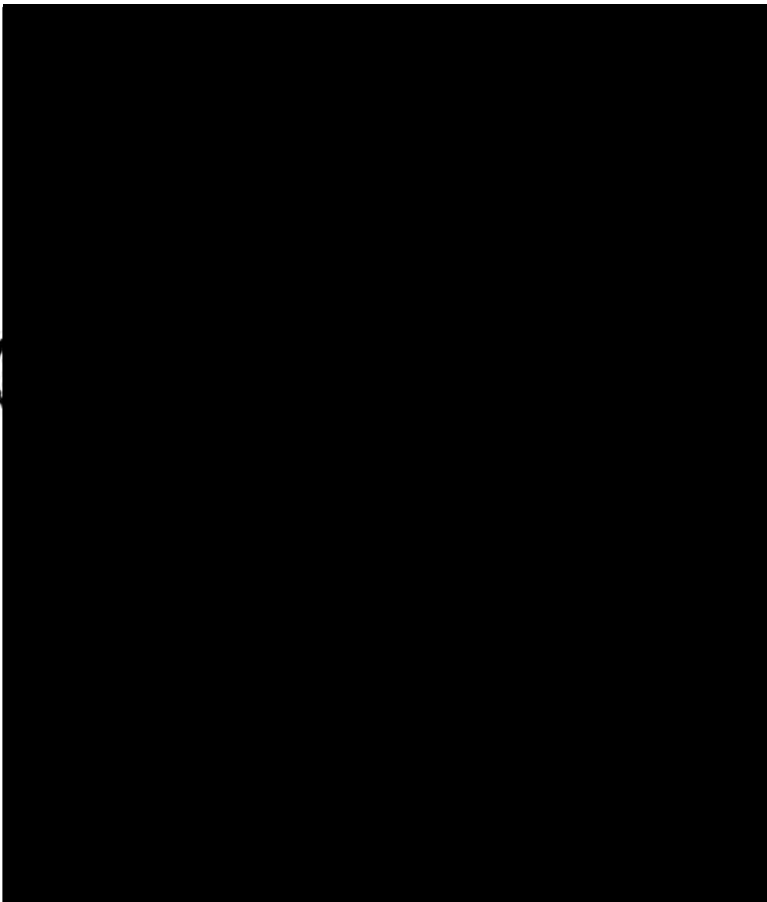


PLUS LUCIS

2/96

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



Tesla in Graz
Vereinsgeschichte
Biologie und Physik
Neue Medien im Unterricht
Treibhauseffekt und Ozonloch
Zwischen Atom und Kosmos
Freihandexperimente
Bücherecke

Physik Chemie

Impressum

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

Erscheint viermal jährlich.

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

Redaktionsteam dieser Ausgabe: H. Kühnelt, W. 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, Vereinsterna.

Beiträge werden erbeten an:

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

HOL W. Haslauer, Wienerstr. 21, 3250 Wieselburg

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

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

Inhalt

Vorwort: Alle reden über das Wetter - auch im Unterricht? 1

Aktuelles

Briefe 2

Geschichtliches

Die Zeit der Obmannschaft von Prof. Seidl und die Gründung der Fortbildungswochen 3

Gedanken zur Kindheit von Albert Einstein 8

Zum Studium von Nikolaus Tesla in Graz und Prag 9

Anekdoten über Nicola Tesla 13

Fachdidaktik

Der menschliche Lebensraum zwischen Atom und Kosmos: eine Reise durch Dimensionen und Disziplinen - Teil II 14

CD-ROMs für den Physikunterricht - Teil II 22

Für die Praxis

Von Gullivers Reisen bis Jurassic Park: Größenordnungen in der Natur 29

Treibhauseffekt und Ozonloch - ein großes Durcheinander 33

Freihandexperimente

Freihandexperimente 38

Bücherecke 39

Umschlagbild: Das Skelett einer Eidechse (oben) und eines Sauriers im Vergleich. Der Maßstab wurde so gewählt, daß beide Skelette gleich groß sind. Zum Artikel von Martin Apolin auf S. 29

Alle reden über das Wetter - auch im Unterricht?

Fächerübergreifender Unterricht wird immer wieder gefordert im Bemühen, die allzu weit gediehene gegenseitige Abgrenzung von Schulfächern aufzubrechen. Lehrpläne fordern Praxisbezug und Herstellung von Querverbindungen explizit ein. Warum ist dies nicht selbverständlich? Physik und Chemie haben sich immer stärker spezialisiert. Die angewandten physikalischen Wissenschaften wie Meteorologie, Geophysik und Astronomie sind in Österreich nicht mehr in der Physik integriert, sind im Lehramtsstudium nicht mehr verpflichtend; unter dem Zwang der Stoffbeschränkung sind sie im Physiklehrplan nur schwach vertreten. Wer unterrichtet nun über das Polarlicht? Erraten - die Biologen!

An einigen kleinen Beispielen möchte ich Ihnen heute Lust machen, im Unterricht meteorologische Themen aufzugreifen. Ein Lehrplanbezug ist dabei stets gegeben.

Zum Luftdruck: Urlaubszeit - Reisezeit - Wanderzeit. Wie groß ist der Luftdruck in der Kabine eines Flugzeugs? Haben Sie schon ein Dosenbarometer bei einer Fahrt auf Gebirgsstraßen, einer Seilbahnfahrt regelmäßig abgelesen? Welcher Luftdruckunterschied besteht beim Donauturm zwischen Eingang und Aussichtsplattform? Die Antwort liefert ... die barometrische Höhenformel. Doch wer kann sie im Kopf auswerten? Also Rückgriff auf den ersten Schritt ihrer Herleitung - aber ohne hohe Mathematik!

Auf der Plattform in der Höhe H lastet auf uns weniger Luft als am Erdboden. Die Druckabnahme Δp beträgt $\rho g H$. Bei einer Luftdichte $\rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$ ergibt sich eine Druckabnahme von 13 hPa (mbar) pro 100 m Höhendifferenz. Würde dieser Wert allerdings nicht nur in geringen Höhen über dem Meeresspiegel gelten, sondern in beliebigen, dann müßte die Luftdichte mit zunehmender Höhe gleich bleiben und die Atmosphäre fände bei $H_0 = 7,8 \text{ km}$ ein abruptes Ende. In der verbesserten Behandlung, die zur barometrischen Höhenformel führt, findet sich dieselbe Höhe von 7,8 km als charakteristische Höhe der Atmosphäre wieder: $p(h) = p(0) \exp(-h/H_0)$.

Einprägsamer ist aber die Halbwertshöhe $H_{1/2} = 5,5 \text{ km} = (H_0 \ln 2)$: Bei einem Aufstieg um 5500 m fällt der Luftdruck um die Hälfte. Um wieviel sinkt der Luftdruck bei einem weiteren Aufstieg um 2750 m? (Die barometrische Höhenformel wird unter der Annahme einer isothermen Atmosphäre abgeleitet. Da dies in der Realität nicht erfüllt ist, kann sie nur eine nützliche Näherungsformel sein.)

Trockene und feuchte Luft: Wieviel Wasserdampf kann in Luft enthalten sein? Hat trockene oder feuchte Luft die größere Dichte? Welche Bedeutung hat dies? Die Antwort auf die erste Frage gibt die folgende Tabelle.

Maximale absolute Feuchte der Luft über Wasser und Eis (g/m^3)

T (°C)	-20	-10	0	10	20	30	40
Wasser	1,1	2,3	4,8	9,4	17,3	30,3	51,4
Eis	0,9	2,1	4,8				

Im wesentlichen gibt die Tabelle das exponentielle Verhalten der Dampfdruckkurve wieder. Viel läßt sich aus ihr ablesen. Wir verstehen den hohen Flüssigkeitsbedarf bei kalter Luft: Selbst im Nebel, also bei 100% relativer Luftfeuchte ist nur wenig Wasserdampf in der Luft enthalten. In der Lunge wird die Atemluft auf 37°C gebracht, daher sinkt die relative Feuchte unter 10%, was eine erhebliche Wasserabgabe der Lungenbläschen nach sich zieht.

Bei gleichem Druck und gleicher Temperatur ist Luft mit einem höheren Wasserdampfgehalt spezifisch leichter als trockener Luft: Die leichten H_2O -Moleküle haben die schweren N_2 - und O_2 -Moleküle teilweise ersetzt (*Gesetz von Avogadro*, bzw. *Daltons Gesetz der Partialdrücke*). Pakete mit feuchter, warmer Luft steigen auf, kühlen sich ab und bilden Wolken. Wie sieht die vertikale Temperaturverteilung aus?

Zunächst grob: In der Troposphäre nimmt die Temperatur vom Boden (mittlere Temperatur etwa 10°C) bis 10 km Höhe (-55°C) ab, im Mittel also rund 0,65°C pro 100 m. (In der darüberliegenden Stratosphäre steigt die Temperatur wieder an, weshalb die Stratosphäre stabil geschichtet ist und die Wettervorgänge auf die Troposphäre beschränkt bleiben. Analog tritt bei Inversionslagen, z.B. bei Kaltluftseen mit darüberliegender Warmluft, keine Durchmischung der Atmosphäre und keine Verdünnung der Abgase ein.)

Trockene und feuchte gesättigte Luft verhalten sich unterschiedlich. Die Erwärmung der Luft erfolgt am Boden; ein erwärmtes, eventuell feuchtes Luftpaket steigt auf. Wegen der schlechten Wärmeleitfähigkeit von Luft erfolgt kein Temperaturengleich mit der Umgebungsluft (adiabatische Zustandsänderung). Da mit zunehmender Höhe der Druck abnimmt, dehnt sich das Luftpaket aus und verdrängt Umgebungsluft. Die dafür notwendige Energie entstammt seiner inneren Energie, daher kühlt es ab. Die Rechnung ergibt eine "trocken-adiabatische" Temperaturabnahme von 1°C pro 100 m. Erreicht dabei die relative Feuchte 100%, kondensiert bei Vorhandensein von Kondensationskeimen der Wasserdampf (Erreichen des Taupunkts). Die dabei frei werdende Kondensationswärme "heizt" die Luft auf und verringert die Abkühlungsrate auf ca. 0,5°C - 0,9°C pro 100 m. Dies sorgt für zusätzlichen Auftrieb und führt zur Entwicklung hochreichender Cumuluswolken.

Auch der Föhn, der häufig unvollständig erklärt wird, läßt sich nun verstehen. Regnet es in Bozen (240 m über NN) bei 12°C und steigt die Luft weitere 2500 m über den Alpenhauptkamm, so kühlt sie sich auf etwa 0°C ab und ihre absolute Feuchte sinkt auf 5g/m³. Fällt anschließend die getrocknete Luft ins Inntal (580 m über NN), erwärmt sie sich auf 20°C und ihre relative Feuchte sinkt auf etwa 30% - und bei diesem wolkenlosen Wetter kann die Sonne noch zusätzlich wärmen.

Der heurige Sommer gäbe noch mehr Themen ab. Auf einen schönen Herbst hofft

Ihr Helmut Kühnelt.

Lit.: Hans Häckel, *Meteorologie*, Uni-Taschenbücher 1338; *Wie funktioniert das? Wetter und Klima*. Meyers Lexikonverlag.

Briefe

Betrifft: *"Wissenschaftserziehung und Gesellschaft"* von Prof. Herwig Schopper in Heft 1/96 Seite 3ff

Lassen Sie mich Ihnen und Ihren Mitarbeitern zum gelungenen Heft 1/96 meinen Dank aussprechen. Besonders der obig genannte Artikel war mir eine große Hilfe bei der Erstellung einer neuen Stundentafel für unsere Hauptschule.

Wie einige Kollegen bereits befürchteten, führte die durch das Sparpaket der Regierung erzwungene Reduktion der Stundenzahl der Sekundarstufe I zu einer Kontroverse um die Bedeutung des Faches Physik und Chemie in unserer Hauptschule.

Als einziger Vertreter dieser Fachrichtung hatte ich es in den mehrfachen Konferenzen zu diesem Thema verständlicherweise nicht leicht, Stundenreduktionen abzuwenden. Eine unschätzbare Argumentationshilfe war mir dabei der genannte Beitrag. (Für Interessierte liegen meine Argumente bei.) Damit argumentativ "aufgerüstet" hatte ich auch Erfolg und die Stundenzahl für PC bleibt an unserer Hauptschule im bisherigen Maß erhalten !

An diesem Beispiel zeigte sich mir wieder einmal deutlich, welche große praktische Bedeutung die "kleine" Fachzeitschrift unseres Vereines haben kann.

Lassen Sie mich Ihnen und Ihren Mitarbeitern erholsame Ferien wünschen und ich verbleibe mit freundlichen Grüßen

Gabriel Rainer
Rätikonstraße 7
A-6706 Bürs

Argumente gegen Stundenreduktion in Physik/ Chemie in der Hauptschule

- PC besteht aus zwei Fächern, die im Gymnasium (lehrplanident) auch getrennt geführt werden. Dann ergibt sie etwa eine Stundentafel von PH 5 und CH 3 Stunden. Die Kürzung von einer Stunde entspricht somit 20% oder sogar 33% der zur Verfügung stehenden Zeit. Welches andere Fach hätte derartige Kürzungen ?
- In Österreich besteht eine traditionell negative Einstellung zum naturwissenschaftlichen Bereich. Das Fach PC vertritt als einziges diesen Bereich vollständig. Dem Trend zu attraktiveren, weil weniger anstrengenderen Gegenständen (LÜ, BE) ist entgegenzuwirken.
- Die Bedeutung einer fundierten Ausbildung im naturwissenschaftlichen Bereich zeigt ein Beitrag von Prof. Herwig Schopper in PLUS LUCIS 1/96 Seite 3ff:

1. Physik, oder allgemeiner die Naturwissenschaften, sind Teil der menschlichen Kultur.
2. Wir leben in einer Welt, die auf den Ergebnissen der Technologie gegründet ist, die ihrerseits ihre Wurzeln zu einem großen Teil in der Physik hat.

3. Physik wird auch in Zukunft benötigt, um einige der fundamentalen Probleme der Gesellschaft zu meistern.

4. Die Denkformen der Physik, die physikalische Methodik, lehren, wie Probleme in allgemeiner Weise angepackt werden können, was in verschiedenen Gebieten von Vorteil sein kann.

5. Schulunterricht in Physik ist vor allem für diejenigen wichtig, die nicht in der Wissenschaft bleiben, sondern sich anderen Berufen zuwenden werden und die vielleicht eines Tages führende Persönlichkeiten unserer Gesellschaft werden.

Punkt 5 betrifft besonders unsere Schüler, die eine Lehre oder eine weiterführende Schule machen.

Das Unterrichtsprinzip "Umwelterziehung" ist ohne fundierte Kenntnisse in Chemie inhaltslos. Chemie liefert auch Grundwissen für Biologie/Umweltkunde und Geographie (Energieträger,...) sowie Gesundheitserziehung.

Auch das Ministerium unterstreicht die Bedeutung von PC dadurch, daß im offiziellen Normstundenmodell keine Streichung dieser Stunden vorgenommen wurde (Brief von Ministerin Gehrler in PLUS LUCIS 1/96 Seite 2).

Betr.: *CD-ROM im Physikunterricht* von Michael Dobes, PLUS LUCIS 4/95

Der Testbericht über die CD-ROM "The Way Things Work" ist äußerst treffend. Die CD ist vom Stil her besonders gut.

Peter Angerer, Leoben

Die Zeit der Obmannschaft von Prof. Seidl und die Gründung der Fortbildungswochen

Karl Lintner

Im ersten Heft der Zeitschrift Plus Lucis ist auf Seite 23 eine Kurzbiographie von Frau Prof. Dr. Franziska Seidl enthalten. Anlässlich ihres 100. Geburtstages hat Prof. Preining einen Vortrag gehalten, den er bei der Fortbildungswoche 1993 wiederholte. Er hat auch mit Unterstützung von Frau Dr. Berner und Dr. Tilgner einige der vielen Experimente aus Seidls Vorträgen gebracht. Dieser Vortrag hat die Person Seidl und vor allem ihre Experimentierkunst auch denen nähergebracht, die sie nicht mehr selbst gekannt haben.

Hier soll nur über ihre unvergessenen Leistungen für den Verein, die auch ein neues Betätigungsfeld eröffnet haben, berichtet werden.

Da Franziska Seidl bei Prof. Lecher, dem Obmann des Vereins von 1920 bis 1925, dissertierte und anschließend ab 1923 bei ihm am I. Physikalischen Institut Assistentin war, kam sie frühzeitig mit dem Verein in Verbindung. Sie war vor 1938 Ausschußmitglied und ab 1938, wie schon im ersten Teil dieses Berichts erwähnt, stellvertretende Leiterin dieses Vereins.

Schon im Juni 1945 gab es zwischen Prof. Seidl, Regierungsrat Müllner und Schulrat Kellermann Gespräche über die Fortführung des Vereins, bei denen sich Seidl bereit erklärte, eventuell die Obmannstelle zu übernehmen. Am 24. August erfolgte dann bereits die Anmeldung beim zuständigen Staatsamt für Inneres, selbstverständlich mit den vor dem Krieg geltenden Satzungen. Seidl nahm auch sofort Verbindung mit Firmen auf, so z.B. mit Reichert, Pichler's Witwe, Rohrbeck's Nachfolger usw. Ebenfalls suchte sie Vortragende für das Schuljahr 1945/46 zu finden. Sie verhandelte mit den Physikern Hans Thirring und Stefan Meyer, sowie mit den Chemikern Haller und Klemens von der Technischen Hochschule. Seidl bat Regierungsrat Müllner, für Vorträge aus dem Lehrerkreis zu sorgen.

Als Seidl erfuhr, daß das Bundesministerium für Unterricht eine "Zentralstelle zum Wiederaufbau der Lehrmittelsammlungen für den physikalischen Unterricht an Mittelschulen" zu errichten plante, stellte sie als provisorische Leiterin des I. Physikalischen Instituts dafür zwei Räume zur Verfügung. In einem Schreiben vom 17.9.1945, in dem sie dem Rektor der Universität diese Tatsache mitteilte, führt sie unter anderem aus "... Ich bin an dieser Einrichtung sehr interessiert, da ich bestrebt bin, die Notwendigkeit aufzuzeigen, daß sich die Hochschulen am Aufbau der Lehrplangestaltung für Mittelschulen aktiv beteiligen ...".

Bereits am 10. Oktober 1945 eröffnet Prof. Seidl mit einem Vortrag über "Physik im Unterricht" die Vereinstätigkeit.

Der in Ausschußsitzungen erarbeitete Plan der Abhaltung einer Hauptversammlung, die ja zur Wahl der Vereinsleitung

notwendig ist, im Jänner und der Feier des 50-jährigen Bestehens des Vereins im Februar, konnte nicht verwirklicht werden, da es ab 7. Dezember Kälteferien gab. Eine Vortragsreihe von Ing. Ohme über Unterrichtsversuche wurde jedoch im November und Dezember abgehalten.

Am 16. März 1946 fand dann die Hauptversammlung mit einem Vortrag von Dipl. Ing. Sliskovic mit dem Titel "Modernes Fernsehen" statt. Bei der satzungsmäßig notwendigen Wahl wurde Prof. Seidl zum Obmann und Regierungsrat Müllner zu ihrem Stellvertreter gewählt. Am 18. März erfolgte die Meldung an die Vereinsbehörde, die laut Vereinsgesetz zwar zu erfolgen hat, wobei aber die Behörde die Wahl nicht mehr beanspruchen kann.

Am 5. Mai wurde dann die Feier anlässlich des 50-jährigen Bestehens des Vereins abgehalten. Vorträge hielten dabei Prof. Klemens von der Technischen Hochschule über "Ergebnisse der chemischen Forschung in den letzten 5 Jahrzehnten und ihre schöpferischen Theorien" und Prof. Flamm, ebenfalls Technische Hochschule, über "Die Verwendung der Atomenergie". Ferner fanden noch zwei Lehrvorführungen durch Ohme und Koller statt.

Am 19. Oktober fand die Hauptversammlung über das Schuljahr 1945/46 mit einem Vortrag von Dir. Manlik: "Stefan - Loschmidt - Boltzmann, das Dreigestirn der Wiener Physikerschule" statt. Es konnte ferner ein umfangreicher Tätigkeitsbericht über das abgelaufene Vereinsjahr gegeben werden. Es fanden neben zwei Gedächtnisfeiern (für Deisinger und Kraus) 6 Vorträge, 10 Versuchsvorführungen in Schulen und 3 Exkursionen statt. Daß der Verein so bald nach Kriegsende wieder eine rege Tätigkeit ausüben konnte, ist zweifellos das große Verdienst von Prof. Seidl.

Vom ersten Vereinsjahr sollen noch zwei Ereignisse hervorgehoben werden. Prof. Seidl hat neben dem Lehramtskandidatenpraktikum auch noch ein Seminar eingerichtet, in dem die Studenten selbst Experimente vorführen mußten, um mit dem Umgang mit physikalischen Apparaten vertraut zu werden. Über die Hilfskraft bei dieser Veranstaltung schreibt Seidl an den Landesschulinspektor: "... Ich lege Wert darauf, daß ich für das Praktikum und das Seminar eine Kraft habe, welche aktive Lehrkraft ist. Es sollen vor allem die Kandidaten den engen Kontakt zwischen Universität und Mittelschule kennenlernen. Von den Hochschulen her sollen die Mittelschulen Richtlinien bekommen. Doch das Niveau muß von den Mittelschulen bestimmt werden, das kann der Lehrer besser beurteilen, da er das Schülermaterial besser kennt ...". Mit diesem Brief hat sich Prof. Seidl für Frau Dr. Jiranek eingesetzt, der von ihrem Schuldirektor Schwierigkeiten bei der Übernahme dieser Tätigkeit gemacht wurden.

Der zweite Punkt, der aus dem ersten Nachkriegsvereinsjahr erwähnt werden soll, ist die Lehrplandiskussion, die ja bis heute immer wieder aktuell ist. Prof. Seidl brachte ihre Ver-

Fortsetzung des Artikels "Reflexionen über die hundertjährige Geschichte des Vereins" (Plus Lucis 2/94).

wunderung, ja Mißbilligung zum Ausdruck, daß der Verein dabei nicht einbezogen wurde, genauso wie es befremdlich ist und war, daß auch die Hochschulen nicht mit Lehrplanfragen befaßt werden. Schon in diesem ersten Jahr ihrer Obmannschaft versuchte Seidl nach Vorsprachen im Ministerium "Verbündete" in diesem Kampf an der Universität und der Technischen Hochschule, sowie im Stadtschulrat zu gewinnen. Jahre später veranstaltete sie dann mit den Hochschulen und der Physikalischen Gesellschaft eine Pressekonferenz, bei der die Sorgen über die Verringerung der Zahl der Unterrichtsstunden zum Ausdruck gebracht wurden.

Schon im Herbst 1946 versuchte Prof. Seidl wieder eine Vereinszeitschrift herauszubringen, Bemühungen, die aber wegen Papierknappheit nicht realisiert werden konnten. Vorträge auf Veranstaltungen wurden zwar gelegentlich als Sonderdrucke von den Verlagen Deuticke, Deutscher Verlag für Jugend und Volk oder Springer herausgebracht, aber für den Druck einer Zeitschrift gab es keine Bewilligung der Behörde. Im Jahre 1951 erschien auch ein Sonderheft der Zeitschrift "Naturwissenschaft und Unterricht" (die Zeitschrift für den neuzeitlichen physikalischen und chemischen Unterricht) des Verlags Hippolyt, in dem die Beiträge einer Tagungsveranstaltung wiedergegeben wurden.

Als Ersatz für eine Zeitschrift erschien etwa vierteljährlich das Mitteilungsblatt des Vereins, in dem Tagungen und Veranstaltungen angekündigt wurden, Buchrezensionen enthalten waren, sowie Kurzberichte über Vereinsveranstaltungen.

Im Februar 1947 erläuterte Prof. Seidl in einer Ausschußsitzung ihren Plan einer "Fortbildungswoche". In mühevollen Verhandlungen ist es ihr gelungen, vom Bundesministerium für Unterricht die Zustimmung für eine solche Veranstaltung zu erhalten und es wurde die volle Unterstützung und eine finanzielle Zubeße in Höhe von S 7.000,- zugesagt. Das Programm und der Termin sollten im Amtsblatt und im Verordnungsblatt des Stadtschulrats bekanntgemacht werden. Prof. Seidl begründete die Abhaltung der Fortbildungswoche mit folgenden Worten "*... Diese Veranstaltung bezweckt, die Teilnehmer aus allen Bundesländern zu gemeinsamer Arbeit zu vereinen – wohl zum Unterschied zu den schon vor dem Krieg gelegentlich abgehaltenen Fortbildungskursen, deren Besuch praktisch nur für Wiener Lehrer möglich war – und sie einerseits mit den Fortschritten der neuzeitlichen Forschung der Wissenschaft bekanntzumachen, andererseits ihnen durch methodische Vorträge praktische Winke für ihre Lehrtätigkeit zu geben. Dies geschieht durch Abhaltung von Referaten und Besuchen von technischen Betrieben. Gleichzeitig findet eine Lehrmittel- und Buchausstellung statt ...*".

Die Fortbildungswoche fand in der Zeit vom 5. bis 10. Mai 1947 statt. Das Programm enthielt drei Vorträge von Prof. Prizibram über "Moderne Kernphysik" und drei Vorträge von Prof. Seidl über "Moderne Röntgenphysik", sowie Unterrichtsvorfürungen und Exkursionen. Wenn auch der Dekan der Philosophischen Fakultät der Universität Wien, Prof. Dr. Hans Thirring, die Veranstaltung eröffnete, so legte Prof. Seidl doch besonderen Wert darauf, zu betonen, daß es sich dabei um eine Veranstaltung des Vereins handelt.

Die Veranstaltung war ein großer Erfolg. Man plante daher, auch in den nächsten Jahren solche Veranstaltungen durchzu-

führen. Diese Fortbildungswochen sind ja auch tatsächlich ein fester Bestandteil der Vereinstätigkeit bis heute geblieben.

Tatsächlich fand im Juni 1948 bereits die zweite Fortbildungstagung statt. Sie begann bereits am Samstag mit einer Eröffnungsansprache des Präsidenten der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Prof. Ficker. Anschließend berichtet Prof. Ehrenhaft über seine Erfahrungen bezüglich des Physik- und Mathematikunterrichts in der angelsächsischen Welt. Dann hielt Prof. Seidl einen Experimentalvortrag über das "elektrische Verhalten der Seignetta-Elektrika". Wenn Seidl auch schon gelegentlich bei Vereinsveranstaltungen Experimentalvorträge gehalten hatte, so sollte dies doch der erste in einer Reihe von über 25 Vorträgen bei Fortbildungswochen sein, die stets zu den Höhepunkten der Tagung zählten. Mit Unterstützung junger Assistenten - Frau Dr. Desoyer, Frau Dr. Berner und Dr. Tilgner - hat sie teils ein geschlossenes Thema, wie im ersten dieser Reihe, oder aber auch eindrucksvolle Experimente aus verschiedenen Gebieten gezeigt. Prof. Seidl hat immer die Meinung vertreten, daß das Experiment besser zum Verständnis der Materie beiträgt und den Schülern in Erinnerung bleibt. Der Verein sollte trachten, daß die überaus gewissenhaften Aufzeichnungen der Assistenten über diese Experimente nicht verloren gehen. Bei dem eingangs erwähnten Gedächtnisvortrag anlässlich des 100. Geburtstags von Prof. Seidl hat Prof. Preining einige der Versuche aus Seidls Vorträgen gezeigt, die das Auditorium genauso begeistert haben wie seinerzeit.

Nach dieser Eröffnungsveranstaltung am Samstag wurde die Tagung dann am Montag fortgesetzt und dauerte die ganze Woche an. Täglich wurde am Vormittag und am Nachmittag je ein Vortrag über physikalische oder chemische Themen gehalten. Fluoreszenzmikroskopie, Lumineszenz, magnetische Werkstoffe, Raumakustik, sowie Vorträge bei der Kohlenstoff-assimilation und -dissimilation waren der Inhalt. Am Samstag Nachmittag schloß die Tagung mit einem Vortrag über "Die Elektroakustik und deren Bedeutung im Instrumentenbau" und den Abschluß bildete ein geselliges Beisammensein im Rathauskeller, das den Teilnehmern nochmals Gelegenheit gab, auf privater Ebene Erfahrungen auszutauschen. Für alle Teilnehmer wieder eine durchaus gelungene Veranstaltung.

In das Programm der Fortbildungswochen wurden in der Folgezeit dann noch Unterrichtsvorfürungen in Schulen und Exkursionen in Betrieben und Forschungslaboratorien aufgenommen, die meist an Vormittagen stattfanden. Die Exkursionen betrafen meist Firmen im Raum Wien, so z.B. die Optischen Werke Reichert, Siemens oder Simmering-Graz-Pauker u.v.a.m. Das Forschungszentrum Seibersdorf, die Universitätssternwarte oder die Meteorologische Zentralanstalt wurden besucht. Aber gelegentlich standen auch größere Exkursionen, z.B. nach Ranshofen oder zur VÖEST nach Linz am Programm.

Von Prof. Seidl wurden die großen Lehrmittelfirmen gebeten, ihre neuesten Geräte auszustellen bzw. diese in Vorträgen und Demonstrationen vorzustellen.

An den Nachmittagen wurden vorwiegend Vorträge gehalten, bei denen meist Hochschulprofessoren über neueste Ergebnisse der physikalischen und chemischen Forschung referierten. Auch die Grenzgebiete zu Astronomie, Meteorologie und

Biologie wurden als Vortragsthemen erbeten und waren stets sehr gut besucht. Nur beispielhaft seien einige Vorträge angeführt:

- "Verfärbung von Kristallen durch Strahlung" (Przibram 1949)
- "Neue Probleme der Metallkunde" (Nowotny 1951),
- "Neuere Untersuchungen auf dem Gebiet der künstlichen Kernumwandlung" (Karlik 1951)
- "Feldelektronenmikroskop" (Schmid 1952)
- "Biologische Wirkung radioaktiver Strahlung" (Broda 1952)
- "Anforderungen an Motorkraftstoffe und deren Herstellung" (Petters 1953)
- "Probleme und Ergebnisse der Radiometeorologie" (Fuchs 1955)
- "Sonnenenergie und Atomenergie" (Hans Thirring 1956)
- "Probleme der Erdsatelliten" (Hopmann 1958)
- "Unsere heutige Kenntnis über den Aufbau des Erdinneren" (Toperczer 1959)
- "Supraleitung" (Hans Thirring 1962)
- "Mößbauereffekt" (Lintner 1963)
- "Bedeutung der Festkörperphysik für die moderne Technik" (Schmid 1964)
- "Bewohnbarkeit der Himmelskörper" (Hopmann 1965)
- "Molekulare Bioenergetik" (Broda 1965)

Aber auch allgemeine, philosophische Themen wurden behandelt. Auch hier wieder nur einige Beispiele:

- "Einfluß der modernen Physik auf die Psychologie" (Rohracher 1951)
- "Atombomben und andere Kernwaffen" (Hans Thirring 1950)
- "Beeinflussen die Erkenntnisse der modernen Physik unser Alltagsleben?" (Hans Thirring 1951)
- "Gegenwärtige und künftige Energiequellen" (Hans Thirring 1952)
- "Naturphilosophie und Physik" (Schöndorfer 1960)
- "Die Rolle der Physik in der modernen Naturwissenschaft" (Jordan 1967).

Selbstverständlich wurden aber auch immer wieder pädagogische und didaktische Themen abgehandelt. Hier waren es aber hauptsächlich die Lehrer der Schulen, welche diese Probleme beleuchteten, da sie ja besser die Akzeptanz durch die Schüler kennen und die Schwierigkeiten, welche die Schüler bei manchen Problemen haben, beurteilen können. Gelegentlich kamen in Unterrichtsfragen auch andere Hochschullehrer als Prof. Seidl zu Wort, die ja immer bei ihren zahlreichen Experimentalvorträgen das Pädagogische des Experiments betont hat. Als ein Beispiel soll ein Vortrag von Prof. Gerlach (München) mit dem Titel "Probleme des modernen Physikunterrichts" (1966) angeführt werden.

