufsausbildung bestand natürlich auch die Hoffnung, daß er sich seinen Lebensunterhalt einmal etwas leichter als bisher würde verdienen können, eine Hoffnung, die sich zunächst als trügerisch erweisen sollte. Nach einem Jahr, nämlich 1843, legte er zwar bereits die erste strenge Prüfung für das Doktorat an der Universität ab. Im Studienjahr 1845/46 machte er sogar unter Anleitung von Prof. Schrötter, dem Entdecker des roten Phosphors, am Wiener Polytechnikum (heute: Technische Universität) praktische chemische Analysen. Gemeinsam mit einem Studienkollegen und späteren Freund Benedikt Margulies arbeitete er dann ein Verfahren aus, mit welchem Natronsalpeter in Kalisalpeter umgewandelt werden konnte. Die hierzu erforderliche Pottasche Kaliumkarbonat wurde aus Ungarn bezogen. Bis dahin hatte man Kaliumchlorid dazu verwendet. Zur großtechnischen Verwertung dieses Verfahrens errichteten die beiden Studenten in Atzgersdorf bei Wien sogar eine Fabrik, die zunächst gute Gewinne abwarf. Aber 1849 kam es in Ungarn zur Niederwerfung der 48er-Revolution gegen die Habsburgerherrschaft, der Preis der Pottasche stieg und die Fabrik ging damit leider zugrunde. Josef Loschmidt übernahm dann die Leitung einer Papierfabrik in Peggau/Steiermark, wo er ein Herstellungsverfahren von Oxalsäure aus Textilabfällen erfand. Zu dieser Zeit wurde die Produktion dieser Säure aus Kohlehydraten noch nicht in größerem Maßstab betrieben. Auf dem Umweg über Neuhaus/Böhmen landete Josef Loschmidt schließlich in Brünn, wo er eine Fabrik zur Erzeugung von Salpeter und Blutlaugensalz aufbaute. Obwohl er damit seine Qualitäten als technischer Chemiker unter Beweis stellte, blieb ihm letzten Endes doch überall der wirtschaftliche Erfolg versagt. In ihm reifte nun der Entschluß, als staatlich angestellter Lehrer sein Brot zu verdienen. Bis zur Ablegung der erforderlichen Lehramtsprüfung für Unterreal- und Bürgerschulen nahm er 1850 zunächst einmal einen Hofmeisterposten an einem der fürstlichen Höfe Wiens an, d. h. wohl eine Anstellung als Erzieher. Im Jahre 1856 erhielt er dann endlich eine Lehrstelle an der Volks- und Unterrealschule St. Johann im zweiten Wiener Gemeindebezirk. Daneben begann er nun, wissenschaftlich zu arbeiten. Dabei lernte er den Vorstand des Physikalischen Instituts, Prof. Josef Stefan, der Universität Wien in Wien-Erdberg kennen, der ihm

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

den Weg an der Universität in jeder Weise ebnete, und 1866, also mit 45 Jahren, konnte er sich dort habilitieren und war damit Privatdozent.