Durch die Initiative von Prof. Seidl wurden in Salzburg und St. Pölten Zweigstellen des Vereins gegründet, die aber nur kurze Zeit tätig waren. Es fehlte eben an der Leitung durch eine Persönlichkeit, die sich, wie Prof. Seidl, voll und ganz für die Tätigkeit des Vereins einsetzte.

Neben dieser jährlich einmal stattfindenden Fortbildungswoche ging aber die frühere Vereinstätigkeit während des Jahres weiter, so fanden z.B. im 60. Vereinsjahr 1953/54 10 Vorträge und 5 Exkursionen statt. Die Zahl der zusätzlichen jährlichen Vortragsveranstaltungen ging aber allmählich zurück, wohl weil es immer mehr Vorträge in anderen Gremien gab und

auch andere Möglichkeiten der Wissensbereicherung bestanden. Die Veranstaltungen außerhalb der Fortbildungswochen hörten schließlich in den Siebzigerjahren vollkommen auf.

Wenn es auch durch die Gründung des Vereins vor 100 Jahren das Ziel war, den physikalischen und chemischen Unterricht zu fördern, so ist es doch unumstritten das Verdienst von Frau Prof. Seidl, durch die Einrichtung der Fortbildungswochen vor 50 Jahren dem Gedanken der Lehrerfortbildung zum Durchbruch verholfen zu haben. Diese Feststellung soll aber die Verdienste der Jüngeren, die sich mit ähnlichen Problemen befassen, nicht abqualifizieren. Sie soll nur zeigen, daß eben schon vor 50 Jahren Prof. Seidl erkannt hat, wie notwendig es ist, dieses Thema aufzugreifen. So soll der Leistung des so früh verstorbenen Roman Ulrich Sexl gedacht werden, sie liegen aber auf einer etwas anderen Ebene, wie es z.B. durch die Bedingungen für den Roman Ulrich Sexl Preis der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft ("... Förderung einer motivierenden und effizienten physikalischen Lehre ...") zum Ausdruck kommt.

Selbstverständlich fanden die Verdienste von Prof. Seidl Anerkennung. Es wurde schon betont, daß nach anfänglichen mühevollen Verhandlungen sich das Bundesministerium für Unterricht voll für diese Fortbildungswochen eingesetzt hat. Die Philosophische Fakultät der Universität Wien hat im Jahre 1962 die Verleihung des Titels O. Prof. beantragt und führte als Begründung ihre Leistungen in pädagogischer Hinsicht an der Universität, aber auch ihren großen Einsatz für die Fortbildung im Rahmen des Vereins an. Obwohl schon 5 Jahre emeritiert, beantragte die Philosophische Fakultät im Jahre 1968 nochmals die Verleihung einer sichtbaren Auszeichnung für Prof. Seidl mit der Begründung ihres nimmermüden Einsatzes für die Belange des Vereins. Diese Eingabe führte zur Verleihung des großen Ehrenzeichens für Verdienste um die Republik Österreich.

Der Verein brachte seine Anerkennung und Wertschätzung durch die Ernennung zur Ehrenpräsidentin zum Ausdruck. Auch dieser Abschnitt des Artikels "Reflexion über die hundertjährige Geschichte des Vereins" soll denen, welche die Leitung des Vereins durch Seidl nicht miterlebt haben, ihre Verdienste um die Lehrerfortbildung vor Augen führen.

Die pädagogischen Fähigkeiten, die lehrreichen Experimente und der große Erfolg der Fortbildungswochen fanden auch im Ausland Anerkennung, so wurde Prof. Seidl z.B. zu Vorträgen nach Tutzing am Starnbergersee 1958, nach Paris 1960 und 1961 nach London eingeladen. Sie wurde ferner gebeten, im Jahre 1962 eine große OECD-Tagung in Salzburg und Wien zu organisieren. Die Anerkennung in Deutschland kommt z.B. in einem Artikel in einer Fachzeitschrift zum Ausdruck, in dem es u.a. heißt "... *Es wäre zu wünschen, daß diese Wege zur Hebung der experimentellen Ausbildung der Studierenden und die Förderung der bereits unterrichtenden Lehrer in gleichem Ausmaß allgemein in den deutschen Bundesländern besritten würden ...*".

Mit Ende des Vereinsjahres 1965/66 legte Frau Prof. Seidl die Obmannstelle des Vereins zurück.

Der Verein nach der Obmannschaft von Frau Prof. Seidl

In den Jahren 1966/67 und 1967/68 war Prof. Reeger Obmann des Vereins. Die Geschäfte, insbesondere die Vorbereitung für die Fortbildungswochen, führte zum Großteil aber Prof. Seidl durch, da Prof. Reeger gesundheitlich dazu nicht immer imstande war.

Bei der Hauptversammlung 1968 wurde der Verfasser dieses Artikels mit der Leitung des Vereins betraut. Nach den großen Erfolgen der Fortbildungswochen war es wohl selbstverständlich, die Leitung des Vereins ganz im Sinne Seidl fortzuführen, unterstützt durch die freundliche Beratung von Prof. Seidl und durch ein Team, das schon als Beisitzer mit Seidl die Geschicke des Vereins beeinflusst hatte. Natürlich blieb die Fortbildungswoche die Hauptaktivität des Vereinslebens, ja im Gegenteil, sie blieb allmählich die einzige Aktivität, da die Exkursionen nicht mehr besucht wurden und somit eingestellt wurden. Vermutlich war für den schlechten Besuch die Tatsache schuld, daß die Betriebe die Zeiten für die Exkursionen wegen der Arbeitszeitverkürzung vorverlegen mußten und dadurch den Lehrern der rechtzeitige Besuch nur mehr schwer möglich war.

Die erste Fortbildungswoche des neuen Obmanns (1969) begann mit dem Festvortrag von Prof. Mark (Brooklyn) über "Hochpolymere in Technik und Medizin". Neben dem Experimentalvortrag von Prof. Seidl soll noch der Vortrag von Prof. Kieffer über das Thema "Metallische Werkstoffe in der Raumfahrt" genannt werden.

Im Programmheft zur 25. Fortbildungswoche (1971) ist ein Grußwort des damaligen Unterrichtsministers Leopold Gratz enthalten, in dem er u.a. ausführt: "*... Besonders bei den naturwissenschaftlichen Fächern, bei denen in den letzten Jahren eine so rasante Entwicklung zu beobachten ist, muß der Lehrer durch Vorträge, Kurse und sonstige Veranstaltungen auf dem laufenden gehalten werden. ... Umso dankbarer nimmt das Ministerium zur Kenntnis, wenn auch von anderer Seite Bemühungen in dieser Richtung unternommen werden. Wir freuen uns, daß der Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts diese Aufgabe schon seit langem zu seinen dringlichsten zählt und daß seine Ehrenpräsidentin, Frau Prof. Dr. Franziska Seidl, gleich nach Kriegsende die Initiative ergriffen hat und Fortbildungswochen des Vereins ins Leben gerufen hat. Als Unterrichtsminister gratuliere ich dem Verein zu diesen Veranstaltungen, die stets regstes Interesse unter der Lehrerschaft gefunden haben ...*". Bei der Eröffnung war der Unterrichtsminister zwar nicht anwesend, an seiner Stelle überbrachte aber Sektionschef Leitner die Grüße und Wünsche des Ministeriums. Der Präsident des Stadtschulrates für Wien, Dr. Schnell, obwohl kein Naturwissenschaftler, selbst Mitglied des Vereins, richtete ebenfalls Begrüßungsworte an die Anwesenden. Nach einer musikalischen Einbegleitung hielt Prof. Gerlach (München) den Festvortrag "Die Entdeckung der Physik des Kosmos". Von den sonstigen Vorträgen soll der von Prof. Tuppy angeführt werden über "Makromoleküle als Träger biologischer Information". Auch Prof. Seidl beleuchtete mit eindrucksvollen Experimenten das Thema "Fester, flüssiger und gasförmiger Zustand der Materie".

In der nächsten Fortbildungswoche hielt Prof. Seidl nach über 25 Jahren zum letzten Mal einen Experimentalvortrag mit dem Titel "Second Sound und Schall".

Bei den weiteren Fortbildungswochen betrafen die Themen in immer stärkerem Maß solche aus Grenzgebieten, so z.B. zur Biologie und zur Medizin. Wieder nur beispielhaft sollen einige Vorträge zum Thema Beziehung zur Medizin angeführt werden:

"Physik und Medizin" (Keck und Schenz),
"Probleme des Dopings" (Bachl),
"Gerichtliche Medizin" (Machotka),
"Strahlentherapie" (Prokosch),
"Chemie der Nervenleitung" (Bernheimer),
"Kernspintomographie" (Lintner),
"Ultraschall in der Medizin" (Kratochwill),
"Aspekte der Chemomedizin" (Heinisch),
"Aktuelle toxikologische Probleme" (Schulte-Hermann).

Von den sonstigen Ereignissen bei Fortbildungswochen soll ein Nachmittag angeführt werden, der speziell der Didaktik gewidmet war, mit Vorträgen von

OSr Schreiner "Didaktik der Wellenlehre; Rechenbeispiele ohne Differentialgleichung",
Prof. Hecht (Kiel) "Gedanken zu naturwissenschaftlich-technischer Unterrichtung für die uninteressierten Schüler der Oberstufe" und
Prof. Jung (Frankfurt) "Neuere Ansätze in der Didaktik der Physik".

Bei der Fortbildungswoche 1977 war ein ganzer Nachmittag nur der Diskussion zum Problem "Kernenergie" gewidmet.

Noch ein Vortrag soll angeführt werden. 1975 trug ein junger Dozent, H. Kühnelt, über das Thema "Elementarteilchenphysik" vor, wohl nicht ahnend, daß er selbst nach etwa 10 Jahren den Verein leiten würde.

Damit ist aber auch schon das letzte Kapitel in der 100-jährigen Geschichte des Vereins erreicht, eine Zeit, die wieder eine Wende in der Vereinstätigkeit bringen sollte.

Spätestens das Erreichen des 70. Lebensjahres ist ein Grund, Aufgaben in die Hände Jüngerer zu übergeben und 40 Jahre Fortbildungswochen in der 1947 begonnenen Art sind auch Anlaß, auch wenn die Fortbildungswochen bei den Mitgliedern gut angekommen sind, eine Änderung dem geänderten Denken entsprechend herbeizuführen. Der Verfasser dieses Berichts versuchte daher, einen Nachfolger zu finden. Hier bot es sich an, einen Kandidaten, der knapp vorher die Leitung eines Fachausschusses der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft ("Lehrkräfte an höheren Schulen") übernommen hatte, zu fragen, der auch zusagte.

In der Hauptversammlung des Vereins im Herbst 1987 wurde dann Prof. Kühnelt zum Obmann gewählt. Schon bei seiner ersten Fortbildungswoche trat bereits eine Änderung ein. Es wurde die Möglichkeit einer Besichtigung der physikalischen und chemischen Institute gegeben, durch die den Teilnehmern die Arbeiten an den einzelnen Instituten nähergebracht werden sollten. Außerdem konnte aus diesen Besichtigungen eine Auswahl für eine im Juni ermöglichte Exkursion mit Schülern der Oberstufe getroffen werden. Dadurch haben auch die

Schüler die Möglichkeit, sich über Arbeiten an der Universität zu informieren.

Wegen der Erschwerung der Teilnahme der Lehrer während der ganzen Woche, mußte eine Teilung zwischen Physik und Chemie vorgenommen werden. Im chemischen Teil wurde an einem Tag immer ein spezielles Thema abgehandelt, in vielen Fällen mit einer abschließenden Podiumsdiskussion. So wurde 1989 das Thema Umwelt gewählt, wobei die Vortragenden von der Universität, dem Forschungszentrum Seibersdorf, der NÖ. Landesregierung und der staatlichen Anstalt für experimentelle pharmakologische und balneologische Untersuchungen kamen. 1992 wurde dann in einer Podiumsdiskussion von fast 3 Stunden noch einmal das Thema "Umweltprobleme: Lösungsstrategien und Prioritäten" behandelt, mit Referenten aus BM für Umwelt, Umweltbundesamt, Elektrizitätswerke, Universität und TU Wien. Bei anderen Fortbildungswochen wurden Themen wie Immunsystem, Recycling, Chlorchemie und Toxikologie behandelt.

Dem Zuge der Zeit folgend - weg vom "Frontalunterricht" - wurde die Zahl der Vorträge verringert und dafür viele Praktika und Workshops eingeführt. Viel mehr Gewicht wurde auch wieder auf didaktische Probleme gelegt, aber auch schulpolitische Probleme wurden behandelt, so z.B. im vergangenen Jahr eine Podiumsdiskussion über "Zukunft des naturwissenschaftlichen Unterrichts", mit Vertretern des Bundesministeriums (AHS und BHS) sowie der PÄDAK und anderer (siehe Plus Lucis 2/95, S. 2.). Die Zahl der Teilnehmer an den Fortbildungswochen nahm rasch zu und immer jüngere Lehrer beteiligten sich an den Veranstaltungen.

Schon bald nach "Amtsantritt" besprach Prof. Kühnelt in Ausschusssitzungen den Plan, wieder eine Vereinszeitschrift herauszugeben. 1993 hat er dann diesen Plan mit der ersten Nummer der Zeitschrift Plus Lucis verwirklicht, da auch die Österreichische Physikalische Gesellschaft, bei der er ja, wie schon erwähnt, den Fachausschuß für Lehrer an höheren Schulen leitet, sich an der Herausgabe beteiligte. Im Vorwort der ersten Nummer von Plus Lucis schreibt Prof. Kühnelt: "... Plus Lucis soll neben ... Mitteilungen ... Informationen zum physikalischen und chemischen Unterricht für die verschiedenen Schularten der Mittel- und Oberstufe bringen... Vom Leserbrief über Vorschläge zu Experimenten bis zur Darstellung geglückter und gescheiterter Projekte ist Ihr Beitrag willkommen ...".

Nach nunmehr 10 Heften der neuen Zeitschrift Plus Lucis kann wohl jemand, der anlässlich "historischer" Nachforschungen Hefte der Vereinszeitschriften (Vierteljahresberichte und Physik und Chemie) und vor allem die Mitteilungsblätter der letzten Jahrzehnte kennt, sagen, "Es ist nicht ein Aufleben der alten Mitteilungsblätter", wie Kühnelt im erwähnten Vorwort meint, nein, es ist etwas Neues, wofür man Prof. Kühnelt nur danken kann! Es sind nicht Mitteilungen des Vereins an seine Mitglieder, es ist ein "Dialog" zwischen Mitgliedern und Vereinsleitung und zwischen Mitgliedern untereinander. Es ist Hilfe für andere Kollegen. Es ist ein Beweis des Engagements der Mitglieder für die Ziele des Vereins geworden.

In der ersten Nummer ist ein Artikel von Prof. Nachtigall (Didaktik der Physik - Dortmund) mit dem Titel "Krise des Physikunterrichts - Fünf Thesen zu einem aktuellen Thema" enthalten. Darin wird Kritik an der Aus- und Fortbildung, aber

auch an der Art des Unterrichts dargelegt. Die Tatsache, daß gerade in der ersten Nummer "Selbstkritik" vorgebracht wird und ganz dem Ziel der Zeitschrift entspricht, berechtigt aber auch zu Kritik von anderen Stellen. Denn nur wer sich selbst kritisch beurteilt, hat auch das Recht, andere zu kritisieren.

Gerade dieser Artikel hat den Referenten des Rückblicks auf 100 Jahre Vereinsgeschichte veranlaßt, zum Abschluß seiner Rede ein heißes Eisen anzusprechen: die Übertragung von Gedanken, welche C. F. von Weizsäcker in einem Referat mit dem Titel "Einfluß und Verantwortung der Wissenschaft" (*Physikalische Blätter* 50, 29, 1994) geäußert hat. Weizsäcker fragt:

- Welche Verantwortung trägt die Wissenschaft für die Folgen ihrer Entdeckungen?
- Welches Maß an Einflußnahme auf gesellschaftlich-politische Entscheidungen ist geboten?
- Welchen Handlungsmaximen soll der einzelne folgen?

Ausgehend von der Entdeckung der Uranspaltung von Otto Hahn im Dezember 1938, die ja in der Folge zum Bau der Atombombe und zum Abwurf auf Hiroshima und Nagasaki im August 1945 geführt hat, geht er der Frage nach der Verantwortung des Forschers nach, wobei es nicht um die "legale" Verantwortung geht, die eindeutig bei den Regierenden liegt, sondern um die moralische Verantwortung. Weizsäcker kommt zu dem Schluß, daß es wünschenswert wäre, wenn in allen Wissenschaften eine Selbstverpflichtung der Forscher analog zum hippokratischen Eid der Ärzte eingeführt würde. Dies wirft aber zwei Fragen auf: Erstens wissen wir was nützlich und was schädlich ist (was bei der ärztlichen Tätigkeit wohl leichter zu beantworten ist)? Und zweitens, was müssen wir tun, um aktiven Nutzen zu fördern und Schaden zu verhindern? Zur ersten Frage führt Weizsäcker unter anderem aus "... Die Folgen wissenschaftlichen Forschens sind ökologisch, ökonomisch, sozial und politisch zu beurteilen. Sie fordern also aktive interdisziplinäre Zusammenarbeit ... zunehmende spezialistische Einschränkung kann unheilvolle Folgen für die Menschheit haben ...". Zur zweiten Frage: "Diese Frage kommt naturgemäß an zweiter Stelle, denn wir können Nutzen und Schaden erst sinnvoll beeinflussen, wenn wir sie verstehen ... Das heißt nicht, daß der Wissenschaftler in den politischen Beruf übergehen müßte: das bleibe Angelegenheit weniger, politisch speziell engagierter und (hoffentlich) begabter Personen. ... In der Demokratie ist die öffentliche Meinung wichtig. Es gibt kluge Politiker, die sehr wohl beurteilen können, was notwendig wäre, die aber auch wissen, daß sie die nächste Wahl verlieren können, wenn und weil sie in einer wichtigen Frage das Vernünftige und Notwendige tun ...".

Man kann sich wohl fragen, was hat dies mit der Lehrerfortbildungswoche zu tun? Lehrer sind ja nicht im Forschungsbereich tätig. Ja, aber gerade der Lehrer - egal in welcher Schule oder an der Universität - bildet die jungen Menschen heran und soll sich dabei bemühen, die Schüler zu lehren, daß sie ihre Entscheidungen nach der oben angeführten "Notwendigkeit" treffen, wenn sie einmal Politiker geworden sind, aber auch als Wähler die Entscheidung der Politiker nach dieser "Notwendigkeit" beurteilen. Betrachtet man das von dieser Seite, dann trägt auch der Lehrer eine große Verantwortung in einer Zeit, in der technische, naturwissenschaftliche Belange immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Gedanken zur Kindheit von Albert Einstein

Gabriele Kerber und Marie -Therese Rösner

Die Wurzeln der Relativitätstheorie lagen in seinen kindlichen Träumen.

Unser Bild von Albert Einstein ist durch sein weißes Haar, seinen Schnurrbart, aber auch durch die unterschiedlichsten Schlagworte wie "Raum und Zeit" oder "Relativitätstheorie" geprägt. "Alles ist relativ" ist ein oft verwendeter Satz! Wie war Einstein als Kind, was hat ihn auf seine Theorien "vorbereitet"?

Alberts Vorfahren waren schwäbische Handwerker jüdischen Glaubens. Die väterliche Familie wohnte bereits seit zwei Jahrhunderten in dieser Gegend. Einsteins Vater Hermann beschäftigte sich mit Elektrotechnik. Am 14. März 1879 wurde Albert Einstein in Ulm geboren. Die Mutter erschrak, als sie den eckigen, kantigen Hinterkopf des Kindes sah, da sie an eine Mißgeburt glaubte. Der kleine Einstein war ein stilles Baby und viel zu dick. Seine Großmutter fand ihn lieb und brav und schwärmte von den lustigen Einfällen des Kleinen. 1881, kurz vor der Geburt seiner Schwester Maria, genannt Maja, erfuhr Einstein, daß er eine Spielgefährtin, das "Mädele" bekommen würde. Doch Klein-Albert war sichtlich enttäuscht, als sein neues Spielzeug keine "Rädele" hatte. In der sprachlichen Entwicklung war Albert Einstein auffällig langsam. Seine Probleme lagen aber an seinem Ehrgeiz: er wollte nur vollständige Sätze sprechen, und wenn der Satz seine Richtigkeit hatte, wiederholte er ihn laut und deutlich. Diese sonderbare Angewohnheit legte er erst im Alter von etwa sieben Jahren ab.

Im Sommer 1880 zog die Familie aufgrund der schlechten wirtschaftlichen Bedingungen nach München. Hermann Einstein produzierte dort in Zusammenarbeit mit seinem Bruder Jakob elektrische Geräte.

Hermann Einstein kümmerte sich kaum um die praktischen Seiten des Lebens. Er war verträumt und fügte sich willensstärkeren Personen. Er förderte seinen Sohn Albert aber auf seine Weise. Im Alter von etwa fünf Jahren begeisterte er Albert für den Magnetismus einer Kompaßnadel, die er ihm geschenkt hatte. Der junge Albert war über die "unsichtbare" Kraft verwundert, die die Bewegung der Kompaßnadel verursachte.

Albert Einsteins Mutter war eine großgewachsene Person mit eiserner Disziplin und war eine fürsorgliche Natur. Ihren Sarkasmus hat ihr Sohn Albert offensichtlich übernommen und verunsicherte damit später viele Gesprächspartner. Als Albert Einstein heranwuchs, hegte sie ehrgeizige Erwartungen für die Zukunft ihres Sohnes. Als er fünf Jahre alt war, wurde eine Hauslehrerin eingestellt.

Der kleine Einstein war ein auffallend hübscher Junge mit verträumtem Blick, ein stilles, einsames Kind, das nicht leicht Spielgefährten fand. Er brauchte für die meisten Überlegungen überdurchschnittlich viel Zeit, da er sie gründlich und genau anstellte. Meist zeigte er eine unnatürliche Ruhe, so daß seine Eltern an der geistigen Entwicklung ihres Sohnes zweifelten. Bereits als Kind war der spätere Nobelpreisträger dem Militär

gegenüber sehr negativ eingestellt. Verstärkt wurde diese Einstellung wohl auch durch die bedingungslose Autorität, die seine Lehrer in der Schule verlangten. Schwerpunkte des damaligen Gymnasiums waren die humanistischen Gegenstände. Mathematik und naturwissenschaftliche Fächer wurden nur recht dürftig gelehrt. Albert Einsteins Wissen in Mathematik und Physik überragte durch Selbststudium bei weitem das Schulpensum. Im Alter von zwölf Jahren vertiefte er seine mathematischen Studien und beschäftigte sich mit Geometrie und höherer Mathematik. Bald konnte sein Förderer, der Student Max Talmud, den mathematischen Höhenflügen des Heranwachsenden nicht mehr folgen. Albert Einstein bedauerte dies sehr, las Kants "Kritik der reinen Vernunft" und setzte sich von nun an mit philosophischen Problemen auseinander, um mit Max darüber diskutieren zu können.

Etwa zur selben Zeit entwickelte der spätere Physiker seine zweite große Leidenschaft, die Musik. Nachdem die Mutter ohne Erfolg den kleinen Albert im Alter von sechs Jahren für das Violinspiel begeistern hatte wollen, erwachte Einsteins Liebe zur Musik durch Eigeninteresse. Er hatte sich in Mozartsonaten verliebt und begann, sich selbst das Spielen auf der Violine beizubringen. Dabei vermied er es allerdings, rein mechanisch zu üben. Er wollte mit seinem Spiel Gefühle ausdrücken und bezeichnete seine Geige als seine Freundin, durch die er alles sage und singe. Seine Lieblingskomponisten waren seit seiner Jugend Mozart, Bach und Schubert. Er hatte seine Violine überall mit und spielte entweder am späten Abend, oder zeitig in der Früh, hauptsächlich aber, wenn er über ein schwer faßbares, wissenschaftliches Problem nachzudenken begonnen hatte.

Erste Erfahrungen mit Religion fallen in die Volksschulzeit. Einstein besuchte in der katholischen Volksschule den Religionsunterricht und wurde zu Hause in jüdischen Traditionen unterwiesen. Es waren nicht die Lehrer, die eine antisemitische Haltung einnahmen, sondern Alberts Klassenkameraden. Obwohl die Angriffe und Beschimpfungen am Schulweg nicht sehr heftig waren, genügten sie jedoch, um ein Gefühl des Fremdseins zu wecken. Bereits der junge Einstein studierte jüdische Schriften, hielt sich an jüdische Riten und sang zu Hause und auf der Straße selbstkomponierte, kurze religiöse Hymnen.

Den entscheidendsten Teil seiner Erziehung hat Albert Einstein außerhalb des Klassenzimmers erhalten. Obwohl Einstein behauptete, daß keiner in seiner Familie wissenschaftliche Kenntnisse gehabt hätte, ist doch nicht zu übersehen, daß er durch die Berufe seines Vaters und Onkels naturwissenschaftlich inspiriert worden war. Er wuchs sozusagen im Dunstkreis von Mathematik, Physik und Technik auf. Vater und Onkel Einstein hatten mit der damals modernsten Technologie gearbeitet und bereits dem Kind Albert große Kreativität vermittelt und ihm in vielfältiger Weise Anregungen geboten. Die große Fähigkeit, wissenschaftliche Neugier durch Selbststudium zu stillen, verdankt Albert Einstein vermutlich dem damaligen Schulsystem und hat auf diesem, für heutige Begriffe ungewöhnlichem Wege, früh zu selbständigem Arbeiten gefunden.

Gabriele Kerber und Marie-Therese Rösner besuchten das naturwissenschaftliche Realgymnasium am BGRG 15 (1150 Wien, Auf der Schmelz 4) und maturierten im Juni 1996 mit Auszeichnung.

Zum Studium von Nikolaus Tesla in Graz und Prag

Franz Pichler und Augustinus Asenbaum

Einleitung

Nikola Tesla (1856 - 1943) gehört ohne Zweifel zu den wichtigsten Begründern der Elektrotechnik. Seine Beiträge zur Wechselstromtechnik, insbesondere zur Einführung des Drehstromes und seine Forschungsarbeit auf dem Gebiet der frühen Radiotechnik (Drahtlose Telegraphie), von der viele zum Patent erhobene Erfindungen profitiert haben, geben dafür ein deutliches Zeugnis.

Über das Leben von Tesla sind viele Biographien verfaßt worden. Wir nennen hier die drei vielleicht wichtigsten:

John J. O'Neill: *Prodigal Genius: The life of Nikola Tesla inventor extraordinary*, Neville Spearman LTD, London 1968

Margaret Cheney: *Tesla Man Out of Time*, Dorset Press, New York 1989

Inez Hunt and Wanetta W. Draper: *Lighting in his Hand. The Life Story of Nikola Tesla*, Sage Books, Denver 1964

Zur Darstellung der Zeit des Studiums von Nikola Tesla in Graz (1875 - 1878) und in Prag (1880) greifen diese Werke in der Hauptsache auf Teslas Autobiographie *My Inventions* (zuerst im Magazin *Electrical Experimenter* 1919 erschienen) zurück. Er beschreibt darin in kurzer Form auch seine Jahre in Graz, seine dortigen Lehrer und einige Episoden aus seinem Studium. Auch die Tatsache, daß er 1880 auf Wunsch seines Vaters nach Prag ging, um dort seine Studien zu beenden.

In diesem Aufsatz möchten wir die Studienzeit von Nikola Tesla an der K.k. Technischen Hochschule Graz in größerem Detail beschreiben. Neben den Vorlesungen, die Tesla dort besuchte, interessieren uns dabei auch seine Lehrer, insbesondere die von ihm in *My Inventions* lobend erwähnten Professoren ALLÈ und ROGNER (beide Mathematik) sowie PÖSCHL (Physik). Auch interessieren uns die Umstände, die Tesla zur Unterbrechung des Studiums in Graz geführt haben. Im Anschluß an seinen Aufenthalt in Graz, nach einem Aufenthalt in seinem Heimatland, ging Tesla nach Prag. Auch seine Studien in Prag wollen wir verfolgen.

Nikola Tesla hat in Amerika bei vielen den Nimbus eines Erfinders in der Art von Thomas Alfa EDISON erhalten. Zum Beispiel liest man in der Biographie von Margaret Cheney (S. 19), Nikola TRBOJEVICH, ein Neffe Teslas, behaupte in einer Schrift, Tesla sei im wesentlichen ein Autodidakt gewesen und eine Untersuchung der Tschechischen Regierung habe gezeigt, daß Tesla an keiner der vier damals existierenden Prager Universitäten eingeschrieben war.

Wir können zeigen, daß Tesla sehr wohl im Sommersemester 1880 an der Universität Prag eingeschrieben war und Vorlesungen belegte. Auch wollen wir mit unserem Aufsatz ent-

schieden der Meinung entgegenzutreten, daß Tesla ein Autodidakt gewesen ist. Tesla hat nach unserer Meinung an der K.k. Technischen Hochschule Graz in den Jahren 1876 und 1877 durch den erfolgreichen Besuch von Vorlesungen sowie später im Sommersemester 1880 auch an der Universität Prag die Ausbildung erhalten, die ihm ermöglichte, mit wissenschaftlichen Methoden an technische Probleme mit Erfolg heranzugehen. Tesla selbst hat stets die Erinnerung an die Zeit in Graz und Prag wachgehalten, was sich auch in den Dankestelegrammen anlässlich der Verleihung der Ehrendoktorate von Graz und Prag zu seinem achtzigsten Geburtstag im Jahre 1936 zeigt.

Tesla in Graz

Nach dem Besuch der Unterstufe des Realgymnasiums von Gospic (Kroatien) bis 1870 kam Nikola Tesla auf das Realgymnasium in Karlovac (Kroatien), das er mit der Reifeprüfung mit großem Erfolg abschloß. Im Herbst 1875 ging Tesla nach Graz, um an der Technischen Hochschule Maschinenbau zu studieren. Die vorgeschriebene Studienzeit war damals mit vier Jahren festgesetzt.

Wie von Tesla selbst in *My Inventions* erzählt wird, nahm er das Studium im ersten Studienjahr äußerst ernst. Er studierte jeden Tag, das Wochenende eingeschlossen, von 7 Uhr früh bis 11 Uhr abends und legte Prüfungen – alle mit der besten Note "vorzüglich" über 11 verschiedene Vorlesungen mit insgesamt 46 Stunden ab. Dies ist zweifellos die doppelte Leistung eines "normalen" Studenten: das Resultat des ersten Studienjahres 1875/76 kann sich, wie Tabelle 1 zeigt, sehen lassen. ..

Vorlesung	Std	Professor	Note
Mathematik I	7	Rogner	vorzüglich
Mathematik II	7	Allè	vorzüglich
Experimentalphysik	5	Pöschl	vorzüglich
Organische Chemie	5	Maly	vorzüglich
Anorganische Chemie	5	Maly	vorzüglich
Zoologie	5	Graber	vorzüglich
Allgemeine Botanik samt Demonstration	3	Leitgeb	vorzüglich
Populäre Maschinenlehre	2	Bartl	vorzüglich
Französische Sprache	3	Plisnier	vorzüglich
Cubatur der Flächen 2	2	Rogner	vorzüglich
Politische Arithmetik	2	Rogner	vorzüglich

Tabelle 1: Von N. Tesla absolvierte Vorlesungen an der K.k. Technischen Hochschule

o.Univ. Prof. Dr. Franz Pichler, Institut für Systemwissenschaften, Abt. f. Systemtheorie u. Informationstechnik, Johannes Kepler Univ. Linz
ao. Univ. Prof. Dr. Augustinus Asenbaum, Abt. für Experimentalphysik, Univ. Salzburg
Vortrag anlässlich des *International Tesla Symposium*, Colorado Springs, 21. - 24. Juli 1994

Graz im ersten Studienjahr 1875/76

Von den Professoren schätzte er besonders die Mathematiker Rogner, Allè und den Physiker Pöschl. Dr. Moriz Allè, K.k. öffentlicher ordentlicher Professor für Höhere Mathematik, nahm besonderen Anteil an dem Studium Teslas und mit ihm diskutierte er auch seine ersten Ideen für eine "fliegende Maschine". Bei Jakob Pöschl, einem Tiroler aus der Gegend von Niederndorf bei Kufstein stammend – also ein richtiger Österreicher und keineswegs ein "German", wie dies Tesla anführt – besuchte Tesla im Studienjahr 1875/76 die Vorlesung "Experimentalphysik" und er bewunderte seine Geschicklichkeit bei der Durchführung von Experimenten – obwohl er nach Teslas Beschreibung Hände hatte, die den Tatzen eines Bären ähnlich waren.

Obwohl das von Tesla im Jahr 1876/77 erreichte Resultat durchaus als akzeptabel für einen guten Studienfortgang gelten kann, stellt sich die Frage, warum Tesla nicht mit gleichem Eifer wie im 1. Studienjahr auch das 2. Studienjahr absolviert hat. Wir werden dieser Frage später genau nachgehen und auch die Tatsache seines Studienabbruches im 3. Studienjahr 1877/78 erörtern.

Zunächst wollen wir aber noch eine Lehrveranstaltung, die Nikola Tesla im Jahre 1876/77 besucht hat und mit der Note "vorzüglich" abgeschlossen hat, genauer betrachten. Es ist dies die Vorlesung über "Technische Physik", gehalten von Professor Jakob Pöschl. Für diese Vorlesung hat sich eine Ausarbeitung von Josef Schaschl erhalten (allerdings angefertigt zur Vorlesung des Jahres 1878/79, wir können aber annehmen, daß die Vorlesung vom Jahre 1877/78, die Tesla besuchte, ähnlich aufgebaut war).

In der ersten Vorlesungsstunde definiert Pöschl "Technische Physik" wie folgt:

"Die technische Physik ist keine abgeschlossene für sich allein bestehende Wissenschaft, sondern lehrt die Anwendung der allgemeinen Physik in der Praxis".

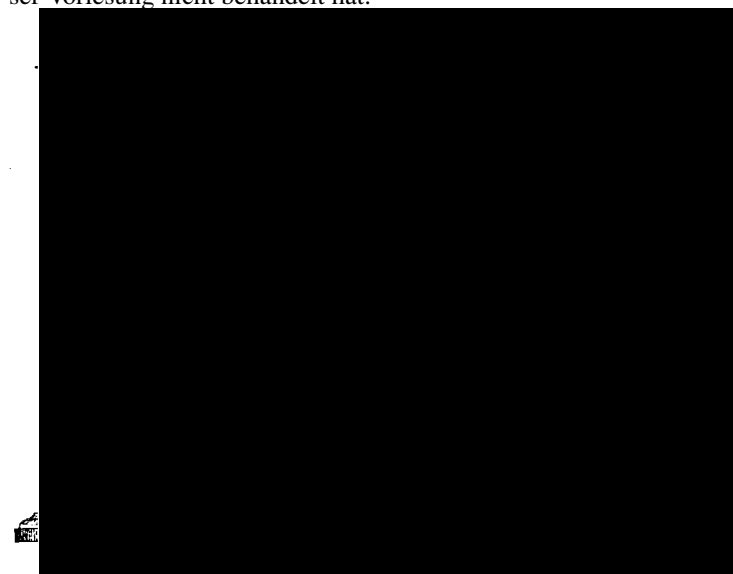
Als Themen zu seiner Vorlesung nennt Pöschl:
 Angewandte Elektrizitätslehre
 Angewandte Wärmelehre
 Angewandte Optik

Die Ausarbeitung von Josef Schaschl enthält die ersten beiden Themen. Da der Schluß mit 13. 8. 1879 angegeben wird, ist zu vermuten, daß Pöschl das Thema "Angewandte Optik" in dieser Vorlesung nicht behandelt hat.

Auch das zweite Studienjahr 1876/77 in Graz ging Tesla mit Elan an. Er schrieb sich für 11 Vorlesungen ein. Von diesen schloß er aber nur 5 ab (siehe Tabelle 2): Bei allen übrigen legte er keine Prüfung ab, bei zwei davon (Sprachen) bekam er vom Dozenten – wie die Tabelle zeigt – auch keine Abtestur, das heißt, er hat die Vorlesung nicht besucht.

Vorlesung	Std	Professor	Note
Mathematik III	6	Allè	vorzüglich
Technische Mechanik	5	Stark	vorzüglich
Analytische Mechanik	2	Stark	nicht gemeldet
Technische Physik	3	Pöschl	vorzüglich
Mineralogie	3	Rumpf	–
Elemente der Wellentheorie	2	Pöschl	–
Theorie der Kegelschnitte	2	Pelz	–
Französische Sprache II	2	–	–
Englische Sprache	4	–	–
Über Congruenzen der Zahlen	2	Rogner	gut
Über ausgewählte Probleme der politischen Arithmetik	2	Rogner	gut

Tabelle 2: Vorlesungen von N. Tesla an der K.k. Technischen Hochschule Graz im zweiten Studienjahr 1876/77



Im Rahmen des Kapitels über "Angewandte Elektrizitätslehre" (243 Seiten) behandelt die Vorlesung von Pöschl die Themen:
 Elektrische Telegraphie
 Elektrische Uhren
 Elektromagnetische Motoren
 Galvanoplastik
 Konstruktion der Blitzableiter
 Zündmethoden zur Minensprengung unter Wasser

Die "Angewandte Wärmelehre" (87 Seiten) befaßt sich mit

- Brennmaterialienlehre
- Bewegung der Gase in Röhren
- Theorie der Essen und Schornsteine
- Gebläse und Ventilatoren
- Herde und Feuerungen, Gasgeneratoren
- Bewegung der Wärme, Emission und Transmission
- Dampfkessel und Dampfgeneratoren
- Trocken- und Abdampfungsapparate
- Erwärmung und Ventilation der Wohnungen

Die Mitschrift von Josef Schaschl beweist den hohen wissenschaftlichen Standard der Vorlesung von Jakob Pöschl. Neben den grundlegenden Ausführungen zur Elektrizitätslehre (Galvanische Elemente, Elektrische Meßmethoden etc.) werden die Elektrische Telegraphie (Nadeltelegraph, Morsetelegraph) und elektromagnetische Motoren (Gramme-Maschine) und spezielle und für die damalige Zeit äußerst aktuelle Entwicklungen wie das Atlantik-Kabel, der chemische Telegraph von Bakewell, der Pantelegraf, beide zur Übertragung von schriftlichen Dokumenten und Zeichnungen und das damals gerade erst zwei Jahre alte Telefon von Graham Bell behandelt.

Nikola Tesla, der in seiner Autobiographie besonders die Experimente mit der Gramme-Maschine erwähnt, hat mit der Vorlesung über "Technische Physik" bei Jakob Pöschl eine ausgezeichnete Ausbildung in Angewandter Elektrizitätslehre erhalten, ohne die seine späteren wichtigen Pionierarbeiten und Erfindungen nicht denkbar wären.

Vorlesung	
Angewandte Mathematik	Bei den Professoren nicht gemeldet, Wegen Nichteinzahlung des Unterrichtsgeldes für das I. Semester 1877/78 gestrichen
Mathematik III B	
Determinanten Theorie	
Theorie der Kegelschnitte	
Analytische Mechanik	
Allgemeine Theoretische Maschinenlehre	
Spezielle Theoretische Maschinenlehre	
Physikalische Geographie	
Französische Sprache II B	
Englische Sprache	

Tabelle 3: Vorlesungen von N. Tesla an der K.k. Technischen Hochschule Graz im dritten Studienjahr 1877/78

Auf dem Registrations-Blatt des Studenten "Tesla Nikola(us)" der K.k. Technischen Hochschule Graz steht aber für das Jahr 1877/78 bei den belegten Vorlesungen in der Rubrik 'Bestätigung durch den Dozenten "bei den Professoren nicht gemeldet" und weiters "Wegen Nichteinzahlung des Unterrichtsgeldes für das I. Semester 1877/78 gestrichen."

Was war passiert? Wir wollen dies, soweit das mit den vorhandenen Dokumenten möglich ist, im folgenden untersuchen.

Wir wissen durch das Schreiben No. 2738 vom 22. 9. 1876 des "K.k. General Commando in Agram – Abteilung Unterricht" an das Rektorat der Technischen Hochschule Graz, daß ab dem Studienjahr 1876/77 an Nikolaus Tesla aus Gospic zur Ausbildung für das höhere Lehrfach für die Dauer von 3 Jahren ein Stipendium von jährlich 420 Gulden bewilligt wurde. Damit war aber die Bedingung verbunden, daß sich Tesla nach dem Studium für acht Jahre zum Militärdienst verpflichtet. Die Finanzierung des Studiums von Nikolaus Tesla schien ab dem

Studienjahr 1876/77 damit unter der Voraussetzung eines guten Studienerfolges gesichert.

Wir nehmen an, daß Tesla im 1. Studienjahr 1875/76 das erforderliche Geld für das Studium von seinen Eltern erhalten hat und sein Vater auf Grund des ausgezeichneten Studienerfolges bei der Militärbehörde in Agram (das heutige Zagreb) dieses Stipendium durchsetzen konnte.

Warum ging Tesla im Wintersemester 1877/78 nicht in die Vorlesungen, und warum hat er das erforderliche Studiengeld (einen verhältnismäßig geringen Betrag) nicht bezahlt?

Wir können dafür nur Vermutungen aufstellen. Es gilt als sicher, daß Tesla in Graz wahrscheinlich schon vom 2. Studienjahr 1876/77 an von einer Spielleidenschaft (Kartenspiele, Billard, Schach) ergriffen wurde. In der Folge kann man vermuten, daß Tesla sein Stipendium verspielt hat und nicht mehr in der Lage war, die Studiengebühren zu bezahlen.

Wenn Biographien, wie Margaret Cheney (*Tesla: Man Out Of Time*) feststellen "But now Tesla's money had run out. He tried in vain to borrow and when this failed, he began to gamble", so entsteht der Eindruck, als ob Tesla zu spielen begonnen hätte, um sein Studiengeld zu "verdienen". Dieser Meinung können wir uns nach dem Studium von Briefen zwischen der Militärbehörde in Agram und dem Rektorat der Technischen Hochschule Graz nicht anschließen.

Das Rektorat teilte mit Brief vom 12. März 1878 der Militärbehörde Agram mit, daß Tesla wegen Nichtzahlung des Unterrichtshonorars aus dem Katalog der Technischen Hochschule Graz gestrichen wurde. Postwendend fragte Agram mit Brief vom 31. März 1878 an, bis zu welchem Zeitpunkt der Stipendiat Nikolaus Tesla das Stipendium in Graz bezogen hat, ob Tesla krank dort im Spital liege – wie sein Vater behauptet – und wo sich Tesla derzeit befinde.

In der Antwort des Rektorats Graz vom 15.4.1878 wurde der Militärbehörde Agram mitgeteilt, daß das Stipendium an Tesla bis zum Jänner 1878 ausbezahlt wurde, daß er in Graz nie einen Spitalsaufenthalt hatte und er sich noch in Graz aufhalte.

Mit Brief vom 4. Mai 1878 teilt die K.k. Militärbehörde in Agram dem Rektorat in Graz mit, daß auf Grund dieser Umstände die Auszahlung des Stipendiums einzustellen sei und man dies Nikola Tesla, sofern er noch in Graz anzutreffen sei, mitteilen möge.

Damit war der Aufenthalt von Tesla in Graz offenbar beendet. Tesla kehrte zu seinen Eltern nach Gospic zurück und sein Studium, das in Graz so hoffnungsvoll begonnen hatte, war damit für längere Zeit unterbrochen.

Tesla in Prag

Tesla selbst erzählt in seiner Autobiographie, daß er im Jahre 1880 nach Prag ging, um dort an der Universität gemäß dem Wunsch seines verstorbenen Vaters das Studium abzuschließen. Tatsächlich finden wir Nikola Tesla im Sommersemester 1880 im Katalog der K.k. Universität zu Prag eingetragen. Er

besuchte Vorlesungen aus Mathematik, Physik und Philosophie. Tabelle 4 gibt diese und die zugehörigen Dozenten an.

Vorlesung	Std	Professor
Analytische Geometrie des Raumes	2	Durege
Cviceni v experimentalni fysike	2	Domalip
Zahlenlotterie	2	Puchta
Über David Humes "Untersuchung des menschlichen Verstandes"	1	Stumpf

Tabelle 4: Vorlesungen von N. Tesla an der K.k. Universität Prag im Sommersemester 1880

Die Katalogseintragung bestätigt nicht den Besuch der Vorlesungen. Auch nicht, daß Tesla in Prag eine Studiengebühr bezahlt hat. Wir können aber annehmen, daß Tesla die Einrichtungen der K.k. Universität Prag an der sowohl in deutscher als auch in tschechischer Sprache unterrichtet wurde, mit Vorteil benutzen konnte. Die K.k. Universität Prag gehörte in dieser Zeit sicher zu den besten Universitäten in Europa. Von den Professoren, die im Sommersemester 1880 in Prag lehrten, möchten wir besonders den Physiker Ernst Mach (er ging anschließend nach Graz und später nach Wien) erwähnen. Da wir keine schriftlichen Aufzeichnungen kennen, die es erlauben, das Studium von Tesla in Prag in mehr Detail kennenzulernen, müssen wir annehmen, daß Tesla auch dort keinen Studienabschluß erreichte. Wir wissen, daß Nikola Tesla im Anschluß an seinen Prager Studienaufenthalt nach Budapest übersiedelte und dort eine Stelle bei der staatlichen Telefonzentrale antrat.

Damit war die Zeit von Tesla in Prag und auch seine universitäre wissenschaftliche Ausbildung beendet.

Schluß

Unsere Arbeit beleuchtet das Studium von Nikola Tesla im Zeitraum 1875 1878 an der K.k. Technischen Hochschule Graz und im Sommer 1880 an der K.k. Universität Prag. Unser Ziel war zu zeigen, daß Tesla sehr wohl eine solide wissenschaftliche Ausbildung in seiner Jugendzeit erhalten hat, obwohl er keinen Studienabschluß erreichen konnte. Daher können wir die gelegentlich anzutreffende Meinung, daß Tesla vorwiegend als Autodidakt einzustufen sei, in keineswegs teilen. Tesla gehört sicher zu den herausragendsten Technikern und Wissenschaftlern aller Zeiten. Daß er auch heute noch nicht unumstritten ist, hängt mit seiner einzigartigen Persönlichkeit zusammen und mit dem Umstand, daß er in einer Art selbstgewählten Isolation sich voll und ganz der wissenschaftlich-technischen Forschungs- und Entwicklungsarbeit widmete. Wäre er in engerer Beziehung zu einer der damals die Elektrotechnik bestimmenden großen Firmen getreten, vielleicht wäre sein Stellenwert in der Allgemeinheit ein anderer und sein Lebensweg wäre wahrscheinlich anders verlaufen.

Anläßlich des achtzigsten Geburtstages im Jahre 1936 wurden in vielen europäischen Städten Veranstaltungen abgehalten, in denen das Lebenswerk von Nikola Tesla geehrt wurde. Sowohl die Technische Hochschule Graz als auch die Technische Hochschule Prag verliehen aus diesem Anlaß an Tesla den Titel eines "Doktors der technischen Wissenschaften ehrenhal-

ber", womit das seinerzeitige Studium von Tesla in Graz und Prag mit der höchsten akademischen Auszeichnung als formal abgeschlossen gelten kann.

Kurzbiographie: Nikola Tesla (1856-1943)

Nikola Tesla wurde am 9. Juli 1856 in dem kleinen Ort Smiljan in der damaligen Grenzprovinz Lika der österreichisch-ungarischen Monarchie als Sohn des griechisch-orthodoxen Pfarrers Milutin Tesla und seiner Ehefrau Djouka, beide serbischer Abstammung, geboren. Nach der Übersiedlung der Familie nach Gospic absolvierte er dort die Volksschule und später das Gymnasium in Karlovac. Im Alter von 19 Jahren kam Tesla nach Graz, um sich dort an der k.k. Technischen Hochschule für das höhere Lehramt vorzubereiten. Sein Interesse galt aber vor allem der Elektrizitätslehre und den damit möglichen Anwendungen. Nach zwei Jahren überaus eifrigen Studierens unterbrach er im Frühjahr 1878 das Studium in Graz und setzte es im Sommersemester 1880 in Prag an der dortigen Universität fort. Im Herbst 1881 finden wir Nikola Tesla in Budapest als Mitarbeiter beim Aufbau der dortigen Telefonzentrale, 1882 wechselte er zur "Continental Edison Company" nach Paris über, wo er die Aufgabe übernahm, in Straßburg ein Kraftwerk neu einzurichten. Bald stand sein Entschluß fest, seine berufliche Laufbahn in Amerika fortzusetzen. Im Juni 1884 traf Tesla in New York ein, um bei Edison zu arbeiten. 1885 gründete er seine erste eigene Firma, die "Tesla Electric Light and Manufacturing Company". Damit begann auch seine erfolgreiche Arbeit als Erfinder. Aber erst mit seiner zweiten Firma, der "Tesla Electric Company", erhielt er das nötige Grundkapital, um die bereits in Budapest begonnene Entwicklung von Dynamos und Motoren auf der Basis des "Drehstromes" experimentell fortzusetzen. Der Erfolg blieb nicht aus und im Jahre 1888 wurden ihm eine Reihe von wichtigen Patenten erteilt, die den Drehstromgenerator, den Drehstrom-Asynchronmotor und auch den Drehstromtransformator betreffen. George Westinghouse erwarb von Tesla für seine Firma das ganze Paket der Tesla-Patente aus dem Jahre 1888 und stieg damit zum bedeutendsten Vertreter der Wechselstromtechnik auf. Die Weltausstellung 1893 in

Chikago und der Bau des Niagara-Kraftwerkes (1895) verhalfen zum endgültigen Durchbruch der Wechselstromtechnik auf der Basis der Patente von Tesla.

Als nächstes wandte sich Tesla hochfrequenten Strömen zu. Zur Erzeugung standen ihm dafür Wechselstromgeneratoren mit einer entsprechend großen Zahl von Polschuhen zur Verfügung. Im Jahre 1897 hielt Tesla an der New York Academy of Science zum Thema "Improved Apparatus for the Production of Powerful Electrical Vibrations" und "Wireless Telegraphy Receiving Methods" Vorlesungen, die die "Tesla-Spule" sowie das Prinzip der Abstimmung mittels elektrischer Resonanzkreise enthielten. Zur Ausführung von entsprechenden Experimenten ging Tesla auf Einladung im Jahre 1899 nach Colorado Springs und errichtete dort ein Laboratorium für Hochfrequenzversuche. Ab 1900 finden wir Tesla wieder in New York, wo er versucht, für die Entwicklung seines "Systems of Transmission of Electrical Energy", das berühmte "Weltsystem" (World Telegraphy System), eine Finanzierung zu erhalten. Neben der Übertragung von Information soll dieses System insbesondere auch die drahtlose Übertragung von elektrischer Energie ermöglichen. In dem Multimillionär Pierpoint Morgan fand er Unterstützung und das Projekt "Wardenclyffe Tower", der Bau eines hohen Turms samt Sendegebäude auf einem Grundstück in Long Island, konnte 1902 begonnen werden. Der Bau konnte jedoch nicht vollendet werden, da die weitere Finanzierung nicht gelang, und 1905 mußte Tesla das "Wardenclyffe Projekt" aufgeben. Die damit zusammenhängenden an Tesla erteilten "Radio-Patente" stellen ihn jedoch gleichwertig an die Seite anderer Pioniere der Radiotechnik, wie Lodge, Fleming, Marconi oder Braun.

Auch die weiteren Erfindungen, die Tesla in den folgenden Jahren machte (Turbine (1906), Blitzableiter (1917), geothermisches Kraftwerk (1931) u.a.), brachten keinen finanziellen Gewinn. 1922 mußte Tesla sein Laboratorium in New York aufgeben. Er lebte zurückgezogen in verschiedenen New Yorker Hotels. Zu seinem 80. Geburtstag im Jahre 1936 erschien ein Festband und er erhielt von der damaligen jugoslawischen Regierung eine Rente auf Lebenszeit. 1943 starb Tesla einsam im hohen Alter von 87 Jahren.

Anekdoten über Nicola Tesla

Nicola Tesla, der Erbauer der Niagara-Kraftwerke, konnte es mit Edison an Selbstbewußtsein aufnehmen. Als Tesla als junger Mann nach Amerika gekommen war, wurde er auf nachdrückliche Empfehlung eines gemeinsamen Freundes von Edison angestellt. Einige Zeit später wurde Edison von dem Befürworter gefragt: "Nun, ist Tesla so gut, wie ich Ihnen gesagt habe?" - "Besser", erwiderte Edison, "er ist so gut, wie er selbst von sich sagt."

Im Frühjahr 1885 trennte sich Nicola Tesla von der Edisongesellschaft. Den Ausschlag für den Weggang gab ein "schlechter Scherz", den sich Edison mit ihm erlaubt hatte. Für erhebliche konstruktive Verbesserungen an Einphasenmotoren stellte Edison eine Belohnung von 50000 Dollar in Aussicht.

Mit großem Eifer machte sich Tesla an die Arbeit, löste nicht nur das ihm angetragene Problem, sondern wartete auch mit einer Reihe zusätzlicher Verbesserungen auf. Edison war sehr zufrieden mit Teslas eindrucksvollen konstruktiven Lösungen. Als ihn Tesla jedoch an die Prämie erinnerte, wandte Edison lachend ein: "Sie sind noch zu jung in den Staaten, um unseren Humor zu begreifen. Verstehen Sie keinen Scherz? Seien Sie doch stolz auf das, was Sie der Firma geben durften." Diesem "Humor" vermochte Tesla keine Pointe abzugewinnen. Mit den Worten "Ein Tesla bei Edison - das ist ein Tesla zuviel!" verabschiedete er sich.

(Quelle: Exner-Ehrtreiber-Hohenester: Physiker-Anekdoten, Verlag Holder-Pichler-Tempsky, hpthek Unterrichtsthemen Band 7, ISBN 3-209-01728-X)



Der menschliche Lebensraum zwischen Atom und Kosmos:

eine Reise durch Dimensionen und Disziplinen

Teil II

Alfred Pflug

5. Von Seidentüchern und Seifenblasen: Lichtwellenlängen und atomare Größenerstreckung im Spiegel der Alltagserfahrung

5.1 Eine physikalische Gardinenpredigt erhellt die Struktur des dauergewellten Lichtes

Der große österreichische Physiker Ludwig Boltzmann, genialer und prophetischer Wegbereiter der modernen Atomvorstellung, wurde von seinem Kollegen und Widersacher Ernst Mach, ebenfalls Physiker von Format, aber noch tief dem Gedankengut des 19. Jahrhunderts verpflichtet, in welchem jegliches Konzept der Materie von den an das elektromagnetische Feld gekoppelten, kontinuierlichen Ladungs- und Stromdichtenbildern geprägt war, oftmals wegen seiner querdenkerischen Überzeugung mit den Worten gehänselt: "Haben Sie schon je ein Atom gesehen?" Versteht man den Begriff des Sehens ganz wörtlich und meint damit eine direkte optische Abbildung eines einzelnen Atoms auf der menschlichen Netzhaut mit Hilfe von sichtbarem Licht, so ist ein solcher Prozeß in der Tat unmöglich, weil die Wellenlänge dieser Strahlung zu groß ist, um die Kleinheit atomarer Dimensionen aufzulösen.

Dennoch läßt sich durch systematisches, zweidimensionales Abtasten einer (leitenden) Oberfläche mit einer feinen (Blitzableiter)-Spitze im Rastertunnelmikroskop unter elektrischer Strom- und damit Abstandskontrolle ein plastisches Bild der atomaren Landschaft auf den Computerschirm zeichnen: wegen der Möglichkeit, Atome im elektrischen Feld durch den piezoelektrischen Effekt *kollektiv* zu bewegen, können die unvermeidbaren Schwankungen auf Grund der thermischen Bewegung die Position des Mittel- oder Schwerpunktes einer ganzen Atomgruppe (Ebene oder räumlicher Block) aus N Elementen gegenüber dem einzelnen Atom nur um den Faktor $1/\sqrt{N}$ unterdrückt verschieben; für $N \approx 1000$ beträgt dieser Fluktuationseffekt tatsächlich nicht mehr als 3% der atomaren thermischen Zitterbewegung und spielt für die Auflösungsbegrenzung keine wesentliche Rolle mehr.

Obwohl es heute auf dem Lehrmittelmarkt schon Rastertunnelmikroskope zum Preis eines gehobenen Mittelklasse-Gebrauchtwagens gibt, wollen wir wirkliche Low-Cost Experimente in der Kostenkategorie eines Hamburgers zur Bestimmung von Lichtwellenlänge und Atomgröße schildern. Die Materialien hierfür sind vermutlich in jedem Haushalt vorhanden oder können zumindest einfach und billig in jedem größeren Ort besorgt werden. Dabei besteht die nicht ganz unberechtigte Hoffnung, daß die Initiative zu solchen Freihandversuchen auch von Schülern und vor allem Schülerinnen in selbständiger Weise wahrgenommen werden kann, weil es hier

kein Imageproblem zu überwinden gilt: nichts erinnert bei der Durchführung an Schule, geschweige denn an den Physikunterricht.

Für die größenordnungsmäßige Bestimmung der Lichtwellenlänge brauchen wir eine möglichst helle Lichtquelle, die nicht flächenhaft ausgedehnt sein soll, sowie ein möglichst feinmaschiges Gewebe mit aufeinander senkrecht stehenden Fäden von Kette und Schuß. Der Glühfaden einer *klaren* Glühbirne von 40-60 W elektrischer Leistung bei 220 V Versorgungsspannung ist dafür recht gut geeignet, wenn er einigermäßen geradlinig verläuft und keine Knicke aufweist. Glühbirnen höherer Leistung sowie NiederVoltlampen aus dem Autobereich (12 V, mehr als 5 W) haben im allgemeinen zu dicke Wendel, was das Auflösungsvermögen des Experiments verringert.

Noch besser als normale Glühlampen des Haushaltsbereichs haben sich kleine Halogenlämpchen mit Steckfassung und beinahe punktförmiger Glühwendel, wie sie etwa in Taschenlampen Verwendung finden, bewährt. Ihre zylindrische Außenkontakthülse wird mittels eines 1/2 oder 3/8 zölligen Schlauchbinders an der kurzen Kontaktlatzschleife einer 4,5 V Flachbatterie elektrisch leitend befestigt. Die lange, federnde Zunge des Minuspols dient als Schalter, der den isolierten Mittelkontakt der Halogenlampe von hinten berühren kann und der sich in dieser Stellung mittels eines Klebebands leicht fixieren läßt. Da das Lämpchen auch bei abgesunkener Batteriespannung noch genügend hell leuchten soll, wählt man den Nennwert der Versorgungsspannung ein wenig unter dem Wert 4,5 V, also etwa 3,8 V bei einer typischen Stromstärke von 0,5 bis 0,8 A.

Blickt man nun aus der Entfernung von etlichen Metern durch ein enggewebtes, dünnes Stofftuch, das sich möglichst weit weg von der Lichtquelle und damit nahe vor dem Auge befinden soll - am besten einen feinen Schal aus heller Naturseide - auf die gerade Glühwendel der Haushaltsbirne oder den fast punktförmigen Faden der kleinen Halogenlampe, so sieht man neben dem hellen Zentralbild des glühenden Objekts auch noch mindestens acht deutlich lichtschwächere, dafür aber *farbig-verbreiterte* Beugungsbilder, deren Position gegenüber dem Zentrum in einem regelmäßigen Rechteckgitter verschoben erscheint. Dabei weisen die Eckpunkte des Beugungsrechtecks eine höhere Beugungsordnung als die Seitenmittelpunkte, nämlich 2 statt 1 auf und sind daher am dunkelsten. (Nimmt man statt des Gewebes aus Kette und Schuß etwa einen Nylonstrumpf mit komplizierterer Schlingenknüpfung, so wird, wie bei der Röntgenstrukturanalyse von organischen Molekülkristallen, auch das Beugungsbild merklich komplexer.) Verdreht man nun das beugende Stofftuch, so dreht sich das Gitter der Verschiebung gemäß der augenblicklichen Orientierung des Tuches synchron zu letzterem mit, während die Ausrichtung der einzelnen Beugungsobjekte mit derjenigen der Lichtquelle übereinstimmt und daher bei der Verdrehung des Tuches unverändert bleibt.

Univ. Prof. Dr. Alfred Pflug, Lehrstuhl für Physikdidaktik, Fachbereich Physik, Universität Dortmund, Otto-Hahnstr. 4, D-44227 Dortmund.
Nachdruck aus *Physik und Didaktik* 2/94 mit freundlicher Genehmigung.

Kippt man das Tuch bei festgehaltenem Mittelpunkt um eine Achse, die senkrecht auf die Verbindungslinie zwischen Auge und Lampe steht, so daß wie beim schrägen Durchblick durch eine Allee der Abstand der Fäden, die parallel zur Richtung der Drehachse verlaufen, *verkürzt* erscheint, so *vergrößert* sich dazu senkrecht, also in Richtung des verringerten Fadenabstands, die "Gitterkonstante" des beobachteten Beugungsrechtecks.

Aus diesem zunächst paradoxen Verhalten, das dem physikalischen Grundprinzip des sogenannten Rowlandgitters für den Ultraviolettbereich entspricht, können wir sofort schließen, daß unser *gitterartiges Beugungsbild* zu dem *realen beugenden Rechteckgitter* der Stofffäden gerade *komplementär* ist: *verkleinert* man die (effektive) Gitterkonstante der beugenden Struktur in einer bestimmten Richtung, so *vergrößert* sich die entsprechende Längendimension des gitterartigen Beugungsobjektes in der gleichen Richtung und umgekehrt: wird das Beugungsgitter weiter, so wird das im Beugungsbild sichtbare Gitter seinerseits enger. Die beobachtete Anordnung der Beugungsbilder der Lichtquelle stellt damit, in der Terminologie der Festkörperphysik, gerade das zum beugenden Muster der Stofffäden *reziproke* Gitter dar.

Entfernt man sich nun weiter von der Lampe, während man das Tuch in unverändert geringen Abstand vor Augen hält, so nimmt die Zellengröße des Verschiebungsgitters in jeder der beiden orthogonalen Richtungen proportional zur Entfernung von der Lampe zu, während das Einzelbild der Lichtquelle dabei laufend kleinere Ausmaße annimmt. Aus dieser Tatsache läßt sich zweifelsfrei schließen, daß das Beugungsrechteck dem Beobachter unter konstantem *Winkel* erscheint.

Befestigt oder hält man knapp unterhalb des Glühfadens der Lampe ein kleines, durchsichtiges Kunststofflineal und betrachtet das Beugungsmuster aus einer Entfernung von etwa 10 m - am besten unter Verwendung eines Fernglases mit acht- bis zehnfacher Vergrößerung, über dessen Objektiv man das Stofftuch einfach hinunterhängen läßt - so läßt sich, sogar für jede Spektralfarbe *frb* einzeln, der Beugungswinkel erster Ordnung $\alpha_{1,frb}$ auf höchst einfache Weise mit einer Genauigkeit von besser als 30% bestimmen: er ergibt sich unmittelbar im Bogenmaß aus dem Verhältnis des Abstandes, unter dem die erste (farbige) Beugungsordnung (an den Seitenmittelpunkten des Beugungsrechtecks) - relativ zum Zentralbild - oberhalb des Lineals (welches zugleich mit dem Beugungsobjekt scharf erscheint, da es in der Ebene des Glühfadens liegt) gesehen wird, zur Entfernung des Tuches und damit praktisch auch des Beobachters von der Lichtquelle. Man überzeugt sich unschwer von der Tatsache, daß für jede Farbe *frb* der Beugungswinkel $\alpha_{n,frb}$ genau so wie bei Schrägstellung des Tuches, zunimmt, wenn sich der Fadenabstand *d* in der entsprechenden Richtung - etwa durch Austausch des Tuches verkleinert. Typischerweise beträgt bei einem feinen Seidentuch die aus einer Entfernung von rund 10 m beobachtete, über die einzelnen Spektralfarben gemittelte *typische* Verschiebung der ersten Beugungsordnung gegenüber dem Zentralbild etwa 5 cm, was einem Winkel $\alpha_{1,typ}$ der Größe $5 \cdot 10^{-3}$ im Bogenmaß entspricht und durch ein rund 10-fach vergrößerndes Fernglas noch so gut sichtbar ist, daß man sogar die den einzelnen Spektralfarben entsprechenden Beugungswinkel $\alpha_{1,frb}$ (gerade) noch auflösen kann.