Physikalisch-chemische Arbeiten

Loschmidts wissenschaftlich-literarische Tätigkeit sollte nicht gerade umfangreich werden: Die Zahl seiner publizierten Abhandlungen beträgt nur 15; davon sind die beiden ersten gar nur im Selbstverlag erschienen, eine weitere (*Die Weltanschauung der modernen Naturwissenschaft* im Umfang von 65 Seiten) in den *Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse* in Wien 1869, alle anderen in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften. So gering zwar die Anzahl dieser Arbeiten ist, so groß ist jedoch ihre Bedeutung. Die erste, 1861 herausgekommene Arbeit mit dem Titel *Chemische Studien I* (ohne Fortsetzung durch einen Teil II) blieb zunächst fast unbeachtet. Erst 51 Jahre später, 1912, hat Richard Anschütz sie in Ostwalds *Klassikern der exakten Wissenschaften* nachdrucken lassen, um sie als historisches Dokument der Nachwelt zugänglich zu machen. Es handelt sich um die Konstitution des Benzols, der Grundsubstanz aller aromatischen organischen Verbindungen. Das Benzolmolekül besteht aus je sechs Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen. Josef Loschmidt erkannte als Erster, daß die Kohlenstoffatome in Form eines Ringes miteinander verbunden sind und die Wasserstoffatome um den Ring herum wie aufgesetzte Brillanten eines Schmuckringes gleichmäßig verteilt sind. Den C₆-Ring zeichnete er als Kreisscheibe und die H-Atome als kleine Scheibchen am Umfang dieser Kreisscheibe. Vier Jahre später, 1865, hat der Deutsche August Kekulé die Sechseckform der Kohlenstoffatomanordnung mit abwechselnden Doppel- und Einfachverbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen publiziert, doch wurde dies durch die moderne Quantenmechanik wieder eher im Sinne der ursprünglichen Loschmidtschen Darstellung relativiert. Loschmidt hat erkannt, daß ein Kohlenstoffatom in der Regel keine zwei Hydroxylgruppen bindet. Er hat die Beziehungen von Toluol, Phenol, Brenzcatechin, Pyrogallol, Kresol, Benzylalkohol, Benzoesäure und Salicylsäure zum Benzol richtig formuliert, insgesamt Strukturformeln für 368 organische Verbindungen. Allerdings gelang es erst Kekulé, die Ortsisomerie am Benzolring zu erklären. Ferner fand Loschmidt heraus, daß dem Ozon die Formel O₃ zukommt, daß das Molekül also eine Verbindung aus drei Sauerstoffatomen ist. All diese für die damalige Zeit grundlegend neuen Erkenntnisse blieben weitgehend unbeachtet, weil sie nicht in einer Fachzeitschrift mit großem Verbreitungsgrad publiziert wurden, sondern in einer im Eigenverlag erschienenen Schrift. Darüber hinaus verabsäumte er es generell in seinen Publikationen, an das bis dahin Bekannte anzuknüpfen und im Vergleich dazu die Vorteile seiner eigenen Darstellung ins rechte Licht zu setzen. Zum Glück fand er aber immer wieder Freunde und Förderer, die die Bedeutung seiner Forschung erkannten.

Nach einer Arbeit über die Konstitution des Äthers und zwei Arbeiten über Kristallformen diverser organischer Verbindungen erschien dann 1865 in Form einer Publikation *Zur Größe der Luftmoleküle* seine erste theoretisch-physikalische Arbeit. Es war Prof. Stefan, der Loschmidt auf Maxwells Arbeit über den Zusammenhang zwischen einerseits der mittleren freien

Weglänge der Luftmoleküle bei aufeinanderfolgenden Zusammenstößen und andererseits der dem Experiment direkt zugänglichen "inneren Reibung" der Luft hinwies. Loschmidt berechnete den Durchmesser eines Moleküls zum achtfachen der mittleren freien Weglänge des Gasmoleküls multipliziert mit dem Dichteverhältnis gasförmiger Luft zu flüssiger Luft. Von der Dichte der flüssigen Luft konnte er nur einen Wert abschätzen gemäß einem von H. Kopp vorgeschlagenen Verfahren, da es zu dieser Zeit technisch noch nicht möglich war, Luft zu verflüssigen. Für das Dichteverhältnis fand er einen Wert von $8,66 \cdot 10^{-4}$. Die mittlere freie Weglänge der Moleküle hatte bereits Maxwell aus Messungen der inneren Reibung der Luft bestimmt, nämlich $1,4 \cdot 10^{-4}$ Millimeter. Nach Loschmidts Rechnung ergab sich damit der Durchmesser eines Luftmoleküls zu rund einem Millionstel Millimeter. Loschmidt wußte, daß die Luft im wesentlichen ein Gemisch von Stickstoff und Sauerstoff ist und daß beide Molekülsorten aus je zwei Atomen/Molekül bestehen. Rechnet man den Atomdurchmesser als die Hälfte eines Moleküldurchmessers, so ist man schon sehr nahe bei dem Wert, den wir heute dafür kennen. Ein halbes Jahrhundert später, als der bekannte Physiker und Philosoph Ernst Mach immer noch die Existenz der Atome bezweifelte, konnten Max von Laue und seine Mitarbeiter den Abstand der Atome im Kristall und damit den Atomdurchmesser durch Beugung der von Röntgen kurz zuvor gefundenen Strahlen direkt messen und damit die Loschmidtsche Rechnung experimentell bestätigen. Nun zur Loschmidt-Zahl. Heute nennt man das Masse in Gramm, welche das Molekulargewicht angibt, also für Stickstoffgas $2 \cdot 14 = 28$ Gramm, ein "Mol". Gemäß der heute bekannten Dichte flüssiger Luft (oder Stickstoff) von etwa $0,92 \text{ g/cm}^3$ beträgt das Volumen eines Mols dieser Substanz etwa 30 cm^3 oder 30000 mm^3 . Mit Loschmidts Annahme, daß das Volumen einer Flüssigkeit fast vollständig von ihren Molekülen ausgefüllt wird, ergibt sich daraus eine Zahl der Moleküle pro Mol zu 30 000 dividiert durch 1 Millionstel mal 1 millionstel mal 1 Millionstel, das ist eine 3 mit 22 Nullen dahinter oder, in mathematischer Schreibweise, $3 \cdot 10^{22}$. Der heutige genauere Wert ist $6,0224 \cdot 10^{23}$ und damit um rund einen Faktor 20 größer. Umgerechnet auf den Moleküldurchmesser ergibt dies 0,4 Millionstel Millimeter. Diese Zahl von rund $6 \cdot 10^{23}$ ist es, die heute im deutschsprachigen Schrifttum mit Recht Loschmidt zu Ehren als "Loschmidt-Zahl" bezeichnet wird. Leider heißt sie im englischsprachigen Schrifttum "Avogadro-number", indem der Italiener Professor Graf Amedeo Avogadro, durch ein ebenfalls nach ihm benanntes Gesetz aus dem Jahre 1811 bekannt, mit der Loschmidt-Zahl fälschlicherweise in Zusammenhang gebracht wird (vgl. z. B. Chambers: *Concise Dictionary of Scientists*, Chambers Ltd. Edinburgh 1990, Seite 254).