Da ein feines Seidentuch etwa 10 Kettfäden pro Millimeter aufweist, wovon man sich mit Hilfe einer Lupe (und einer feinen Nadel zum Abzählen der Fäden) mit nicht allzu großer Mühe überzeugen kann - die Schußfäden liegen herstellungsbedingt meist etwas weniger dicht beisammen - besitzt unser Beugungsgitter eine charakteristische Gitterkonstante *d* von rund 10^{-4} m; für die Größenordnung der typischen mittleren Lichtwellenlänge λ_{typ} , welche durch das Produkt von Gitterkonstante *d* und (farbgemitteltem) Beugungswinkel der ersten Ordnung $\alpha_{1,typ}$ gegeben ist, gilt daher näherungsweise $\lambda_{typ} = d \cdot \alpha_{1,typ} \approx 5 \cdot 10^{-7}$ m.

Im Fernglas erkennt man auch ganz deutlich die räumliche Anordnung der Spektralfarben in den Beugungsbildern, welche sich mit freiem Auge nur erahnen, aber meist nicht mit Sicherheit feststellen läßt: das rote Beugungsbild ist jeweils am stärksten gegenüber dem Zentralbild verschoben, das - auf Grund des im Vergleich zur Sonne nur halb so heißen Glühfadens sowie der in diesem Bereich geringen spektralen Empfindlichkeit des Auges kaum sichtbare - blaue Beugungsbild am geringsten. Da die Breite des bunten Beugungsstreifens annähernd die gleiche Längenausdehnung quer zu den farbigen Bändern besitzt wie das Loch zwischen dem weißen Zentralbild und dem am wenigsten verschobenen blauen Innenrand dieses Beugungsbildes erster Ordnung, kann man aus der bereits weiter oben diskutierten Tatsache, daß die Bildversetzung durch Beugung direkt proportional der jeweiligen Wellenlänge des entsprechenden farbigen, im Weißlicht vorhandenen spektralreinen Strahlungsanteils ist, sofort den Schluß ziehen, daß diese Wellenlänge von blau nach rot etwa um den Faktor zwei zunimmt.

Umgekehrt ist dann die Frequenz des blauen Lichtes doppelt so groß wie jene des roten, so daß wir unter Verwendung einer Analogie zur Akustik sagen können, daß sich die anscheinend so reichhaltige Welt der reinen Farben bloß über den Bereich einer einzigen Oktave erstreckt! Aus den über drei verschiedene, zum Teil überlappende spektrale Empfindlichkeitskurven (mit dem Maximum im Roten, Grünen und Blauen) aufsummierten Rezeptorantworten produziert die Netzhaut und vor allem das Gehirn dann schließlich jene Fülle von Millionen Farben, welche den goldenen Überfluß der Welt ausmachen.

5.2 Im Anfang war die Kraft: ein improvisiertes Zwischenspiel über den Roten Faden vom Atomkern zum Kosmos

Die Polypeptidfäden der echten Seide sind ein Produkt der Natur, welches uns geholfen hat, die Welleneigenschaften des sichtbaren Lichtes qualitativ und quantitativ, mit einem Wort also physikalisch zu entschlüsseln, wenn wir sie, wie es in einem Stück Gewebe geschieht, in eine zueinander parallele räumliche Anordnung bringen. Wir wollen nun die elektrische Struktur der Atome und Moleküle in einer etwas raffinierteren Weise ausnützen, um solche Strukturen auf natürliche Art und Weise zu realisieren.

Dazu ist es notwendig, einen gewissen Einblick in jene Kräfte der Natur zu gewinnen, welche für den Aufbau von räumlichen Anordnungen verantwortlich sind. Obwohl es auf den ersten Blick eine verwirrende Vielfalt von Kraftwirkungen in der

Natur zu geben scheint, zeigt jedoch ein detaillierteres Studium, daß sich alle beobachtbaren Wechselwirkungen der Natur, die für den Austausch von Energie und Impuls verantwortlich sind, auf drei bindungsfähige Grundtypen sowie eine Quelle der Verwandlung zurückführen lassen:

i) die *Schwerkraft*, welche die Struktur des Universums bestimmt und trotz ihrer extremen relativen Schwäche (1 zu 10^{40} im Vergleich zur elektrischen Kraft) bereits bei einer Massenansammlung von der Größe des Jupiter (Masse $\approx 10^{27}$ kg, also etwa 1% der Sonnenmasse, bestehend aus rund 10^{54} Atomen) die durch elektrische Ladungsanziehung gebundenen (Wasserstoff)atome zu einem (elektrisch leitenden) Plasma zerquetschen kann.

Da die Energie und damit auch die Ruhemasse als Quelle der Gravitation eine stets positive Größe darstellt, wirkt die Schwerkraft immer anziehend, während in der elektrisch neutralen Materie (nur für diese kann es zur Bildung von Atomen kommen, weil elektrische Ladungen gleichen Vorzeichens einander im Gegensatz zu schweren Massen ja abstoßen) die viel stärkeren elektrischen Kräfte einander auf größeren Distanzen beinahe so vollständig kompensieren, daß die *effektive Reichweite* der atomaren beziehungsweise molekularen Kräfte *endlich* bleibt.

ii) die *elektromagnetische Kraft*, welche sich bei hohen Energien in Stärke und Struktur untrennbar mit der sogenannten *Schwachen Wechselwirkung* zur *elektroschwachen Kraft* vereinigt. Der geringe Wirkungsquerschnitt dieser Schwachen Kraft bei niederen Energien, der scheinbar aus einer effektiven Kopplungsstärke (oder vielmehr -schwäche von 1 in 10^5 im Vergleich zum Elektromagnetismus) resultiert, kommt in Wirklichkeit nur durch die auf Grund von sehr massiven Austauschbosonen extrem kurze Reichweite eines hundertstel Protondurchmessers zustande.

Allerdings können manche dieser Austauschbosonen auf Grund ihrer nichttrivialen physikalischen Eigenschaften (elektrische und schwache Ladung, schwacher Isospin) zu einer Veränderung der fundamentalen Materieteilchen (Quarks, Elektronen und Neutrinos) führen, zwischen denen sie ausgetauscht werden. Während also die *Schwache Kraft* das Naturprinzip der *Verwandlung* verkörpert, ermöglicht die elektrische Kraft den Aufbau der Materie vom Atom über die chemische Bindung zum Molekül und weiter bis zum Festkörper.

iii) die *Farbkraft*, welche die Quarks zu Hadronen verbindet, und zwar drei Quarks zu Baryonen, Quark-Antiquarkpaare zu Mesonen. Da sich die "Farbe" der Quarks durch den Austausch von "Farbkraftteilchen" oder Gluonen verändert, müssen die Gluonen selbst Farbe besitzen und deshalb aufeinander Kräfte ausüben. Deshalb gibt es für die Farbkraft auch keine lineare Superposition und zwischen ihren Feldlinien herrscht keine effektive Abstoßung wie im sonst analogen - elektrischen Fall, sondern im Gegenteil Anziehung: sie sind parallel und gebündelt wie im Feld eines Kondensators, so daß sich ihre Dichte nicht mit dem räumlichen Abstand der (Farb-)Quellen (= Quarks) ändert.

Deshalb nimmt die potentielle Energie eines Quarkpaares linear mit der Entfernung zwischen den Partnern zu, so daß man das einzelne Quark nicht aus seinem Bindungszustand reißen kann, ohne weitere Quark-Antiquarkpaare zu produzieren. Freie Quarks lassen sich deshalb nicht auf Dauer erzeugen

(oder vernichten), sie bleiben innerhalb der Hadronen eingesperrt, wo man ihre "Existenz" und ihre drittelzahlig gebrochene Ladung durch Streuexperimente zweifelsfrei feststellen kann.

Ebenso wie die elektrische Kraft zwischen neutralen Atomen nicht völlig verschwindet, sondern (auch bei nach dem Pauliprinzip gefüllten "Schalen") zu einer auf Grund von elektrischer Polarisation stets anziehenden *Restwechselwirkung* ("Van der Waals-Kraft") führt - das polarisierende elektrische Feld entsteht dabei durch quantenmechanische Fluktuation -, so verursacht das in der unmittelbaren Umgebung der Baryonen nicht völlig "weißabgegliche" Farbkraftfeld eine stets anziehende Restwechselwirkung, die *starke Kernkraft*, welche Protonen und Neutronen zu Atomkernen vereinigt.

Die beiden anderen Fundamentalkräfte führen dagegen zum *radioaktiven Zerfall* dieser Kerne, und zwar der *elektrische Druck* zwischen den (gleichnamig geladenen) Protonen zum α -Zerfall, die *Verwandlung* von *down-* in *up-quark* (oder vice versa, wenn der Massenunterschied von Neutron und Proton auf Grund von Kernbindungsenergien sein Vorzeichen umkehrt) zur β -Radioaktivität.

Während die Farbkraft auf nukleare Distanzen von wenigen fm (Fermi oder Femtometer = 10^{-15} m) beschränkt bleibt, weil sich das - an sich masselose - Farbfeld durch Selbstwechselwirkung einschnürt und die Gravitation erst für Massen größer oder gleich derjenigen des Jupiter die materiellen Eigenschaften kosmischer Objekte bestimmt, so verdankt die Materie vom einzelnen Atom über das Molekül und die lebende Zelle bis zum makroskopischen Festkörper von der Dimension des Himalaja ihre Struktur dem Wirken der elektrischen Kraft.

Die materielle Basis der menschlichen Lebenswelt ist also im Bereich von Angström bis zu einigen zehn Kilometern ausschließlich elektrischer Natur. Die Entwicklung der lebendigen Substanz hat sich neben der Ausnützung von Festigkeit und Elastizität der elektrisch gestylten Materie - gepaart mit der Möglichkeit des schrittweisen chemischen Auf- und Abbaues, welcher ebenfalls rein elektrische Wurzeln hat -, auch der elektrischen Spannungserzeugung und Stromleitung durch Ionendiffusion in den Nervenzellen bedient. Elektrizität stand also bereits vor Milliarden Jahren an der Wiege des irdischen Lebens, lange bevor Galvani, Volta, Oerstedt, Ohm, Faraday, Maxwell und Siemens diese Naturkraft seit dem Ende des 18. Jahrhunderts für die menschliche Zivilisation nutzbar machen konnten.

5.3 Die spannungsgeladene elektrische Welt der Materie: Von Salzen, Sägen und Seifen

5.3.1 Zucker und Salz - Gott erhalt's!

Wenn wir die Salzkörner, die aus der hin- und herbewegten Salzmühle auf den Dotter unseres Frühstückseis fallen, näher unter die Lupe einer eingehenden geometrischen Analyse nehmen, so müssen wir feststellen, daß sie trotz der rauen mechanischen Behandlung in diesem festkörperphysikalischen Untersuchungsgerät die Regelmäßigkeit ihrer äußeren Form durchaus bewahrt haben: sie erscheinen nach der äußeren Gewaltanwendung wiederum als kleine Würfel genau so wie zuvor. Führen wir denselben Versuch mit Kristallzucker anstelle von Kochsalz durch, so sind die Ausgangskristalle meist schön

ner und regelmäßiger, das Endprodukt nach dem Zermahlen aber ein Staub- oder Puderzucker ohne erkennbare äußere Regelmäßigkeit der Form.

Diese unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften von Salz und Zucker korrelieren mit dem elektrischen Verhalten ihrer wäßrigen Lösungen: wenn wir mit Hilfe eines Kompasses, um den wir etwa hundert Windungen eines dünnen lackisolierten Drahtes gewickelt haben, den Strom messen, der bei der Spannung einer Flachbatterie von 4,5 V durch eine etwas konzentriertere Salzlösung (ein Teelöffel Salz auf einen Viertelliter Wasser) fließt, wenn der Elektrodenabstand einige Zentimeter beträgt, so können wir beim Einschalten einen deutlichen Ausschlag der anfänglich parallel zur Wicklung orientierten Magnetnadel feststellen. Im Falle einer analogen Zuckerklösung läßt sich kein meßbarer Stromfluß registrieren.

Da der Kurzschlußstrom einer solchen Batterie, der einige Ampere beträgt, einen ähnlichen Ausschlag der Kompaßnadel hervorruft, wenn man den stromführenden Draht einfach längs des Zeigers über den Kompaß legt, beträgt die Stromstärke durch die Salzlösung 1/200 dieses Kurzschlußstroms, also bis zu 10 Milliampere, weil Ober- und Unterseite der Wicklung gleichermaßen zum gesamten Magnetfeld beitragen; dieser Strom kann daher mit einer (roten) Leuchtdiode ebenfalls qualitativ nachgewiesen werden. Offenbar zerfällt das Kochsalz nach der Auflösung im Wasser in einzelne Teilchen mit Nettoladung, sogenannte Ionen, welche den elektrischen Strom transportieren können. Das Zuckermolekül muß hingegen in wäßriger Lösung insgesamt neutral sein, weil es keinen Ladungsfluß bewirkt.

Da die Wassermoleküle mikroskopische elektrische Dipole darstellen und daher durch relativ starke elektrische Kräfte aneinander gebunden sind - der chemisch analoge Schwefelwasserstoff hat kein Dipolmoment, so daß er bei Normalbedingungen gasförmig ist - lösen sich Ionenkristalle wie Kochsalz und elektrisch polare Molekülkristalle wie Zucker gleichermaßen im Wasser auf. Die Tatsache, daß der Ionenkristall aber aus einer periodischen Abfolge von elektrisch geladenen Teilchen besteht, läßt sich außer durch Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit in wäßriger Lösung auch mit den mechanischen Eigenschaften des Kristalls gut korrelieren: verschiebt man nämlich zwei flächenhaft aneinander grenzende Teile eines Ionenkristalls mit *abwechselnder* Anordnung von positiven und negativen Ladungen gleicher Größe um eine einzige Gitterkonstante, so stehen einander im Gegensatz zur ursprünglichen Struktur nun *gleichnamige* Ladungen gegenüber, deren elektrische Abstoßung den Kristall längs der ebenen Verschiebungsfläche spaltet, so daß die Kantenrichtungen sowie die Winkel erhalten bleiben. Ionenkristalle sind also spröde und springen bei mechanischer Belastung; sie sind als Ausgangsmaterial für Werkzeuge praktisch nicht verwendbar.

5.3.2 Von der Steinzeit zur Eisenzeit: die physikalischen Wurzeln der menschlichen Kulturgeschichte

Es war vermutlich einer der größten Fortschritte der Zivilisation, als der Mensch zum Zweck der Herstellung von Geräten den überall vorhandenen Stein durch das (wesentlich schwerer zu gewinnende) Metall ersetzen konnte: die negative Ladung

der Elektronen bildet im Metallgitter eine Art Flüssigkeit, die bei jeder äußeren mechanischen Verschiebung der positiven Ionenrümpfe sofort in die entsprechende neue Gleichgewichtslage fließt: Metalle sind verformbar, man kann sie biegen, treiben, bosseln und schmieden.

Damit sie allerdings eine genügende Härte aufweisen, muß man verhindern, daß die Ionenrümpfe nach dem Verformungsprozeß nicht entlang von Gleitebenen weiterrutschen. Das geschieht beim Schmieden (insbesondere des Stahls) dadurch, daß man durch die mechanische Beanspruchung mittels zahlreicher Hammerschläge möglichst viele Gitterversetzungen im Metallgitter erzeugt, die wie Panzersperren ein nachträgliches Abgleiten unter Belastung verhindern sollen.

Betrachtet man die kosmischen Wurzeln der menschlichen Existenz und speziell der Zivilisation, so kommt man aus dem Staunen nicht heraus: Ohne die Festigkeit und Schmiedbarkeit des Eisens ist eine Hochkultur kaum denkbar. Gleichzeitig beruht der Siegeszug der Elektrotechnik ab der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts auf der zusätzlichen Fähigkeit des Eisens, magnetische Felder durch Ausrichtung mikroskopischer Magnete um zwei bis drei Größenordnungen zu verstärken. Alle diese Anwendungen sind aber nur deshalb für die Zivilisation bedeutsam, weil unsere Erde zu einem großen Teil aus Eisen besteht und dieses Metall deshalb häufig und daher auch billig ist.

Der Grund dafür ist aber von den segensreichen Eigenschaften der Atomhülle des Eisens, die für alle bisher genannten Eigenschaften verantwortlich zeichnet, vollkommen unabhängig: er resultiert einzig und allein aus der Eigenschaft des Atomkerns dieses Elements, der die größte Bindungsenergie pro Nukleon aufweist und deshalb das Endprodukt der Kernfusion in allen Sternen bildet: der Eisenkern stellt den nicht weiter recycelbaren kosmischen Müll par excellence dar; seine weite Verbreitung auf der nuklearen Deponie, die unseren Lebensraum bildet, ermöglicht uns ein Leben unter den Auspizien der technischen Zivilisation. Die nächste Zukunft wird uns weisen, ob wir als kosmische Müllmenschen damit leben können oder daran zugrunde gehen werden.

Die lebendige Substanz hat sich zum Aufbau ihrer Strukturen auf die Verwendung der Metalle nicht eingelassen - vermutlich aus Gründen des Umweltschutzes, weil diese Substanzen als reine chemische Elemente nicht so leicht wieder abbaubar und damit recyclingfähig sind. Ihr bevorzugtes Substrat sind die Kohlenstoffverbindungen, deren chemische Variabilität auf Grund ihrer leichten Kombinierbarkeit in der Art eines Molekülbaukastens eine millionenfache Artenvielfalt ermöglicht.

5.3.3 Die elektrische Natur der chemischen Bindung: ein Kapitel angewandter Elektrostatik mit quantenmechanischem Hintergrund

Wie läßt sich die kovalente Bindung zwischen den Elektronenhüllen verschiedener Atome verstehen? Stoßen die negativ geladenen Elektronen einander nicht ab, so daß eine Bindung durch gegenseitiges Eindringen unmöglich erscheint? Stellt man sich ein (Alkali)atom als eine (kugelsymmetrische), räumlich beschränkte und insgesamt neutrale Ladungsverteilung mit praktisch punktförmigem positiv geladenem Zentrum und ausgedehnter negativer Hülle vor, die sowohl das Eindrin-

gen gestattet als auch gegen Störungen weitgehend stabil ist - letztere Eigenschaft kann nur die Quantentheorie vernünftig erklären -, so ergibt sich eine elektrische Anziehung bei gegenseitiger Durchdringung der Atome: tritt die negative Ladung eines Atoms in die kugelsymmetrische Hülle eines anderen ein, so wirkt auf sie nur jenes Feld ein, welches von der Gesamtladung dieses anderen Atoms innerhalb einer Kugel von dessen Zentrum bis zum Aufpunkt der betrachteten Ladung herrührt.

Letztere ist aber stets positiv, wenn die Gesamtladung des ganzen Atoms verschwindet, so daß die Elektronenhülle so lange bis zum Kern des Partneratoms gezogen wird, bis auch der jeweilige Kern in die Hülle des anderen Atoms eindringt, wo er nach dem gleichen Argument wie oben dann elektrisch abgestoßen wird, so daß sich ein Gleichgewicht einstellen muß und eine kovalente Bindung resultiert.

Leider haben wir mit unserer Erklärung nur den Fall des kugelsymmetrischen Wasserstoffatoms und die Bildung seines zweiatomigen Moleküls vernünftig beschrieben, nicht aber die metallische Bindung der ebenfalls kugelsymmetrischen Alkaliatome. Letztere haben aber kein eigentliches punktförmiges positiv geladenes Zentrum, sondern einen Rumpfbereich mit positiver Überschlußladung, in welchen nach dem Paulischen Ausschlußprinzip das Elektron des Partneratoms nicht eindringen kann. Daher stellt sich nicht das weiter oben beschriebene Gleichgewicht ein, sondern die gesamten Rumpfbereiche bleiben außerhalb der fremden Elektronenhülle.

Es gibt also unter diesen Umständen keine elektrische Absättigung durch weitgehende elektrische Neutralisierung und die Bindung kann von allen Seiten her erfolgen, so daß statt einem zweiatomigen Molekül wie beim Wasserstoff im Fall der Alkaliatome eine Art polymeres Riesenmolekül entsteht, dessen Elektronen sich dann letztendlich auf den gesamten Kristallbereich ausdehnen können. Auf diese Weise gelangt man in der Tat auf elektrischem Weg ohne weiteren physikalischen Input zum realistischen Bild eines - sehr weichen und relativ locker gepackten - Metallgitters aus Rumpffionen, die in einer Elektronenflüssigkeit regelmäßig, aber leicht verschiebbar eingebettet sind. Lithium, Natrium und Kalium schwimmen als einzige Metalle auch in kompakter Form auf dem Wasser (mit dem sie natürlich unter Wasserstoffentwicklung sehr heftig chemisch reagieren), wobei Kalium trotz seines schwereren Atomkerns sogar noch spezifisch leichter als Natrium ist, weil sein Rumpffion bei gleicher positiver Überschlußladung einen größeren Radius besitzt: dadurch ist die Feldstärke am Ionenrand und folglich auch die Bindung an das Elektronenfluid geringer, so daß letzteres nicht so stark komprimiert werden kann, weil dadurch die kinetische Energie des Elektroniums (auf Grund der Unbestimmtheitsrelation) zu groß würde.

Ein analoger Effekt macht übrigens die Membran von Nervenzellen semipermeabel und ermöglicht so die Entstehung einer thermischen Diffusionsspannung U in der Größenordnung $U \approx kT/e$ (k = Boltzmannkonstante, T = absolute Temperatur, e = Elementarladung), welche nur von der Zelltemperatur abhängt und für Warmblüter ($T \approx 310$ K) etwa 30 mV beträgt: berücksichtigt man die tatsächlichen Ionenkonzentrationen, deren Verhältnis in U zum Glück aber nur logarithmisch eingeht, so erhält man den tatsächlichen Wert von 70 mV.

Während der Kaliumionenüberschuß des Zellinneren durch die Proteinkanäle in der Membran thermisch nach außen diffundieren kann, verhindert der (etwas) *kleinere* Radius der Natriumionen, daß diese Teilchen aus dem extrazellulären Raum, wo sie in höherer Konzentration vorhanden sind, durch die gleichen Kanäle ins Zellinnere zurückwandern können: die höhere Feldstärke am Rand des kleineren Na^+ -Ions bindet die Dipolmoleküle des Wassers stärker an das (in beiden Fällen einfach positiv geladene) Zentrum, so daß der dickere Mantel aus Wassermolekülen die ursprünglichen Größenverhältnisse der beiden Ionen paradoxerweise gerade umkehrt.

Die hydratisierten Natriumionen passen nun nicht durch die Proteinkanäle der Nervenzelle und die auswärts gerichtete K^+ -Ionendiffusion erzeugt ein negatives elektrisches Potential im Zellinnern, dessen Gleichgewichtswert dann erreicht wird, wenn der resultierende elektrische Strom den Diffusionsstrom gerade kompensiert. In diesem Fall stimmt dann auch die elektrische Energie eU mit der thermischen Energie kT überein, wie es weiter oben behauptet wird.

5.3.4 Die elektrische Schizophrenie der Seifenmoleküle entschlüsselt die Ausdehnung der Atome

Wir haben die Auflösung von Salz und Zucker in Wasser bereits weiter oben als ein grundsätzlich elektrisches Phänomen auf mikroskopisch-atomarer Skala kennengelernt: da das Wassermolekül einen elektrischen Dipol darstellt (dessen Gesamtladung natürlich gleich null ist, sonst würden sich im wahrsten Sinne des Wortes haarsträubende Effekte beim Baden oder Trinken ereignen), umgeben sich sowohl Ionen als auch elektrisch polare, aber insgesamt neutrale Moleküle wie etwa Zucker an ihrer Oberfläche mit einer Wasserhülle. Letztere ist gerade so ausgerichtet, daß entgegengesetzte elektrische Ladungen auf gelöster Substanz und Lösungsmittel einander gegenüberstehen; dadurch wird das Wasser mindestens ebenso stark an das aufgelöste Molekül gebunden wie an andere Wasserteilchen und die Grenzflächenenergie nimmt trotz Vergrößerung der inneren Oberfläche nicht zu, sondern im Gegenteil sogar ab.

Ist das zu lösende Molekül dahingegen auch an jeder einzelnen Stelle im wesentlichen elektrisch neutral, würde beim Lösungsvorgang die Zahl der Wassermoleküle, welche keinem entgegengesetzt geladenen Partner gegenüberstehen, auf Grund der Kontaktflächenzunahme rund um die isolierten gelösten Teilchen über Gebühr anwachsen. Eine solche Lösung wäre (thermodynamisch) nicht stabil und würde spontan in wäßrige Bereiche mit polymeren Dipolketten, die von Gebieten aus unpolaren Molekülen durchsetzt sind, zerfallen: die Substanz reagiert also in diesem Fall wasserabweisend (hydrophob) und ist in Wasser (praktisch) unlöslich.

Beispiele dafür sind etwa die Kohlenwasserstoffe oder die Fette (Triglyzeride), welche Esterverbindungen aus dem dreiwertigen Alkohol des wasserlöslichen Glycerins mit drei Fettsäuren darstellen. Letztere bestehen ihrerseits aus einem praktisch unpolaren Kohlenwasserstoffschwanz, der an einem (schwach) polaren Karbonsäurekopf hängt, sind also gewissermaßen elektrische Zwitter oder Kentauren, halb hydrophil und halb hydrophob. Kocht man Fette mit starker Lauge

(NaOH, KOH) auf, so läßt sich die Esterbindung relativ leicht spalten und es entsteht ein Gemenge aus Glycerin und den Alkalisalzen der jeweiligen Fettsäuren, welches auch unter dem Namen Schmierseife bekannt ist. Das Anion der Fettsäure besitzt gegenüber der letzteren eine noch wesentlich stärker ausgeprägte elektrische Kentaurenstruktur, welche die schillernde Vielfalt der Erscheinungen rund um das Alltagsphänomen Seife auf einfache und zwanglose Weise erklären kann.

Die Seifenmoleküle an der Wasseroberfläche verhalten sich ganz analog den Entchen des bekannten Kinderliedes, welche auf dem See schwimmen: sie stecken ihr negativ geladenes Köpfchen in das polare Wasser, wo es von den positiv polarisierten Wasserstoffatomen dieses Moleküls eingehüllt und festgehalten wird. Deshalb ragen die unpolaren Kohlenwasserstoffschwänze der Seifenmoleküle aus der wäßrigen Oberfläche heraus und bilden eine Art monomolekulare Deckschicht mit wesentlich reduzierter Oberflächenspannung, weil sie ja oberflächlich einem unpolaren Kohlenwasserstoff wie Oktan (vulgo Benzin) mit relativ schwacher elektrischer Wechselwirkung zwischen den Molekülen gleichen. Dadurch dringt die Seifenlösung viel leichter in alle Poren eines zu waschenden Körpers ein.

Durch die Herabsetzung der Grenzflächenenergie lassen sich mit dieser Lösung relativ leicht stabile Membranen oder gar geschlossene Blasen herstellen, die aus einem Wasserfilm mit beidseitiger Deckschicht aus parallelen Kohlenwasserstoffketten bestehen. Will man ihre Lebensdauer verlängern, muß man, etwa durch die Zugabe von wasserlöslichen Substanzen mit niedrigem Dampfdruck wie zum Beispiel Glycerin, die Verdunstung des Wasserfilmes verhindern. Das schillernde Farbenspiel der Seifenblasen ist ein Hinweis darauf, daß ihre Schichtdicke in der Größenordnung der Lichtwellenlängen liegt: hat die an der Hinterseite der Blasenwand mit einem Phasensprung von 180° reflektierte Welle gerade die entgegengesetzte Phase wie das einfallende Licht, so kommt es zur Auslöschung der entsprechenden Teilwelle und die Blase erscheint an dieser Stelle in der Komplementärfarbe der ausgelöschten Wellenlänge. Dazu muß die Stärke der Wand gerade ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge (in Wasser, also $1/1,33 \approx 3/4$ des Vakuumwertes) betragen, weil beim zweimaligen Durchlaufen dann die gleiche Phase wie beim ursprünglichen Einfall auftritt; der Phasensprung an der Hinterseite bewirkt schließlich die destruktive Interferenz. Ist die Schichtdicke größenordnungsmäßig wesentlich geringer als die (halbe) typische Lichtwellenlänge, so führt dieser Phasensprung zur Auslöschung aller Frequenzen und die Seifenblase erscheint über den entsprechenden Bereich hinweg im reflektierten Licht schwarz!

An dieser Stelle soll auf einen Umstand hingewiesen werden, der die gestörte Verbindung von Physik und praktischer Anwendung verdeutlicht: Die Farbe des Lichtes ist, im Gegensatz zur Darstellung in praktisch allen Physikbüchern, nämlich ausschließlich durch seine Frequenz und nicht etwa durch die Wellenlänge bestimmt! Letztere ändert sich nämlich beim Eintritt vom leeren Raum in materielle Körper auf Grund der dort verringerten Ausbreitungsgeschwindigkeit, während die Frequenz des Lichtes in jedem Medium konstant und unverändert bleibt. Die Farbrezeptoren des Auges liegen in der wäßrigen Gallerte des Augapfels eingebettet; in dieser Umgebung sind alle Wellenlängen des sichtbaren Lichtes gegenüber den in der Literatur

angegebenen Vakuumwerten um den Faktor $1/1,33 \approx 3/4$ verkürzt, wobei $1,33 \approx 4/3$ den optischen Brechungsindex des Wassers darstellt.

Da aber die fettlösende Kraft der Oberfläche im Vergleich zum gesamten Volumen der Seifenlösung verschwindend klein ist, kann die Waschwirkung der Seife nur von den Molekülen im Inneren der Flüssigkeit herrühren. Dabei dürfen die hydrophoben Schwänze aber auf keinen Fall mit dem polaren Wasser in Berührung kommen. Die Seifenmoleküle bilden daher kugelförmige Aggregate, sogenannte Mizellen, deren Oberfläche Kontakt zum umgebenden Wasser hat und von den elektrisch geladenen Molekülköpfen gebildet wird.

Die Kohlenwasserstoffketten ragen von dieser Oberfläche radial nach innen, so daß eine Art "Tropfen" aus organischem Lösungsmittel entsteht, dessen äußerer Rand aber hydrophil ist und der deshalb stabil im Wasser verteilt bleibt. Im Tropfeninneren können sich nun nichtpolare Moleküle wie Fette oder andere Kohlenwasserstoffe lösen, ohne daß die Mizellenstruktur dadurch wesentlich verändert wird: Der elektrische Zwitter des Seifenmoleküls kann als wasserlösliche Variante des Benzins angesehen werden und schlägt damit eine Brücke zwischen der anorganischen und der organischen Molekülwelt!

Zum Abschluß wollen wir uns in einem richtiggehenden Küchensexperiment, bei welchem ausschließlich unverdächtige Haushaltsmaterialien - die nicht von kommerziellen Lehrmittelfirmen für trickreiche Demonstrationen speziell präpariert ("gezinkt") wurden - Verwendung finden, eine obere Schranke für die Länge eines "seifenartigen" Moleküls verschaffen. Das Wort "seifenartig" steht dabei für ein "künstliches" Waschmittel (Tensid), obwohl bereits seit der Harnstoffsynthese von Friedrich Wöhler im Jahre 1828 (vier Jahre vor dem Tod Goethes!) zweifelsfrei feststand, daß es keinen Unterschied zwischen der "organischen" Chemie der Biosphäre und der "synthetischen" Chemie des Laboratoriums gibt: Der ohne die okkulte Wirkung einer mutmaßlichen mysteriösen "vis vitalis" hergestellte Retorten-Harnstoff war mit dem Blasen-Harnstoff, den Wöhler in einem Brief an den großen schwedischen Chemiker Jens Jakob *Berzelius* als "in jeder Hinsicht selbst gemacht" bezeichnet hatte, vollständig ident, so daß der leider bis heute überall gebräuchliche Ausdruck "organische" Chemie ein im Grunde genommen irreführendes und eigentlich längst überholtes Vorurteil neu aufwärmt.