In seinen weiteren Forschungsarbeiten erkannte Loschmidt das "Kerrsche Phänomen" der Licht-Doppelbrechung im elektrischen Feld lange vor Kerr und den "Hall-Effekt" der Ladungsträger-Ablenkung im Magnetfeld lange vor Hall. Aber um diese Erscheinungen experimentell zu realisieren, fehlten ihm die Mittel. Die damalige Forschungsbürokratie stellte dies geradezu als Beweis dafür heraus, wie überflüssig die Anschaffung von Apparaturen sei, denn es genüge ja, etwas theoretisch zu erkennen (Prof. F. Exner, Junior, 1921 in *Die Naturwissenschaften*).

Loschmidts Persönlichkeit

Dank seiner genialen Begabung konnte er Großes leisten; vieles zu leisten blieb ihm aber versagt, weil er nicht ein Mann ausdauernder systematischer Arbeit war. Eingesponnen in seine Gedankenwelt verstand er es oft wenig, den Anforderungen des praktischen Lebens Rechnung zu tragen. Hervorzuheben wäre jedoch auch seine außerordentliche Güte, sein Interesse für die schönen Künste, für medizinische und biologische Fragen. Z. B. konstruierte er veranlaßt durch ein quälendes Magenleiden Apparate, mit deren Hilfe die vom Menschen eingeatmete Luft von Bakterien befreit werden sollte. Als seine Geisteshaltung deklarierte er, sich auf alles Wesentliche zu beschränken und Unwesentliches zu negieren. Als sein Kollege Ludwig Boltzmann einmal ein Gerät mit viel Mühe vom Schmutz gereinigt hatte, sagte er anstelle eines Lobes nur: "Davon pflege ich zu abstrahieren".

Berufungen und Ehrungen

Die Wiener Akademie der Wissenschaften wählte ihn 1867 zum korrespondierenden Mitglied, 1870 zum wirklichen Mitglied. Zwei Jahre nach seiner Habilitation, 1868, wurde ihm das Ehrendoktorat für Philosophie von der Universität Wien verliehen, vermutlich auch, damit man ihn dann auch zum Außerordentlichen Professor der Physik ernennen konnte. Von 1872 bis 1891 war er dann Ordentlicher Professor für Physikalische Chemie an der Universität Wien. Sein Hauptkolleg war die Experimentalphysik für Pharmazeuten. Seine anfänglichen Vorlesungen über die theoretische Physik fanden leider nie eine größere Zuhörerschaft. Im Jahre 1869 gründete er zusammen mit dem Professor der Chemie am Polytechnikum Heinrich Hlasiwetz, dem dortigen Physik-Professor Josef Petzval und dem Universitätsprofessor der Physik Josef Stefan die Chemisch-Physikalische Gesellschaft in Wien, die noch immer existiert.

Eheschließung, Tod, posthume Ehrung

Da Loschmidt lange ohne feste Lebensstellung war, heiratete er erst in vorgerücktem Alter. und zwar seine um 36 Jahre jüngere Haushälterin Karoline Mayr. Aus der Ehe ging 1888 ein Sohn Josef hervor, der jedoch schon im Alter von zehn Jahren starb. Am 8. Juli 1895 ereilte ihn in seiner Wiener Wohnung in der Lacknergasse im Alter von 74 Jahren der Tod, nachdem er schon längere Zeit an einer Magenerkrankung gelitten hatte. Er wurde in einem Familiengrab am Wiener Zentralfriedhof beigesetzt (Gruppe 56 B, Reihe 2, Grab 23). Am 25. November 1899 wurde im Arkadenhof der Universität zu seiner Ehrung eine Büste enthüllt. Die Festrede hielt der weltberühmte Physiker der Universität Wien, Prof. Ludwig Boltzmann. In einer treffenden Charakterisierung Loschmidts zitiert Boltzmann den englischen Physikochemiker Michael Faraday: "Nur der findet Großes, der Unwahrscheinliches versucht". An Loschmidts ehemaligem Wohnhaus in Putschirn wurde am 8. Juli 1936, also 41 Jahre nach seinem Ableben eine Bronzegedenktafel mit der Inschrift (neben Geburts- und Todesdaten) "Josef Loschmidt berechnete als Erster die Zahl der Moleküle" angebracht. Das Haus samt Tafel existiert derzeit noch.

100 Jahre Röntgenstrahlen



Sondermarke der Deutschen Bundespost

Am 8. 11. 1895 bemerkte Wilhelm Conrad Röntgen bei Experimenten mit einer Kathodenstrahlröhre eine bisher unbekannte Art von Strahlen. Nach einer gründlichen Untersuchung dieser X-Strahlen legte er Ende Dezember eine erste Mitteilung darüber vor.

Das frühe Röntgenbild einer Hand, aufgenommen vom Mitglied der Physikalischen Gesellschaft Paul Spies bei einem seiner zahlreichen Vorträge in der Berliner "Urania" im Jänner 1896. (Aus der Zeitschrift *Physikalische Blätter* Heft 1/95, in dem die Geschichte der Physik in Deutschland seit der Gründung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin vor 150 Jahren ausführlich dargestellt wird.)

Bücherecke

Chemische Experimente in Klassenarbeiten und Klausuren

Hanno Zander

Praxis Schriftenreihe Chemie, Band 45,
3. Auflage 1994, DM 29,80. ISBN 3-7614-1629-6
Aulis Verlag Deubner & CoKG, Köln

Der Autor erläutert in seiner völlig neu überarbeiteten 3. Auflage die Einsatzmöglichkeiten von Experimenten bei Prüfungen in Unter- und Oberstufe. Das Buch bietet viele praktische Beispiele für den Einsatz des Experimentes als Demonstrations- oder Schülerversuch bei der Leistungskontrolle.

In der 3. Auflage wurden zu gefährliche Experimente aus Sicherheitsgründen gestrichen oder modifiziert. Neu sind die Hinweise auf die entsprechenden R- und S-Sätze sowie Entsorgungshinweise. Zusätzlich wurde das Buch durch viele neue Aufgaben erweitert.

Der Inhalt wurde in folgende Teile gegliedert: Anfangsunterricht - einige grundlegende Versuche mit Lösungen und Schülerantworten; Sekundarstufe I - 15 Experimente (z.B. Untersuchungen von Natriumchlorat, Versuche mit Fuchsin); Sekundarstufe II - Versuche aus der Organischen Chemie, Atom- und Bindung sowie Verlauf Chemischer Reaktionen; 3 Vollständige Arbeiten aus Klausurarbeiten; Abitur (schriftliches und mündliches Abitur) - dieser Teil des Buches entspricht im Umfang etwa den vorhergehenden Kapiteln, in vielen Beispielen wird detailliert beschrieben, wie Experimente in die Prüfungsarbeiten miteinbezogen werden können; Anhang - kleine Sammlung von Zeitungs- bzw. Buchausschnitten mit sachlichen Fehlern, die von Schülern bei Prüfungen erkannt und korrigiert werden sollen.

Auch wenn die Buchinhalte nicht direkt bei Leistungsüberprüfungen eingesetzt werden, bringen sie vielfältige Anregungen für den Chemie-Experimentalunterricht.