Auch wenn heutzutage kein vernünftiger Mensch mehr leugnen kann, daß die Erkenntnisse der Naturwissenschaft in unserem Jahrhundert durch die (wirtschaftlich, aber auch bildungsmäßig bedingte) Konzentration auf eine viel zu eng gefaßte, lokale Optimierung - bis dato eine sehr erfolgreiche Strategie dieser Disziplin - neben kaum anzweifelbaren Verbesserungen auch eine Reihe gewichtiger Beeinträchtigungen für die Qualität des Lebens auf unserem Planeten verursacht haben, so kann uns einzig und allein die Wissenschaft selbst wiederum einen Ausweg aus diesem selbstverschuldeten Schlamassel weisen. Wenn daher, wie viele Anzeichen vermuten lassen, an Stelle der Vernunft mittelalterliche Ängste das Denken und Handeln vor allem der jungen Menschen in immer größerem Ausmaß bestimmen, so sind die lodernen Scheiterhaufen nicht mehr weit, auf denen die Häretiker der Gegenwart schließlich zu landen riskieren, wenn sie noch immer an eine Art Fortschritt glauben.

Das Rad der Zeit innerhalb der naturwissenschaftlichen Erziehung muß zwar mit Sicherheit auf einen neuen, interdisziplinären und ganzheitlichen Kurs gebracht werden, welcher Physik, Chemie und Biologie als untrennbare Einheit ansieht - dreht man es aber ins vor-

industrielle 18. Jahrhundert Rousseaus zurück, so wird es mit großer Wahrscheinlichkeit blockieren und niemand, am allerwenigsten eine angsterzeugende, von der quantitativen Natur der Gegenwartsprobleme zurückschreckende Ideologie der Fortschrittsfeindlichkeit kann es wieder so leicht flott machen und die zum Teil verlorengangene Lebensqualität ohne autosuggestive Selbsttäuschung von Grund auf erneuern und verbessern.

Wir füllen eine runde Schüssel von etwas mehr als 10 cm Radius und ebenem Boden knapp 1 cm hoch mit Wasser. Ist sie aus durchsichtigem Glas oder Kunststoff, so läßt sich das Experiment in recht eindrucksvoller Weise auch auf einem Tageslichtprojektor durchführen, so daß es ganz problemlos sogar einer größeren Zuschauermenge in hoher Detailauflösung demonstriert werden kann.

Um Vorgänge auf der Wasseroberfläche deutlich sichtbar zu machen, bestreuen wir letztere vorsichtig, aber gleichmäßig mit Kinderpuder, wobei größere Aggregate von Puderkörnern (aus Talkum = Magnesiumsilikat) vermieden werden müssen, was am besten mit Hilfe des Tageslichtprojektors zu kontrollieren ist. Mit Hilfe eines handelsüblichen Nähadel-Einfädlers aus dünnem Stahldraht entnehmen wir einer Geschirrspülmittelflasche - oder besser gesagt ihrem Drehverschluß, den wir vorher mit (wenig!) Spülmittel gefüllt haben -, einen möglichst kleinen, annähernd kugelförmigen Tropfen dieser Flüssigkeit. Da die Oberflächenspannung des Spülmittels wesentlich geringer als jene von Wasser ist, gelingt es auch ohne Abschleudern, also lediglich unter Verwendung der Schwerkraft als Ablösehilfe, einen Tropfendurchmesser $d = 2r$ in der Größenordnung eines Millimeters zu erzielen.

Liest man den kleingedruckten Text auf der Spülmittelflasche etwas genauer durch, findet man bezüglich der chemischen Zusammensetzung meist den - gesetzlich vorgeschriebenen - Hinweis: (an)ionische und nichtionische Tenside. Vermutlich bleibt die Bedeutung dieser Information den meisten Menschen - auch bei einer naturwissenschaftlichen Vorbildung im traditionellen lexikalischen Stil - vollständig unklar. (An)ionische Tenside haben, ähnlich wie die Seifenionen, einen negativ geladenen Molekülkopf (meist ein Anion einer - "synthetischen" - Sulfonsäure $H^+R-SO_3^-$, [R = kohlenwasserstoffartiger Molekülrest] an Stelle der Karbonsäure wie bei der Seife), an dem ein (praktisch unpolarer) Kohlenwasserstoffschwanz hängt. Demgegenüber ist der Molekülkopf von nichtionischen Tensiden ungeladen, wirkt aber auf Grund seines wesentlichen elektrischen Dipolmoments hydrophil, allerdings nicht so stark wie das geladene Ion. Nichtionische Tenside sind daher gegenüber den ionischen schaumgebremst und verbessern dadurch die physikalischen Eigenschaften des Abwassers erheblich - die tiefere Einsicht in die elektrische Natur der molekularen Kräfte kann uns sogar helfen, Umweltprobleme zu verringern!

Legt man ein Lineal mit Millimereinteilung (und *nicht abge-schrägtem* Rand, sonst wird das durchgehende Licht zur Seite gebrochen, erreicht die abbildende Optik nicht und das Bild des Randes erscheint dunkel) auf den Tageslichtprojektor, so kann man bei guter Scharfstellung - die Größe des Tropfens im Schattenbild ziemlich genau vermessen, weil die linearen Dimensionen der Anordnung etwa um den Faktor 10 vergrößert auf dem Projektionsschirm erscheinen.

Taucht man nun den Tropfen an der Spitze des Nähadel-Einfädlers in die Mitte der mit Wasser gefüllten, beduderten Schüssel, so breitet sich das Spülmittel blitzartig auf der Wasseroberfläche aus und verdrängt dabei das Puder, so daß die endgültige Ausdehnung des kreisrunden Spülmittelflecks auf dem Wasser - zumindest in der Overhead-Projektion - sehr

deutlich sichtbar wird. Typischerweise beträgt der Radius R des Spülmittelflecks etwa 10cm, hat sich also gegenüber dem ursprünglichen Tropfenradius r von rund 0,5 mm etwa um den Faktor 200 vergrößert!

Da die Moleküle des Spülmittels im hauchdünnen, kreisrunden Fleck auf der Oberfläche - nach dem weiter oben vorgestellten Bild der Entchen mit den Köpfen unter Wasser und den Schwänzen in der Höhe' - etwa gleich dicht gepackt sein müssen wie im anfänglich annähernd kugelförmigen Tropfen, ergibt sich aus der Gleichheit der Volumina vor und nach der Ausbreitung, daß die Schichtdicke h des Spülmittelflecks demnach $h = 4/3 \cdot r \cdot (r/R)^2$, also rund $1/6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4}$ m oder etwa 16 nm betragen muß. Das ist nur etwa 1/30 der typischen Lichtwellenlänge von 500 nm. Aus diesem Grund treten auch keine Interferenzfarben wie bei Seifenblasen auf, wo zwischen einer äußeren und inneren Spülmittelschicht ja noch ein (etwa zehnmal dickerer) Wasserfilm liegt; der Spülmittelfleck erscheint dem Beobachter daher farblos.

Da das charakteristische Seifenanion (*Natrium*)*stearat* aus 18 Kohlenstoffatomen besteht, deren typischer Abstand in einer C-C-Bindung etwa 3 Å, also $3 \cdot 10^{-10}$ m beträgt, erstreckt sich das (sägezahnförmig gewinkelte) Molekül über rund 40 Å oder 4 nm. In der von uns mit den allereinfachsten Mitteln des Haushalts vermessenen Spülmittelschicht liegen also nicht mehr als etwa 4 Moleküllagen übereinander! Nach unserem Entenmodell sollte die Schichtdicke des Spülmittelflecks zwar nur eine einzige Moleküllänge betragen, aber die Ränder der Schüssel behindern unweigerlich die ungestörte Ausbreitung des extrem dünnen Oberflächenfilms, so daß wir auf Grund der Primitivität unserer Meßmethode mit dem Resultat eigentlich recht zufrieden sein können. Seifenhäute sind nicht nur eine Freude für das Auge des homo ludens, sondern entschlüsseln uns auch die Dimensionen der Molekülwelten, wenn wir uns auf das Abenteuer eines atomistischen Random Access Teaching einlassen.

6. Schlußbetrachtungen

Doch die Bedeutung der seifenartigen molekularen Zwitter für das menschliche Leben geht über den affektiven Bereich des sinnlich-lustvollen Spielens wie auch über die in den bunten Kugeln liegende kreative Chance zur kognitiven Entschlüsselung atomarer Mikrostrukturen weit hinaus: hängen am polaren Kopf der elektrischen Kentauren, statt einem einzigen, gleich zwei hydrophobe Kohlenwasserstoffketten - wie das etwa bei der Klasse der Phosphodilipide, fettähnlichen Estern aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerin mit zwei (unpolaren) organischen Karbonsäuren und der (elektrisch stark polaren) anorganischen Phosphorsäure der Fall ist -, so verhindert der im Vergleich zur einschwänzigen Seife nun viel voluminösere Doppelschweif die Bildung von kugelförmigen Mizellen im Inneren der wäßrigen Lösung; die nun doppelt so große Zahl von Schwanzspitzen paßt nicht mehr in das Kugelzentrum und die Kentauren ordnen sich, von elektrischen Kräften gesteuert, zu einer flächenhaften Doppelschicht, an deren beiden Außenwänden, welche an das Wasser grenzen, die polaren Molekülköpfe zu liegen kommen.

Der Innenraum wird von den parallel angeordneten, auf Grund ihrer geringen elektrischen Polarität nur relativ schwach trans-

versal und in Längsrichtung aneinander gebunden Kohlenwasserstoff-Doppelketten gebildet; er ist daher gegenüber Deformation oder Durchdringung genau so flexibel wie ein Perlschnurvorhang, der in südlichen Ländern alle Innentüren ersetzt, und konnte dank dieser adaptiven Eigenschaften im Rahmen der frühen Evolution der lebendigen Substanz einen Siegeszug sondergleichen antreten: die elektrischen Kräfte zwischen den Doppelkentauren der Phosphodilipidmoleküle führten gemäß des Grundprinzips von Anziehung und Abstößung unmittelbar und ohne äußeren Eingriff zur Ausbildung der Zellmembran, der wichtigsten Erfindung des Lebens nach dem Zusammenschluß von Nucleotiden und Aminosäuren zum sogenannten Hyperzyklus.

War es Random Access oder innere Notwendigkeit, welche diesen entscheidenden Schritt der räumlichen Strukturierung verursacht hat? Vielleicht verrät uns die Naturwissenschaft des nächsten Jahrhunderts dieses bisher verborgene Geheimnis, wenn es uns gelingt, das breite Interesse der Menschen an den Grundfragen ihrer eigenen Existenz durch einen entschlackten und problemorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht aus dem gegenwärtigen Dornröschenschlaf wieder neu zu erwecken und immer weiter zu entfachen! Es würde jede noch so große Anstrengung gewiß lohnen.

Literatur

- [1] Weisskopf, V.: *Natur im Schaffen, Erkenntnisse der modernen Naturwissenschaft*; Frankfurt/Main: Ullstein 1980 (aus dem Amerikanischen übersetzt, Originaltitel: "Knowledge and Wonder")
- [2] Weisskopf, V.: *Search for Simplicity*; American Journal of Physics, 53(1), January 1985
- [3] Weisskopf, V.: *Search for Simplicity: Quantum mechanics and the Pauli principle*; American Journal of Physics, 53(2), February 1985
- [4] Weisskopf, V.: *Search for Simplicity: Quantum mechanics of the hydrogen atom*; American Journal of Physics, 53(3), March 1985
- [5] Weisskopf, V.: *Search for Simplicity: The molecular bond*; American Journal of Physics, 53 (5), May 1985
- [6] Weisskopf, V.: *Search for Simplicity: Chemical energy*; American Journal of Physics, 53 (6), June 1985
- [7] Weisskopf, V.: *Search for Simplicity: The cohesive energy of solids*; American Journal of Physics, 53(9), September 1985
- [8] Weisskopf, V.: *Search for Simplicity: The metallic bond*; American Journal of Physics, 53(10), October 1985 (für eine - auszugsweise - Übersetzung von [2-8] siehe Physik und Didaktik, Jahrgänge 1987 und 1988)
- [9] Pflug, A. in Kühnelt, H., Berndt, M. et al.: *Proceedings of the GREP'91 International Conference on Physics Education, Teaching about Reference Frames from Copernicus to Einstein, Adventure Games in Einstein's Timespace: Exploring Relativity with a Computer Toolkit*; Torun: Nicholas Copernicus University Press 1992
- [10] Stierstadt, K.: *Physik der Materie*; Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft 1989
- [11] Davies, P., ed.: *The New Physics*; Cambridge: University Press 1989
- [12] Levy-Leblond, J.-M., Balibar, F.: *Quantics - Rudiments of Quantum Physics*; Amsterdam: North Holland 1990
- [13] Wheeler, J.A.: *Gravitation und Raumzeit, die vierdimensionale Ereigniswelt der Relativitätstheorie*; Heidelberg: Spektrum Ver-

- lag 1991 (aus dem Amerikanischen übersetzt, Originaltitel: "A Journey into Gravity and Spacetime")
- [14] Schwinger, J.: *Einsteins Erbe, die Einheit von Raum und Zeit*; Heidelberg: Spektrum Verlag 1987 (aus dem Amerikanischen übersetzt, Originaltitel: "Einstein's Legacy")
- [15] Layzer, D.: *Das Universum, Aufbau, Entdeckungen, Theorien*; Heidelberg: Spektrum Verlag 1986 (aus dem Amerikanischen übersetzt, Originaltitel: "Constructing the universe")
- [16] Atkins, P.W.: *Moleküle, die chemischen Bausteine der Natur*; Heidelberg: Spektrum Verlag 1988 (aus dem Englischen übersetzt, Originaltitel: "Molecules")
- [17] Fischler, H. (Hrsg.): *Quantenphysik in der Schule*; Kiel: IPN 1992
- [18] Sexl, R., Schmidt, H.K.: *Raum-Zeit-Relativität*; Braunschweig: Vieweg 1979
- [19] Sexl, R. u. H.: *Weißer Zwerge - Schwarze Löcher*; Braunschweig: Vieweg 1979
- [20] Lanius, K.: *Mikrokosmos - Makrokosmos, das Weltbild der Physik*; München: Beck 1988
- [21] Lederman, L., Schramm, D.: *Vom Quark zum Kosmos, Teilchenphysik als Schlüssel zum Kosmos*; Heidelberg: Spektrum Verlag 1990 (aus dem Englischen übersetzt, Originaltitel: "From quarks to the cosmos")
- [22] Feynman, R.: *QED, die seltsame Theorie des Lichtes und der Materie*; München: Piper 1988 (aus dem Amerikanischen übersetzt, Originaltitel "The Strange Theory of Light and Matter"; Princeton: University Press 1985)
- [23] Feynman, R.: *Vom Wesen physikalischer Gesetze*; München: Piper 1990 (aus dem Amerikanischen übersetzt, Originaltitel: "The Character of Physical Law"; Cambridge: MIT Press 1967)
- [24] Epstein, L.C.: *Relativitätstheorie anschaulich dargestellt*, Basel: Birkhäuser 1985 (aus dem Amerikanischen übersetzt, Originaltitel: "Relativity visualized"; San Francisco, Insight Press 1988)
- [25] Wolschin, G.: *Spektrum der Physik, Höhepunkte physikalischer und astronomischer Forschung*; Leipzig: J.A. Barth 1992
- [26] Weisskopf, V.: *Die Jahrhundertentdeckung; Quantentheorie*; Frankfurt/Main: Fischer 1992 (aus dem Französischen übersetzt, Originaltitel "La revolution des quanta"; Paris: Hachette 1989)
- [27] Kranzer, W.: *So interessant ist Physik*; Köln: Aulis Verlag 1982
- [28] Landau, L.D., Kitaigorodski, A.I.: *Physik für alle, Moleküle*; Köln: Deubner 1981
- [29] Kitaigorodski, A.I.: *Physik für alle, Elektronen*; Köln: Deubner 1982
- [30] Hawking, Stephen W.: *Eine kurze Geschichte der Zeit, die Suche nach der Urkraft des Universums*; Reinbek: Rowohlt 1988 (aus dem Englischen übersetzt, Originaltitel: "A Brief History of Time"; New York: Bantam Books 1988)
- [31] Hawking, Stephen W.: *Einsteins Traum, Expeditionen an die Grenzen der Raumzeit*; Reinbek: Rowohlt 1993 (aus dem Englischen übersetzt, Originaltitel: "Black Holes and Baby Universes and Other Essays"; New York: Bantam Books 1993)
- [32] Sherwood, M., Sutton, Ch. (Hrsg.): *Physik im Alltag*; Bertelsmann: Gütersloh 1989
- [33] Jargocki, Christopher P.: *Eigentlich klar - oder? Selbstverständliches physikalisch erklärt*; Braunschweig: Vieweg 1986
- [34] Calvani, P.: *Physik und Chemie spielend entdeckt: Abenteuer Wissenschaft*; Köln: Dumont 1990
- [35] Ehrlich, R.: *Turning the World Inside Out*; Princeton: University Press 1990

Fortsetzung der Literaturhinweise auf Seite 28

CD-ROMs für den Physikunterricht – Teil II

Michael Dobes

Beyond Planet Earth

Autor: ein riesiges Team des Discovery Channels

Verlag: Discovery Communications Inc.

Verfügbarkeit: bei jedem besseren CD-ROM Händler

Sprache: Englisch, obwohl ein amerikanisches Produkt, deutlich und nicht zu schnell gesprochen.

Diese CD-ROM bietet eine interaktive Reise durch unser Sonnensystem und darüber hinaus. Mit hunderten hervorragenden Bildern und einer Sammlung von Videos des Discovery Channels, viel Textinformation und Interviews mit Experten der Weltraumfahrt wird eine Fülle von hochqualitativem Material geboten. Es werden Fragen nach der Entstehung und der weiteren Geschichte unseres Sonnensystems ebenso behandelt wie das Leben eines Sternes. Warum die Dinosaurier ausstarben wird neben einer Fülle von Informationen zur anstehenden Marsmission ebenso behandelt wie eine Tour durch die Schönheiten unseres Sonnensystems. Diese CD-ROM zählt zu den besten im Bereich Weltraumforschung und Astronomie.

Die Installation ist, wie auf guten Applikationen üblich, mit dem automatischen SETUP von der CD-ROM ein Kinderspiel. Technisch ist es empfehlenswert, möglichst Stereosound zu verwenden, der in Höhen und Tiefen regulierbar ist, da manche gesprochene Textsequenzen etwas dumpf sind.

Mit einem "Lift-off" beginnt die Musik beim Starten, und man gelangt in das Hauptmenü. Das "Main Menu" ermöglicht den Einstieg in die vier Hauptteile. *The Planetary Theater* (Eine Sammlung der Videos auf dieser CD-ROM), *The Solar Gallery* (Erforschung des Sonnensystems und darüber hinaus mit 200 Bildern und einer großen Fülle an Text), *Space Experts* (vier Experten geben Antworten auf die acht wichtigsten Fragen zur Erforschung unseres Sonnensystems und der weiteren Weltraumforschung) und *Mission to Mars* (ein provokativer Blick in die Zukunft des nächsten großen Zieles in der Weltraumfahrt).

The Planetary Theater

Fünf große Themenblöcke werden angeboten:

1. *"Tales from Other Worlds"* – Eine Liste von insgesamt über 15 Minuten Video über die Entstehung der Erde und eine Tour durch das Sonnensystem, Mondlandung, Venus, ein Flug über die Marsoberfläche und schließlich ins äußere Sonnensystem mit Voyager zu den äußeren Planeten und deren ungewöhnlichen Welten.
2. *"The Star Cycle"* – Eine Beschreibung über das Leben eines Sternes – von seiner Entstehung bis zu den verschiedenen Endstadien.
3. *"The Electric Sun"* – Eine Beschreibung der wesentlichen Tatsachen über unsere Sonne

4. *"The Fate of the Dinosaur"* – eine Schilderung der gängigen Theorie über das Schicksal und das Aussterben der Dinosaurier.
5. *"The New Solar System"* – eine Darstellung über die Entstehung der Erde und das Entstehen des Lebens.

Alle diese Videos dauern mehrere Minuten, sodaß man auf dieser CD in der Summe sicher auf eine Stunde Videos kommt. Auf Grund der technischen Notwendigkeiten können Videos nur in einem kleinen Bildausschnitt gezeigt werden. Die Qualität ist allerdings hervorragend und – sehr erfreulich – absolut wackelfrei, da die Übergänge zwischen den Szenen gut gewählt wurden.

Immer wieder fließt in die Darstellung der astronomischen Tatsachen der Bezug zur Raumfahrt ein. Natürlich spielt die amerikanische Raumfahrt die entscheidende Rolle – vor allem die beiden Voyager-Missionen.

The Engine

Dieser Bildschirm ist im wesentlichen zweigeteilt: im rechten Fenster werden die Bildinformation und die Videos präsentiert, im linken Fenster gibt es entweder Lesetext zu den Bildern oder den Text des Sprechers zum Nachlesen. Der Titelfalken gibt Information über das Thema, in dem man sich gerade befindet, und gestattet es, sich von Thema zu Thema zu bewegen, ohne in eines der Hauptmenüs zurückkehren zu müssen. Im unteren Teil des Bildschirms befindet sich eine intelligente Return-Taste, die die Verzweigung zu den zuletzt aufgerufenen Themen gestattet. Weiters gibt es zwei wichtige Tasten: einerseits "Related Topics" – eine Auflistung zum derzeitigen Thema passender weiterführender Informationen – und andererseits "Search", Suchen im Gesamtindex der CD. Diese Suche listet ähnlich wie bei der interaktiven online-Hilfe von Standardprogrammen eine grobe Themenliste und dann zu diesem Thema verfügbare Informationsseiten an, so daß man in zwei Schritten möglichst genau die gewünschten Teile abrufen kann. Dabei ist jederzeit durch Kamera- oder Filmsymbol ersichtlich, welche Art visueller Information abrufbar ist.

Gerade das ausgeklügelte Navigationssystem macht diese CD-ROM zu einem guten Beispiel, wie Information vernetzt dargestellt werden kann, obwohl durch das Klicken von Thema zu Thema und die Lesetexte das Ganze auch wie ein riesiges illustriertes Buch zu verwenden wäre.

The Solar Gallery

Acht Verzweigungen bieten eine Fülle von Informationen über die verschiedenen Aspekte unseres Sonnensystems:

- Journey to the Planets
- The Rocky Inner Worlds
- The Gas Giants
- The Outer Limits
- Myriad Moons
- Meteors, Comets & Asteroids

Mag. Michael Dobes, Rolandweg 2/2, 1160 Wien, ++43-1-911 13 59
auf Internet: m.dobes@magnet – schon lange auf AppleLink unter AU0011
Nachdruck aus TELL&CALL 2/95. Fortsetzung aus PLUS LUCIS 4/95

- Cosmic Collisions
- Beyond the Solar Sea

Bei jedem dieser Menüpunkte geht ein Fenster ähnlich wie bei "Related Topics" auf, aus dem man dann in einer Liste die entsprechende Überschrift auswählen kann.: z.B. beim Thema "Journey to the Planets": ein Film sowie Photos zu den Themen "Birth of the Solar System" und "Evolution of the Planets". Photos heißt dabei oft eine ganze Sammlung mehrerer Bilder: z.B. beim Jupiter allein 14 Aufnahmen der Voyager Sonden mit jeder Menge Text dazu.

Space Experts

Acht schwer zu beantwortende Fragen über das Sonnensystem und die weitere Weltraumforschung wurden an vier Experten gestellt. Die Interviews sind in kleinen Videofenstern nicht nur zu hören, sondern auch zu sehen. Die Fragen gehen von "Gibt es noch andere Intelligenzen in unserem Universum?" über "Die größte Fehlvorstellung über die Raumfahrt?" bis hin zu konkreten Fragen über den Sinn und die Schwierigkeiten bei einer Marsmission.

Alles in allem kann man über eine Stunde mit den Fragen und den unterschiedlichen Antworten der Experten zubringen. Die Antworten bieten auch weiteren Diskussionsstoff für den Unterricht.

The Mission to Mars

Hier wird eine Fülle von Information über die Entwicklung der Idee zu einer Marsmission, die bereits geleisteten Vorarbeiten und Szenarien der Arbeit und der Erforschung des Mars geboten. Über vier Einstiege – ähnlich wie in der *Solar Gallery* – kann man sich über den Planeten Mars selbst, frühere Missionen, zukünftige Missionen und schließlich die ersten Schritte zur Realisierung einer bemannten Marsmission vielfach aufbereitete Information abrufen.

Didaktischer Einsatz

Interessanterweise ist die Option *Mission to Mars* einer der ersten Menüpunkte, der von uninformierten Benutzern sofort ausgewählt wird, obwohl er in der Liste der Möglichkeiten im Hauptmenü an letzter Stelle steht. Diese Erfahrung von einer Präsentationsmesse, wo diese CD-ROM einige Stunden lief, zeigt, daß die Raumfahrt deutliche Faszination ausübt und daher im Physikunterricht nicht zu kurz kommen sollte.

Genau dies ist auch der am besten mögliche Einsatz dieser CD-ROM. Die gesprochenen Texte, da sie aus Original-Fernsehsendungen des Discovery Channels stammen, sind sicher erst in der Oberstufe verwendbar und sollten den Schülern nie ohne die Unterstützung eines Englischlehrers als Informationsmöglichkeit aufgezwungen werden. Besser ist es allemal, selbst die Texte auszudrucken, zusammenzufassen oder, während das Video abläuft, zu erzählen oder in einer Art Wiederholung des Videos im Schülergespräch herauszuarbeiten.

Das Bildmaterial allein und die guten Trickfilme zur Entstehung und zum Leben der Sterne sind sicher ein guter Einstieg in die Kapitel Raumfahrt, Gravitation und Sonnensystem in der 6. und 8. Klasse. Da es in der CD-ROM nicht so sehr um physikalische Grundlagen geht, sondern im Wesentlichen um die Beschreibung des Sonnensystems und die Raumfahrt, sollte der Maßstab nicht die physikalischen Genauigkeit sein,

sondern vielmehr eine Auflockerung eines bis dahin eher trockenen Kapitels mit guter Bildinformation.

Von der Benutzerführung intuitiv, mit einer Fülle an Information und guten Videos ausgestattet, zählt diese CD-ROM zu einem der besten Produkte im Bereich Weltraumforschung und Raumfahrt. Obwohl die Betonung eindeutig auf den amerikanischen Missionen Voyager, Mondlandung und Marserkundung liegt, bietet sich eine Unmenge von Material zu den unterschiedlichen Aspekten der Planeten und anderer Mitglieder unseres Sonnensystems. Die hohe Qualität in der Bild- und Videoaufbereitung ist selten so zu finden wie hier.

The Discoverers

Originally filmed in IMAX

Autor: Isaac Asimow und andere

Verlag: Knowledge Adventure, Inc.

Verfügbarkeit: aus 1994, sicher noch überall zu haben

Sprache: Englisch

Wie auch "Science Adventure II" noch eine DOS-Applikation, läßt diese CD-ROM die aus Windows bekannte bessere Auflösung der Texte und die Schärfe bei der Darstellung von Graphiken usw. vermissen. Da diese CD-ROM nicht als Referenzprodukt gilt, sei hier nur eine kurze Beschreibung der wesentlichen Merkmale gegeben, vor allem im Hinblick auf das vielversprechende Konzept und auf die in der Zukunft zu erwartende Präsentation jeglichen Materials auf diesen kleinen Silberscheiben.

Technische Hinweise

Die Installation ist relativ einfach, da in Windows nur ein Icon angelegt wird, das Windows beendet, die DOS-Applikation startet und nach Beendigung wieder zu Windows zurückkehrt. Probleme treten mit dem Speicher auf. Die CD-ROM benötigt mindestens 552k RAM im unteren Bereich. Dies bedeutet, daß der Speicher durch entsprechende Einträge in config.sys und autoexec.bat gut optimiert sein muß, was im Zeichen der immer speicherintensiveren Software unerlässlich ist.

Auch mit der Installation der Sound-Optionen traten mit einer Sound-Blaster-Pro-Karte Probleme auf. Bis heute ist es nicht gelungen, die Applikation auf einem Physikcomputer mit die-

ser Sound-Karte zu starten (Absturz!). Mit der Sound-Blaster 16 gab es keine Probleme. Erfahrungen mit anderen Sound-Karten habe ich nicht gemacht. Es ist zu hoffen, daß die nächste Generation in der INTEL-Welt mit Sound-Chips on-board ausgestattet ist und die lästige Konfigurierprozedur für Ton aus dem Computer entfällt.

Diese CD-ROM ist eine Sammlung von Filmen aus dem IMAX-Kino und verbindet die Movies mit textlicher und gesprochener Information zusammen mit einigen Spielmöglichkeiten. Zentrum der Applikation ist der Movie-Screen, in dem aus einem Menü die verschiedenen Movie-Optionen abrufbar sind. Leider ist das Fenster für die Videos viel zu groß gewählt worden, um eine ansprechende Qualität auf dem Bildschirm zu gewährleisten. Unsere Rechner sind einfach noch zu langsam, um softwaremäßig und ohne Hardwareunterstützung Videos auf den Bildschirm zu zaubern – diese selbstverständliche Möglichkeit bleibt der nächsten Generation betriebssystemunabhängiger Computer vorbehalten.

Der Playback-Screen

Das Discovery-Menü bietet verschiedene Einstiege und ermöglicht die Auswahl von Filmsequenzen. Eine Preview-Funktion gibt einen Überblick, welche Videos verfügbar sind. Eine weitere Taste ermöglicht das Scrollen durch die wesentlichen Highlights des ausgewählten Movies. Die Steuerung mit der Maus ist gewöhnungsbedürftig, da es immer einen zweiten Mausklick benötigt, um volle Kontrolle über das Geschehen zu erlangen.

Immer wieder tauchen während des Vorspielens der Videos "Balloons" auf, die anzeigen, daß es eine Verzweigung zu mehr Information gibt. Allein die Gestaltung des Mauszeigers und der Schrift zeigen, daß das Programm, um die Rechnerstärke voll für die Videos zu nutzen, auf ein zeitgemäßes Interface nach Windowsstandard verzichtet. Sowohl die Videos als auch die Graphiken haben nach heutigem Standard einfach zu viel Pixel- und Eckenanteil. Zeitweise fühlt man sich als informierter Benutzer in die CGA-Graphik-Zeit zurückversetzt, in der gerade Linien eine Seltenheit waren.

The Reference Screen

Dieser Bereich ist die eigentliche Lernumgebung des Programmes. Das Fenster "Globe" ermöglicht einerseits, die Position des soeben betrachteten Videos auf der Weltkarte zu studieren, und andererseits auch, einen Ort auszuwählen, bei dem man weiter recherchieren will. Darunter befindet sich das Textfenster, aus dem die Texte nicht nur gelesen, sondern auch gedruckt werden können. Eine Timeline gibt Information über die historisch relevante Jahreszahl, in der das betrachtete Ereignis stattfand. Das größte Fenster ist wie immer das Bildfenster – es zeigt entweder ein Standbild oder ein Movie.

Insgesamt wirkt die CD-ROM sehr ambitioniert, läßt aber den modernen Standard der Windows-Technologie vermissen. Es ist sicher verwegen, die IMAX Videos auf CD-ROM zu bannen – dementsprechende Abstriche sind für Bildqualität und graphische Brillanz einzukalkulieren. Für den Einsatz im Unterricht ist daher die CD-ROM nur bedingt geeignet. Die Beschäftigung mit diesem Beispiel von Multimedia zeigte vielmehr, wo die Grenzen unserer Computer liegen und daß es einer neuen Generation mit voller Integration von Video, Ton

und Animation bedarf, um ein neues Medium für den Unterricht zu kreieren.

Science Adventure II

Autor: Isaac Asimov

Verlag: Knowledge Adventure, Inc.