Oszillierende Chemische Reaktionen und Strukturbildungsprozesse

Herbert Brandl

Praxis Schriftenreihe Chemie, Band 46,
1. Auflage 1987, DM 22,--. ISBN 3-7614-0993-1
Aulis Verlag Deubner & CoKG, Köln

Wer kennt nicht die erstaunten Gesichter der Schüler, wenn nach einem Farbumschlag im Kolben die Farbe wie von Geisterhand wieder zurückschlägt - und das mehrere Male? Es handelt sich um oszillierende chemische Reaktionen, die es in vielen Variationen gibt.

In den ersten Kapiteln werden solche Vorgänge mit den verschiedensten Beispielen dargestellt. Die benötigten Chemikalien und Geräte werden angeführt und das Experiment genau beschrieben. Die Reaktionssysteme werden jeweils genau erklärt und theoretisch beleuchtet.

Der zweite Teil des Buches beschäftigt sich mit Strukturbildungen, beginnend bei physikalischen und biologischen Strukturbildungen bis zu chemischen Musterbildungsprozessen, Konzentrationsmustern und anderen Phänomenen.

Die beschriebenen Experimente sind höchst motivierend und durch ihre relativ schnelle und leichte Durchführbarkeit geeignet, chemische Gesetzmäßigkeiten anhand praktischer Übungen von den Schülern weitgehend selbsttätig forschend erarbeiten zu lassen. Als mögliche Themen bieten sich hier Reaktionskinetik, chemisches Gleichgewicht, Redoxprozesse, photo- und elektrochemische Phänomene an. Einige Beispiele aus dem Inhaltsverzeichnis: Wandernde chemische Wellen, Chemische Geysire, Oszillierende Ioduhr, Pulsierendes Quecksilberherz, Chemisches Blinklicht, Chemische Verkehrsampel.

Das vorliegende Buch ist bis heute das einzige Experimentalbuch zu diesem faszinierenden Gebiet der Chemie.

Aulis Kolleg Chemie Elektrochemie - Wechselwirkung zwischen stofflicher Veränderung und elektrische Energie (Lehrerausgabe)

W.Jansen, M.Kenn, B.Flintjer, R.Peper

4. verb. Auflage 1994, DM 24,--. ISBN 3-7614-1530-3
Aulis Verlag Deubner & CoKG, Köln

Der bewährte Aufbau der zweiten und dritten Auflage hat sich auch in dieser Neuauflage nicht verändert. Es wurden jedoch einige Fehler korrigiert und Daten auf den neuesten Stand gebracht; Ergänzungen wurden bei den elektrochemischen Energiequellen, dem Korrosionsschutz und der Chloralkalielektrolyse vorgenommen. Völlig neu geschrieben wurde das vierte Kapitel "Die elektrochemische Spannungsreihe der Metalle und Nichtmetalle - Normalpotentiale". Dieses Kapitel enthält nun die Abschnitte "Elektrochemische Spannungsreihe der Metalle und Nichtmetalle", "Energetische Vorgänge in elektrochemischen Zellen - das Elektrodenpotential".

Das Buch ist in 10 Kapitel gegliedert: Grundlagen der Ionentheorie und Leitfähigkeit; Gesetzmäßigkeiten bei der Elektrolyse, Faradaysche Gesetze; Elektrischer Strom durch Umkehrung der Elektrolyse; Elektrochemische Energiequellen; Die elektrochemische Spannungsreihe der Metalle und Nichtmetalle - Normalpotentiale; Normalpotentiale bei Ionenumladungen - Redoxtitration; Korrosion und Korrosionsschutz; Die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotentials; Zersetzungsspannung und Überspannung bei der Elektrolyse; Technische Elektrolyseverfahren.

Zwei der vielen Experimente seien herausgegriffen: der sehr eindrucksvolle Versuch, bei dem die Hydrathülle von Ionen in einer Kristallisierschale gezeigt werden kann - dieser Versuch läßt sich auch sehr eindrucksvoll am OH-Projektor durchführen.

ren; eine gute Idee ist die Verwendung eines Unterputzkabels zur Bestimmung der Leitfähigkeit wässriger Lösungen - da die beiden Elektroden für Anfänger nicht immer als getrennt erkannt werden, könnte es zu Verständnisschwierigkeiten kommen.

In der 4. Auflage beibehalten wurde die folgende Aufteilung:

- Lehrerband. Er enthält neben dem Schülermaterial auf den "gelben Seiten" entsprechende didaktisch-methodische Hinweise.
- Schülerband
- Medienmappe. Sie enthält Arbeitsblätter und zusätzliches Material in kopierfertiger Form.

Werner Rentzsch

Albert Einstein/Mileva Maric Am Sonntag küß' ich Dich mündlich Die Liebesbriefe 1897 - 1903

**Hrsg. von Jürgen Renn und Robert Schulmann, mit
einem Essay "Einstein und die Frauen" von Armin
Hermann**

Piper: München - Zürich, ISBN 3-492-03644-9, 214 S,
11 Abb.

Eine Rezension von Liebesbriefen in PLUS LUCIS statt in BRIGITTE? Ist es nicht klar, daß verliebte Physikstudenten Gockel wie andere sind? Was soll daran so interessant sein?

Der Briefwechsel zwischen einem jugendlichen Genie in seiner schwierigsten Zeit von Studium, Suche nach Broterwerb und trotzdem intensiver wissenschaftlicher Arbeit als Einzelgänger und einer 3 Jahre älteren Studentin in mehrfacher Außenseiterrolle gibt uns Aufschluß über die wissenschaftlichen Interessen Einsteins, aber auch über die verzwickte Lage der beiden. Mileva Maric war Serbin und begann trotz der damaligen Vorurteile gegen Frauen 1896 das Studium der Mathematik und Physik an der ETH Zürich. Sie scheiterte zweimal bei der Diplomprüfung, fand daher auch keine Anstellung als Lehrerin - was sie anscheinend unter Einsteins Einfluß nicht sehr stark betrieb, der - ganz ein junger Patriarch - versprach, für sie zu sorgen. (Als er endlich am Patentamt angestellt zu werden hofft: "... was für reiche Leut wir in Bern sein werden? 3500 fr. ist die Minimalbesoldung..., steigt aber bis 4500 fr. E. meint zwar, man könne mit Frau nicht mit 4000 fr. auskommen. Aber wir werdens dann schon durch die That beweisen, wie famos das geht! ... Wir haben in Zürich mit kaum der Hälfte gekonnt & waren sehr vergnügt dabei...", Brief vom 28.12.1901)

Der Briefwechsel beginnt mit einem Brief Milevas aus Heidelberg, wo sie im Wintersemester 1897 studierte, in dem sie u.a. über die Vorlesung von P. Lenard berichtet, dem späteren Begründer der "Arischen Physik", und endet im September 1903, neun Monate nach der Hochzeit und 11 Jahre vor ihrer Trennung. Aus dieser Zeit sind 54 Briefe erhalten. Wir erfahren einiges über Einsteins wissenschaftliche Interessen, über eine scharfe Abfuhr, als er Drude wegen seiner Elektronentheorie

brieflich kritisierte. In keiner Weise wird die These gestützt, daß Mileva Maric zu Einsteins berühmten Arbeiten beitrug. Die eigentliche Sensation ist jedoch die Erwähnung von Lieserl, der wahrscheinlich im Jänner 1902 geborenen Tochter, die mehrmals erwähnt wird. Vermutlich wurde sie von Verwandten Milevas adoptiert, jedenfalls hat sich ihre Spur verloren.

Zwei Beiträge der Herausgeber runden das Bändchen ab: Renn und Schulmann kommentieren den Briefwechsel und ergänzen ihn dadurch zu einem kohärenten Bild. Die Rolle des Experimentalphysikers Prof. Weber erscheint in einem neuen Licht - als Reaktion auf den konservativen messenden Physiker entwickelt sich Einstein zum Theoretiker, der die experimentelle Überprüfung stets im Auge behielt. In welchem Maß Einstein Autodidakt war, erkennt man ebenfalls aus den Briefen. Mileva war eine außergewöhnliche junge Frau, die aber schließlich an Einstein zerbrach.

Armin Hermann, Wissenschaftshistoriker an der Universität Stuttgart, zeichnet in seinem Essay *Einstein und die Frauen* ein lebendiges Bild des privaten Einstein. Eine der Affären ist im Beitrag "Einstein und die Österreicher" in diesem Heft beschrieben.

Alles in allem, ein Mosaikstein aus dem Werdegang eines Genies, ein Blick in die Seelen zweier junger Menschen in schwieriger Zeit. Eine interessante, jedoch kurzweilige Lektüre.

H. Kühnelt