Verfügbarkeit: aus 1994, müßte überall aufzutreiben sein

Sprache: Englisch

Wie schon "The Discoverers", ein ambitionierter Versuch, multimediale Lernplattformen zu schaffen. Die Idee, in einem 3D-simulierten Laboratorium verschiedene Bereiche zur eigenständigen Erkundung wie in einer Bildergalerie auszustellen, ist sicher der Weg in die Zukunft unserer Schule. Die technischen Voraussetzungen sind noch nicht so weit, um im Dialog mit einer wahrlich alle Medien zur Verfügung stellenden Maschine zu lernen. Dennoch zeigt diese CD-ROM einen Weg auf, wie lustbetont und mit Unterhaltungswert Wissen nicht nur linear, sondern vor allem den eigenen Interessen entsprechend aufbereitet werden kann.

Technische Bemerkungen

Wie alle Produkte von Knowledge Adventure läuft das Programm unter DOS und nicht unter Windows. Dies bedingt, daß sehr viel unterer DOS-Speicher benötigt wird und die voreingestellte Installation der verschiedenen Sound- und Medientreiber fast völlig ignoriert werden. Entsprechende Probleme kann es bei Konflikten zwischen den vorinstallierten speicherresidenten Programmen für CD-ROM-Steuerung und Sound – Management kommen, wenn die Applikation mit ihren eigenen Ressourcen hochfährt. Eine Installation kann klaglos ablaufen, aber auch wie im Fall der Sound-Blaster-Pro-Karte größere Schwierigkeiten ergeben. Entschärft werden diese Probleme, da ein ausführliches Begleitbuch beiliegt.

The Laboratory

Dieses Hauptmenü ist ein 3D-animierter Raum, in dem man mit den Bewegungen der Maus manövrieren kann. Rechts und links bewirkt eine Drehung, vor und zurück bringt die Sicht näher oder weiter weg von den im Raum sichtbaren Bildern. Je nach Interesse wählt man die eine oder andere Aktivität und kommt damit weiter durch das Programm. Alleine diese Navigation zeigt, daß die ganze CD-ROM auf Entdeckung aufgebaut ist. Es kann daher einige Zeit dauern, bis man einen Überblick hat. Das englische Handbuch ist nur zum Teil hilfreich, da keine wirklich hierarchische Struktur erkennbar ist.

Hier finden sich auf Tischen Modelle, wie etwa das einer Hochschaubahn, das zu einer Fahrt mit dieser Bahn führt – in der Folge kann man dann über die Bewegungsgesetze lernen. Oder man findet ein Mikroskop, in das man aus einer Liste eine Vielzahl von mikroskopischen Bildern einlegen kann und durch eine Sprecherin eine kurze Erklärung dazu bekommt. Die Bilder an der Wand führen zu verschiedensten Aktivitäten wie dem Prisma oder mathematischen Funktionen. Türen in dem Raum führen zu anderen Aktivitäten – eine schließlich ist auch der Weg, das Programm zu verlassen.

Science Reference

Ähnlich aufgebaut wie der Reference-Screen in den Discoverers, bieten sich ein Globus, eine Time-line und diverse Steuerungstasten. Außerdem lassen sich in neun Kategorien Aktivitäten auswählen: Erde, Weltraum, Medizin, Physik, Mathematik, Technologie, Biologie und Chemie.

Science Theater

Quasi in einer Art Kinosaal besteht hier die Möglichkeit, diverse kleine Filmchen anzuschauen. Dabei ist die volle Kontrolle gewährleistet, man kann jederzeit das Movie anhalten und neu starten.

Threads of Science

Übersetzt würde das etwa soviel wie "Fäden der Wissenschaft" heißen. Gemeint ist dabei eine Zusammenfassung mehrerer Aktivitäten, die ein größeres Thema darstellen. Man kann aber jederzeit bei einem bestimmten Punkt einsteigen und von dort dann dem Faden folgen.

Andere Aktivitäten

- **Periodensystem** – in Textblasen gibt es Kurzinformationen zu den einzelnen Elementen oder auch mehr Information, wenn man den Doppellautsprecher betätigt. Diese Unterscheidung in weniger Text und der vollen Information ist durch das ganz Programm gezogen worden, um offensichtlich vom Kind bis zum Erwachsenen immer das geeignete Ansprechniveau parat zu haben.
- **Umlaufbahnen** – Erde, Mond und Sonne und deren Bewegungen
- **Pendel** – verschiedene Gewichte und Fadenlängen und Mond, Erde und Jupiter stehen zur Verfügung, um die Pendelgesetze zu entdecken.
- **Getriebe** – Ein Movie über die Funktionsweise und den Gebrauch von Getrieben.
- **Stonehenge** – 3D-Animation des steinzeitlichen Monuments aus Großbritannien.
- **Das Herz** – wie überall kann man die Bewegung mit der Maus steuern und einen Flug durch das menschliche Herz antreten.
- **Der Schädel** – ebenso wie das Herz eine 3D-Animation
- **Flaschenzüge** – jede Menge Flaschenzüge, deren Funktion
- **Die Spule** – das Induktionsgesetz verstehen, indem man durch Bewegen der Maus Strom erzeugt.

HyperGallery of Science

Eine Reise durch 150 Räume, in denen Bilder an der Wand hängen und durch die hindurch man in den nächsten Raum kommt. Textinformationen, die auch vorgelesen werden, ergänzen die Bildinformation.

Zusammenfassung

Das Konzept, daß nämlich eine fast an die virtuelle Realität erinnernde Lernumgebung zur Verfügung steht, ist sicher beachtlich. Durch die technischen Möglichkeiten unserer Computer ist aber die Auflösung und Schärfe der Bilder und Bewegungen teilweise sehr schlecht. Diesem Umstand könnte man nur durch ein Quad-Speed-Laufwerk und einen hochauflösenden Schirm Abhilfe leisten. Beides steht in Schulen im Moment nicht zur Verfügung.

Da der Titel auch mehr als Spiel und als Reise gemeint ist und nicht als Lexikon, obwohl ein Index verfügbar ist, kommt dieser CD nur eine untergeordnete Bedeutung für den Unterricht zu. Es bleibt abzuwarten, wie ein Nachfolgetitel, der Windows nutzt und vielleicht auf die zum Teil übertriebenen 3D-Animationen verzichtet, ausschaut.

Electricity & Magnetism

Autor: Dr. Bob Gomersall, Head of Physics,
Bradford Grammar School

Verlag: Cambrix Publishing, Inc. 1991

Verfügbarkeit: kein Problem, es gibt noch andere Titel dieser Serie, die alle auch im österreichischen Fachhandel erhältlich sind.

Sprache: Englisch

Diese CD-ROM ist parallel zu einem Lehrbuch in Großbritannien entstanden und bietet alle möglichen Informationen zum Thema Elektrizität, vor allem eine Unzahl von Stromkreisen, in denen die Funktionsweisen der verschiedenen elektrischen Bauelemente beschrieben werden. Dabei spielen Animationen des Stromflusses ebenso eine Rolle wie erklärende Texte oder gesprochene Kommentare.

Als reine DOS-CD ist das Programm zwar nicht auf dem letzten Stand der graphischen Darstellung (Geschmäcker sind bekanntlich verschieden), aber der Inhalt – da von einem Lehrer verfaßt (und das kommt selten genug vor) – ist für den Bereich der Physik sicher ein wesentliches Hilfsmittel. Werden sonst Elektrizität und Magnetismus durch das Aufnehmen von Kurven und die Bewegung von Zeigern auf Meßgeräten demonstriert, hat man hier eine Hilfe zur Hand, wie das Fließen von Ladungen – also Ströme – auch sichtbar gemacht werden kann.

Es läßt sich sicher darüber streiten, ob diese graphische Veranschaulichung der physikalischen Realität entspricht, doch alles, was das Verständnis der Schüler im Erfassen der Funktionsweise und Nutzen von Bauelementen unterstützt, sollte uns willkommen sein.

Übersicht

Diese CD ist nach Aussage des Autors in der "Introduction" entweder als Wiederholung des Stoffes gedacht, den der Schüler nicht gut verstanden hat, oder als ein Medium zur Erarbeitung bestimmter Inhalte mit Hilfe von Arbeitsblättern, die der Originalausgabe offensichtlich beiliegen. Dabei wird der Unterhaltungswert absichtlich zurückgestellt und konzentrierte Arbeit vom Schüler verlangt.

Im Hauptmenü findet sich neben den Hinweisen auf die Produzenten und den Autor eine kurze Einleitung mit gesprochenem Text, den man am Schirm auch nachlesen kann. Dieses Hauptmenü ist in verkleinerter Darstellung bei der weiteren Verzweigung immer als Taste präsent, um an den Anfang zurückkehren zu können. Von den Hauptmenüpunkten geht es weiter zu Zwischenüberschriften, von denen man dann zu einem vollen Bildschirm mit einer Reihe von Schaltungen und Bildern sowie Animationen kommt. Im folgenden soll zu jedem Hauptpunkt ein kurzes Beispiel beschrieben werden –

eine vollständige Auflistung der Struktur würde diesen Artikel sprengen.

Current Electricity

Man kann zwischen 15 Untermenüs wählen, die die unterschiedlichen Bauelemente wie Dioden, Widerstände, Kondensatoren usw. repräsentieren. Unter jedem Untermenü finden sich 5-10 Schaltungen, an denen die unterschiedlichen Funktionsweisen und Einsatzmöglichkeiten dieser Bauelemente demonstriert werden. Es findet sich der Graetz-Gleichrichter ebenso wie die Verstärkerschaltung mittels eines Transistors und vieles mehr. Bei jeder Schaltung gibt es neben einer Textinformation und einer gesprochenen Erklärung die Möglichkeit, selbständig Schalter umzulegen, die Spannung einzuschalten und so das Wechselspiel innerhalb der Schaltung auszuprobieren. Die Möglichkeit einer Animation, in der der Stoff vorgetragen wird, ergänzt das Angebot. Dieser erste Hauptmenüpunkt bietet insgesamt etwa 150 Schaltungen mit den entsprechenden Erklärungen.

Electrostatics

Drei Untermenüpunkte führen zu Erklärungen der Grundtatsachen von Ladungen und Strömen als einen Fluß von Ladungen. Mit eingeschlossen sind hier erstmals auch Bilder von technischen Geräten, die die theoretisch und mit Animationen dargestellten Prinzipien in der praktischen technischen Verwendung zeigen.

Magnetism & Electromagnetism

Sechs Untermenüpunkte führen zu Themen wie Magnete, das Motorprinzip, Anwendung des Elektromagnetismus oder dem Induktionsgesetz. In allen diesen Untermenüs gibt es weitere 15 Verzweigung zu Animationen, Bildern und Darstellungen der physikalischen Gesetze, wie etwa der Linken-Hand-Regel. Die Funktionsweise eines Relais wird ebenso demonstriert wie der Aufbau eines Lautsprechers oder anderer Geräte.

Decision, Control and Memory

Die Untermenüs "Input", Prozessor-Logik, Output, Transistoren, Prozeßschaltungen und "Bistables" führen zu komplexen Erklärungen des Aufbaus und der Funktionsweise der wesentlichen logischen Schaltungen. Dieser Bereich ist sicher auch für Informatiker von erhöhtem Interesse.

Electrical Energy

Hier geht es um Themen wie Haushaltsgeräte, Sicherheit, Stromversorgung und die damit verbundene Theorie. Viele Abbildungen weisen leider nicht immer die beste Qualität auf. Wie weit also der Einsatz mittels Fernsehbildprojektion sinnvoll ist, möchte ich bezweifeln. Für die Animationen bei den Schaltkreisen gilt diese Einschränkung nicht. Spannungen sind mit einer Farbskala dargestellt, und die Bilder sind groß genug, um auch in der letzten Bank gesehen werden zu können.

National Curriculum (England and Wales)

In vier "Key Stages" wird quasi ein Lehrgang zum Thema Elektrizität und Magnetismus angeboten. Jede Keystage bietet die Formulierung des Lehrplanes und ca. 15 weitere Verzweigungen je nach Schwierigkeitsgrad. Interessant für mich als Physiker war der Vergleich unseres Lehrplanes mit dem in

Großbritannien – allein dieser Bereich hielt mich für eine Stunde gefangen.

Didaktischer Einsatz

Wenn auch die graphische Darstellung mit einem Produkt von Dorling Kindersley nicht mithalten kann – wie erwähnt stand ja nicht der Unterhaltungswert bei der Produktion im Vordergrund, sondern Unterricht – ist diese CD-ROM sicher ein gutes Hilfsmittel, um die Vorgänge in Schaltungen und elektrischen Geräten anschaulich zu machen. Wie alle Lernmedien kann auch diese Scheibe kein Ersatz für einen ordentlich – auch experimentell – vorbereiteten Unterricht darstellen, sondern lediglich Unterstützung für den Lehrer und Schüler bieten. Als zusätzliche Informationsquelle bei der Recherche von Fachbereichsarbeiten oder Spezialthemen bei der Matura hat sie in einer Schulbibliothek sicher ihre Berechtigung. Man muß gespannt sein, welche anderen Produkte aus dieser Serie noch entstehen.

Zusammenfassung

Die Benutzerführung und die Interaktivität ist konsistent und leicht zu erlernen. Die gute hierarchische Strukturierung des enorm vielseitigen Materials ermöglicht die leichte Auffindung der benötigten Information. Diese CD-ROM ist insofern beispielgebend, als sie nicht ein Programm für den breiten Unterhaltungsmarkt ist, sondern auch für die Ansprüche unseres Lehrplanes Themen in genauer Darstellung bietet. Es ist zu hoffen, daß solche Spezialtitel auch weiterhin produziert werden und in den Physiksammlungen nicht nur Lehrbücher, sondern auch elektronische Datenbanken und interaktive Lexika Einzug halten werden.

The View from Earth

Autor: Grundlage war das Buch "Voyage Through the Universe" von Time-Life Books

Verlag: Time-Life-Books & Warner New Media

Verfügbarkeit: Da zwei Giganten den Titel produziert haben, kein Problem.

Sprache: Englisch

Wie bei allen CD-ROMs ist der Umfang an Information, der in solch einer Applikation steckt, erst nach mehreren Stunden Beschäftigung mit dem Inhalt und der Benutzerführung zu ermesen. Diese CD-ROM ist die solide Umsetzung eines Buches in eine Art Tondiashow. Es empfiehlt sich, gleich zu Beginn in die Tour am Main-Screen einzusteigen, um eine Übersicht der Funktionalität zu erhalten. Hervorzuheben ist die Tatsache, daß dieses Programm eines der wenigen ist, das ohne Installation und ohne Konflikte mit den Sound-Karten oder Video-Optionen sofort von der CD startbar ist. Im Datei-Manager ist lediglich das File "eclipse.exe" auszuführen und schon ist man mitten im Geschehen. Dieser Standard ist beispielgebend.

Es bietet sich in der Folge eine große Tour über die Erforschung von Sonne, Mond und Erde und eine Option zur Beschäftigung mit einer totalen Sonnenfinsternis und deren Grundlagen. Wie der Verlag Time-Life-Books bereits verspricht, ist das Gebotene von höchster Qualität und die Benutzerführung einfach und leicht durchschaubar. Es wurde offen-

sichtlich absichtlich auf Videos zum jetzigen Zeitpunkt verzichtet, und der Text ist immer dem Bildschirm angepaßt dargestellt. Leider ist die Struktur des Programmes nicht sofort bei reinem Herumspielen erkennbar, sondern findet sich erst versteckt in der Library. Dies erschwert vorerst den Zugang, zeigt aber erst die Fülle an Information. Der Ablauf zu langer Diashows mit unterlegtem gesprochenem Text erinnert stark an das Abspielen eines Videos, in dem alle fünf Minuten der Spieldauer in Kauf genommen werden müssen, obwohl für den Unterricht nur eine Minute – und zwar die vorletzte – von Interesse ist. Dies erzeugt beim Einsatz im Klassenunterricht manchmal unnötig lange Wartezeiten. Die Kontrolle über die Audio-Sequenzen ist nur mit Stop&Go möglich – ein Zurückgehen kann nur durch erneutes Starten – oft über mehrere Schritte – erreicht werden.

Main Screen

Sonne, Erde, Mond und "Eclipse" (= Sonnenfinsternis) sind die vier Hauptteile des Programmes. Darüber hinaus stehen eine Exit-Taste, die Verzweigung zu der bereits erwähnten "Tour" und ein Einstieg zur "Library" zur Verfügung.

Library

Anfangs von mir fast ignoriert, stellte sie sich beim näheren Hinsehen als das zentrale Informationszentrum heraus. Hier gibt es nicht nur jede Menge an Text, sondern auch eine ausführliche Bibliographie und Zugriff zu jedem Teil des Programms nach Stichworten und auch eine Struktur der gesamten Information.

Eclipse Tracker

In diesem Untermenü werden auf sieben Seiten alle Sonnenfinsternisse zwischen 1940 und 2039 aufgelistet, und dabei wird nicht nur auf einer Weltkarte die Region auf der Erde angezeigt, in der die Finsternis zu sehen sein wird, sondern durch Anklicken auch der Weg der totalen und teilweisen Verdunkelung der Sonne nachvollziehbar. Man findet hier, daß zum Beispiel am 11. August 1999 eine totale Sonnenfinsternis in Salzburg zu sehen sein wird. "Basic facts" stellt in einer Graphik den Grund für die Sonnenfinsternisse sehr gut dar.

Glossary

Dieser Teil ist ein ca. 280 Worte umfassendes Fachwortregister, das bei Anklicken der Einträge auf einem kleinen Fenster kurze Definitionen des angewählten Begriffes präsentiert.

Index

1000 Einträge erlauben einen fast punktgenauen Zugriff auf die Textinformation, die im Laufe der anderen Teile irgendwo geboten wird. Dieser Teil ist das eigentliche elektronische Buch, das mit Bildern und entsprechenden gesprochenen Erklärungen die Möglichkeit bietet, in großer und guter Schrift auf dem Bildschirm den Text zu lesen – allerdings auf Englisch. Wählt man einen Buchstaben aus der untersten Bildschirmzeile, so findet man sich in einem der Kapitel wieder, kann dort lesen, die entsprechenden Bilder sehen, zu den Ton-diashows verzweigen, einfach in die Library, den Index oder zum Ausgangspunkt zurückkehren.

Credits

Neben 17 Seiten über die Autoren des Programmes und 4 Seiten über die Photographen findet man hier eine 72(!) Seiten umfassende Bibliographie, die so ziemlich alles aufzählt, was zum Thema veröffentlicht wurde.

Guide

Aus dieser Option gewinnt man erstmals einen wirklichen Überblick. Die genaue Baumstruktur des Programmes wird ersichtlich – zusätzlich kann man in jeden Teil von dort aus verzweigen – für alle, die spezielle Interessen haben, ist dieser Bildschirm oder der Index zu empfehlen. Diese Funktion sollte eigentlich im Hauptmenü verfügbar sein, um nicht erst durch mehrmaliges Klicken zu dieser zentralen Verzweigung zu gelangen. Allerdings kommt die "Guide"-Taste in allen Diashows vor. Man kann also fast jederzeit zu einem anderen Teil des Programmes springen.

Jeder Hauptteil (Sun, Moon, Earth) ist in bis zu fünf Untermenüs unterteilt, die wieder zu bis zu 11 weiteren Audio-Diashows führen – insgesamt also 53 Informationseinheiten, die im Normalfall mehrere Minuten gesprochenen Text und eine Fülle von Bildern bieten. Darüber hinaus ergeben die Verzweigungen zur "Library", zu "Eclipse" und die Tasten im "Main Menu" weitere 7 Menüpunkte, wodurch das angebotene Informationsmaterial in insgesamt 60 abrufbare Einheiten aufgeteilt wird. Es dauerte mehrere Stunden, um alle besprochene Diashows zu betrachten oder die unermeßliche Menge des Textes zu lesen.

Sun

"*The Face of the Sun*" berichtet nach einer ausführlichen Beschreibung über den Aufbau der sichtbaren Schichten der Sonne über Vorsichtsmaßnahmen, wenn man die Sonne beobachtet, die sonneneigene Produktion von Energie und die Auswirkungen des magnetischen Feldes auf die Eigenschaften der Sonne.

"*Eyes on Earth's Home Star*" gibt Einblicke in die historische Entwicklung der Theorien über den Sonnenzyklus und die wesentlichen physikalischen Entdeckungen der Physik, die ein Verständnis des inneren Aufbaus der Sonne ermöglichten, sowie eine Beschreibung der Sonnenbeben.

"*Inconstant Companion*" beschäftigt sich mit den Sonnenflecken und den magnetischen Erscheinungen, die durch die Sonne bewirkt werden.

"*A Ceaseless Wind*" gibt einen Abriß über die Erklärung des Sonnenwindes und die von der Gravitation verursachten Eigenschaften der Sonne – der Bezug zu Missionen, die die Sonne erforschen sollen, wird hergestellt.

Earth

"*A Protean World*" gibt eine Einsicht in die Bedeutung des Wassers für die Entstehung des Lebens.

"*The Living Rock*" schildert geologische Tatsachen wie das Driften der Kontinente oder das Zentrum der Erde.

"*Twin Oceans*" ist eine Zusammenfassung über die Entstehung und Bedeutung der Eiszeiten.

"*Portents of Change*" ist eine Möglichkeit, sich mit dem Ozonloch genauso zu beschäftigen wie mit "Licht und Energie" oder "Chemisches Recycling".

Moon

"*Earth's Companion*" allein enthält 11 Untermenüs, in denen eine Erforschung des Mondes unter den Aspekten seiner Entstehung genauso geboten wird wie die Entstehung der heutigen Mondoberfläche, physikalische Gründe für seine Bewegung und vieles mehr.

"*At Mars and Jupiter*" zeigt die Unterschiede zum Erdmond und schildert Grundtatsachen über die Monde anderer Planeten des Sonnensystems.

"*Mysterious Ring Worlds*" bietet Informationen zu den Themen "Entstehung der Ringsysteme bei den Planeten" und der Monde, die die äußeren Planeten umkreisen. Theorie wird ebenso präsentiert wie eine Unzahl von Photos der Voyager-Missionen

Didaktische Einsatz

Gut vorbereitet – d.h., der Lehrer weiß genau, wo er die gewünschte Information findet -, ist diese CD-ROM sicher eine Bereicherung des Physikunterrichts im Bereich Astronomie, Geologie und Kosmologie. Es ist sicher gut abzuwägen, inwieweit die nicht wirklich steuerbaren Diashows den Erfordernissen des Unterrichts entsprechen.

Die angebotenen Informationseinheiten sind sicher nicht zu flach im Inhalt, als daß sie nicht die Planung eines ausgedehnten Kurses über die Grundtatsachen der Sterne, der Sonne und der Planeten bieten würden. Ich habe diese CD in einer sechsten Klasse erst als Hörtext (das Verständnis des Englischen ist zu dieser Zeit noch viel zu wenig entwickelt) und dann als eine Art selbstablaufende, von mir kommentierte Präsentation von Inhalten eingesetzt.

Es bedarf sicher in der Jahresplanung einer eigenen Betonung, was Zeit und Interesse betrifft, um Information jener Fülle zu verwenden, wie sie hier implementiert wurde. Eine Stunde vor den Semesterferien mit dieser CD-ROM zu gestalten, ist sicher zu wenig, um die Anschaffung für die Physik zu rechtfertigen.

Zusammenfassung

Mit der Qualität von Time-Life-Books liegt eine CD-ROM vor, die eine Fülle qualitativ hochgradig aufbereiteten Materials bietet. Das Fehlen von Videos wird durch die profunde Darstellung auch komplexer physikalischer Sachverhalte

kompensiert. Dieses Programm ist sicher einer der besten Titel auf dem Markt, wenn man die Benutzerführung mit Nachsicht beurteilt. Es ist zu empfehlen, diese, wie auch andere CD-ROMs, nur dann in den Unterricht zu integrieren, wenn genügend Zeit zur Vorbereitung und der Beschäftigung mit dem Material zur Verfügung steht.

Und noch mehr...

Dieser Überblick kann nur ein Beginn einer fortgesetzten Beschäftigung mit Titeln im Bereich der Naturwissenschaften sein. Nirgendwo sonst ist das Bedürfnis an simulierten und graphisch dargestellten Inhalten so groß wie gerade in diesem Bereich. Ich bitte alle Leser, mir bei anderen Erfahrungen mit diesen CD-ROMs Nachricht zu geben und mich auf neue oder andere Titel hinzuweisen. Kritik im fachlichen wie im technischen Bereich ist wünschenswert.

Die CD-ROM-Technologie ist inzwischen ein integraler Bestandteil jeder Lernumgebung, die Computer einsetzt. Eine intensive Beschäftigung mit Multimedia tut daher not. Eine Vision, die schon lange in mir schlummert, ist die Produktion einer österreichischen CD-ROM mit jenem Material, das sich Physiker für ihren Unterricht wünschen. Schreiben Sie mir bei Ideen zu diesem Projekt oder Kommentare zum vorliegenden Artikel unter:

Mag. Michael Dobes, Rolandweg 2/2, 1160 Wien,
im Internet: m.dobes@magnet,
auf AppleLink unter AU0011, und telef. ++43-1-911 1359

Diese Arbeit wurde durch das Material, das der Verein Call-Austria in den letzten Jahren erworben hat, sowie durch Leihgaben von Dr. Klaus Peters, das BMUKA und die Schulbibliothek des "Wiedner Gymnasiums" und der Mithilfe von Koll. Mag. Johannes Barton am BG VIII ermöglicht und unterstützt. Dank an das BMUKA Abt. II/12 (Mag. Stemmer) für die Leihe eines multimediafähigen Laptops, um die CD-ROMs zu Hause während des Schreibens parallel zu einem Apple durchklicken zu können. Die vorliegende Rezension der Titel umfaßt ca. 100 Arbeitsstunden und ist daher nur nach Rücksprache mit dem Autor für eine weitere Veröffentlichung zugänglich.

Anmerkung zu *Electricity and Magnetism*:

Diese CD-ROM ist in deutscher Übersetzung bei te-wi erschienen und kostet DM 69,90. Die weiteren Platten der Serie (Energie, Universum) sind allerdings nicht empfehlenswert.

H.K.

Fortsetzung von Seite 21

- [36] Freier, G., Anderson, F.: *A Demonstration Handbook for Physics*; American Association of Physics Teachers, College Park 1981
- [37] Goldstein-Jackson, K.: *Experimente - spielend leicht*; Freiburg: Herder 1978
- [38] Kikoin, I.: *Experimentieren als Spielerei*; Heidelberg: Spektrum Verlag 1991
- [39] Treitz, N.: *Spiele mit Physik*; Thun: Harri Deutsch 1991
- [40] Wittmann, J.: *Trickkiste*; München: Bayerischer Schulbuchverlag 1986

- [41] Walker, J.: *Ein Ball mit Drall, unterhaltsame Experimente aus Spektrum der Wissenschaft*; Frankfurt/Main: Fischer 1990
- [42] Walker, J.: *Ein Knick in der Optik, unterhaltsame Experimente aus Spektrum der Wissenschaft*; Frankfurt/Main: Fischer 1992
- [43] Bublath, J.: *Verblüffende Experimente aus der Naturwissenschaft*; Niederhausen: Falken 1991
- [44] Hann, J.: *Das große Buch der Experimente aus Wissenschaft, Natur und Technik*; Freiburg: Herder 1981
- [45] Walpole, B.: *Experimente, Tips und Tricks zum Verständnis der Natur*; München: Südwest Verlag 1988 (aus dem Englischen übersetzt; Originaltitel: "Fun with Science. Experiments, Tricks, Things to Make"; London: Grisewood and Dempsey 1987)

Von Gullivers Reisen bis Jurassic Park

Größenordnungen in der Natur

Martin Apolin

Die Größenverhältnisse in der Natur sind keineswegs willkürlich, sondern haben einen tieferen Grund. Warum die Größe des Menschen und aller Tiere für die Verhältnisse auf der Erde optimal abgestimmt sind, liegt in den Naturgesetzen, die Kraft, Festigkeit und Wärmeproduktion bestimmen.

Aufgabe 1: Wovon hängt die Kraft eines Muskels ab? (Volumen, Querschnitt oder Länge)

.....

Aufgabe 2: Wovon hängt der Wärmeverlust eines Menschen ab, der ständig durch Verbrennung von Nährstoffen gedeckt werden muß? (Volumen, Größe der Hautoberfläche, Größe der Person)

.....

Aufgabe 3: Stell Dir vor, Du würdest in einem 3D-Kopierer auf das Zehnfache Deiner bisherigen Körpergröße zoomkopiert werden und mit Dir alle Möbel und Einrichtungsgegenstände. Könntest Du feststellen, ob Du gewachsen bist oder nicht?

.....

Aufgabe 4: In Abbildung 1 siehst Du einen Würfel mit der Seitenlänge 1. Die Oberfläche ist daher $1 \times 6 = 6$ und das Volumen $1 \times 1 \times 1 = 1$. Diese Werte sind in der Tabelle eingetragen. Was passiert nun, wenn die Seitenlänge verdoppelt, verdreifacht,... bzw. halbiert, gedrittelt,... wird?

Aufgabe 5: Ein Floh kann etwa 10 cm hoch springen. Wie hoch, glaubst Du, könnte er springen, wenn er so groß wie ein Mensch wäre?

.....

Dr. Martin Apolin unterrichtet Physik und Leibesübungen am BGRG 17, Parhamerplatz, 1170 Wien

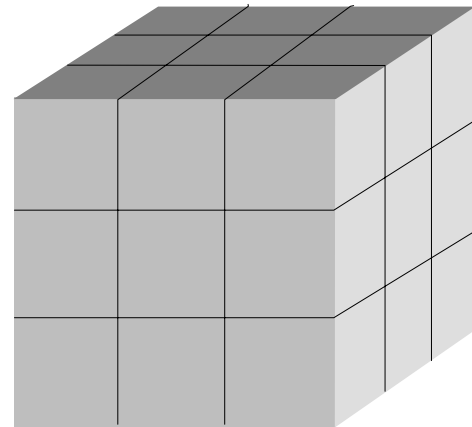
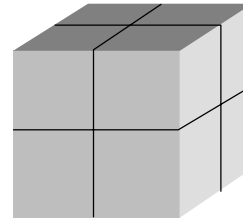


Abb. 1: Wie verändern sich Volumen und Oberfläche eines Würfels, wenn sich die Seitenlänge verändert?

Seitenlänge [m]	Oberfläche [m ²]	rel. Oberfläche	Volumen [m ³]
1/4			
1/3			
1/2			
1	6	1	1
2			
3			
4			

Tabelle 1 zu Aufgabe 4: Trage in die Tabelle Oberfläche und Volumen der Würfel mit unterschiedlicher Seitenlänge ein. Um besser vergleichen zu können, dividiere alle Oberflächen durch 6 und trage sie in die dritte Spalte ein.

Die Kraft eines Muskels (Aufg. 1) hängt von der Anzahl der Muskelfasern und somit von seinem Querschnitt ab. Gewichtshebern oder Bodybuildern sieht man ihre Kraft sofort an.

Der Wärmeverlust eines Menschen (Aufg. 2) bzw. jedes Gegenstandes hängt von der Oberfläche ab. Daher haben z.B. ein Radiator oder die Kühlrippen eines Motors eine sehr große Oberfläche, damit die Wärme besser abgegeben werden kann.

Wie Du in Tabelle 2 bzw. Abb. 2 siehst, wachsen – auf den ersten Blick überraschenderweise – die Oberfläche bzw. das Volumen wesentlich rascher als die Seitenlänge an (Aufg. 4). Eigentlich ist das aber ganz klar. *Wie Du aus den Formeln (siehe Kasten) erkennen kannst, ist die Oberfläche immer proportional zum Quadrat, das Volumen sogar proportional zur dritten Potenz der Seitenlänge.*

Wächst daher die Seitenlänge eines Würfels auf das Doppelte an, so vervierfacht sich die Oberfläche und verachtfacht sich das Volumen. Diese Tatsache gilt für jeden Gegenstand, also auch für alle Lebewesen bzw. den Menschen.

Seitenlänge [m]	Oberfläche [m ²]	rel. Oberfläche	Volumen [m ³]
1/4	3/8	1/16	1/64
1/3	6/9	1/9	1/27
1/2	3/2	1/4	1/8
1	6	1	1
2	24	4	8
3	216	9	27
4	384	16	64

Tabelle 2: Lösung zu Aufgabe 4

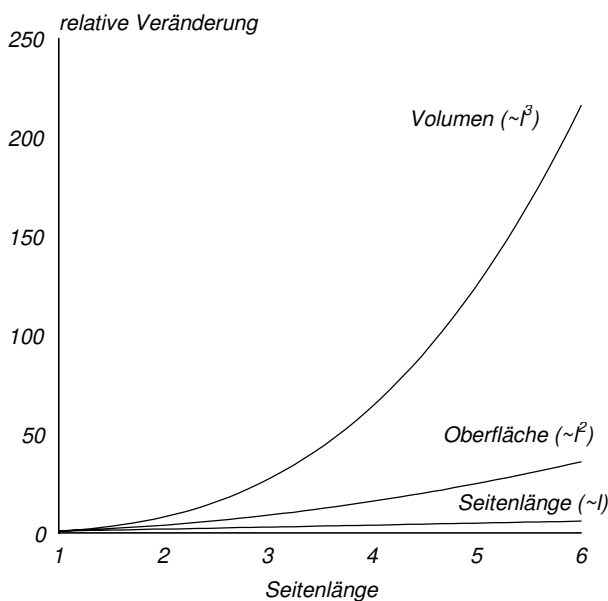


Abb. 2: Veränderung der Oberfläche und des Volumens eines beliebigen Gegenstandes bei Veränderung der Seitenlänge bzw. Größe. Man sieht, daß die Oberfläche und vor allem das Volumen viel rascher anwachsen als die Seitenlänge.

Kreisfläche: $F = r^2\pi$	Kugeloberfläche: $O = 4r^2\pi$
Quadratfläche: $F = a^2$	Würfelvolumen: $V = a^3$
	Kugelvolumen: $V = 4\pi r^3/3$

Warum die Natur keine Riesen geschaffen hat

In "Gullivers Reisen" kommen im Land Brobdingnag Riesen vor, die im Prinzip die Gestalt eines normalen Menschen haben, jedoch zehnmals so groß sind. Was würde mit einem solchen "Menschen" passieren (siehe Aufgabe 3)? Warum gibt es auf der Erde keine solchen großen Menschen?

Wenn ein Mensch zehnmals so groß wäre, wären sein Volumen und somit auch sein Gewicht 1000mal größer. Der Muskel- und Knochenquerschnitt jedoch wäre nur 100mal größer. Das Gewicht nimmt also viel schneller zu als der Knochen- und Muskelquerschnitt (auf das Zehnfache). Der Querschnitt der Knochen ist aber für deren Bruchfestigkeit von Bedeutung. Die Belastung der Knochen für den 10m-Riesen wäre 10mal so groß wie für den "Normalmenschen", und schon beim ersten Schritt würden ihm die Oberschenkelknochen brechen.

Da auch der Muskelquerschnitt nicht so schnell anwächst (der für das Maß der Kraft verantwortlich ist) wie das Gewicht, würde sich der Riese sehr schwach fühlen und könnte sich kaum auf den Beinen halten. Man würde daher sehr wohl merken, daß man selbst und alle anderen Gegenstände vergrößert würden (Aufgabe 3).

In der Natur gibt es in gewisser Weise "Riesen", also Lebewesen ähnlicher Form mit sehr starkem Größenunterschied (siehe Abb. 3). Damit diese Tiere lebensfähig sind, müssen die Muskeln und Knochen im Vergleich jedoch wesentlich dicker und gedrungener sein (siehe auch Abb. 4). Ein "normales Vergrößern" (man sagt auch isometrisches Vergrößern) aller Proportionen ist nicht möglich.



Abb. 3: Das Skelett einer Eidechse (oben) und eines Sauriers im Vergleich. Der Maßstab wurde so gewählt, daß beide Skelette gleich groß sind. Man sieht, daß der Knochenbau des Sauriers aufgrund der stärkeren Knochenbelastung wesentlich plumper ist. Gleiches gilt etwa auch für den Knochenbau einer Hauskatze und eines Königstigers. (aus SEXL/RAAB/STREERUWITZ 1980, S.11)



Abb.4: Vergleich des Körperbaus zwischen Gazelle (80 kg), Pferd (600 kg) und Elefant (5-6 t). Zunehmende Größe bedingt eine erhebliche Veränderung der Form. (aus SCHWAIGER 1994, S. 16)

Das größte lebende Tier – und auch das größte von allen Tieren, die jemals gelebt haben – ist der Blauwal. Ein ausgewachsener Blauwal kann mehr als 22 Meter lang werden und über 100 Tonnen wiegen. An Land ist er jedoch nicht lebensfähig, weil ihm sein großes Gewicht sofort die Rippen brechen würde (siehe Abb. 5).

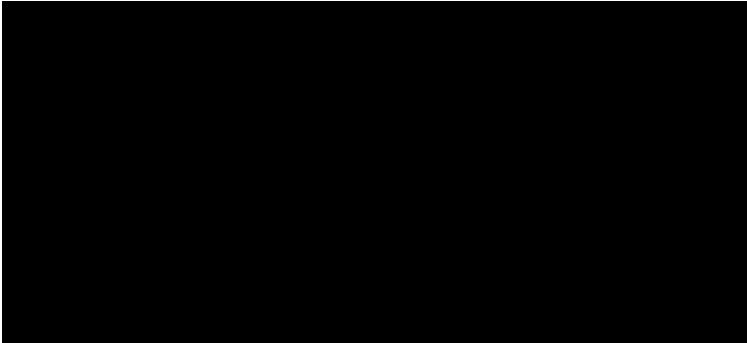


Abb. 5: Größenvergleich der größten Landsäugetiere mit dem Blauwal (Masse über 100 Tonnen). (aus SCHWAIGER 1994, S. 15)

Riesenmenschen hätten weiters noch mit folgenden Problemen zu kämpfen: Die Oberflächen von Lunge und Darm wären für die benötigte Aufnahme von Nährstoffen und Sauerstoff nicht groß genug, wodurch der Riese einerseits zu wenig Luft bekäme, andererseits über den Darm nicht genug Nährstoffe aufnehmen könnte (Abb. 6/7). King Kong hätte also nicht nur mit Flugzeugen, sondern mit noch ganz anderen Problemen zu kämpfen.

Auch Zwerge haben's schwer

Was wäre nun, wenn ein Mensch (wie in Gullivers Reisen) auf $1/12$ der normalen Körpergröße schrumpfen (etwa 15 cm) und somit zum Zwerg würde? Welche Vor- und Nachteile würde dies mit sich bringen?

Die Wärmeproduktion eines Lebewesens hängt von seinem Volumen ab. Diese Produktion würde in unserem Fall auf $1/12^3$ bzw. $1/1728$ des Normalwertes absinken. Der Wärmeverlust hängt – wie zu Beginn erwähnt – von der Hautoberfläche ab, die nur auf $1/12^2$ bzw. $1/144$ sinken würde. Ein kleiner Mensch würde daher sehr viel Wärme verlieren und müßte pausenlos Nahrung aufnehmen. Tatsächlich haben in der Natur die kleinsten Tiere, bezogen auf das Körpergewicht, den größten Nahrungsumsatz (Abb. 8). Sie sind daher auch viel aktiver als große Lebewesen. Ohne Veränderungen am Körper könnten wir daher auch nicht geschrumpft werden, weil wir erfrie-

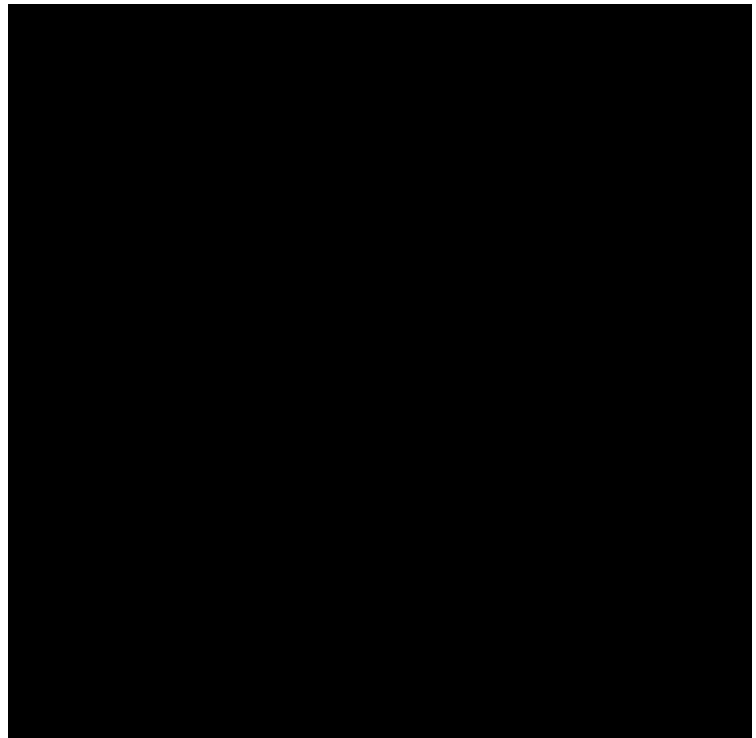


Abb. 6: Schon bei einem Lebewesen der Größe eines Menschen muß der Darm sehr verschlungen und gefaltet sein, um die Oberfläche zu erhöhen und die Nährstoffaufnahme durch die Darmwand zu gewährleisten. Bei kleinen Lebewesen besteht der Darm nur aus einer Art geradem Schlauch. (aus KONOPKA 1996, S.108)

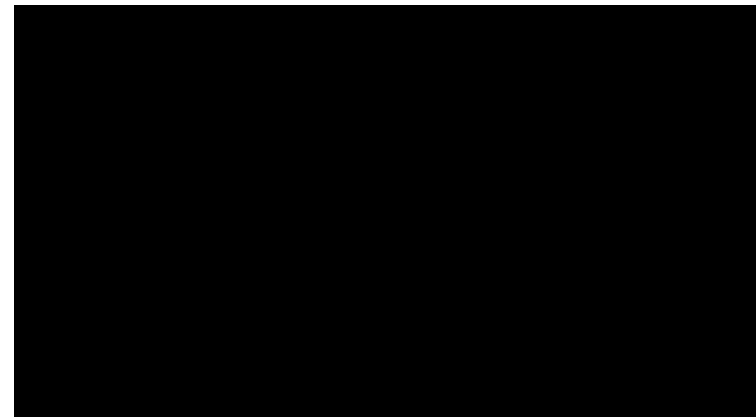


Abb. 7: Bei einem Tier, das zehnmal so groß ist wie ein anderes, müßte durch jeden Quadratmillimeter der Lunge zehn mal so viel Sauerstoff dringen. Das ist nicht möglich. Daher müssen die Lungen der größeren Tiere sehr viele Verästelungen aufweisen, um genügend Sauerstoffaufnahme zu gewährleisten. (aus SCHWAIGER 1994, S.108)

ren würden und unser Darm für eine derart hohe Nahrungsaufnahme nicht geeignet ist.

Steigen wir aus der Badewanne, so haftet an unserer Haut eine Wasserschicht mit einer Dicke von etwa $1/2$ mm. Das gesamte Gewicht dieser Schicht beträgt weniger als 1% unseres Körpergewichts, und wir merken es kaum. Ganz anders bei einem kleinen Lebewesen. Eine nasse Maus muß etwa ihr Eigengewicht an Wasser mitschleppen, eine nasse Fliege ein Mehrfaches des Eigengewichts. Ein Insekt, das mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit benetzt ist, befindet sich daher in einer äußerst bedenklichen Situation. Viele Insekten bedienen sich daher der Trockenreinigung.

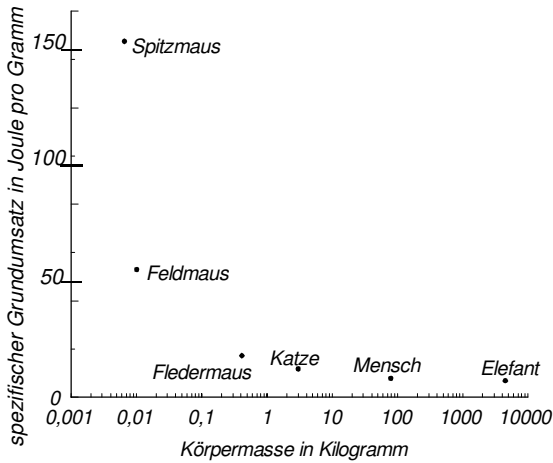


Abb.8: Trägt man den Grundumsatz (Energieverbrauch für Aufrechterhaltung der Körperfunktionen, u.a. Wärmeproduktion, hier in der veralteten Einheit Kalorien dargestellt) eines Lebewesens über seiner Körpermasse auf, so sieht man, daß kleine Lebewesen in Relation zu ihrem Gewicht viel mehr Nahrung zu sich nehmen müssen; oft sogar ein Vielfaches des Körpergewichts. (nach McMAHON/BONNER 1985, S.52)

Das Kleinsein hat jedoch auch einen Vorteil: Das Volumen und somit das Gewicht sinken rascher ab als der Querschnitt der

Aufgabe 6: Erkläre stichwortartig, warum es weder Riesen noch Zwerge geben kann.

.....

Aufgabe 7: In Horrorfilmen kommen oft Rieseninsekten vor. Was würde mit der Ameise in Abb. 9 passieren, wenn sie so groß wie ein Mensch wäre?

.....

Aufgabe 8: Wie würde sich für einen Riesen das Verhältnis von Wärmeproduktion und -verlust verändern? Wie würde sich das für einen Riesen bemerkbar machen?

.....

Aufgabe 9: Im Kasten sind die Bergmannsche und die Allensche Regel beschrieben. Versuche, sie mit Hilfe des eben Gelernten zu erklären.

.....

Muskulatur. Wir würden daher, relativ gesehen, wesentlich kräftiger. Ameisen können ein Vielfaches ihres Körpergewichts tragen, jedoch nicht aufgrund eines speziellen Körperbaus, sondern aus diesen physikalischen Gründen (siehe Tabelle 3). Auch der Floh kann nur deshalb so hoch springen, weil sein Kraft-Last-Verhältnis so günstig ist. Wäre er so groß wie ein Mensch, könnte er aufgrund des dann schlechteren Kraft-Last-Verhältnisses trotzdem nur 10cm hoch springen. Umgekehrt könnte der Mensch, wäre er so klein wie eine Ameise, ebenfalls ein Vielfaches seines Körpergewichts heben.

Tier	Masse [g]	max. hebbare Masse [g]	rel. Muskelkraft
Ameise	0,01	0,5	50
Biene	0,07	1,7	24
Grashüpfer	2	30	15
Mensch	80	40	0,5

Tabelle 3: Die relative Muskelkraft ist umso größer, je kleiner das Tier ist. (aus SCHWAIGER 1994, S.61)

Bergmannsche Regel: Innerhalb eines Verwandtschaftsgrades sind die Angehörigen in den kalten Gebieten größer als in den warmen. Z.B. sind die Kaiser- und Königspinguine in der Antarktis die größten ihrer Art. Südafrikanische Pinguine sind bedeutend kleiner.

Allensche Regel: Bei Tieren in kalten Klimaten bleiben Körperteile, die leicht auskühlen (z.B. Ohren), klein, während sie bei Verwandten in warmen Gegenden wesentlich größere Ausmaße erlangen.



Abb. 10: Die Allensche Regel (aus SCHWAIGER 1994, S.32)

Literatur

Haldane J., Warum die Natur keine Riesen schuf; in: bild der wissenschaft 1981/2
 Konopka P., Sporternährung; blv 1996
 Mathelitsch L., Natur und Physik; Physik-compact; hpt 1992
 McMahon Th., Bonner J., Form und Leben; Spektrum-Verl. 1985
 Schwaiger E., Größenordnungen in der Natur; hpt 1994
 Schmid F., Wunderwelt der Ameisen; Hallwag Tb. 26, 1980
 Sexl, Raab, Streeruwitz, Physik Teil 1A, Ueberreuter 1980

Treibhauseffekt und Ozonloch – ein großes Durcheinander

Ilka Parchmann

Erklärungen von Schülerinnen und Schülern, Studentinnen und Studenten und Folgerungen für eine Bearbeitung dieser Themen im Unterricht

Einleitung

Treibhauseffekt und Ozonloch, Sommersmog und Saurer Regen sind Probleme der sogenannten Globalen Herausforderung, die seit einigen Jahren Wissenschaftler, Politiker sowie große Teile der Bevölkerung und damit auch die Medien stark beschäftigen. Im Schulunterricht, insbesondere in den Naturwissenschaften werden diese Themen dagegen bisher nur wenig berücksichtigt. Ein Blick in die Alltagsrealität zeigt, daß insbesondere das Thema Treibhauseffekt in der Schule – wenn überhaupt – nur kurz und knapp behandelt wird. In der Regel findet nur eine theoretische Erarbeitung statt, die oftmals auf die Fächer Geographie oder Biologie beschränkt ist, ohne daß hier näher auf die physikalisch-chemischen Vorgänge in der Atmosphäre eingegangen wird. Etwas anders sieht es in Bezug auf das "Ozonloch" aus. Dieses Problem paßt im Bereich der organischen Chemie bei der Behandlung der halogenierten Kohlenwasserstoffe eher in den Rahmen des herkömmlichen Chemielehrplans, wobei auch hier nach Aussagen von Lehrkräften und Schülern selten eine ausführliche oder gar experimentelle Erarbeitung stattfindet.

Eine Ursache für die eher dürftige Behandlung dieser Themen mag die zeitliche Verzögerung im Hinblick auf Veränderungen von Schulbüchern und Rahmenrichtlinien sein. Zum anderen dürften aber auch die neuartigen Anforderungen an Lehrkräfte eine Rolle spielen. Sie sind nunmehr gefordert, fachübergreifende, komplexe Thematiken in verständlicher Form zu vermitteln. Dafür ist es neben der fachlichen Kompetenz notwendig, auch bei Schülern ein vernetztes Denken zu schulen, da die sonst üblichen linear-kausalen Zusammenhänge für die Erklärung so komplexer Gebiete wie dem Treibhauseffekt sicherlich nicht ausreichend sind [1].

Auf der anderen Seite finden sich schon in den 80er Jahren Forderungen der Kultusministerkonferenz der Bundesrepublik Deutschland, die die Notwendigkeit der Einbeziehung von Umweltfragen für einen zeitgemäßen Unterricht deutlich machen:

"Für den einzelnen und für die Menschheit insgesamt sind die Beziehungen zur Umwelt zur Existenzfrage geworden. Es gehört daher auch zu den Aufgaben der Schule, bei jungen Menschen Bewußtsein für Umweltfragen zu erzeugen, die Bereitschaft für den verantwortlichen Umgang mit der Umwelt zu fördern und zu einem umweltbewußten Verhalten zu erziehen, das über die Schulzeit hinaus wirksam bleibt" (Kultusministerkonferenz; zitiert in: [2])

Ilka Parchmann, Fachbereich Chemie, Abteilung Didaktik der Chemie, Postfach 2503, D-26111 Oldenburg

Nach SCHARF kann eine Urteils- und Dialogfähigkeit, die zur Vermeidung globaler Umweltgefährdungen notwendig ist, nur auf einer ausreichenden Sachkompetenz beruhen [1]. Schon in der Schule benötigen Schüler gerade für die Fragen, die sich ihnen in ihrem täglichen Leben stellen, eine angemessene Erklärungsgrundlage. Fehlt dieses Sachverständnis, führen schon zu stark vereinfachte oder fehlerhafte Äußerungen in den Medien schnell zu Verwirrungen oder zu Zukunftsängsten. Presseüberschriften und Aussagen wie "Wir stehen vor einem ökologischen Hiroshima" [Spiegel, 7/83] oder "Der Klimatod hat viele Gesichter", dazu ein Bild von einem afrikanischen Jungen mit einer toten, ausgehungerten Ziege [Focus, 10/95, "Der verschenkte Klimagipfel"] oder auch der Vergleich der Nordseeinsel Sylt mit Atlantis [Focus 10/95, s.o.] können sicherlich zur Entwicklung von Zukunftsszenarien führen, aus denen die Zerstörungsängste deutlich hervorgehen. Die unten genannten Äußerungen bestätigen das.

Die oftmals falschen Vorstellungen der Schüler hinsichtlich des Treibhauseffektes werden sicherlich ebenfalls durch fehlerhafte Darstellungen und Äußerungen in den Medien genährt. Die folgenden Zitate sind exemplarisch für Aussagen, die dazu führen können, daß Schüler Erklärungsmuster entwickeln, die zwar verständlich, aber sachlich falsch sind (s.u.).

Radioreporter, NDR, 16.03.1995:

Es geht um die Problematik des Treibhauseffektes, also des Ozonlochs, das durch das CO₂ aus den Schornsteinen verursacht wird.

Fernsehmoderatorin, N-TV, 23.08.95:

Das Ozonloch wächst. Inwieweit werden die Folgen der Erwärmung Auswirkungen auf den Menschen haben? [3]

FAZ, 21.2.95:

Sie sollten die im Jahr 1990 festgelegten Obergrenzen für den Kohlendioxid-Ausstoß verringern, um die Zerstörung der Zerstörung der Ozonschicht und damit das Schmelzen der Polkappen aufzuhalten.

Zahlreiche Umfragen und Schüleräußerungen zeigen tatsächlich, daß eine Verständnisgrundlage in den meisten Fällen nicht vorhanden ist. So ergab eine weltweit durchgeführte Studie über wissenschaftliche Kenntnisse der Bevölkerung, daß lediglich 21% aller Befragten wußten, daß "der Treibhauseffekt nicht von einem Loch in der Erdatmosphäre verursacht wird" [4].

Schüleräußerungen zum Treibhauseffekt

Die bereits aus der oben genannten Umfrage ersichtliche Vermischung verschiedener globaler Umweltgefährdungen wie Treibhauseffekt, Ozonloch oder Ozonwarnungen im Sommer zeigt sich auch in Aussagen von Schülerinnen und Schülern. Die folgenden Erklärungen entstammen Untersuchungen, die

stichprobenartig in verschiedenen Alters- und Schulstufen durchgeführt wurden. Die Probanden sollten dabei unter Verwendung vorgegebener Begriffe erklären, was Treibhauseffekt bedeutet. Sie durften zunächst die Begriffe streichen, die sie nicht kannten oder aber die sie nicht in einen sinnvollen Kontext einordnen konnten. So wurden bewußt auch Begriffe wie Ozon, Ozonloch oder UV-Strahlung eingebaut, um festzustellen, ob die Schüler in der Lage waren, zwischen den Phänomenen Treibhauseffekt und Ozonloch zu unterscheiden. Diese "Verwirrung" ist u.E. zulässig und sinnvoll, da auch in den täglichen Medien beide Effekte oftmals in einem Atemzug genannt werden (s.o.). Es ist also von Interesse zu erfahren, ob Schüler aufgrund ihrer Kenntnis in der Lage sind, aus dieser Informationsflut eine korrekte Erklärung für einzelne Teilfragen zu liefern. Dieser Test wurde anlehnend an den von SUMFLETH und TODTENHAUPT vorgeschlagenen Verknüpfungstest entwickelt [5].

Ergebnisse

Die Ergebnisse unserer Befragungen bestätigen eindrucksvoll die bereits an anderer Stelle formulierten Vorstellungen und Alltagserklärungen auch von Schülern und Studenten. Während unter den befragten Chemiestudenten immerhin noch die Hälfte in der Lage war, eine weitestgehend korrekte Erklärung des Treibhauseffektes zu liefern, reduziert sich dieser Anteil bei den Schülern auf nicht mal 20%.

STACHELSCHIED nennt als Ergebnis einer von ihr durchgeführten Befragung von Friseurzubildenden, daß die meistgenannten Assoziationen zum Treibhauseffekt den möglichen oder erwarteten Folgen oder Ursachen des Treibhauseffektes zuzuordnen sind [6]. Dieses Ergebnis konnten wir insbesondere bei den jüngeren Schülern bestätigen.

Deutliche Unsicherheiten treten dagegen hinsichtlich der sachlichen Erklärung der Vorgänge in der Atmosphäre auf, wie die folgenden Aussagen demonstrieren. Hierbei zeigen sich insbesondere Wissenslücken auf dem Gebiet der elektromagnetischen Strahlung. Auch die Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie, also Absorption, Emission und Reflexion, werden oftmals verwechselt. Die Umwandlung der Lichtstrahlung, die von der Sonne auf die Erde trifft, gefolgt von der anschließenden Emission von Wärmestrahlung von der Erdoberfläche, ist oftmals gar nicht, oder nur unzureichend bekannt.

Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie

...die UV-Strahlung, die eine Wärmestrahlung ist...
(Chemielaborant in Ausbildung)

Dadurch kann die Sonne mit ihrer Licht- und Wärmestrahlung die UV-Strahlung verstärken.
(Schulabgänger Realschule)

Von der Sonne treffen Lichtstrahlen auf die Erde, wovon sie reflektiert werden in Form von Wärmestrahlen. Die reflektierte Lichtstrahlung (jetzt Wärmestrahlung) wird in der Atmosphäre dann wiederum zur Erde reflektiert.
(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Die Sonne bestrahlt die Erde. Diese Lichtstrahlen sind Wärmestrahlen.
(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Die Licht- und Wärmestrahlung trifft also stärker auf die Erde, wird von ihr zurückgestrahlt, aber irgendwie gelangen sie nicht vollständig zurück durch die gesamte Atmosphäre...die Luft erwärmt sich.
(Schüler, 13. Klasse Gymnasium)

Die Lichtstrahlen, die von der Erde reflektiert werden, werden abermals von den CO₂-Molekülen reflektiert.
(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 5. Semester)

Die Lichtstrahlung der Sonne (Wärmestrahlung) gelangt auf die Erdoberfläche und wird dort zum großen Teil reflektiert.
(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 7. Semester)

Tatsächlich ist die Umwandlung der solaren sichtbaren Strahlung in terrestrische Wärmestrahlung die Voraussetzung dafür, daß es zu einem Treibhauseffekt kommen kann. Die sichtbare Strahlung der Sonne kann die Atmosphäre zunächst größtenteils passieren und wird am Erdboden absorbiert und in Wärme umgewandelt. Die anschließend von der Erde emittierte Wärmestrahlung wird nun aber durch atmosphärische Spurengase absorbiert und auch zurück zur Erde reemittiert. Dies führt zu einer Erwärmung des Erdbodens und der Atmosphäre, einem Effekt, der als Treibhauseffekt bezeichnet wird.

Für die Schüler scheint es jedoch kein Problem zu sein, daß scheinbar die gleiche Wärme(strahlung) ungehindert in die Atmosphäre eindringen, aber nicht wieder entweichen kann.

Weiterhin ist es auffällig, daß der Treibhauseffekt in der Regel als rein anthropogene Erscheinung gesehen wird, die es zu verhindern gilt. Daß der natürliche Treibhauseffekt lebenswichtig ist, haben von über 100 Befragten nur 5 erwähnt.

Der Treibhauseffekt als anthropogene Erscheinung

In dem Treibhauseffekt geht es um die Umwelt und vor allem um die Luftverschmutzung.
(Schulabgänger Realschule)

Der Treibhauseffekt ist keine natürliche Erscheinung.
(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 6. Semester)

Wäre der Treibhauseffekt zunächst keine natürliche Erscheinung, wie der Chemiestudent behauptet, gäbe es vermutlich gar kein menschliches Leben auf der Erde. Nur durch das natürliche Vorhandensein von Wasserdampf und Spurengasen wie Kohlenstoffdioxid in unserer Atmosphäre liegt die globale Durchschnittstemperatur mit etwa 15°C in einem lebensfreundlichen Bereich. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre diese Temperatur ca. 33°C niedriger, sie läge bei -18°C. Bekannt ist in der Regel aber nur die Tatsache, daß der Mensch durch weitere Freisetzungen atmosphärischer Spurengase diesen natürlichen Treibhauseffekt mit nicht genau vorhersagbaren Folgen verstärkt (anthropogener Treibhauseffekt).

Bei einigen Schülern zeigt sich weiterhin deutlich die Idee einer festen, zusammenhängenden Schicht von Schadstoffen in der Atmosphäre, an der die Strahlung oder Wärme in der Vorstellung der Schüler zur Erde "zurückgeworfen" wird. Selbst bei Lehrkräften sind Aussagen wie: "In der Stratosphäre ist eine Ozonschicht, und diese ist 3 mm dick." zu finden [7].

Ozonschicht und "Kohlenstoffdioxidglocke"

Es entsteht CO₂, das eine Art Käseglocke um unsere Atmosphäre herum bildet, durch die die in Wärmestrahlung umgewandelte Lichtstrahlung nicht "hindurch" kann.

(Biologiestudent)

Durch Verbrennung ... bildet sich eine Rußglocke um die Erde herum.

(Biologiestudentin)

Im Treibhaus wird die Schicht aus Ozon durch eine Schicht aus Plexiglas ersetzt.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Diese Rückstrahlung ist jedoch nicht möglich, wenn sich eine Glocke aus Kohlenstoffdioxid über dem Boden bildet.

(Leistungskursschüler Chemie, 13.Klasse)

Aber nicht alles vom CO₂ wird zum Sauren Regen, der Rest steigt weiter und sammelt sich zu einer riesigen Wolke!

(Schulabgängerin Realschule)



Abb.1: Deckblatt einer Ausstellungsbegleitschrift des Westfälischen Museums für Naturkunde [8]

Diese bildlichen Vorstellungen könnten unter anderem von unglücklichen oder sogar falschen Darstellungen in Büchern und Zeitschriften herrühren. Abbildung 1 zeigt ein solches Beispiel, hier scheint die untere Linie um die Erde die "Kohlenstoffdioxidschicht" und die obere die Ozonschicht (mit einem echten Loch) zu symbolisieren. Ähnliche Abbildungen finden sich auch in Tageszeitungen.

Die obige Abbildung ist noch aus einem weiteren didaktischen Gesichtspunkt unglücklich. Durch die Überschrift "Treibhauseffekt und Ozonloch – Das kann ja heit/ber werden" wird auch hier nahegelegt, daß beide Phänomene direkt miteinander korrelieren und zu einer Erwärmung führen.

Vermutlich ist es auch eine Folge solcher Darstellungen, daß sich in etwa 30% der Antworten mehr oder weniger starke Verwechslungen der verschiedenen Effekte zeigen. Das Ozonloch wird als Verursacher des Treibhauseffektes genannt, Kohlenstoffdioxid baut Ozon ab, Ozonwarnungen im Sommer werden wegen des Ozonlochs gegeben und anderes mehr.

Natürlich gibt es Verknüpfungen zwischen den genannten Effekten, zunächst beruhen sie aber auf ganz unterschiedlichen physikalisch-chemischen Vorgängen in der Atmosphäre. Der Treibhauseffekt basiert auf einer Umwandlung von sichtbarer Solarstrahlung in Wärme am Erdboden und der Absorption und Emission dieser Wärmestrahlung durch atmosphärische Spurengase. Eine mögliche Folge der Konzentrationserhöhung der absorbierenden Spurengase kann die Veränderung des Erdklimas sein. Die Ozonschicht in der Stratosphäre wird dagegen unter dem Einfluß kurzweiliger UV-Strahlung (<300nm) in einem natürlichen photochemischen Gleichgewicht auf- und abgebaut. Durch die Freisetzung von FCKW erfolgt nun ein verstärkter, katalytischer Ozonabbau, eine Folge ist die vermehrte Einstrahlung eben dieser kurzweiligen, energiereichen Strahlung, die unter anderem Hautkrebs verursachen kann. Das dritte, in den letzten Jahren immer häufiger auftretende Problem ist die verstärkte Bildung des bodennahen Ozons, die besonders im Sommer immer wieder Anlaß zu Ozonwarnungen gibt. Bodennahes Ozon entsteht durch photochemische Reaktionen aus Stickoxiden, organischen Verbindungen und Sauerstoff unter Einwirkung langweiliger UV-A- bzw. violetter Strahlung (<430nm). Die erwähnten Wechselwirkungen zwischen den Effekten entstehen zum Beispiel durch die Treibhauswirkung des bodennahen Ozons. Auch ein durch die verstärkte UV-Strahlung möglicherweise verursachtes Algensterben könnte den Treibhauseffekt verstärken, da diese Algen entscheidenden Einfluß auf den globalen Kohlenstoffdioxidkreislauf haben [9].

In den Aussagen der Schüler ist aber zu erkennen, daß sie die genannten Effekte grundsätzlich verwechseln oder gleichsetzen, anstatt sie zunächst zu differenzieren.

"Ozonloch = Treibhauseffekt"

Der Treibhauseffekt droht uns alle zu zerstören, das Ozon, das die Ozonschicht bildet, wird mit Chlor verbunden und zerstört. Diesen Vorgang nennt man Treibhauseffekt. Die Wärme- und Lichtstrahlungen können durch das Ozonloch besser auf die Erde gelangen, wodurch der Treibhauseffekt gefördert wird.

(Schüler, 11. Klasse)

Die Ozonschicht soll die Lichtstrahlung, die von der Sonne ausgeht, filtern, damit diese Strahlen nicht in ihrer vollen Intensität auf die Erde treffen. Da die Ozonschicht aber inzwischen zu dünn ist, um diesen Anforderungen gerecht zu werden, kommt es zum Treibhauseffekt.

(Leistungskursschüler Chemie, 13. Klasse)

Die Atmosphäre wird durch Kohlenstoffdioxid zerstört, das in der Luft enthalten ist. Es ist das Ozonloch entstanden.

(Leistungskursschüler Chemie, 13. Klasse)

Die Entstehung des Treibhauseffektes ist so zu erklären, daß das FCKW unbeschadet durch die Troposphäre in die Stratosphäre gelangt, dort die Ozonmoleküle angreift und sie zu

dem Endprodukt CO_2 abbaut.

(Chemiestudent, Lehramt Gymnasium, 6. Semester)

Durch die Anhäufung von CO_2 wird in der Atmosphäre die Ozonschicht zerstört. Irgendwie geht CO_2 mit O_3 eine Verbindung ein, so daß ein Ozonloch entsteht. Die von der Sonne ausgehenden UV-Strahlen treffen direkt auf die Erde und erhitzen sie.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Treibhauseffekt nennt man es, wenn die Sonne langwellige Lichtstrahlung abgibt, diese gelangen durch die Ozonschicht als kurzwellige Strahlen an die Erde. Diese absorbiert diese Strahlen und gibt sie dann wieder ab. Die kurzwelligen Strahlen können die Ozonschicht nicht wieder durchbrechen und stauen sich so in der Atmosphäre, also zwischen Erde und Ozonschicht. Es bildet sich dann irgendwie Ozon.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Durch das Ozonloch kann aber die UV-Strahlung, die eine Wärmestrahlung ist, die Erde weiter aufheizen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Wenn Ozon zerstört wird kommt es zur Erwärmung der Erde, zum Treibhauseffekt.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Im Sommer werden oft Ozonwarnungen gegeben, da durch die hohe Erwärmung der Sonne und der vielen Autoabgase und auch FCKW, welches in Haarspraydosen ist, die Ozonschicht immer mehr geschädigt wird. Durch die UV-Strahlen wird sich die Atmosphäre der Erde stark verändern, es wird ein Treibhauseffekt entstehen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Bei FCKW werden Gase frei, die unsere Ozonschicht kaputt machen. Dieses nennt man auch Treibhauseffekt.

(Schulabgängerin Realschule)

Durch die Zerstörung des Ozons wird die Wärmestrahlung, Lichtstrahlung und die UV-Strahlung größer; dieses verursacht Krebs und viele Menschen sterben. Das nennt man Treibhauseffekt da die Menschen erst etwas verursachen und sich selbst dann zerstören.

(Schulabgänger Realschule)

Es sind Wärmestrahlen, die unsere Luft erwärmen und eine Gefahr für die Menschen bedeuten, da UV-Strahlen Hautkrebs verursachen. Wenn das Ozonloch immer größer wird, wird die Wärmestrahlung immer größer und wärmer.

(Schulabgänger Realschule)

Das Gas (CO_2) steigt in die Luft sammelt sich und wird zum Sauren Regen... Aber nicht alles vom CO_2 wird zum Sauren Regen, der Rest steigt weiter und sammelt sich zu einer riesigen Wolke! Durch die Sonne wird das sogenannte Treibhaus (die Erde) erwärmt und der Ozon, der Schutz der um die Erde vor der Wärme ist, wird zerstört und das Ozonloch wird immer größer. Wenn das Ozonloch immer größer wird, wird die Wärmestrahlung immer größer und wärmer. Die Sonne ist dann heißer und die heißen Strahlen der Sonne nennt man UV-Strahlen!

(Schulabgängerin Realschule)

Den Treibhauseffekt auf der Erde nennt man den Effekt, bei dem die Ozonschicht dünner wird, UV-Strahlen auf die

Meere treffen und nicht wieder reflektiert werden.

(Schüler, 9.Klasse Gymnasium)

Vielleicht ist da doch die Aussage eines Chemiestudenten, der weiß, daß er über keine sichere Erklärungsgrundlage verfügt, ehrlicher: "Ich muß ganz ehrlich sagen, daß ich nur sehr wenig über den Treibhauseffekt weiß."

Eine Folge dieser fehlenden oder falschen Erklärungsgrundlage bei Schülern ist unter anderem das Auftreten von Zukunftsängsten vor der Zerstörung der Lebensgrundlage, deutlich zu erkennen an den folgenden Äußerungen:

Zukunftsangst durch den Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt droht uns alle zu zerstören.

(Schüler, 11. Klasse)

Durch Abgase wird die Atmosphäre erwärmt. Der gefährliche Treibhauseffekt tritt ein.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Auch durch das vom FCKW verursachte Ozonloch wird die Atmosphäre erwärmt. Es kommt zu gefährlichen Licht- und Wärmestrahlen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Durch Abgase, CO_2 und Ozon, wird die Atmosphäre angegriffen.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Der Treibhauseffekt ist folgendermaßen definiert: die Erde erwärmt sich und diese Erwärmung wird katastrophale Folgen haben.

(Chemielaborant in Ausbildung, 1. Lehrjahr)

Durch das Kohlenstoffdioxid wird die Atmosphäre zerstört.

(Schulabgänger Realschule)

Doch ohne Ozonschicht würde es grausame Folgen haben: Es würde eine Erwärmung der Erde bzw. der Meerestemperaturen geben, die ungefilterte UV-Strahlung würde uns Menschen verbrennen... Am schlimmsten wäre der Treibhauseffekt.

(Schüler, 9.Klasse Gymnasium)

Ein weiteres Problem ist sicherlich die fehlende Argumentations- und Urteilsfähigkeit bezüglich der tatsächlich auftretenden Gefährdungen und der sinnvollen Handlungsmöglichkeiten. Dadurch wird die Einflußmöglichkeit von Personen und Gruppen, die diese Unwissenheit und Unsicherheit mit geschickten Argumenten für ihre Zwecke ausnutzen, immer größer. Der folgende Ausschnitt aus einem Leserbrief zu der "angeblichen" Gefährdung der Ozonschicht durch FCKW macht diese scheinbar sinnvolle Argumentation deutlich, deren Fehlerhaftigkeit nur mit Hilfe ausreichender Sachkompetenz erkannt werden kann:

"Besonders aber wird die Behauptung fragwürdig, wenn man sich vor Augen hält, wo diese Sprayflaschen Anwendung finden. Wohl dort, wo die Bevölkerung wohlhabend genug ist, um sie zu kaufen. Das ist sie in den Industriestaaten Nordamerikas, Europas und des fernen Ostens. ... Sollte das Treibgas tatsächlich die Ozonschicht gefährden, könnte das Ozonloch nur über der Nordhalbkugel liegen, keinesfalls

aber über dem Südpol."

(G. Pölzleitner, Oberösterreich. Nachr., 4.8.1990; aus [10])

Dem Autor war offensichtlich nicht bekannt, daß FCKW aufgrund ihrer Reaktionsträgheit sehr wohl auch bis über die Antarktis transportiert werden, wo sie aufgrund der dortigen meteorologischen Bedingungen verstärkt zum Ozonabbau beitragen.

Insbesondere für ethische und ökonomisch-ökologische Entscheidungen, beispielsweise hinsichtlich einer zukünftigen Energiepolitik, ist eine fundierte Kenntnis der Zusammenhänge zwischen atmosphärischen Bestandteilen und dem Klima der Erde unerlässlich.

Folgerungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Komplexität von Thematiken der Globalen Herausforderung stellt Anforderungen an Lehrkräfte und Schüler, die über die Vermittlung und das Erlernen herkömmlicher fachimmanenter Zusammenhänge hinausgehen. In Schulbüchern halten entsprechende Konzepte nur langsam Einzug, in fachdidaktischen Zeitschriften sind dagegen in den letzten Jahren verschiedene Konzepte vorgestellt worden, die Möglichkeiten einer experimentell anschaulichen Erarbeitung von Themen wie Treibhauseffekt oder Ozon aufzeigen [11-18 u.a.]. Wir haben dabei mit unserer experimentellen Erarbeitung des Themas Treibhauseffekt [13, 14] in verschiedenen Jahrgangsstufen positive Erfahrungen gemacht, die Schüler waren interessiert und oftmals selbständig in der Lage, Experimente zu entwickeln und Zusammenhänge zu erkennen. Die Klausurergebnisse ließen ebenfalls auf eine erfolgreiche Vermittlung einer Verständnisgrundlage schließen.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für die Verankerung umweltrelevanter Themen im Chemieunterricht ist die Umgestaltungen von Lehrplänen und Studienordnungen. Der Niedersächsische Kultusminister hat Grundsätze für eine reformpädagogische Neugestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts erarbeiten lassen, in denen es unter anderem heißt: "Der naturwissenschaftliche Unterricht muß aus diesem Grunde mehr als bisher die Vermittlung fachlicher Grundlagen auf die globalen Probleme beziehen." Weiter heißt es: "Mehr und mehr setzt sich die Einsicht durch, daß die Probleme der Gegenwart nicht durch Fortschritte in den Einzelwissenschaften allein gelöst werden können; vielmehr bedarf es einer Zusammenarbeit der Wissenschaften, welche die Fachgrenzen überwindet." "Angesichts der weltweiten Herausforderungen der Menschheit...muß der naturwissenschaftliche Unterricht die Einsicht wecken, daß der Mensch Teil der Natur und Gegenüber der Natur zugleich ist." [19]. Die Fachkommission Naturwissenschaften hat in den Vorschlägen zur Änderung der Prüfungsverordnung für Lehramtsstudiengänge ebenfalls die Einbeziehung fachübergreifender Aspekte im Studium gefordert, die sich schwerpunktmäßig mit Themen der Globalen Herausforderung beschäftigen [20]. In der Lehramtsausbildung in Oldenburg haben wir bereits Konsequenzen aus den sehr lückenhaften bis falschen Erklärungen der Studenten gezogen und Themen wie Treibhauseffekt und Ozon mit in die Praktika und Seminare aufgenommen. Durch Vermittlung der notwendigen Sachkompetenz als Argumentations- und Hand-

lungsgrundlage kann dann vielleicht das vermieden werden, was BERTRAND RUSSEL in dem folgenden Statement befürchtet:

"Unsere Welt wird weder an Umweltverschmutzung noch an Energiemangel zugrundegehen, sondern daran, daß die Narren so selbstsicher und die Weisen so voller Zweifel sind." (nach [21])

Ich danke Frau Dr. Bettina Kaminski und Frau StD. Claudia Berger für die Möglichkeit der Schülerbefragung und die unterrichtspraktischen Diskussionen sowie Herrn Prof. Dr. Walter Jansen für die permanente Bereitschaft zu konstruktiven Gesprächen.

Literatur

- [1] Scharf, V.: Komplexität-ein neues Paradigma auch für den Chemieunterricht?, in: MNU 45 (1992) 465ff
- [2] Demuth, R.: Chemie und Umweltbelastung, Lehrerband; Diesterweg, Frankfurt a.M. 1993
- [3] W. Jansen: Ozonloch und Treibhauseffekt, in: CHEMKON 2/96 (1996) 61
- [4] Kiernan, V.: Survey plumbs depths of international ignorance, in: New Scientist 1975 (1995) 7
- [5] Sumfleth, E., Todtenhaupt, S.: Redox-Prozesse – zur Entwicklung des Verständnisses von Schülern im Laufe der Schulzeit; in: CHEMKON 3/94 (1994) 126-132
- [6] Stachelscheid, K.: "Umweltwissen" von Schulabgängern, in: PdN-Ch. 4/43 (1994) 34-38
- [7] Kaminski, B.: pers. Mitteilung
- [8] Weyer, M.: Treibhauseffekt und Ozonloch, Westfälisches Museum für Naturkunde, Münster 1989
- [9] Reye, B.: Der Teufelskreis, in: bild der wissenschaft 2/1994 (1994) 66-71
- [10] Haupt, P.: Die Chemie im Spiegel einer regionalen Tageszeitung, Bd. 1, Oldenburg 1993
- [11] Adelhelm M., Höhn, E.: Zur Behandlung des Treibhauseffektes im Chemieunterricht, in: MNU 44/7 (1991) 417ff
- [12] Huhn B.: Experimente zum Treibhauseffekt, in: PdN-Physik 6 (1994) 26ff
- [13] Parchmann, I., Kaminski, B., Jansen, W.: Die Wärmeabsorption von Gasen-Voraussetzung für den "Treibhauseffekt", in: CHEMKON 2 (1995) 17ff
- [14] Parchmann I., Jansen, W.: Der "Treibhauseffekt" als Folge der Wärmeabsorption von Gasen, in: CHEMKON 3 (1996) 6ff
- [15] Kremer, M., Fritz, H.: Die Ozonproblematik im fächerverbindenden Unterricht, Tuttingen 1992
- [16] Tausch M. et al: Ozon – der andere Sauerstoff, in: PdN-Ch 1/42 (1993) 26ff
- [17] Kaminski B.: Ozon durch Elektrolyse von Schwefelsäure, in: CHEMKON 2/96 (1996) 85f
- [18] Blume R. et al: Ozon aus der Elektrolyse von Schwefelsäure, in: PdN-Ch 2/45 (1996) 35 ff
- [19] Niedersächsisches Kultusministerium: Grundsätze für eine reformpädagogische Neugestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts; in: Schulverwaltungsblatt 10/95 (1995) 294-298
- [20] Fachkommission Naturwissenschaften: Vorschläge zur Änderung der PVO-Lehr 1, redigierte Fassung, 09.05.1996
- [21] Russel, B.: zitiert in CHEMKON 3/96 (1996), im Druck

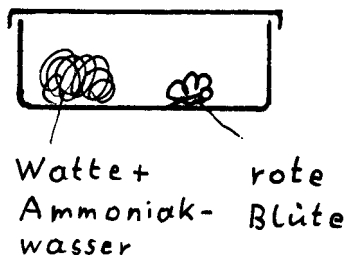
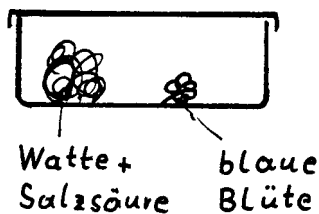
Freihandexperimente

Werner Rentzsch

Blütenzauber

Umfärben von roten und blauen Blüten

Material: 2 Petrischalen Deckglas oder 2 Abdampfschalen mit Uhrgläsern, Meßpipette, Peleusball, Salzsäure conc., Ammoniakwasser conc., Watte, blaue Blüten (z.B. Rittersporn, Vergißmeinnicht, Enzian, Kornblume, Lobelien, Eisenhut, Glockenblumen, Stiefmütterchen, Veilchen, Wegwarte), rote Blüten (z.B. Rosen, Begonien, Fingerhut, Ziertabak, Pfingstrosen, rotblühender Salbei, Feuerbohnen)



Durchführung: In eine Petrischale gibt man eine oder mehrere blaue Blüten und daneben mit einigem Abstand ein Wattebäuschchen; man betropft die Watte mit Salzsäure und verschließt die Petrischale mit einem Deckel.

Ebenso verfährt man mit den roten Blüten; die Watte wird allerdings mit Ammoniakwasser beträufelt.

Nach einigen Minuten beginnen sich die blauen Blüten rot und die roten Blüten blau zu färben.

Die in den Blüten enthaltenen Anthocyane wirken als Indikator und verändern ihre Farbe.

Buntpapier

Verdünnungsreihe Basen und Säuren

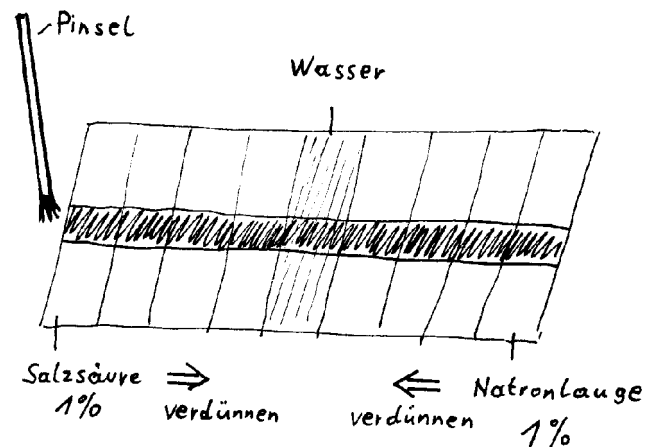
Material: Meßzylinder, Meßpipette, Peleusball, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 1%-Natronlauge, 1%-Salzsäure, Filterpapier, Unterlagepapier, Pinsel, Universalindikatorlösung, Rotkrautsaft

Durchführung: In den Reagenzgläsern bereitet man mit der Salzsäure und der Natronlauge eine Verdünnungsreihe. Dazu entnimmt man jeweils 1 ml Säure bzw. 1 ml Base und verdünnt mit 9 ml Wasser.

Zur Probe tupft man die verdünnten Säuren und Basen auf ein Stück Filterpapier und gibt auf die einzelnen verdünnten Flüssigkeiten jeweils einen Tropfen Universalindikatorlösung Rotkrautsaft.

Für den eigentlichen Versuch streicht man mit einem Pinsel außen eine Spur der 1%-Salzsäure. Man wäscht den Pinsel aus und zieht daneben eine Spur mit der nächsten Verdünnung; dazwischen läßt man jeweils einen Abstand von ca. 1 cm. In die Mitte des Papiers kommt eine Spur nur mit Wasser. Wie mit der Salzsäure verfährt man mit der Natronlauge.

Nach dem Trocknen des Papiers zieht man quer zu den Streifen mit einem frischen Pinsel eine Spur mit Universalindikatorlösung oder mit Rotkrautsaft.



Die Spur durchläuft alle Farben der Vergleichsskala der Universalindikatorlösung.

Beim Rotkrautsaft erhält man die typischen Farben des "Rotkrautindikators" Anthocyan (von sauer nach basisch: rot, rotviolett, violett, blau, blaugrün, grün, gelbgrün, gelb).

Bei der Verdünnung der Säure und der Base im Verhältnis 1:10 ändert sich der pH-Wert jeweils um eine Einheit.

Kulturgeschichte der Physik.

K. Simonyi

Verlag Harri Deutsch – Thun. Frankfurt/Main 1990. Ln. geb., 608 S. ISBN 3-87144-6890-0

Das großformatige Buch ist eine sehr empfehlenswerte Anschaffung für jeden Physiklehrer. Es sollte zumindest in jeder Lehrerbibliothek einer Schule stehen. Allerdings kann man sich unter dem Titel verschiedenes vorstellen und was das Buch bietet, ist nicht unbedingt das, was einem zuerst einfällt. Der Zusammenhang mit den großen anderen Kulturleistungen der Menschheit wird nur lose dargestellt, am ausführlichsten für die Antike und für das Mittelalter. Für die Neuzeit gilt, was der Autor selbst schreibt, nämlich daß das Buch in eine Geschichte der modernen Physik übergeht. Man darf also nicht erwarten, daß der Zusammenhang der modernen Physik mit anderen modernen Entwicklungen in der Kunst, in der Musik, in der Politik usw. diskutiert wird, etwa nach Art von Friedrich Heer, der die Heisenbergsche Unschärferelation mit der Neigung der Deutschen nach dem 1. Weltkrieg zum Irrationalismus in Zusammenhang brachte, ähnlich wie der Amerikaner Forman in seiner Abhandlung über die Weimarer Kultur. Wenn man diese Erwartung aber streicht, dann bleibt ein außerordentlich nützliches Buch übrig, nämlich eine recht ausführliche Geschichte der Physik, die auch drucktechnisch bereits unterschiedliche Anspruchsniveaus dokumentiert: Das Großgedruckte gibt eine mehr qualitative Darstellung, während im Kleingedruckten ausführlichere, auch quantitative mathematische Herleitungen dargestellt werden, wobei man in manchen Fällen in Zweifel ziehen kann, ob das sinnvoll ist. Die Seiten des großformatigen Buchs sind so gegliedert, daß auf der Innenseite der laufende Text steht, während am Rand sowohl die Abbildungen erläutert werden, als auch Diagramme erscheinen und, was besonders wertvoll ist, es werden ausführliche Zitate gebracht, die gerade auch für den Lehrer zur Vorbereitung des Unterrichts außerordentlich nützlich sind. Die Zitate überdecken ein breites Spektrum, von Plato und Aristoteles über mittelalterliche Philosophen wie Nikolaus von Oresme und natürlich Newton, zu Thomas Mann und vielen anderen Autoren, die man zur nichtphysikalischen Kultur zu rechnen hat. Insofern erfolgt ein gewisser Ausgleich der im Text weithin fehlenden Erörterung der Zusammenhänge zwischen den Kulturen. Der Autor ist kein Wissenschaftshistoriker vom Fach, aber er hat sich offensichtlich sehr gründlich mit der Originalliteratur beschäftigt. Der Leser findet in dieser Geschichte der Physik mancherlei, was er in den Abrissen der Geschichte der Physik, die man hier kennt, vor allem auch in den Schulbüchern, nicht entdecken kann. So findet der Leser z.B. eine sehr ausführliche Darstellung der Beziehungen zwischen Einstein, Poincaré, Planck und Hilbert hinsichtlich ihrer Rolle bei der Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (Seite 404 ff.). Auch die Rolle des gelegentlich erwähnten Voigt wird relativ ausführlich dargestellt. Der Leser findet auch mancherlei Kuriosa, die er sich sonst mühsam zusammensuchen müßte. Wer weiß z.B. heute noch, daß das H-Theorem von Clausius eigentlich ein Eta-Theorem ist, nämlich

das große griechische Eta wurde verwendet, weil das große deutsche E bereits für Energie vergeben war. Oder hübsch ist auch die von Gamov berichtete Episode über Einsteins einheitliche Feldtheorie: Einstein wurde aufgrund der Skepsis gegenüber seinem Vorhaben so empfindlich, daß er die Probleme mit anderen Physikern kaum noch diskutieren wollte. "Er hat während eines Besuches in Großbritannien zu Beginn der 30er Jahre einen Vortrag gehalten über die einheitliche Feldtheorie. Aber es war in einer Mädchenschule in Nordengland; die schwarze Schultafel, vollgeschrieben mit komplizierten Tensorformeln wurde von den Schulbehörden aufbewahrt. Hingegen lehnte er es ab, in Cambridge zu sprechen." Dies sind nur einige Beispiele, die für sehr zahlreiche Zitate stehen, die man sich sonst mühsam zusammensuchen müßte, wofür der Lehrer ohnehin im allgemeinen keine Zeit hat. Daß der Autor mit dem historischen Material sorgfältiger umgeht als die meisten Physiker, zeigt sich etwa an seiner Behandlung von Newtons Principia. Er macht deutlich, daß Newton mit dem Wort Kraft etwas anderes meint als wir heute in der sog. Newtonschen Mechanik. Und das ist historisch völlig korrekt. Alles in allem ein ungemein reichhaltiges Buch, außerordentlich preiswert, dafür muß man in Kauf nehmen, daß manche Faksimile-Abbildungen von schlechter Qualität sind. Eine gewisse Entschädigung findet der Leser in 32 Farbtafeln, die neben physikalischen Aufnahmen auch kulturhistorisch interessante Abbildungen enthalten, etwa eine Seite der Physik von Aristoteles, eine Seite aus dem Almagest von Ptolemäus, oder ein Gemälde von Jörg Breu, Mönche bei der Ernte und so weiter. Diese Abbildungen sind mit einem sehr ausführlichen fortlaufenden Text versehen. Man wird nicht leicht ein Buch unter 50 DM finden, in dem man als Physiklehrer immer wieder mit solchem Vergnügen und solchem Gewinn lesen mag.

W. Jung

*(Diese Besprechung erschien in Physica didactica 2/1990.
Ihr ist nichts hinzuzufügen. H. St.)*

Unterricht Chemie: Band 5 – Atombau und chemische Bindung

Salman Ansari, Reinhard Demuth, Ursula Hilpert

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1994, ISBN 3-7614-1675-X, DM 42

Unterricht Chemie: Band 6 – Luft

Peter Pfeifer, Gustav Pfeifer

Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1995, ISBN 3-7614-1800-0, DM 42

Band 5 und 6 der Reihe "Unterricht Chemie" unter Herausgabe von Heinz Schmidkunz und Karl Häusler liegen vor.

Der Band 6, dem ursprünglich der Titel "Luft und Boden" zugeordnet war, wurde in zwei Bände aufgeteilt, womit sich die Reihe auf 17 geplante Bände erweitert.

Das große Vorhaben, die gesamte Schulchemie diaktisch aufbereitet herauszugeben, verdient Anerkennung. Eine Fundgrube gerade für Lehrer, die den Chemieunterricht nicht nur genau nach dem Lehrbuch betreiben, sondern auch in Schwer-

punkten und Projekten Vertiefung in einzelnen Fachthemen suchen.

Wie in den vorhergehenden Bänden ist der Inhalt folgendermaßen gegliedert: fachliche und didaktische Grundlagen, Sequenzen von Unterrichtseinheiten zu den beiden Buchthemen sowie ein Anhang mit Glossar und Literaturverzeichnis.

Das ausklappbare Faltblatt gibt Auskunft über R- und S-Sätze, Gefahrstoffbezeichnungen sowie Sicherheits- und Entsorgungsratschläge. Auf der Einbandinnenseite der Bände befindet sich eine Klarsichttasche mit einigen Overheadfolien zu den Themen.

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

Zum Band 5: Atombau und chemische Bindung

In kurzer prägnanter Form wird eine fachliche Grundlage mit einer Beschreibung der verschiedenen Atommodelle dargestellt. Es werden Stundenbilder auf verschiedenen Abstraktionsebenen geboten, die durch prägnante Versuche ergänzt werden. Gut gewählte Modellvorstellungen veranschaulichen die atomaren Vorgänge.

Hervorgehoben sei die Folie "Entdeckung und Häufigkeit der Elemente". In Form des Periodensystems werden durch verschiedenfarbige Markierungen die Entdeckungsjahre und die Häufigkeit des jeweiligen Elements dargestellt.

Zum Band 6: Luft

Wie bei den anderen Bänden dieser Reihe sind Unterrichtseinheiten in die Teile Fundamentum, Addendum 1 und Addendum 2 gegliedert.

Inhalte Fundamentum: die Zusammensetzung der Luft, Kohlenstoffdioxidgehalt der Luft und Kohlenstoffkreislauf, Schwefeldioxidbelastung der Luft, Rauchgasentschwefelung

Inhalte Addendum 1: Beeinträchtigung des Kohlendioxidkreislaufes durch den Menschen, der Schadstoff Schwefeldioxid in der Luft, Rauchgasentschwefelung als Kreisprozeß.

Inhalte Addendum 2: Treibhauseffekt, Nachweis verschiedener Schadstoffe in der Luft. Folien zum Kohlenstoffkreislauf, anthropogene Emissionen in der BRD, Stoffumsätze in einem Steinkohlekraftwerk mit und ohne Naßentschwefelung sowie einer Schichtung der Atmosphäre mit Temperaturprofil ergänzen den Band.

Werner Rentzsch

Festkörperphysik

Grundkurs für die Sekundarstufe II.

Jörn Bruhn

Verlag Quelle und Meyer, Heidelberg 1981, 128 S., Reihe Physikalische Arbeitsbücher, Bd. 1, ISBN 3-494-01080-3.

Im Vergleich zu ihrer Bedeutung für die heutige Industriegesellschaft wird die Festkörperphysik in der Schule wenig berücksichtigt. J. Bruhn legt auf ca. 120 Seiten in 5 großen Kapiteln einen Kompaktkurs vor: Kristalle (Wachstum, Strukturen,

Gitterfehler, Strukturanalyse), Bindungskräfte (und ihre Bedeutung für mechanische und thermische Eigenschaften), Bändermodell und optische Eigenschaften, elektrische Eigenschaften (Leitung in Metallen und Halbleitern, Bauelemente) und magnetische Eigenschaften (Dia-, Para-, Ferro-, Antiferro-, Ferrimagnetismus und Anwendungen). Die besondere Würze liegt in der stark experimentell ausgerichteten Darbietung. Es werden eine große Zahl einfacher Schülerversuche vorgeschlagen, die nur zum Teil wenigstens die schulüblichen Hilfsmittel erfordern, zum anderen Teil echte "Freihandversuche" sind. Der Autor hat sich bemüht, im Text mit einem Minimum an Mathematik auszukommen, so daß das Arbeitsbuch auch für Schüler lesbar ist. Trotzdem scheint mir, daß der Anspruch einer Unterlage für den Grundkurs zumindest in Österreich zu hoch gegriffen ist. Als Unterlage für eine eingehendere Beschäftigung im Rahmen eines Wahlgegenstandes Physik ist das Büchlein sehr wohl geeignet, wohl auch, um im Physikstudium die Grundlagen zu wiederholen. Daß es bereits 15 Jahre alt ist, ist bei der Beschränkung auf die Grundlagen kein Nachteil.

Atomphysik

Experimentelle Grunderfahrungen, Arbeitsbuch für die Schüler der Sekundarstufen I und II.

J. Sahn, J. Willer

Verlag Quelle und Meyer, Heidelberg 1983, 152 S., Reihe Physikalische Arbeitsbücher, Bd. 4, ISBN 3-494-01115-X.

Die Autoren Jürgen Sahn und Jörg Willer haben ein Detektivroman geschrieben, wie der atomistischen Struktur der Materie auf die Spur zu kommen sei. Der Weg dahin führt über einfache, jedoch aufschlußreiche Experimente. Am Anfang steht die Frage "Ist denn die Annahme einer körnigen Beschaffenheit der Materie nicht widersinnig?" Gleichzeitig ist diese Spurensuche ein Gang durch die Physikgeschichte und eine Einführung ins wissenschaftliche Arbeiten. Immer wieder wird der Leser auf die Unvollständigkeit des erreichten Bildes, eines Phantombildes, hingewiesen. Neben den Versuchen spielen auch reale Modelle - mit ihren Beschränkungen - eine wichtige Rolle. (Beispielsweise wird der Öltröpfchenversuch zur Bestimmung der Dicke einer Ölschicht durch ein Modellexperiment mit Kugeln vorbereitet.)

Teil I (Teilchen oder Kontinuum?) führt vom Glas Wasser mit dem Saugheber über Salzkristalle und Brownsche Bewegung zu einer Abschätzung der Molekülgröße und einem ersten Modell für Moleküle, Teil II (Teilchen - Moleküle - Atome) führt zuerst die Kräfte zwischen den Teilchen ein, dann die Ladung als neue Eigenschaft der Teilchen, womit die Verbindung zur Chemie hergestellt wird, und gibt schließlich eine kurze Darstellung von Atommodellen, wobei die Vorzüge des Orbitalmodells (z.B. Winkel zwischen Bindungen) hervorgehoben werden.

Ein Arbeitsbuch für Schüler? Es ist gut lesbar geschrieben und für interessierte Schüler der Oberstufe sicher geeignet. Der Schwerpunkt liegt eher im Qualitativen, nicht im Quantitativen. Jedenfalls kann man als Lehrer viele Anregungen gewinnen und daher ist dieses Buch auch heute noch zu empfehlen.

H. Kühnelt